



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

06948-5



AUTOMATIZACION
DE BAJO COSTO
PARA LAS
INDUSTRIAS DEL MUEBLE
Y DE LA EBANISTERIA

ID/154/Rev.1

1572



NACIONES UNIDAS

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Viena

**AUTOMATIZACION
DE BAJO COSTO
PARA LAS
INDUSTRIAS DEL MUEBLE
Y DE LA EBANISTERIA**



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 1983

El material que aparece en este documento se podrá citar o reproducir con entera libertad siempre que se mencione su origen y se nos remita un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

Prólogo

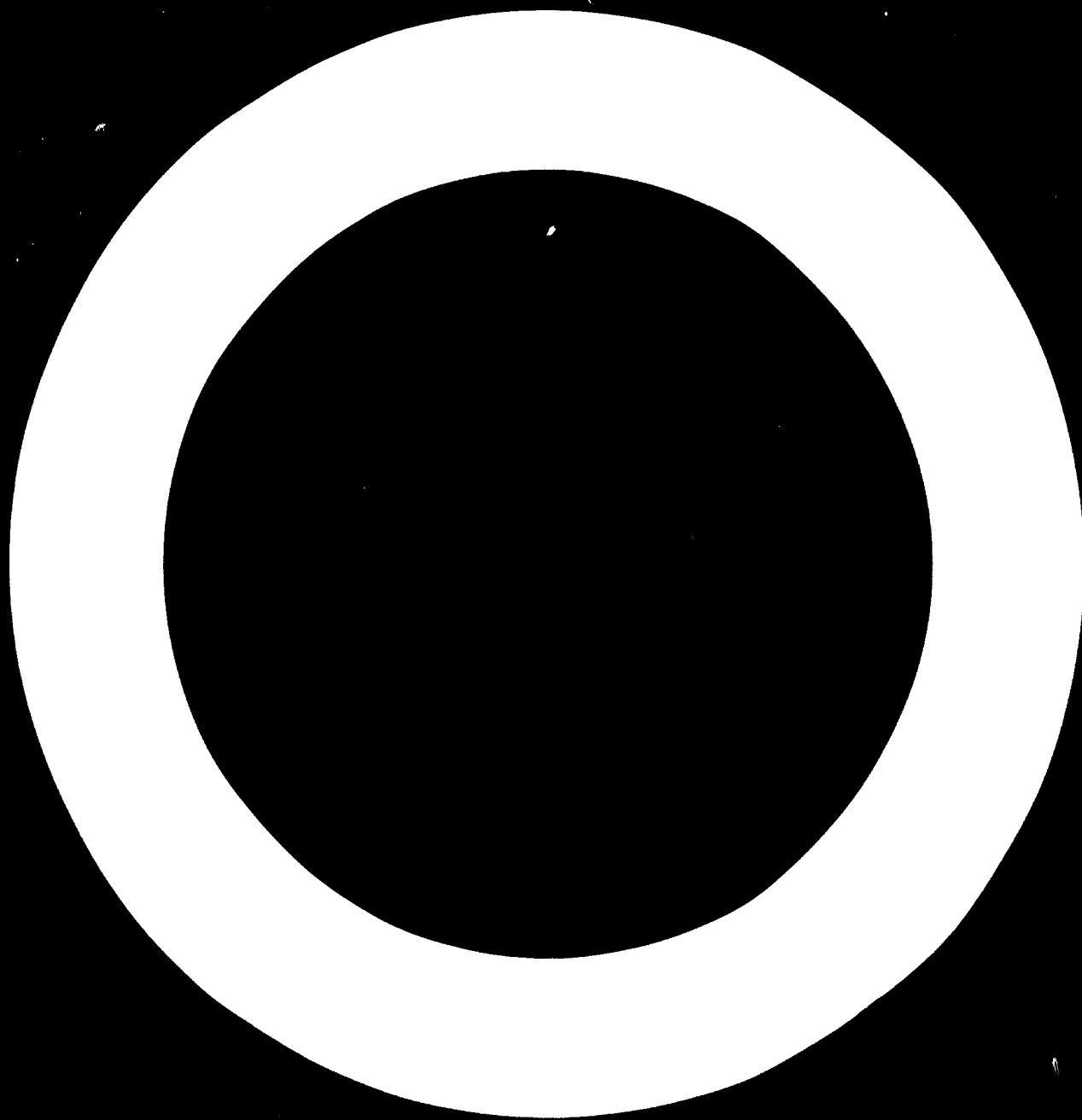
Para responder eficazmente a la demanda y a la competencia la industria del mueble y de la ebanistería de los países en desarrollo debe modernizar su equipo y sus procedimientos. En los países en desarrollo con limitaciones de capital, la automatización de bajo costo puede ayudar a resolver este problema.

Por lo general, el término "automatización" sugiere la idea de instrumentos sumamente complejos, controles electrónicos y programación computarizada, y lo que más retrasa a las industrias pequeñas y medianas del mueble y la ebanistería son los costos muy elevados. Es de esperar que este manual rectifique esas impresiones erróneas. Se espera también que el manual haga ver a las empresas del mueble y la ebanistería que pueden contar con las ventajas de la automatización en sus fábricas a un costo relativamente bajo, y que la automatización puede ser introducida por su propio personal, generalmente en su maquinaria actual.

Dada la distribución de materias, es probable que a los directores de empresa les interesen sobre todo los capítulos I, II, III y quizá el IV y el VIII, mientras que a los técnicos e ingenieros les parecerán más útiles los capítulos IV a VIII. El capítulo IX interesará a las tres categorías, si bien por razones distintas. En los anexos se explican los símbolos utilizados en los muchos diagramas que aparecen en el texto y se da una lista de precios aproximados de los componentes neumáticos. Para los lectores que desean una información más detallada se ofrece una bibliografía de la literatura consultada para la preparación de este manual.

Las opiniones expresadas en este manual son las de los autores, W.J. Santiano, consultor en automatización de bajo costo, y H.P. Brion, consultor para la industria del mueble y de la ebanistería; ambos trabajan en Filipinas. Tales opiniones no reflejan necesariamente las de la secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

La presente edición revisada incluye material preparado por H.P. Brion para un seminario celebrado por la ONUDI en Beijing, China, en abril de 1981.



INDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
I. QUE SE ENTIENDE POR AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO (ABC)	1
A. Una definición amplia de "Automatización de bajo costo"	1
B. Por qué resulta económica la automatización de bajo costo	2
II. MEJORAS POSIBLES CON LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	5
A. Calidad del producto	5
B. Utilización de la mano de obra	6
C. Utilización de materiales	7
D. Aprovechamiento del equipo ya en uso	7
E. Seguridad	8
III. ANALISIS DE LA NECESIDAD DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	9
A. Punto de vista del director de empresa	9
Aspectos económicos	9
Requisitos técnicos previos	10
Necesidades de personal	10
Capacitación de gestión	10
B. Punto de vista del ingeniero	10
C. Ejemplo práctico del enfoque analítico de la automatización de bajo costo	12
D. Principios generales del análisis de necesidades	14
E. Necesidades especiales de automatización de bajo costo en las industrias del mueble y la ebanistería	15
Manipulación del material	15
Posicionamiento	16
Sujeción	16
Elaboración mecánica	16
Montaje	16
IV. DISPOSITIVOS BASICOS PARA SISTEMAS DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	17
A. Dispositivos mecánicos	17
B. Dispositivos neumáticos	18
C. Dispositivos hidráulicos	21
D. Dispositivos eléctricos	22
E. Dispositivos electrónicos	23

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
V. SELECCION DE COMPONENTES PARA UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	24
A. Componentes neumáticos	25
Terminología	25
Componentes del sistema de suministro de aire comprimido	25
Cilindros	30
Válvulas	34
B. Componentes hidráulicos	35
Componentes del sistema de suministro	35
Cilindros	36
Válvulas y tuberías	37
C. Componentes eléctricos	37
Interruptores de pulsador	38
Interruptores de fin de carrera	39
Relés	42
D. Componentes electrónicos	44
VI. COMPRESION DEL LENGUAJE DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	45
A. Símbolos de componentes	45
Componentes neumáticos e hidráulicos	45
Componentes eléctricos	49
B. Diagramas esquemáticos de sistemas de control	50
Aspectos básicos de los sistemas de control	50
Construcción de sistemas de control neumáticos e hidráulicos	50
Construcción de circuitos de control eléctrico	52
VII. APLICACION DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE BAJO COSTO EN LA FABRICACION DE MUEBLES A BASE DE TABLEROS	54
A. Proceso general de fabricación de muebles a base de tableros	54
B. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la preparación de componentes de madera maciza	54
Corte de las piezas en largos aproximados	54
Aserrado al hilo	55
Aserrado con sierra de cinta	55
Cepillado de superficie	56
Cepillado de cuatro caras	56
Corte de las piezas en largos definitivos	56
Mortajado	57
Taladrado de hembras para clavijas	57
Taladrado de orificios	58
Espigado	58
Moldurado	59
Fresado	59
Lijado	59

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
C. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la preparación de componentes a base de tableros	60
Preparación de chapas	60
Preparación de núcleos a base de tableros	62
Laminación de tableros (enchapado)	63
Preparación de los cantos del tablero	64
Enchapado de cantos	64
Elaboración mecánica	64
Lijado	65
D. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo para el montaje de muebles fabricados a base de tableros	66
Armado de cajones	66
Aplicación de cola	66
Herramientas para atornillar	67
Plantillas y dispositivos de montaje modular	67
E. Posible aplicación de la automatización de bajo costo para el acabado de muebles fabricados a base de tableros	67
Teñido	68
Aplicación de mastique	68
Aplicación de la capa de revestimiento	68
Lijado de asperezas	68
Aplicación de la capa final	69
Pulido de superficies acabadas	69
F. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la manipulación y el transporte de los materiales en proceso de elaboración	69
Técnicas y dispositivos de alimentación de máquinas	70
Transporte de tableros	70
Otros dispositivos	70
 VIII. EJEMPLOS DE ALGUNOS PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN EN LA FABRICACION DE MUEBLES A BASE DE TABLEROS Y DE SU SOLUCION MEDIANTE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	 71
A. El caso de la fresadora para ranurar tableros	71
Situación	71
Problema	71
Opciones posibles	71
Evaluación de las opciones	72
Decisión de la dirección de la empresa	73
B. El caso de la lijadora especial para tableros	73
Situación	73
Problema	74

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
Análisis del problema	74
Opciones posibles	75
Evaluación de las opciones	75
Período de amortización	76
Inversión máxima admisible para el proyecto	76
Decisión de la dirección de la empresa	76
C. El caso de la dotación para la aplicación de mastique	77
Situación	77
Problema	77
Análisis técnico del problema	77
Opciones posibles	78
Evaluación de las opciones	78
Inversión máxima admisible para el proyecto	78
Período de amortización	78
Decisión de la dirección de la empresa	79
 IX. EJEMPLOS DE APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO	 80
A. Dispositivo de sujeción a base de manguera	80
B. Ribeteadora de cantos a base de manguera	81
C. Montador de marcos de puerta	81
D. Clavadora neumática de clavos largos	82
E. Remachadora neumática de percusión	82
F. Mecanismo de alimentación de un cepillo regruesador	83
G. Taladradora automática	84
H. Prensa taladradora automatizada	85
I. Mortajadora para cerraduras de puerta	86
J. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas	86
K. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión	87
L. Selector de espesores	87
M. Máquina recalcadora	88
N. Dispositivo copiador	89

Anexos

I. Algunos símbolos de circuito normalizados	90
II. Precios aproximados de algunos componentes neumáticos	102
 Bibliografía	 106

I. Qué se entienda por automatización de bajo costo (ABC)

La automatización de bajo costo (ABC), que se concibió inicialmente en Europa en 1957, ha sido uno de los factores que ha transformado a Europa en una comunidad de países fuertemente industrializados a partir de economías nacionales que se caracterizaban por su falta de especialización y de capital y por mercados fragmentados. Por ese entonces, C. Linsky y R. de Groot, que trabajaban en el seno de la Organización Europea de Cooperación Económica (conocida actualmente como Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)), desarrollaron un programa para que las pequeñas y medianas empresas tuviesen a su alcance las ventajas de la automatización de que ya disfrutaban las grandes industrias, mediante el empleo de un equipo de bajo costo, normalizado, sencillo y flexible, que fuese fácil de instalar y se vendiese a un precio asequible.

En 1960 se inauguró en los Países Bajos el primer programa nacional para la difusión de la ABC como suplemento del programa de industrialización de ese país. Los resultados mostraron que la ABC podía reportar beneficios importantes con inversiones moderadas.

A. Una definición amplia de "automatización de bajo costo"

En la fase actual de la industrialización, muchos empresarios tienden a considerar la automatización en el plano de la compleja maquinaria que les causa admiración cuando la ven expuesta, pero que no comprenden muy bien. Tienden así a menospreciar su propia maquinaria que probablemente les ha servido bien durante años y que si la remozasen les seguiría sirviendo durante muchos años más.

Hay miles de empresarios que o bien dan el salto desde su manera de trabajar sencilla a una compleja y plenamente automatizada, o que no hacen nada por aumentar su productividad mediante la automatización porque la compra de la maquinaria disponible en el mercado les parece financieramente injustificada. La ABC es un estado de ánimo, un concepto y una disciplina, mediante la cual se va avanzando hacia un nivel tecnológico de trabajo más elevado. Es decir, se empieza a mejorar por una zona "intermedia", una zona de "transición", o zona "gris" de posibles perfeccionamientos. La ABC cubre precisamente esa zona intermedia (figura 1).

B. Por qué resulta económica la automatización de bajo costo

La ABC resulta económica (en contraposición a barata) porque la aplicación de este concepto tiene en cuenta las posibilidades financieras y de otra índole de una empresa y cuáles de sus operaciones necesitan realmente ser automatizadas para que la empresa consiga, no la "perfección", pero sí una

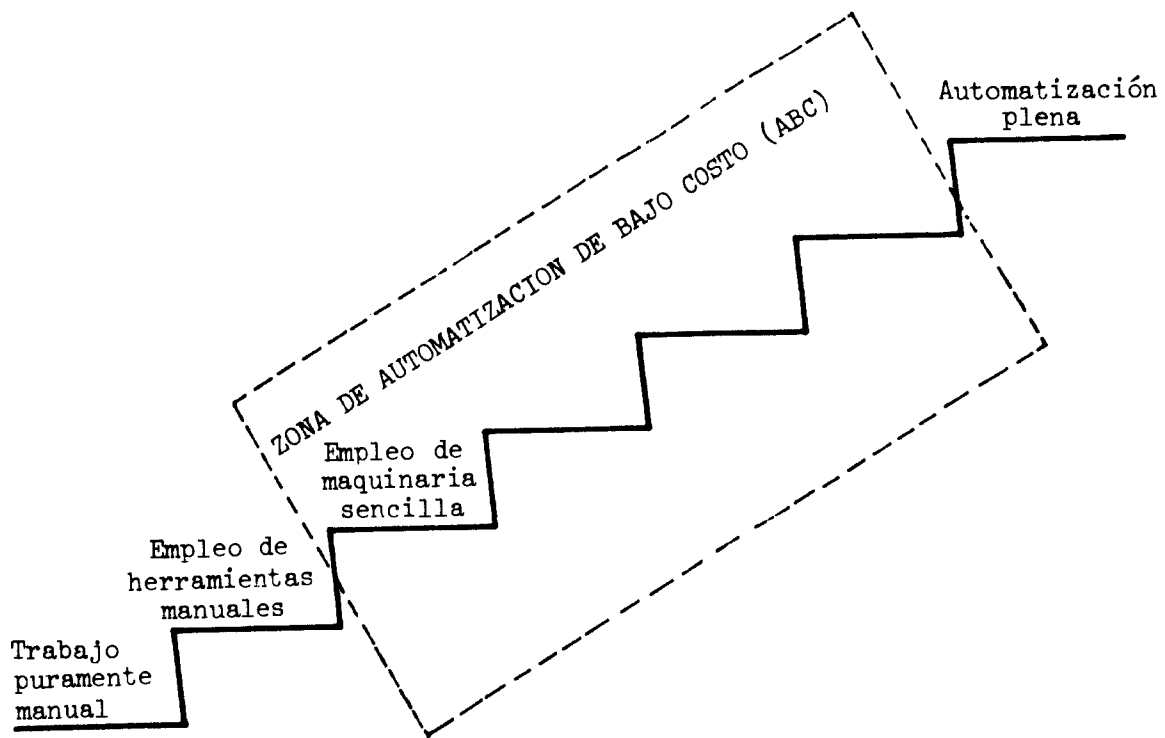


Figura 1. Ubicación de la ABC en la transición desde el trabajo puramente manual al trabajo plenamente automatizado

ventaja parcial considerable. En otras palabras, al aplicar la ABC no se trata de mecanizar el mayor número posible de tareas humanas de una empresa, sino aquellas cuya mecanización sea menester en un momento dado.

Puesto que la ABC es un concepto relativo, resulta oportuno comparar el costo de la automatización plena con el de la automatización "intermedia". La comparación, que puede verse en la figura 2, revela la esencia de la ABC. En los niveles más bajos de automatización, hasta alrededor de un 65%, se obtiene más automatización por unidad de costo. De ahí que, por regla general, una empresa ha de tratar de limitarse en su marcha hacia la automatización plena a lo que realmente necesite y se justifique económicamente.

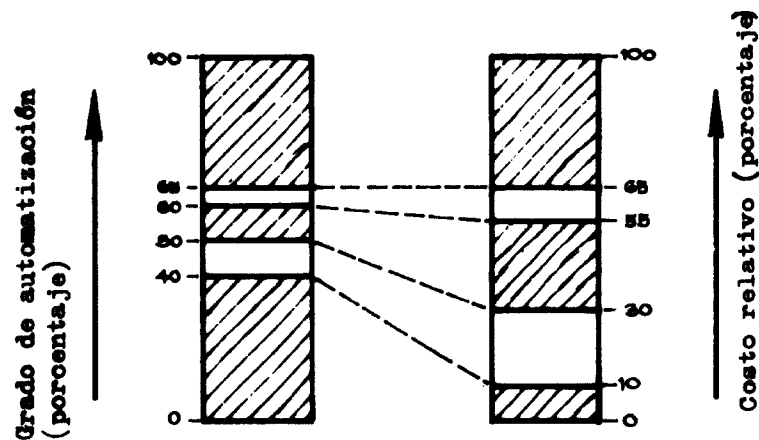


Figura 2. Costo relativo de la automatización parcial

Por ejemplo, un pequeño o mediano fabricante de muebles que esté trabajando con herramientas manuales, puede introducir primero el empleo de plantillas, para pasar luego a la compra de herramientas mecanizadas sencillas, y

posteriormente, según las necesidades, ir incorporando accesorios a las herramientas mecánicas a fin de que vayan automatizando su funcionamiento. De este modo se moderniza gradualmente el proceso de fabricación, sin sobrepasar en ningún momento las limitaciones financieras de la inversión planificada.

Otro factor que influye mucho en el costo es la selección de equipo. Ciertos equipos resultan sumamente caros porque están concebidos para una finalidad concreta; en este caso el comprador paga mucho más por el costo indirecto que por el costo directo de fabricación del mismo. Del mismo modo, la mayor parte de la maquinaria automática se construye para un mercado limitado; el costo de desarrollo de esa maquinaria ha de repartirse entre muy pocos compradores, por lo cual el costo ha de ser más alto para cada uno. Por otra parte, cuando sólo hay unos pocos compradores lo probable es que la producción se haga por pedido especial y no siguiendo los principios de la producción en serie. El costo del equipo es una función directa de la "individualidad" del pedido formulado. De ahí que, siempre que sea posible debe optarse por la maquinaria normalizada existente en el mercado.

Pero cabe preguntar qué es un artículo normalizado. Se entiende por tal un componente o una combinación de componentes que pueden comprarse mediante un simple pedido, por lo general a base del catálogo del fabricante. Esos artículos se usan para fines tan diversos, que el fabricante los produce ininterrumpidamente y la mayoría de los distribuidores los tienen siempre en existencia. El artículo normalizado nunca se fabrica para satisfacer las necesidades específicas de un comprador, ni tampoco tiene el comprador que precisar sus especificaciones para que el proveedor pueda proporcionarle el artículo. Por ejemplo, no es preciso que el comprador indique las especificaciones de un tornillo y una tuerca mediante un dibujo. En tanto le satisfagan las especificaciones normales de los tornillos (diámetro y paso de rosca), podrá obtenerlos a bajo precio casi en todas partes. En cambio, un comprador que desea, por ejemplo, un tornillo con paso de rosca hacia la izquierda, ha de estar dispuesto a pagarlo más caro puesto que el tornillo normalizado tiene el paso hacia la derecha.

El proyectista de un sistema de ABC debe tratar de elegir los componentes normalizados más asequibles que satisfagan sus necesidades. Si cierto artículo normalizado no le sirve, debe buscar otro de especificidad mayor, pero su búsqueda debe cesar tan pronto como haya descubierto la especificidad deseada. El proyectista debe advertir asimismo que existen muchas formas de combinar artículos normalizados para armar un equipo que cumpla funciones muy específicas. La aplicación de elementos normalizados en combinación no es tan difícil como parece; dado que la ABC es una solución de carácter intermedio y que el equipo normalizado es también recurso de carácter intermedio, lo que le da una gama de aplicaciones casi total, casi se puede decir que existe una adaptabilidad natural entre los equipos normalizados y la ABC.

A continuación se enumeran algunos de los componentes normalizados de uso corriente en la ABC:

Equipo neumático e hidráulico

Convertidores de energía: bombas, compresores, motores, cilindros, intensificadores de presión;

Controles: válvulas de control direccional, válvulas de verificación, válvulas de control de presión, válvulas de cierre;

Equipo auxiliar: conductos y conexiones, depósitos, filtros, lubricadores, termopermutadores, silenciadores.

Equipo eléctrico

Convertidores de energía: motores, electroimanes de tracción (o empuje), solenoides rotatorios;

Controles: interruptores de tope, relés de distinto tipo, tales como relés de bloqueo de tiempo, de sobrecarga, etc.; cronomedidores (de motor síncrono, bimetálicos, relojes, fluidos, etc.); grupos de programación o bloques lógicos; interruptores neumáticos.

Tales componentes se encuentran fácilmente en el mercado. Pueden combinarse entre sí o con otros sistemas para obtener lo que se desea.

Otro factor que encarece mucho gran parte de los sistemas automáticos es su complejidad. El proyectista de sistemas de ABC procura simplificar al máximo el aspecto técnico de sus diseños, no buscando sino las mejoras más necesarias y adaptando para construirlos herramientas sencillas ya disponibles. En vez de buscar la perfección en términos de una alta precisión, se contenta con acercarse a la precisión necesaria, dejando el resto a los operarios que manejan el equipo. Esto no significa que la precisión no tenga importancia en la ABC; las herramientas o técnicas normalmente utilizadas en la ABC pueden ser en algunos casos tan eficaces como el equipo especial utilizado en la automatización de costo elevado.

Es verdad que la automatización entraña una menor flexibilidad. La pérdida de flexibilidad puede ser sumamente costosa en ciertos casos, pero la ABC puede minimizar esta pérdida de flexibilidad precisamente por tratarse de una fórmula intermedia. En la ABC no es preciso programarlo todo en una máquina; este sistema permite combinar con la mecanización la flexibilidad inherente al ser humano.

Otra ventaja de la ABC relacionada con la flexibilidad es su compatibilidad. Por ejemplo, supongamos que para un proyecto de ABC se compran componentes automatizados y se instalan sobre una sierra mecánica de trocear a fin de aumentar su producción. Una vez que hayan disminuido las necesidades de madera troceada, el componente normalizado puede desconectarse de la sierra e instalarse sobre el mecanismo de alimentación de una cepilladora.

Básicamente, la ABC resulta económica, porque es un sistema sencillo en una época de sistemas complejos. Al construir con elementos ya disponibles, el ingeniero que aplica la ABC no pierde el tiempo evaluando las novedades que ofrece el mercado. Procura diseñar un sistema automatizado empleando componentes normalizados y reutilizables en combinaciones sencillas y flexibles.

II. Mejoras posibles con la automatización de bajo costo

La automatización de bajo costo permite mejorar:

- La calidad del producto;
- La utilización de la mano de obra;
- La utilización de los materiales;
- La utilización del equipo ya en uso;
- La seguridad.

Todas estas mejoras contribuyen directamente a aumentar la capacidad de producción y la competitividad y a reducir los costos de fabricación.

A. Calidad del producto

Normalmente, el factor humano ocasiona problemas de calidad que son sumamente difíciles de resolver. Los operarios, aun los especializados, son susceptibles al cansancio, el descuido o la distracción, todo lo cual tiene repercusiones adversas sobre la calidad del producto. Al reducir la intervención humana en las operaciones al grado justo y suficiente, la ABC puede contribuir muchísimo a la mejora de la calidad. Puede ser útil incluso en las operaciones de manejo de materiales que afectan mucho la calidad.

Esto se puede ver mejor por dos ejemplos de la manera como un fabricante de muebles resolvió problemas de calidad mediante la ABC.

En la fabricación de sillas, las superficies recién pintadas por aspersión resultaban frecuentemente dañadas durante las operaciones necesarias para su transporte desde el puesto de pintura a la zona de acabado, situada a 8 metros de distancia. Para resolver este problema, el fabricante construyó un transportador sencillo utilizando madera, piezas de bicicleta, correas hechas de papel de lija usado y componentes neumáticos. En la figura 3 puede verse este dispositivo.¹ Después de colocar una silla en el transportador, el operario del puesto de pintura por aspersión accionaba una válvula de pedal con lo cual un cilindro de aire desplazaba la correa transportadora lo suficiente para dejar espacio libre para la siguiente silla. De este modo se iban desplazando gradualmente las sillas al departamento de acabado, adonde llegaban sin haber sido tocadas por nadie.

El costo de este aparato fue de unos 110 dólares.²

En la misma fábrica de muebles, las sillas tenían que ser manipuladas por los tapiceros que trabajaban en ellas. Esta actividad era lenta y fatigosa, y

¹El circuito neumático sólo se muestra esquemáticamente. Las explicaciones de los símbolos utilizados en ésta y otras figuras aparecen en el capítulo VI y en el anexo I.

²El término dólares (\$) indica dólares de los Estados Unidos.

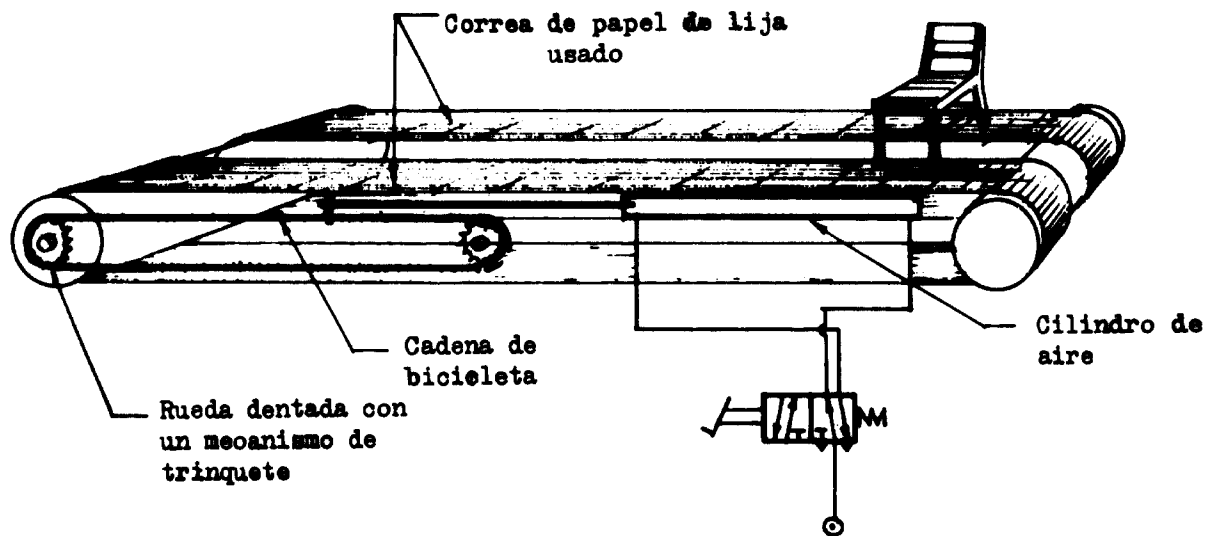


Figura 3. Sistema para el transporte de sillas

la calidad del tapizado disminuía gradualmente durante la jornada por el cansancio de los operarios.

Este problema se resolvió fabricando un posicionador en forma de C que sujetaba la silla durante el trabajo de tapizado. En la figura 4 puede verse cómo funciona este posicionador. El cilindro A, accionado por una válvula de palanca, sujeta o suelta la silla. Mientras está sujeta, la silla aún puede hacerse girar en torno al eje del cilindro A. El cilindro B, accionado por una válvula de resorte con mando de pedal, inmoviliza el bastidor en C después que ha girado sobre su eje. Este mecanismo permite al operario colocar y sujetar la silla en la postura que desee, sin demasiado esfuerzo. Utilizando una grapadora neumática, podrá así concentrar toda su atención en la calidad del tapizado.

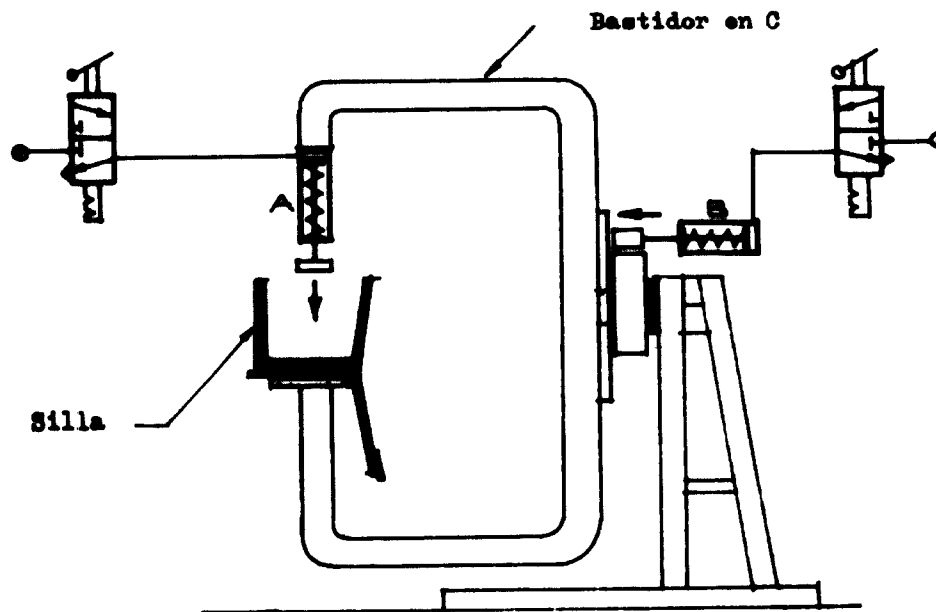


Figura 4. Posicionador de sillas

Este posicionador, cuyo costo fue de unos 312 dólares, además de resolver el problema de la calidad, permitió triplicar la capacidad de producción.

En las secciones A, H, I, J, K, L y M del capítulo IX pueden verse otros ejemplos de mejoras en la calidad obtenidas mediante la ABC.

B. Utilización de la mano de obra

En muchas fábricas de muebles, la mano de obra calificada se utiliza en grado insuficiente, pues dedica del 40% al 60% de su tiempo a actividades que no requieren su valiosa especialización. Por otra parte, los muchos operarios sin especialización o semiespecializados que podrían efectuar dichas tareas no pueden ser asignados a ellas porque no encajan en el proceso de producción. La ABC permite remediar eficazmente esta anomalía, como se desprende del ejemplo siguiente.

En un taller de ebanistería, la madera aserrada se cortaba en longitudes normalizadas. En la operación de corte se prestaba particular atención a la medida y calidad del corte, puesto que un pequeño error podía obligar a desechar el componente o a retocarlo en una operación costosa y larga en la zona de montaje. Para conseguir un corte perfecto el operario tenía que medir dos veces los puntos de corte y verificar que la plantilla portapiezas estaba perfectamente limpia.

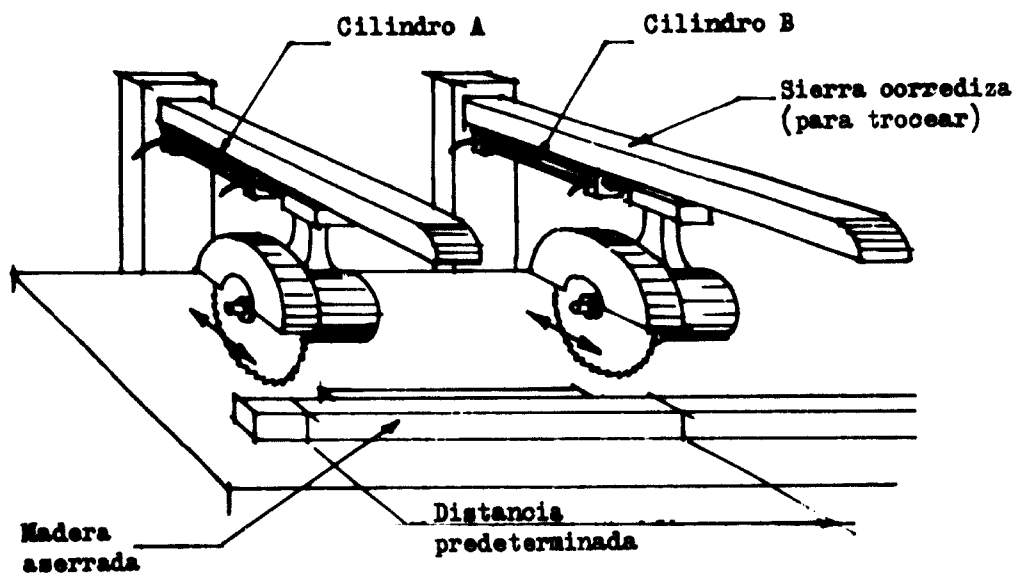
En la solución de ABC se hizo uso de dos sierras de trocear corredizas, colocadas a una distancia predeterminada una de otra. Se aprovecharon sierras de trocear ya existentes en la planta. En la figura 5 a) se puede ver que las dos sierras corredizas fueron dotadas de cilindros de aire, y la figura 5 b) es un diagrama esquemático del circuito neumático. Cuando la válvula de resorte se accionaba mediante un pedal, los cilindros impulsaban las sierras hacia delante para efectuar un corte de longitud determinada. Este dispositivo, que permitía efectuar cortes de la misma calidad que los obtenidos por un operario calificado, podía manejarlo un obrero semicalificado (que ganaba 20% menos que un operario calificado). Todo lo que tenía que hacer era colocar y sujetar la madera y pisar el pedal de la válvula. Otra ventaja fue el ahorro de unos 22,20 dólares de costo semanal por el menor número de piezas rechazadas.

El costo de los componentes de este proyecto fue de 300 dólares.

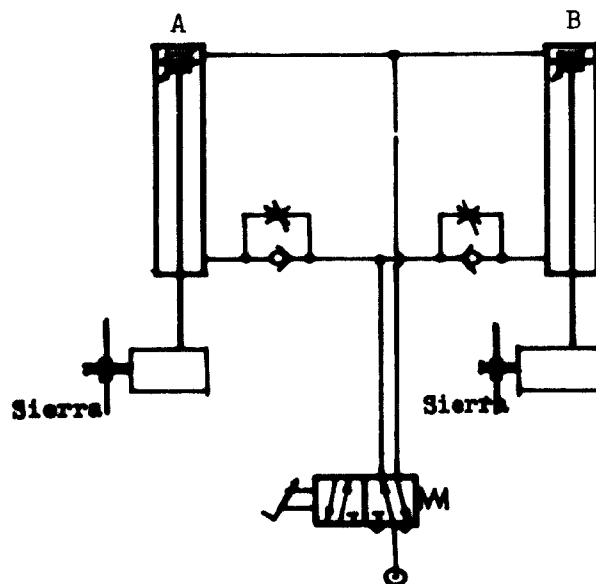
C. Utilización de materiales

En una fábrica se suelen utilizar más materiales de los realmente necesarios para cubrir las pérdidas por inexactitudes o errores. Por ejemplo, en una fábrica de muebles se comienza por utilizar más madera aserrada al principio por si es preciso efectuar ajustes posteriormente. También en las operaciones de pintado y barnizado por aspersión, por lo general se aplica más material del necesario para asegurarse de que toda la pieza quede bien cubierta. Aun así, a veces es preciso efectuar retoques finales. Lo mismo cabe decir de las operaciones de encolado.

Puesto que la ABC puede controlar las operaciones de esta índole hasta márgenes muy precisos, su empleo permite optimizar el aprovechamiento de los materiales. La experiencia de un fabricante de mesas en cuyo taller se barnizaban las tablas de mesa con una pistola manual de aspersión, puede servir de ejemplo de los ahorros de barniz obtenidos con la ABC. Como los operarios no tenían la especialización necesaria, se usaba más barniz del realmente necesario, desperdiciándose entre el 20% y el 30%.



a) Representación visual del montaje



b) Diagrama esquemático de un circuito neumático

Figura 5. Montaje de ABC para cortar madera aserrada a la longitud requerida

En la figura 6 puede verse cómo se utilizó la ABC en este caso. Se colocó una tabla de mesa sobre una plataforma de rodillos en posición vertical, y se puso en marcha el sistema. El cilindro A imprimió un movimiento oscilatorio a la pistola de aspersión que llevaba conectada. Mientras tanto la válvula S abrió el alimentador de aire para accionar la aspersión de la pistola. A medida que ésta oscilaba, el cilindro B hacía avanzar lentamente la tabla de mesa hasta que quedara rociada toda su superficie. Entonces el proceso se interrumpía automáticamente y todos los cilindros retornaban a su posición de descanso.

El costo de este proyecto fue de unos 575 dólares, que se recuperaron en 5 meses gracias al ahorro conseguido en el empleo de barniz (15%).

En la sección L del capítulo IX pueden verse otros ejemplos de ahorro de materiales mediante la ABC.

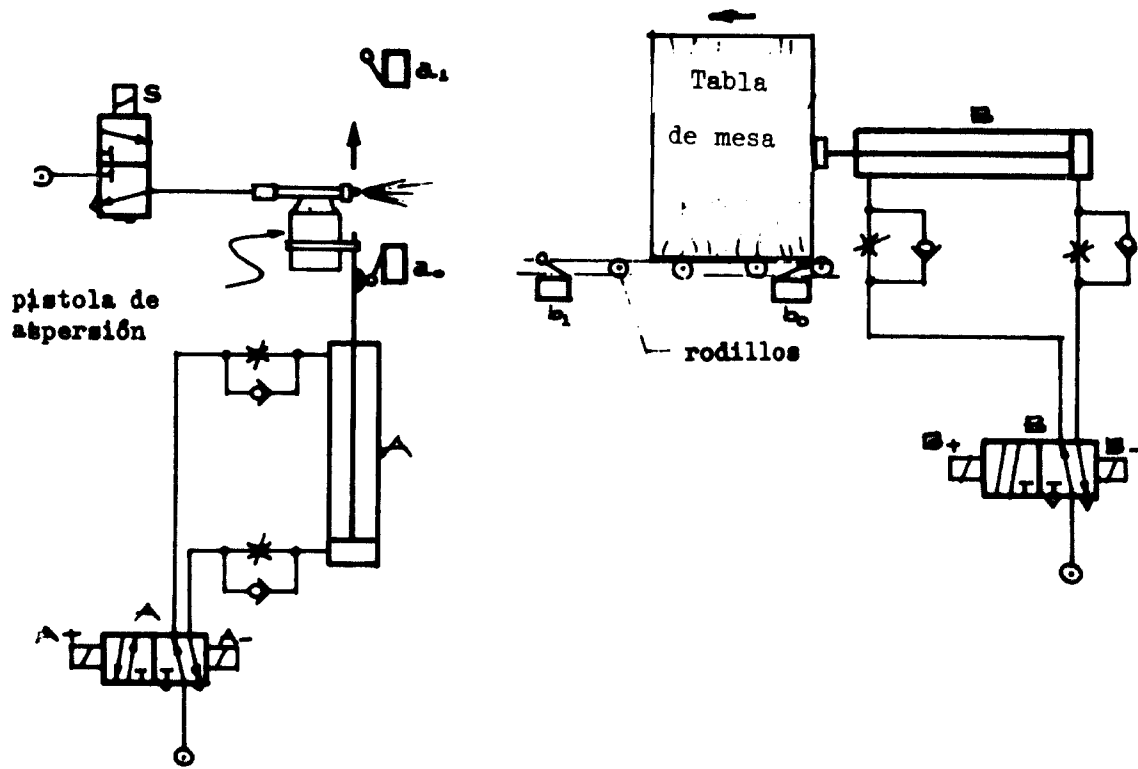


Figura 6. Pistola automática de aspersión para pintar tableros

D. Aprovechamiento del equipo ya en uso

Con frecuencia se subutiliza la capacidad de maquinaria relativamente cara, como espigadoras y máquinas para hacer colas de milano, a causa del tiempo que se pierde en operaciones no directamente relacionadas con la elabo-

ración mecánica de la madera. Por ejemplo, un estudio de tiempos de una operación de ensamblado a espiga puede demostrar que la capigadora está inactiva un 30% del tiempo, porque el operario tiene que sujetar y soltar a mano la pieza de trabajo.

Simplemente mediante el empleo de una abrazadera neumática (figura 7), puede lograrse un aumento de un 20%, por lo menos, en la utilización del equipo. El costo del circuito que aparece en la figura es de unos 97 dólares.

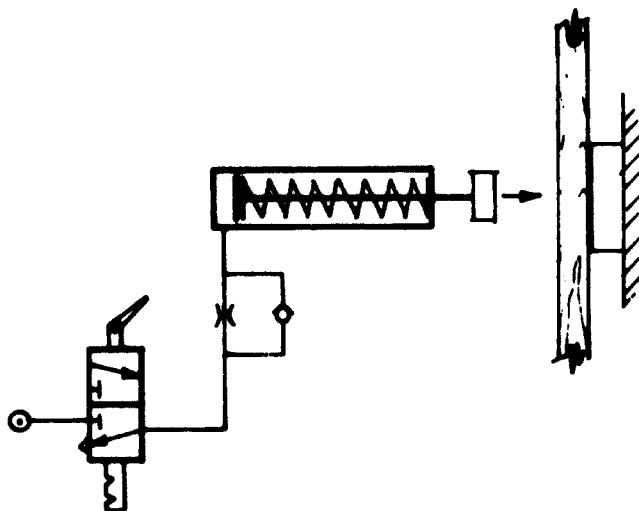


Figura 7. Abrazadera neumática

La utilización de una molduradora para 4 costados puede aumentarse mediante un alimentador mecánico (elemento normalizado). En la sección F del capítulo IX puede verse un ejemplo de un mecanismo de alimentación para un cepillo regruesador.

E. Seguridad

La seguridad del personal puede aumentarse en muchos casos mediante la ABC. El equipo y el proceso pueden diseñarse de tal modo que resulte prácticamente imposible que, por efectuar impropiedades la operación de alimentar una máquina, un operario corra el riesgo de un accidente. En un diseño de esta índole la función del operario se reduce a verificar que el alimentador esté cargado y que el equipo funciona bien; las operaciones arriesgadas las realiza el mecanismo de ABC. Por ejemplo, al alimentar una sierra eléctrica estacionaria de trocear puede utilizarse el circuito presentado en la figura 8, en vez de un puntal de impulsión manual, para empujar material relativamente pequeño.

En el circuito de la figura 8, al accionar el botón manual el cilindro alimentador efectúa un movimiento de avance y retroceso. Al conectarse la válvula automática, el émbolo del cilindro oscilará de modo continuo alimentando a la sierra con el contenido del depósito hasta que se desconecte la palanca de la válvula. Este mecanismo hace perfectamente segura la operación de alimentación, ya que las manos del operario no hacen más que pulsar botones, accionar palancas y cargar el depósito alimentador.

El costo de los componentes del circuito de la figura 8 ascendería a unos 290 dólares.

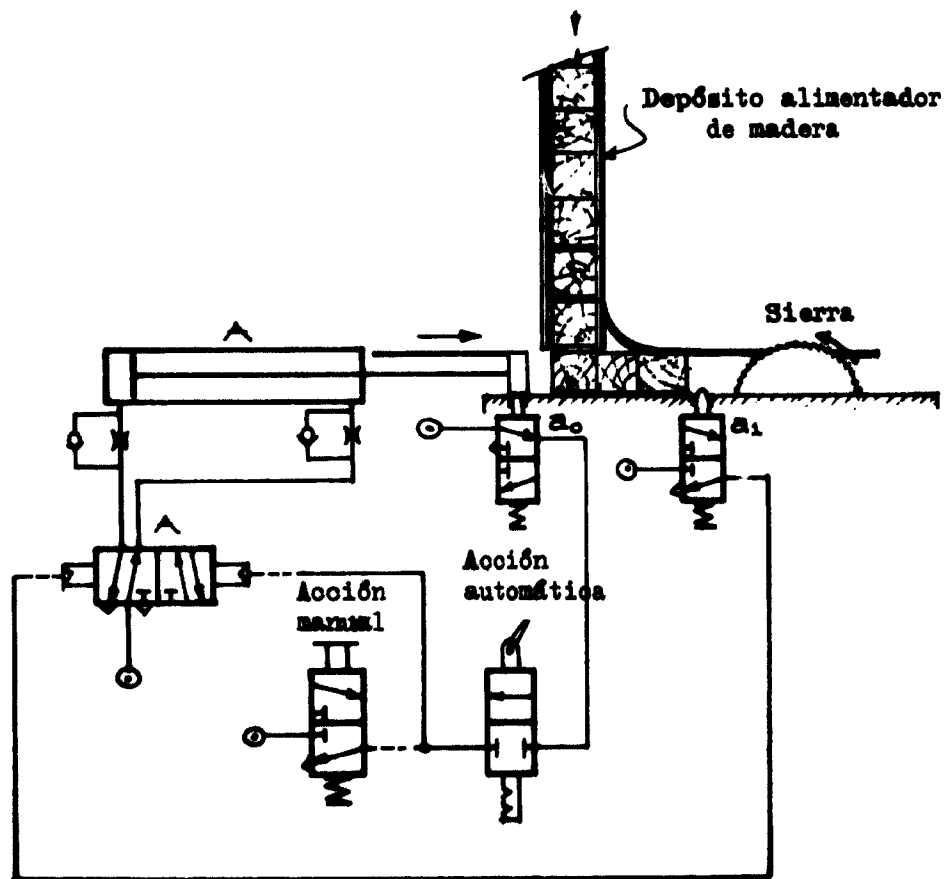


Figura 8. Alimentador para sierra de mesa

III. Análisis de la necesidad de automatización de bajo costo

A. Punto de vista del director de empresa

De los ejemplos dados en el capítulo anterior se desprende claramente que la ABC puede acrecentar la competitividad de una empresa, al posibilitar un aumento de la producción al mismo tiempo que una disminución de su costo. Los gerentes de fábricas de muebles y ebanistería no deben vacilar en emprender proyectos de ABC. Sin embargo, han de considerar primero los siguientes factores:

- Aspectos económicos;
- Requisitos técnicos previos;
- Necesidades de personal;
- Capacidad de gestión.

Aspectos económicos

Un principio básico de todo cambio de un proceso de producción es que los beneficios que reporte superen el costo, y esto se aplica también a la ABC. Es verdad que a veces un proyecto resulta más costoso en comparación con las economías que una empresa deriva del mismo. No obstante, puede procederse a la ejecución del proyecto en razón de las mejoras que se obtendrán en la calidad o la seguridad que, por supuesto, también constituyen beneficios. En todo caso, sea cual fuere el motivo de la automatización -seguridad, calidad o economía-, el conocimiento del costo relativo de los proyectos considerados sigue siendo importante al decidir cuál de ellos se va a adoptar.

Suponiendo que la decisión de automatizar se base enteramente en el costo, cabe utilizar la siguiente fórmula para determinar la inversión máxima que una empresa deberá hacer en un proyecto dado:

$$I = \left[\frac{nN}{1 + \frac{i}{200}(n+1)} \right] \left[\left(\frac{Q_2}{Q_1} - 1 \right) \left(m + w \left(1 + \frac{p}{100} \right) + V_1 \right) + V_1 - V_2 \right]$$

- I = inversión máxima admisible
- i = tipo de interés corriente sobre el dinero (% por año)
- n = período de depreciación (años)
- N = número de horas de explotación al año
- Q_1 = producción por hora antes de introducirse la ABC
- Q_2 = producción por hora después de introducirse la ABC
- m = costo fijo de la máquina por hora, incluidos los gastos generales
- w = salarios directos por hora
- p = proporción de costos indirectos de mano de obra (porcentaje de w)
- V_1 = costo variable por hora de la máquina con la producción Q_1
- V_2 = costo variable por hora de la máquina con la producción Q_2

Requisitos técnicos previos

Si una empresa adopta la automatización en vez de adoptar su equipo a ella, la producción podría disminuir en vez de aumentar, sobre todo si el personal no está preparado para un proceso automatizado relativamente complejo. Por ejemplo, los operarios que no saben manejar una máquina pueden dañarla. O bien, en caso de avería, el personal de mantenimiento puede no saber cómo reparar el equipo de manera satisfactoria.

Necesidades de personal

La introducción de la automatización en una planta entrañará los siguientes cambios en las necesidades cualitativas y cuantitativas de personal técnico:

<u>Función</u>	<u>Número de empleados</u>	<u>Aptitudes requeridas</u>
Producción directa	menos	menores
Mantenimiento	más	superiores
Transporte	menos	superiores
Ingeniería	más	superiores

Capacidad de gestión

Es posible que resulte necesario mejorar la gestión de las fábricas que desean automatizarse. Cuando la gestión de una planta es un "embrollo" antes de introducirse la automatización, será un "embrollo automatizado" una vez introducida. En otras palabras, la automatización per se no produce milagros administrativos; por el contrario, puede requerir de algunos. El aumento de productividad resultante de la automatización trae consigo mayor demanda de materiales, programación más compleja, exigencias técnicas más precisas (por ej., control dimensional), etc. Si la dirección de la empresa no puede hacer frente a esas interrelaciones más complicadas, mejor será aplazar la introducción de un mayor grado de automatización. Una empresa que adolece de una gestión débil ha de comenzar por el tipo más elemental de automatización y avanzar paulatinamente hacia tipos más complejos, a medida que mejora su capacidad de gestión.

B. Punto de vista del ingeniero

Si se pidiera a un ingeniero que automatizara un proceso determinado, ¿cuál sería su primer paso? ¿Concebir inmediatamente un sistema que imitase todas las acciones del actual operario del proceso? De ninguna manera. El primer paso sería analizar la necesidad de automatización, es decir, determinar el grado exacto de automatización que la empresa necesita en ese proceso, y proceder en consecuencia.

Si la empresa desea aumentar la producción total, la operación que corresponde automatizar será la que ocasione el atasco en la producción. El análisis revelará si la operación de que se trate es o no es la causa real del atasco. Si, por ejemplo, la operación revela una acumulación de unidades de insumo, puede ser que el atasco se deba únicamente a procedimientos de programación defectuosos, en cuyo caso sería absurdo proceder a la automatización de la operación. Hay casos en que una aparente necesidad de automatizar desapa-

rece cuando se aplican los principios de planificación y control satisfactoria de la producción.

En ocasiones, una simplificación de las técnicas de producción merced al estudio de métodos (o del trabajo) puede dar el mismo resultado que la automatización, o aun mejor, como se verá por el siguiente ejemplo.

Se fabricaban patas de madera para camas redondeando un bloque rectangular hasta darle un perfil cónico, después de lo cual se taladraba un orificio de extremo a extremo. Era importante que el orificio estuviese bien centrado, pero resultaba extremadamente difícil lograrlo. La dirección de la empresa quería automatizar la operación de taladrado. Al estudiar el proceso, el ingeniero que recibió el encargo comprobó que en la operación de taladrado la empresa utilizaba un torno para madera. El taladrado en sí mismo resultaba fácil; lo difícil era mantener la barrena centrada. Tras algún estudio y reflexión, el ingeniero recomendó que el operario taladrase primero el orificio y redondeara después el bloque. Hecho esto, las dificultades desaparecieron; no hubo necesidad de aumentar el grado de automatización. (Véase la figura 9.)

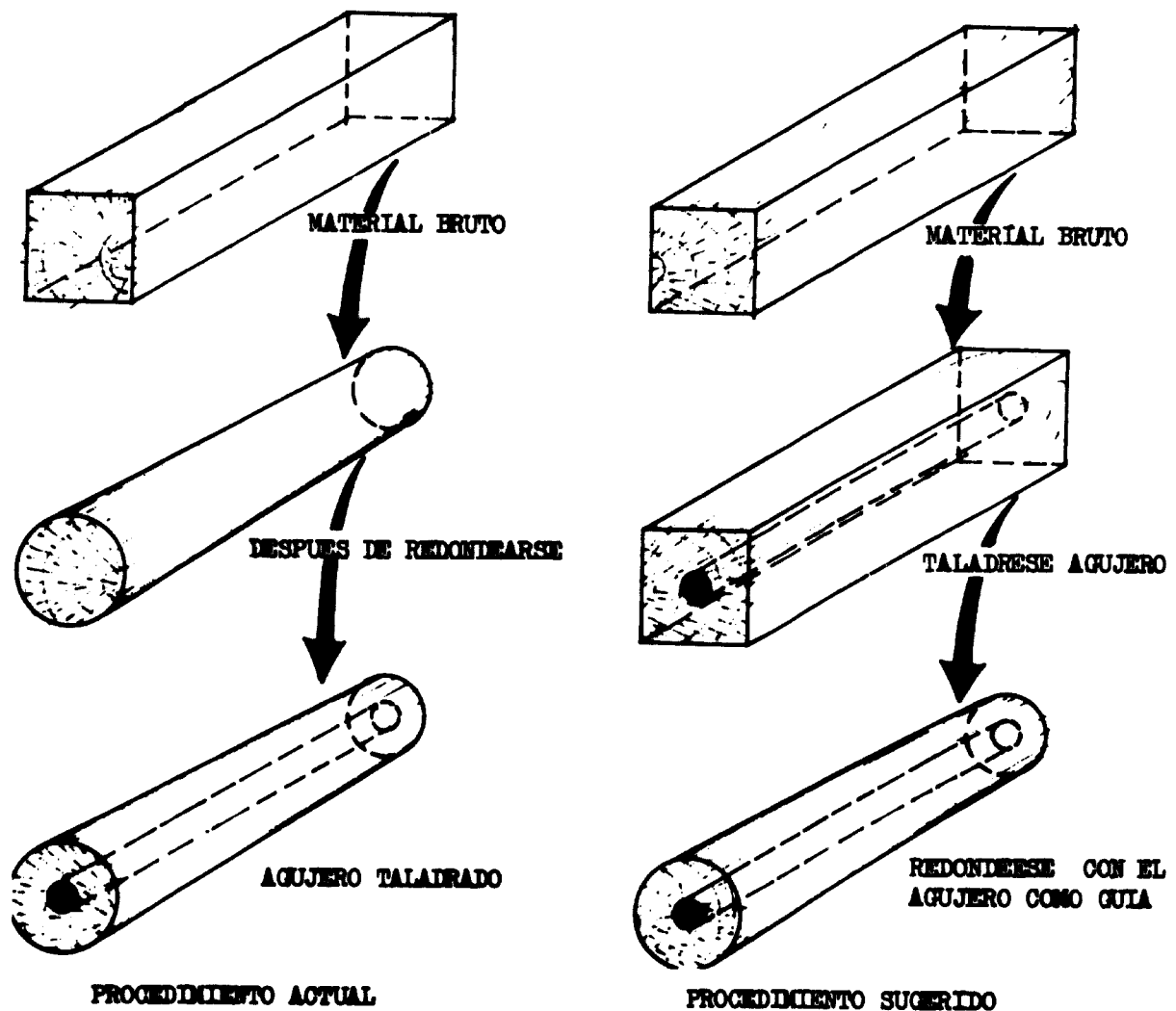


Figura 9. Comparación del proceso utilizado para la fabricación de patas de madera para camas. El proceso sugerido permitió practicar agujeros correctamente centrados con menos dificultad que el actual, e hizo innecesaria la automatización

En el ejemplo anterior, la necesidad de automatizar quedó eliminada merced a la simplificación del proceso. El mismo resultado puede obtenerse mediante la simplificación del producto a través de un análisis de valor, generalmente modificando el diseño. Por ejemplo, no hay necesidad de automatizar el proceso de fabricación de cierta parte cuando puede darse un diseño nuevo al producto final, de modo que admita una parte similar que pueda adquirirse a precio módico en el mercado. O bien, si puede aumentarse cierta tolerancia crítica de diseño sin merma de la calidad del producto, cualquier problema de automatización que afecte a la tolerancia podrá, cuando menos, resolverse con más facilidad, si no eliminarse. En realidad, cuando el diseño de las partes o de la totalidad del producto puede simplificarse con miras a la automatización, es posible que haya llegado de todo modos el momento de revisar ese diseño.

La figura 10 ilustra los resultados de un análisis de valor que condujo a la simplificación de un producto. Los miembros transversales de los respaldos de sillas se estaban ensamblando a espiga en agujeros practicados en los miembros verticales. Como el ensamble a espiga resultaba bastante difícil, el director de la empresa estaba pensando en echarse encima muchas dificultades para automatizar el proceso. Sin embargo, el análisis de valor reveló que el proceso y, por ende, su automatización podían simplificarse, si los orificios de los miembros verticales se ampliaban de modo que pudiera prescindirse del ensamble a espiga. Lo único que se necesitaba era controlar la profundidad de

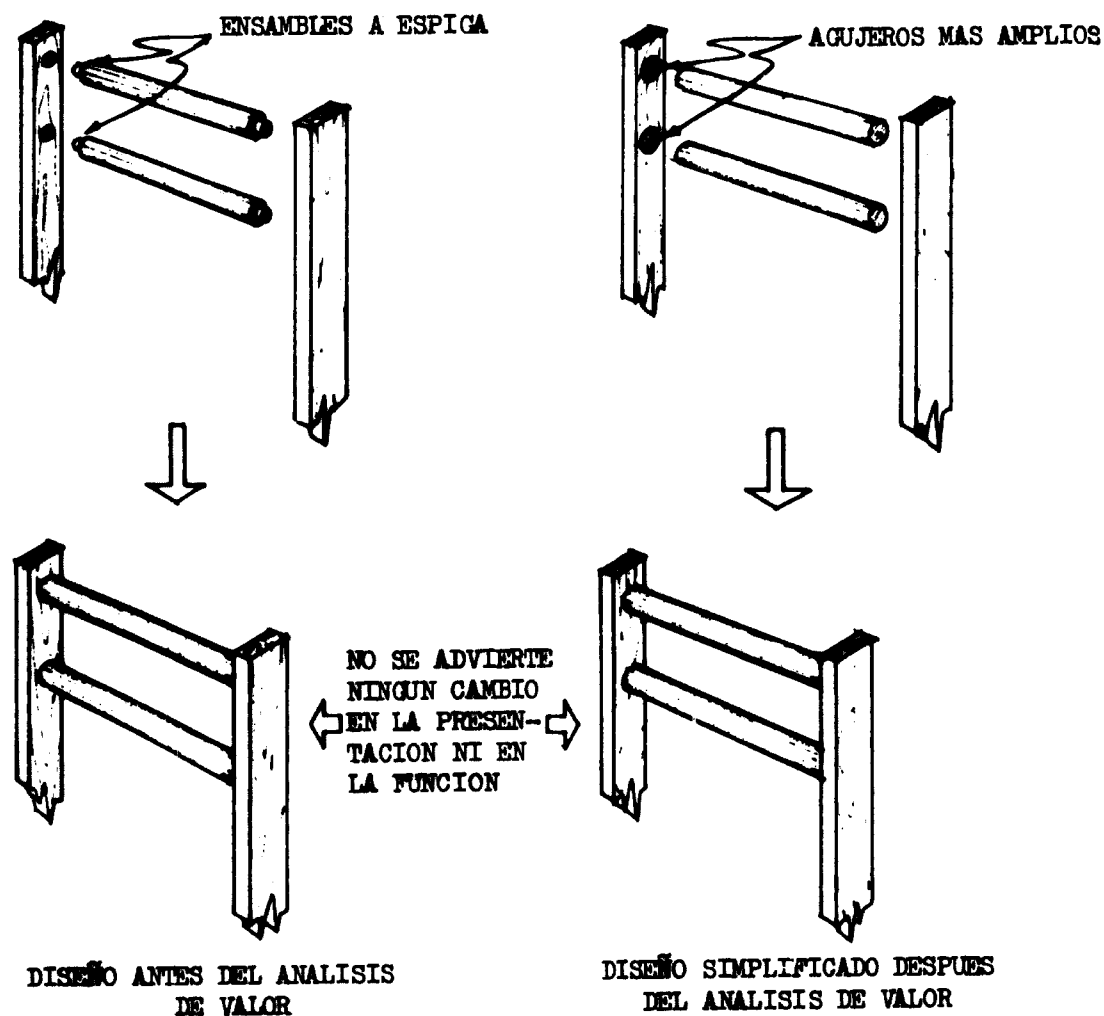


Figura 10. Simplificación del producto merced al análisis de valor

los agujeros y la longitud de los miembros transversales, cosa fácilmente realizable con la ABC.

En otras palabras, el ingeniero, tras haberse decidido a automatizar, trata de simplificar su trabajo, sin rehuirlo. Habiéndose convencido de la necesidad de automatizar un proceso, se asegura de que la automatización es viable.

A veces hay que normalizar una línea de productos. La automatización entraña cierta pérdida de flexibilidad, lo que la hace impracticable para una gran variedad de productos. Por ejemplo, sería difícil y costoso establecer un sistema automático que montase 20 tipos diferentes de sillas. Es preciso hallar una fórmula intermedia, en el sentido de que sólo se fabricarán unos cuantos tipos (o tamaños) de sillas. Por otro lado, puede haber algunas operaciones que sean idénticas para todos. Esas operaciones podrán, desde luego, automatizarse.

Una vez establecidas la necesidad y posibilidad de automatizar un proceso (no necesariamente el considerado en primer término), deberá hacerse un estudio de tiempos del mismo. Se analizará la tarea para distinguir los distintos elementos y se registrará el tiempo empleado en cada uno de ellos, a fin de poder determinar cuáles llevan más tiempo. Sobre la base de ese estudio de tiempos el ingeniero podrá decidir la automatización de tan sólo el elemento que consume más tiempo, o combinar algunos de los elementos mediante la automatización. Sólo entonces procederá a proyectar el sistema de ABC.

En el proyecto del sistema el ingeniero deberá tener en cuenta la seguridad, el costo y otros aspectos operacionales. Además, puesto que toma como punto de partida la situación actual, es preciso que comprenda bien esa situación y también la forma en que la modificación proyectada influirá en toda la empresa. El ingeniero que sea capaz de hacer todo eso tendrá un conocimiento de muchas disciplinas y, por consiguiente, podrá aspirar a una elevada retribución de sus servicios.

Es importante que una empresa que ha contratado a un ingeniero para concebir un sistema de ABC reciba de éste todas las instrucciones necesarias acerca del manejo de nuevo equipo, así como copias de todos los planos necesarios para el buen mantenimiento del mismo.

C. Ejemplo práctico del enfoque analítico de la automatización de bajo costo

A causa de un programa estatal de construcción de viviendas, una fábrica satisfacía a duras penas la demanda de marcos de ventana. La dirección de la empresa preveía que pronto no podría dar abasto, ni siquiera con tres turnos diarios. Además, había escasez de obreros calificados. En vista de ello, la dirección organizó un equipo de técnicos y obreros para hallar la manera de evitar la pérdida de ventas por falta de capacidad productiva.

Al analizar los diversos procesos aplicados en la fábrica, el equipo recopiló los siguientes datos sobre las operaciones manuales que más afectaban la capacidad de producción:

<u>Operación</u>	<u>Capacidad de producción</u> <u>(marcos por día)</u>	<u>Costo unitario de la</u> <u>mano de obra</u> <u>(dólares por marco)</u>
Corte	22	0,04
Ensamble a espiga	5	0,40
Mortaja	12	0,10
Montaje	16	0,06

Se vio enseguida que en la operación de ensamble a espiga no sólo se producía un atasco, sino que, además, esa era la operación más costosa de la lista. Se puso en marcha una acción concertada para mejorar esa operación.

Después de un estudio más a fondo, el equipo formuló tres planes de acción entre los cuales elegir uno, a saber:

1. Diseño e instalación de artefactos y accesorios
Aumento de capacidad, 20%
Costo, \$14,40
2. Adquisición de una máquina espigadora
Aumento de capacidad, 800%
Costo total fijo de la máquina, \$485 anuales
Costo variable total en concepto de mano de obra, mantenimiento y energía, \$1,25 por marco
3. Subcontratación de la operación de espigado
Costo (hasta 200 marcos diarios), \$0,18 por marco

El plan 1 no resultaba atractivo; aunque hubiera supuesto alguna mejora, la operación habría seguido constituyendo un atasco. El plan 2 era muy tentador; como la empresa daba a la operación de ensamblado a espiga un valor de \$2,55 por marco, el volumen de rentabilidad mínima de la máquina era de $485(2,55-1,25) = 373$ marcos al año, volumen muy inferior al previsto. Sin embargo, el costo inicial de la máquina (\$4.850) habría repercutido adversamente en las disponibilidades financieras de esa pequeña empresa. Por consiguiente, se eligió el plan 3, que permitía eliminar el atasco sin un gasto fijo en efectivo y a un menor costo de explotación.

Eliminado el atasco del ensamble a espiga, el siguiente objetivo era, obviamente, la mortaja. Esta operación consistía en marcar en la madera el tamaño y lugar de la mortaja y luego cortarla a mano con formón. Habiendo observado a los dos mortajadores, el equipo estimó que poseían las aptitudes necesarias para realizar el trabajo. El problema era que, incluso con obreros altamente calificados, el trabajo llevaba demasiado tiempo. Como solución, se acordó comprar una prensa taladradora de segunda mano y equiparla con una herramienta para hacer mortajas. La prensa taladradora costó sólo \$135, pero la capacidad de producción se aumento de 12 a 23 marcos por día. Se cambiaron las funciones de los dos mortajadores: uno se encargó de marcar la madera y el otro de cortarla.

La operación de montaje fue el siguiente atasco, que se remedió un tanto instalando un dispositivo de sujeción hecho con una vieja manguera de incendios (véase sección A del capítulo IX). La capacidad aumentó de 16 a 21 marcos por día.

Las capacidades de las operaciones de corte, mortaja y montaje eran ahora aproximadamente iguales y suficientes para satisfacer la demanda durante los tres meses siguientes. Sin embargo, la demanda siguió aumentando rápidamente. En vista de ello, se procedió sin demora a buscar la manera de incrementar las capacidades de montaje y mortaja hasta 40 marcos diarios, que era la capacidad que podía alcanzarse en la operación de corte adquiriendo una sierra tronadora desplazable. (La operación de ensamble a espiga no planteaba ningún problema de inmediato, ya que el subcontratista aún podía suministrar 200 marcos al día. No obstante, se proyectó la negociación de un contrato de larga duración para este trabajo.)

En un estudio de tiempos del trabajo del operario de la herramienta mortajadora se registró la siguiente distribución de tiempos:

	<u>Porcentaje</u>
Sujeción y aflojamiento de la pieza	60
Mortaja en la prensa taladradora	20
Manipulación de la pieza	20

Era obvio que la operación de sujeción llevaba relativamente mucho tiempo. Como la fábrica disponía ya de un equipo de aire comprimido (para pulverizaciones), se decidió utilizar un sistema neumático para la sujeción de las piezas. Con esa solución se aumentó la capacidad en alrededor de un 40%, o sea hasta unos 32 marcos por día. Esa cifra aún era inferior a los 40 marcos diarios que se habían proyectado, pero la solución dio a la empresa más tiempo para buscar la forma de aumentar aún la producción.

En una fase posterior los técnicos de la planta concibieron otro accesorio de ABC para la vieja prensa taladradora empleada para mortajar: un sistema oleoneumático, compuesto de un cilindro ordinario de aire acoplado a un cilindro para comprobar el aceite (a efectos del control de alimentación), que proporcionaba la energía para la operación de mortaja. Por este medio se consiguió finalmente aumentar la capacidad a 40 marcos por día. Ese aumento se debió principalmente a la mayor velocidad de corte. En las secciones G y H del capítulo XI se dan detalles acerca de esa solución.

En el caso de la operación de montaje, en la que la sujeción fue también el principal atasco a causa de los problemas de alineación que planteaba, el esquema indicado en la sección C del capítulo IX permitió incrementar la capacidad potencial a 104 marcos por día.

Al año de haberse iniciado el programa de aumento de la capacidad, se hizo patente de nuevo la necesidad de duplicar la capacidad total, y fue necesario emprender nuevos estudios.

Empezando de nuevo por la operación de corte, en que con la introducción de la sierra tronzadora desplazable se había iniciado la última serie de aumentos de la capacidad, se conectó un cilindro de aire a la sierra, según se indica en la figura 5 (capítulo II), lo que permitió alcanzar con creces la capacidad deseada.

En la sección de mortaja, se estimó que la manipulación de la madera consumía demasiado tiempo y debía automatizarse también. Sin embargo, ello entrañaba una modificación radical de los anteriores accesorios, así como la eliminación del viejo sujetador. El cilindro de aire del sujetador, en cambio, podía seguir utilizándose.

D. Principios generales del análisis de necesidades

El ejemplo expuesto en la sección precedente ilustra la aplicación de los siguientes preceptos generales:

- a) Conocimiento de los costos;
- b) Determinación exacta de las condiciones actuales;
- c) Estudio de las opciones posibles;
- d) Adopción de la opción más favorable desde el punto de vista de las ventajas y el costo de explotación;
- e) Mejora de la explotación paso a paso, según las necesidades y las posibilidades del momento;

- f) Mejora del equipo existente, en lugar de sustituirlo;
- g) Participación del personal de taller en la solución de los problemas relacionados con el diseño.

E. Necesidades especiales de automatización de bajo costo en las industrias del mueble y la ebanistería

Al investigar la necesidad de ABC en las pequeñas industrias del mueble y la ebanistería es conveniente pensar en operaciones por separado: manipulación del material, posicionamiento, sujeción, elaboración, mecánica y montaje.

Manipulación del material

La simple manipulación del material no acrecienta el valor del producto que con él se fabrica; por eso, es preciso que las operaciones involucradas sean lo más eficientes posible.

Alimentación

Salvo en el caso de equipo altamente automatizado, las máquinas para trabajar la madera se alimentan normalmente a mano. La alimentación manual es ineficiente a causa del largo intervalo de tiempo que transcurre entre la alimentación de cada una de las piezas trabajadas, lo que se traduce en una subutilización de las máquinas. Además, la alimentación manual puede dañar las máquinas; por ejemplo, si la alimentación no está debidamente controlada, la hoja de la sierra de mesa puede quedar inutilizada. La alimentación puede mejorarse por lo común utilizando accesorios normalizados, como cintas transportadoras, cilindros de aire o aceite y alimentadores eléctricos.

Transporte

Las operaciones de transporte dentro de las fábricas son antioeconómicas, por lo cual deben evitarse. Cuando no puedan evitarse conviene utilizar cintas transportadoras o medios de transporte a granel, como bandejas y arcones.

Rotación y eyección

La rotación y eyección automáticas de la pieza trabajada y la eyección automática de los desechos pueden determinar un aumento de la utilización de las espigadoras, las mortajadoras, las taladradoras, las moldeadoras, las cepilladoras, las sierras, etc., sin desperdiciar el valioso tiempo de los operadores calificados. El equipo neumático es particularmente útil para este tipo de operación automática.

Apilamiento

El apilamiento de productos mecanizados puede mejorarse con la ABC. Para ese fin puede utilizarse el circuito del cilindro A del ejemplo dado en la sección F, del capítulo IX, siempre que se reemplace el interruptor de seguridad S por un interruptor de cierre normal.

Posicionamiento

Como el posicionamiento de la pieza que se va a elaborar mecánicamente ha de hacerse con cuidado, suele consumir bastante tiempo. La ABC permite realizar funciones de posicionamiento, por ejemplo, en el taladrado de agujeros para espigas, en las mortajas, en los ensambles a espiga, en el fresado y en otras operaciones en que la herramienta se aplica a la pieza. También puede utilizarse para el posicionamiento de piezas pesadas, como en las operaciones de tapizado.

Sujeción

La sujeción por medio de la ABC puede reemplazar la sujeción mediante tornos, incluso cuando éstos se utilizan para sujetar la pieza trabajada en operaciones manuales (v. gr., trabajo de talla). El resultado es una sujeción más rápida y fácil. El tiempo así ahorrado puede dedicarse a actividades productivas.

Elaboración mecánica

El equipo en que algunos componentes se trabajan a mano puede complementarse con la ABC. De este modo, no sólo se reducirá la fatiga del operario y se aumentará la capacidad sino que, además, se alargará la vida de la herramienta y se mejorará la calidad del producto, al mantener la velocidad correcta de aplicación de la herramienta. La ABC ha encontrado útiles aplicaciones en las sierras tronadoras desplazables, en las mortajadoras, en las fresadoras (elevación de bancadas) y en las mandrinadoras.

Tal vez sea posible diseñar versiones de ABC más sencillas y económicas de ciertas máquinas caras. Ejemplo de ello es la máquina recaladora que figura en la sección M del capítulo IX.

Montaje

La ABC puede facilitar también las operaciones de montaje. Se puede ver un ejemplo de ello en la figura 4 (capítulo II).

IV. Dispositivos básicos para sistemas de automatización de bajo costo

El primer medio de aumentar la automaticidad de las plantas de fabricación de muebles fue el empleo de dispositivos mecánicos. Las posibilidades de utilizar la presión de un fluido y la electricidad se conocían, pero no se podían aplicar en la práctica porque no se disponía de las tecnologías de conexión necesarias. Todavía sigue utilizándose la palabra "mecanización" para describir los niveles inferiores de la automatización.

Con el desarrollo de la tecnología se han difundido más los dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos para automatizar más los procesos (figura 11). Combinando esos dispositivos, los ingenieros pueden ahora diseñar y proyectar complejos que hasta incluyen controles.

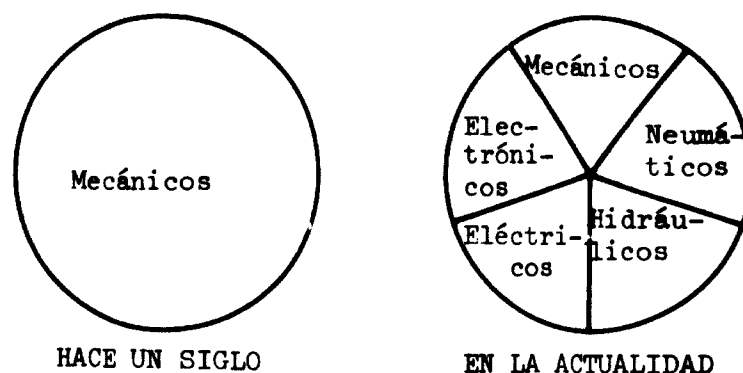


Figura 11. Tipos de dispositivos disponibles para la automatización

Naturalmente, con la adopción de nuevos dispositivos se acuñaron nuevas palabras. Por ejemplo, los sistemas neumáticos dieron origen al término "neumatización", combinación de "neumático" y "automatización".

A continuación se examinará el funcionamiento de los siguientes tipos de dispositivos desde el punto de vista de su aplicación a la automatización de bajo costo:

- Mecánicos;
- Neumáticos;
- Hidráulicos;
- Eléctricos;
- Electrónicos.

Estos últimos se utilizan casi exclusivamente para fines de control; los demás se utilizan no sólo para control sino también para obtener movimientos que realizan trabajo. El lector debe tener presente que esos movimientos son combinaciones de dos movimientos básicos: lineal y rotatorio.

A. Dispositivos mecánicos

El dispositivo mecánico fundamental utilizado en la automatización es la leva, que se utiliza para controlar diversos movimientos de una máquina. Todas las operaciones manuales -mover palancas y hacer girar ruedas conforme a una pauta- se sustituyen por una unidad constituida por un eje con levas de distintas formas o curvas (figura 12). Las levas mueven palancas que accionan las distintas partes de la máquina. Por lo general, una revolución del eje de levas representa un ciclo completo. Ajustando la velocidad del eje de levas se obtiene cierto número de ciclos por unidad de tiempo. La forma de una leva determina a qué velocidad y en qué momento tiene lugar la acción particular que controla.

Una construcción como la que se acaba de describir sustituye gran parte del trabajo mental y físico que antes debían hacer los operarios. Este tipo de dispositivo puramente mecánico todavía puede encontrarse en algunas viejas máquinas espigadoras y mortajadoras y en algunas nuevas de poco costo. Sin embargo, el método básico de regulación del tiempo, no tiene las posibilidades que ahora se exigen de las modernas unidades automáticas.

En la figura 13 se muestra otro dispositivo mecánico, el de husillo y tuerca, utilizado con frecuencia en sistemas de automatización de bajo costo para transformar un movimiento rotatorio en lineal.

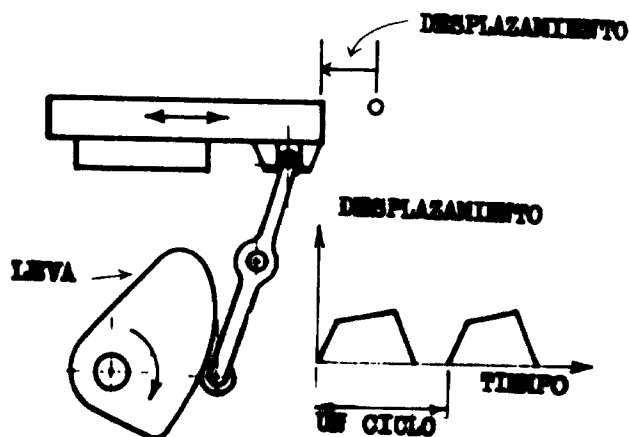


Figura 12. Mando mecánico de leva

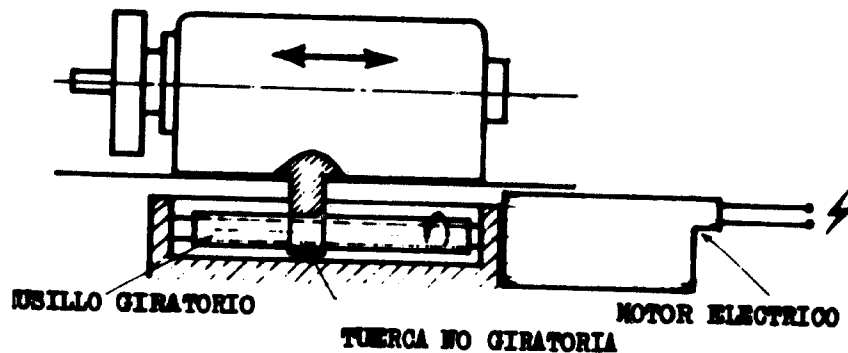


Figura 13. Transformación de un movimiento rotatorio en lineal

Los sistemas mecánicos tienen las siguientes ventajas:

- a) Se puede conseguir un grado elevado de fiabilidad;
- b) Se puede obtener una excelente sincronización;
- c) El mantenimiento del equipo es bastante simple y lo puede realizar el personal de mantenimiento de la planta;

Por otra parte, presentan los inconvenientes siguientes:

- a) Por lo general, las partes deben ser diseñadas especialmente para el cliente. Esto requiere un grado elevado de capacidad de ingeniería;
- b) Por lo general, un dispositivo mecánico no es flexible; a menudo su "programa" es fijo y difícil de modificar;
- c) Sustituir el "programa" de un sistema resulta muy costoso, pues las partes no están normalizadas y puede que deban fabricarse especialmente para el cliente;
- d) Cuando deben conectarse entre sí mecanismos que se encuentran muy alejados el uno del otro, el sistema mecánico resulta demasiado caro. Ejemplo de ello es la transmisión de energía mediante un eje largo;
- e) Resulta difícil integrar en un sistema mecánico una forma de comprobar si uno de los pasos de un programa se efectúa correctamente (como cuando se rompe una herramienta).

En términos generales, salvo si se trata de mejorar el equipo mecánico existente, un proyecto que se base en sistemas mecánicos para fines de automatización de bajo costo suele provocar desaprobación por demasiado difícil o demasiado caro. Sin embargo, eso no significa que no deba adoptarse si el gasto se justifica.

B. Dispositivos neumáticos

Se puede obtener fácilmente un movimiento de vaivén mediante un cilindro neumático (figura 14), que si puede aplicarse suele ser la solución más barata.

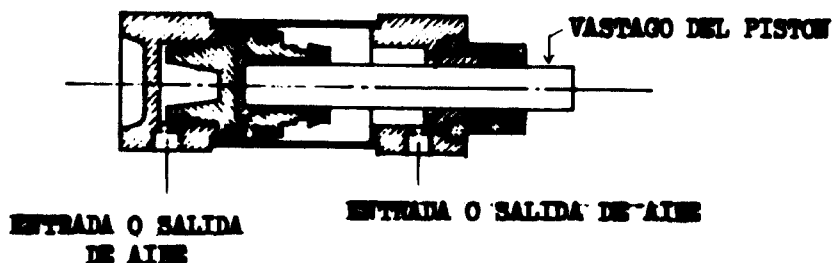


Figura 14. Cilindro neumático de doble acción

Como el cilindro neumático es accionado por el aire, que es compresible, resulta difícil controlar las velocidades bajas del pistón. Por ejemplo, cuando la velocidad del pistón es inferior a unos 75 mm/min se produce un movimiento irregular (pulsaciones). Sin embargo, este movimiento irregular del pistón se puede contrarrestar mediante un amortiguador hidráulico, lo cual permite obtener una velocidad mínima constante de unos 40 mm/min. Este dispositivo se muestra en la figura 15.

Para controlar el movimiento de vaivén del pistón, unas válvulas de control de dirección inyectan aire comprimido primero por un lado del pistón y luego por el otro, dejando al mismo tiempo que el aire escape por la parte opuesta del pistón. La válvula de la figura 16 tiene dos o tres posiciones distintas. Se coloca en una posición u otra mediante una acción manual, mecánica, eléctrica o neumática, según resulte más apropiado para una situación determinada.

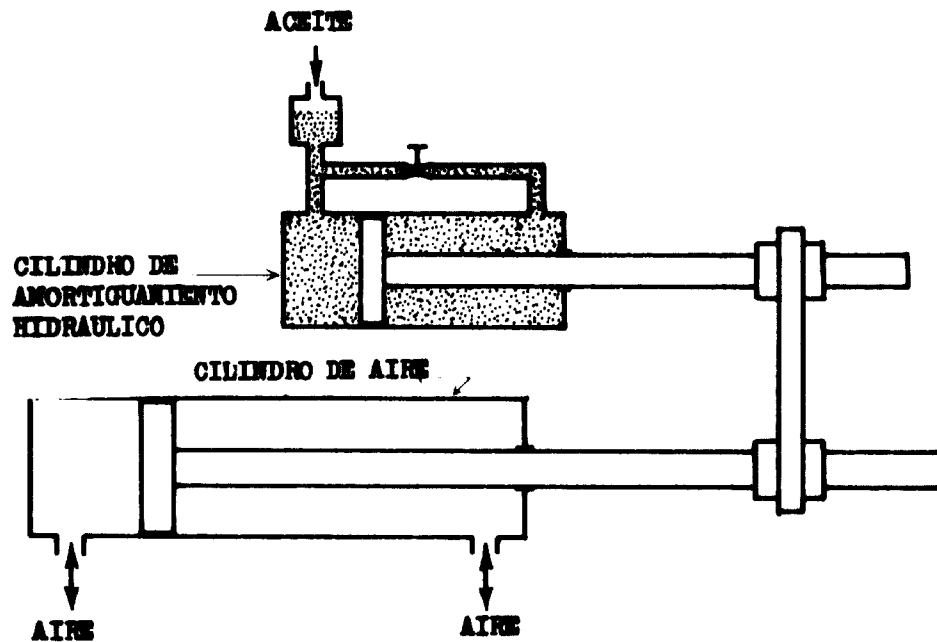


Figura 15. Cilindro neumático de doble acción con un cilindro paralelo de amortiguamiento hidráulico

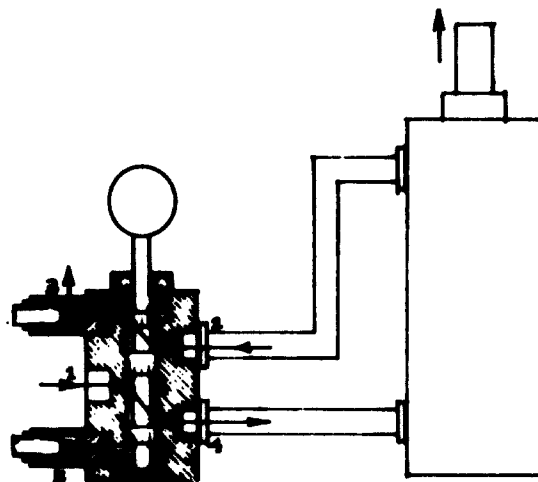


Figura 16. Válvula de tres posiciones

El equipo neumático tiene la ventaja de que se puede ajustar la velocidad mediante la simple reducción de la corriente de aire que pasa por el orificio de escape o el tubo de inyección de aire. Con el primer método se consiguen velocidades más constantes. Sin embargo, como ocurre con los cilindros de acción única, a veces resulta imposible utilizar el tubo de escape porque no hay. Entonces la restricción debe hacerse en el tubo de entrada. Otra ventaja es la posibilidad de fijar y mantener la presión al nivel requerido mediante un simple ajuste del regulador de presión. Por ejemplo, para obtener una fuerza de determinada magnitud que permita sujetar un objeto se coloca delante del cilindro un regulador fijado para dicha fuerza, como se ve en la figura 17.

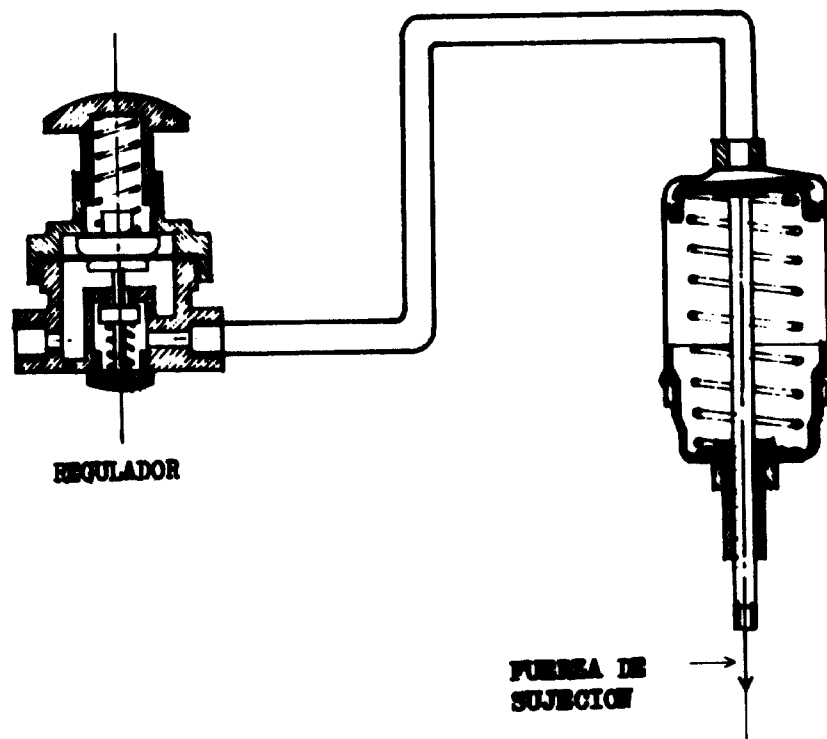


Figura 17. Cilindro de impulsión de efecto simple, con regulador de presión para controlar la fuerza de sujeción

Hata ahora, sólo se han descrito dispositivos neumáticos que producen movimiento lineal. Para movimientos rotatorios se pueden utilizar motores de aire comprimido controlados por el mismo tipo de válvulas ya descritas. Tales motores suelen ser del tipo de paletas o del tipo de pistón. En los motores de aire comprimido de paletas, se consigue la rotación del eje mediante el "efecto de turbina" del aire sobre las paletas acopladas al eje. Los motores de aire comprimido de pistón son similares a los motores de combustión de pistón, pero la fuente de energía es aire comprimido en lugar de vapor o combustible quemado internamente.

Un grupo especial de dispositivos neumáticos es el representado por herramientas manuales neumáticas tales como taladros, llaves de tuercas, aprietatuercas, destornilladores y rectificadoras. Estas presentan algunas claras ventajas en comparación con las herramientas manuales eléctricas:

a) Son más compactas y ligeras que las eléctricas de la misma categoría de potencia;

b) Se pueden controlar infinitas variaciones de la velocidad modificando la entrada de aire. Desde luego, también varía el par motor;

c) Las herramientas manuales pueden sobrecargarse e inmovilizarse sin peligro de avería;

d) Su construcción es sencilla y las partes se pueden cambiar fácilmente. Por consiguiente, el equipo es fácil de mantener.

El consumo nominal de aire de las herramientas manuales neumáticas puede ser elevado durante el funcionamiento; en cambio, suelen consumir poco aire cuando funcionan de manera intermitente. Por ejemplo, en una estación de montaje, un aprietatuercas neumático puede funcionar durante sólo dos segundos dentro de un ciclo de trabajo de 30 segundos.

En resumen, entre las ventajas de los sistemas neumáticos de automatización cabe mencionar las siguientes:

a) El montaje puede ser muy flexible;

b) Las fuerzas se pueden controlar fácilmente (mediante un regulador de presión);

c) Las tuberías necesarias para el sistema neumático son más simples que las de los sistemas hidráulicos (no requieren tubería de retorno);

d) La fuente de energía (aire comprimido) es relativamente segura puesto que, normalmente, la presión de la tubería es sólo de 7-10 barías. Sin embargo, es posible que el depósito de aire esté sujeto a determinados reglamentos de seguridad;

e) Los mecanismos de aire comprimido pueden inmovilizarse sin averiarlos;

f) El aire comprimido se puede transportar fácilmente, por tuberías, a cualquier punto de la fábrica.

Los inconvenientes son:

a) La compresibilidad del aire puede constituir un inconveniente cuando se utiliza en un sistema en que se desee una velocidad bastante constante mientras varía la carga. Como hemos dicho, debe utilizarse un amortiguador hidráulico para atenuar este problema;

b) Como fuente de energía el aire es relativamente caro en comparación con la energía hidráulica o la eléctrica.

Debido a la índole de sus ventajas, el sistema neumático es el que más corrientemente se utiliza en proyectos de ABC.

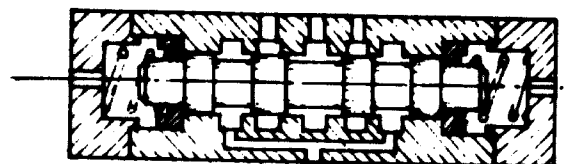
C. Dispositivos hidráulicos

Tanto los dispositivos hidráulicos como los neumáticos utilizan la presión de un fluido: un líquido (aceite) en los hidráulicos y un gas (aire) en los neumáticos. Sin embargo, como el aceite y el aire son muy diferentes, también lo son las características de funcionamiento de los dos tipos de dis-

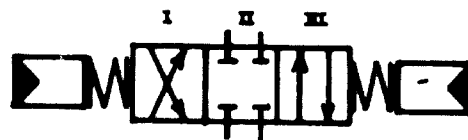
positivo. Los cilindros hidráulicos son relativamente más pequeños que los neumáticos. Asimismo, como el aceite es prácticamente incompresible, los cilindros hidráulicos pueden controlarse con precisión incluso a bajas velocidades.

En los sistemas hidráulicos se necesita una bomba especial para suministrar a cada unidad el aceite en cantidad y presión adecuadas. Esto puede constituir un inconveniente en comparación con los sistemas neumáticos, que sólo necesitan un compresor, sea cual fuese el número de componentes del sistema.

Los dispositivos utilizados para obtener un movimiento de vaivén son también cilindros, como en el caso del sistema neumático. El cilindro hidráulico se controla mediante una válvula de control de dirección que permite que el aceite afluya a uno u otro lado del pistón. La válvula de control de dirección puede accionarse de la misma forma que las válvulas neumáticas. Sin embargo, hay entre ellas varias diferencias esenciales. Por ejemplo, una válvula hidráulica suele tener más de dos posiciones de manera que, en la misma válvula, puede haber varias rutas de corriente. En la figura 18 se muestra una válvula de tres posiciones.



ESQUEMA TRANSVERSAL



SÍMBOLO ESQUEMÁTICO

Figura 18. Válvula hidráulica de tres posiciones

Otra característica de los sistemas hidráulicos es que el aceite que se ha utilizado para impulsar un componente se devuelve a un depósito, mientras que en los sistemas neumáticos el aire utilizado se deja escapar a la atmósfera. Asimismo, como la presión es más elevada, las tuberías del sistema hidráulico deben encajar de manera más hermética y precisa. Esas mismas exigencias se aplican a los componentes móviles. Por lo tanto, las tuberías y los componentes del sistema hidráulico son más complicados y costosos.

En un sistema hidráulico, como en un sistema neumático, la regulación de la velocidad se consigue insertando un mecanismo que reduce la entrada de fluido por los orificios a un valor constante, independiente de las variaciones de presión (figura 19). El inconveniente de este método de regulación es una pérdida de energía relativamente elevada porque la unidad de bombeo está diseñada para los flujos fuertes que exigen las grandes velocidades. El fluido desviado en este sistema debe volver al depósito mediante una válvula de derivación. El calor que se genera en la válvula debe desviarse del depósito de fluido.

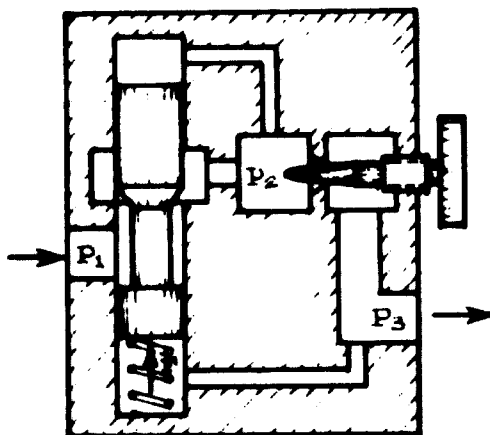


Figura 19. Válvula hidráulica de control de "flujo constante"

Otra posibilidad de regulación de la velocidad, más costosa, consiste en utilizar una bomba de caudal variable (figura 20). Tiene la ventaja de que las pérdidas de energía son muy inferiores, y el inconveniente de que es difícil utilizar una bomba para más de un cilindro a la vez, puesto que la variación en el consumo de aceite puede ser grande.

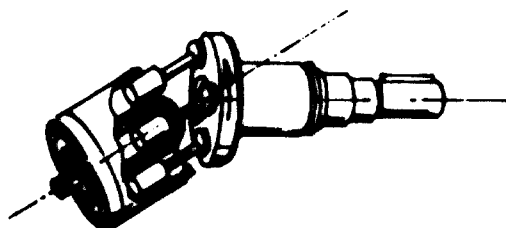


Figura 20. Bomba hidráulica de caudal variable

Por lo general, el mantenimiento de las unidades hidráulicas es mucho más complicado que el de las neumáticas y sólo puede confiarse a ingenieros especializados.

Resumiendo, las ventajas de un sistema hidráulico son:

- a) Es compacto, pero puede generar grandes fuerzas;
- b) La energía se puede transmitir a largas distancias mediante tuberías;
- c) Como el aceite es el medio utilizado, un sistema hidráulico es autolubrificante;
- d) Posibilita una gran flexibilidad;
- e) Tiene la capacidad de absorber cargas de choque sin que disminuya su vida útil;

- f) Pueden acoplársele fácilmente mecanismos que impidan la sobrecarga;
- g) Se pueden regular velocidades infinitamente variables;
- h) Se puede controlar la velocidad y colocar las cargas con gran precisión;
- i) Se puede conectar fácilmente, lo mismo que un sistema neumático, con sistemas de control eléctrico y electrónico;
- j) El costo de funcionamiento es inferior al del sistema neumático.

Los inconvenientes son:

- a) Es más caro de instalar que un sistema neumático;
- b) Es más complicado de mantener e instalar.

D. Dispositivos eléctricos

Cuando la energía requerida por los mecanismos que realizan el trabajo debe transmitirse a distancias considerables, por lo general un sistema eléctrico suele resultar el más barato. El más conocido mecanismo eléctrico de trabajo, el motor eléctrico, sólo necesita conectarse a una red apropiada.

El movimiento rotatorio de un motor eléctrico debe someterse a cierta conversión si se desea obtener un movimiento lineal. Una manera corriente es utilizar un mecanismo de husillo y tuerca, según se ve en la figura 13. Para movimientos lineales cortos se puede utilizar una bobina magnética que mueve una pieza de hierro, como en la figura 21.

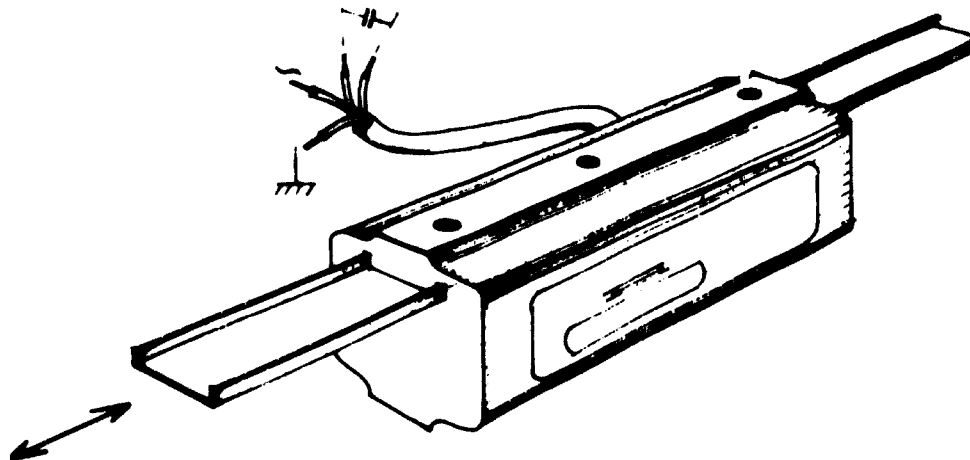


Figura 21. Bobina magnética para movimientos lineales cortos

Regular la velocidad de un motor eléctrico es mucho más difícil que regular la velocidad de un sistema neumático o hidráulico. La velocidad de un motor corriente alterna puede modificarse variando la frecuencia de ésta, lo cual requiere una instalación especial y complicada. Otro método consiste en

modificar el número de sus polos, lo cual da como resultado una variación gradual más bien que continua.

La velocidad de un motor de corriente continua se puede variar más fácilmente, modificando la resistencia. Este método puede dar una variación continua, pero no es necesariamente una solución barata. De todas formas, durante el último decenio se ha difundido el uso de motores de corriente continua para realizar indirectamente movimientos lineales en equipo de producción especial.

Un inconveniente de los motores es que no pueden estar inmovilizados durante un período prolongado sin dañarse.

Existe un "cilindro" eléctrico para fuerzas reducidas. Es un dispositivo nuevo que permite desarrollar una fuerza "no motriz" sin dañar la unidad. Pero, incluso en este caso, resultan más baratas las soluciones neumática o hidráulica.

La corriente que pasa a los mecanismos eléctricos se controla frecuentemente mediante un relé, dispositivo electromecánico consistente en contactos eléctricos que abre o cierra un electroimán (figura 22). Existen varios tipos, para distintas cargas y distintos dispositivos de contacto. También hay tipos especiales como relés retardadores, relés de impulsos y relés escalonados.

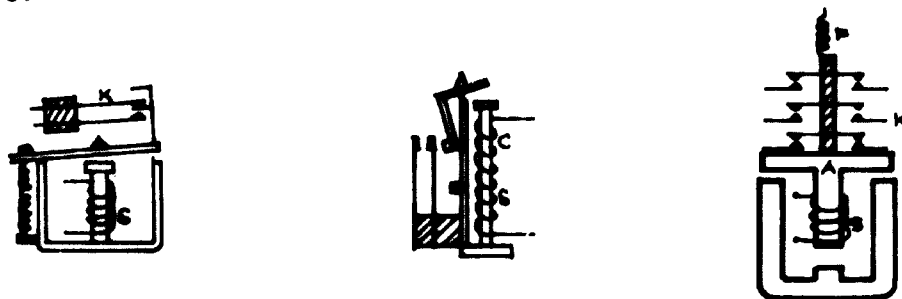


Figura 22. Relés eléctricos

En los sistemas eléctricos los resistores y capacitadores se pueden hacer de forma que realicen, respectivamente, las mismas funciones que los limitadores neumáticos y los depósitos.

Existen varios tipos de conmutadores eléctricos y lectores de tarjetas perforadas para programar sistemas de control. Por ejemplo, los conmutadores pueden emitir señales a intervalos fijos (control de tiempo).

E. Dispositivos electrónicos

Los mecanismos y sistemas electrónicos se limitan principalmente a controlar los mecanismos que realizan efectivamente el trabajo, los cuales suelen ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos.

Los mecanismos electrónicos más conocidos son los transistores de radio. Sin embargo, el tipo principal utilizado en sistemas de control es otro, el transistor de conmutación. Lo mismo que un conmutador corriente, tiene dos posiciones, abierta y cerrada, pero no tiene partes móviles, por lo cual prácticamente no se gasta nunca.

Combinando transistores con otros componentes electrónicos se pueden construir mecanismos modulares con funciones específicas, los cuales pueden ser asombrosamente pequeños dado el gran número de componentes que a veces contienen.

V. Selección de componentes para un sistema de automatización de bajo costo

Es difícil prescribir reglas sencillas para la selección de los componentes de un sistema de ABC, pues son muchos los factores que hay que tener en cuenta. A veces, sin embargo, las exigencias son tales que un determinado tipo de componente aparecerá claramente como la mejor solución. Cuando se plantea el problema de la selección, puede comenzarse contestando las siguientes preguntas generales:

a) ¿Qué precisiones y velocidades se requieren? Es un derroche comprar un componente de alta precisión (y, por ende, de elevado precio) cuando bastaría uno de tipo corriente para el fin deseado. De igual modo, el retardo de un disyuntor puede o puede no ser un factor importante, según las exigencias del trabajo;

b) ¿En qué medio habrá de funcionar el sistema? Por ejemplo, los mandos neumáticos son preferibles a los eléctricos cuando hay mucho polvo en el aire (como en un taller de muebles);

c) ¿De qué tipo de energía se dispone? Si se cuenta ya con aire comprimido, como cuando se lo utiliza en un taller de muebles para la aspersión de pintura, deberá considerarse seriamente la adopción de un sistema neumático;

d) ¿Cuáles son las aptitudes del personal de mantenimiento del taller? El sistema deberá ser tal que pueda repararlo fácilmente el propio personal. Normalmente, el equipo neumático es el más fácil de entender;

e) ¿Qué fuerzas han de aplicarse? Los dispositivos hidráulicos pueden aplicar más fuerza que los neumáticos;

f) ¿Cuál es la justificación económica del proyecto? La solución más barata no es, necesariamente, la mejor. Hay que preguntarse más bien si la ventaja que se espera obtener al optar por cierta solución justifica su costo.

Normalmente, un sistema de ABC basado en sólo uno de los tipos fundamentales de dispositivos descritos en el capítulo precedente resulta bastante satisfactorio, si bien a menudo se obtienen mejores resultados cuando se combinan tipos diferentes. Por ejemplo, cuando es esencial evitar retardos en la transmisión de señales deberán utilizarse componentes eléctricos para controlar un sistema básicamente neumático o hidráulico de componentes que realizan un trabajo.

La información que se da en el capítulo IV sobre dispositivos y las respuestas a las preguntas anteriormente indicadas proporcionarán una base suficiente para decidir qué tipos de componentes han de emplearse en un

determinado sistema de ABC. Hecho eso, será preciso determinar las especificaciones técnicas de cada componente. El presente capítulo contiene la información y los datos necesarios para tomar esa decisión, de forma fácilmente comprensible por el ingeniero al que se haya encargado instalar un sistema de ABC en un taller.

A. Componentes neumáticos

Terminología

Es necesario explicar algunos de los términos empleados en la especificación de componentes de aire comprimido.

La compresión o expansión isotérmica de un gas es aquella en que la temperatura del gas permanece inalterada. La ley de Boyle, que es fundamental en los trabajos con aire comprimido, enuncia que el producto de la presión P por el volumen V de una masa dada de un gas ideal permanece constante en el curso de una compresión o expansión isotérmica: $PV = \text{const.}$

Problema a título de ejemplo. Un cilindro de un volumen de 283 cm^3 , abierto inicialmente al aire, es cerrado y el aire que contiene se comprime isotérmicamente por medio de un émbolo hasta un volumen de 41 cm^3 . ¿Cuál será la presión final? Utilizando i y f como símbolos para "inicial" y "final", respectivamente, tenemos que:

$$\begin{aligned} P_i V_i &= P_f V_f \\ P_f &= P_i V_i / V_f = (V_i / V_f) P_i \\ &= (283/41) P_i = 6,9 P_i \\ &= 6,9 \text{ bar } \text{ ó } 103 \text{ lb/pul.}^2 \text{ (lpc)} \quad (P_i = 1 \text{ bar} = 14,7 \text{ lpc}) \end{aligned}$$

La razón de compresión r es el número de unidades volumétricas que se han comprimido en una unidad volumétrica. En el problema anterior la relación de compresión es, pues, $r = V_i / V_f = 6,9$. También es igual, por supuesto, a P_f / P_i . En los trabajos con aire comprimido, donde P_i suele ser igual a P_a , esto es, la presión atmosférica o del aire libre, una fórmula conveniente para r es $r = (P + P_a) / P_a$, donde P es la presión de trabajo indicada por un manómetro corriente (que indica 0 al aire libre). Si se lee P en un manómetro de libras por pulgada cuadrada (lpc), la fórmula será $r = (P + 14,7) / 14,7$; si se lee en un manómetro de barías (bar), será $r = P + 1$.

Un volumen dado de aire comprimido tendrá un volumen equivalente de aire libre que, según se desprende de lo anterior, es igual al producto de la razón de compresión por el volumen de aire comprimido ($V_i = r V_f$).

Componentes del sistema de suministro de aire comprimido

Compresores

El aire comprimido se obtiene mediante compresores, que no son otra cosa que bombas que aspiran aire a presión atmosférica y lo suministran a una presión más elevada.

Los compresores se clasifican de diversas maneras. A los fines del presente manual, se clasificarán según:

- a) La frecuencia del ciclo de compresión (aplicable principalmente a los tipos alternativos):
 - i) De acción simple, en que la compresión tiene lugar cada dos carreras;
 - ii) De acción doble, en que la compresión tiene lugar en cada carrera;
- b) La naturaleza del ciclo:
 - i) De una etapa, en que la compresión tiene lugar en un solo cilindro;
 - ii) De dos etapas, en que la compresión se inicia en un cilindro y se termina en un segundo cilindro, dividiendo así el aumento de temperatura entre los dos cilindros y permitiendo el enfriamiento del aire comprimido entre las etapas;
- c) Las partes móviles:
 - i) Alternativos, en que la compresión se realiza por el movimiento de avance y retroceso de un émbolo;
 - ii) Centrífugos, diseñados para suministrar grandes cantidades de aire a baja presión, y movidos por la fuerza centrífuga generada por un rotor de gran velocidad;
 - iii) Rotativos, con un rotor de paletas o equivalente montado excéntricamente en un cilindro estacionario, lo que tiene el efecto de comprimir el aire entrante a un volumen más reducido.

El tipo de compresor más comúnmente utilizado en los talleres de muebles es el alternativo, que permite obtener presiones de hasta 10 barías. Las presiones inferiores a 5 barías pueden no ser suficientes para ciertas tareas, en tanto que las superiores a 15 pueden dar lugar a la formación de hielo en las unidades de ABC, a causa de un excesivo enfriamiento por dilatación.

La capacidad de los compresores se expresa normalmente como el número de pies cúbicos por minuto (pcm) o metros cúbicos por minuto (m^3/min) de aire libre suministrado (ALS). A veces la capacidad de los compresores puede clasificarse en función del volumen de aire libre desplazado, en cuyo caso el valor de ese volumen ha de multiplicarse por el rendimiento del compresor en términos de volumen de ALS.

Problema a título de ejemplo. La capacidad de un compresor se ha clasificado en 500 pcm ($14 m^3/min$) de aire libre desplazado. El rendimiento del compresor es de un 88%. Determínese su capacidad de ALS.

$$\begin{aligned} \text{ALS} &= (\text{aire libre desplazado}) \times (\text{rendimiento del compresor}) \\ &= 500 \times 88/100 \\ &= 440 \text{ pcm } (12,46 m^3/min) \end{aligned}$$

En la figura 23 se da el valor teórico de la energía requerida por los compresores de una y dos etapas para suministrar una unidad volumétrica de aire con una relación de compresión dada. En esa cifra no se tiene en cuenta el rendimiento del sistema compresor, que por lo común es sólo de aproximadamente un 35%-50% en razón de las distintas ineficiencias mecánicas y eléctricas.

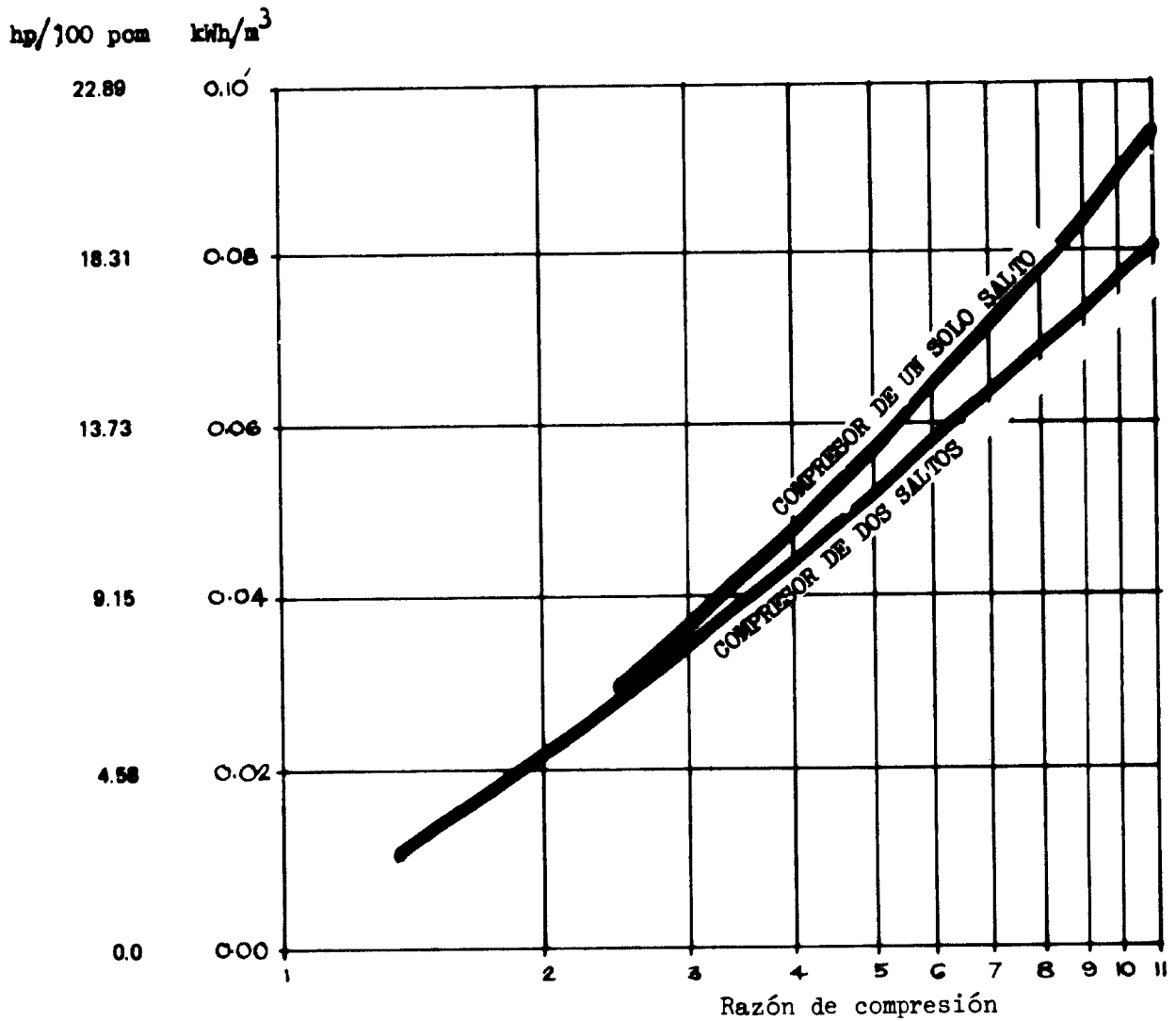


Figura 23. Energía teórica específica requerida para la compresión de aire

Receptor de aire

El volumen del receptor de aire (depósito) ha de ser por lo menos igual al volumen de aire comprimido suministrado por el compresor en una unidad de tiempo:

$$V_m = Q/r$$

donde V_m es el volumen mínimo, Q el rendimiento del compresor en una unidad de tiempo (ALS) y r la razón de compresión. Teóricamente este tamaño mínimo es adecuado para un sistema de demanda constante. En la práctica es mejor emplear un depósito más grande, para atender una demanda variable.

$$V_p = A Q/r$$

donde V_p es el volumen práctico y A un coeficiente que va desde 1,5 para una demanda constante hasta 3,0 para un sistema de demanda variable.

Tuberías

En un sistema compresor de aire (equipado con depósito de aire), las tuberías principales (colectoras) que van a los distintos puntos de distribución deben instalarse con una inclinación de unos 3° respecto a la horizontal. Además, para eliminar el agua que se pueda acumular deben conectarse tubos de drenaje provistos de válvulas que puedan abrirse fácilmente en el punto más bajo de la tubería principal y antes del punto de distribución. De ese modo se conseguirá que no penetre en las unidades de ABC más que aire limpio y seco.

Otra regla es que las tuberías que van a las unidades de ABC deben conectarse a la parte superior de la tubería principal, a fin de impedir la entrada de impurezas en las máquinas.

La figura 24 muestra un sistema de tubería neumática ilustrativo de las reglas enunciadas.

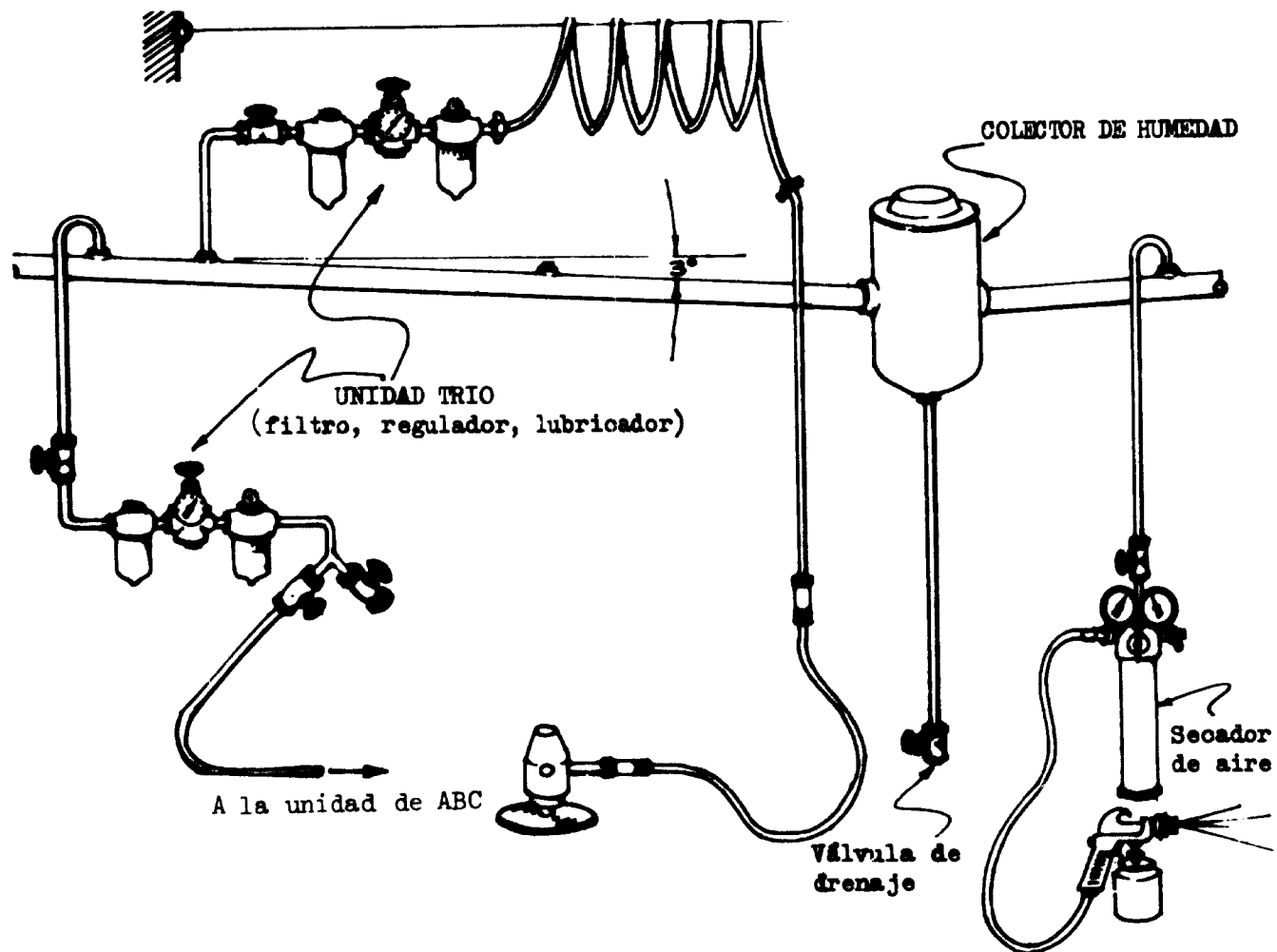


Figura 24. Sistema de tubería neumática

Para aire comprimido hasta una presión de 12 barías pueden utilizarse tuberías de diámetro medio las que, de ser posible, deberán limpiarse antes de su instalación.

Como las tuberías van desde el depósito de aire del compresor hasta un sistema que puede estar a bastante distancia, conviene que tengan un diámetro

lo suficientemente grande para minimizar las pérdidas por fricción. En el cuadro 1 se reproduce una guía en que se indican los diámetros más apropiados. Para servirse de dicho cuadro, determínese primero la corriente de aire que va a transportarse. Encuéntrese su valor en la primera columna, luego pásese a la columna en que se indica la longitud aproximada del tramo y, finalmente, véase el diámetro de tubería recomendado para minimizar la pérdida. Por ejemplo, 25 pies cúbicos/min ($0,7 \text{ m}^3/\text{min}$) de aire pueden transportarse hasta 150 pies (45,7 m) utilizando una tubería de un diámetro interior de 0,824 pulgadas (20,9 mm). Si la longitud total del tramo excede de 150 pies (45,7 m) deberá utilizarse en toda su extensión una tubería de 1,049 pulgadas (26,6 mm).

Cuando no se conozca la corriente de aire, utilícese la potencia del compresor (segunda columna) como punto de partida para la lectura del cuadro. Para corrientes de aire no incluidas en el cuadro, verifíquese si la razón corriente/potencia es de 3,5 pies cúbicos/min ($0,1 \text{ m}^3/\text{min}$). Este cálculo no es sino aproximado, ya que la razón corriente/potencia depende del rendimiento del compresor. En caso de duda, es mejor exagerar el diámetro de las tuberías colectoras, pues éstas pasan entonces a formar parte del depósito de aire.

El monograma de caída de presión de la figura 25 es también útil para el diseño de tuberías. Las flechas ilustran cómo se utiliza el monograma para resolver el siguiente problema:

Supongamos que se desea una corriente de aire de $10 \text{ m}^3/\text{min}$ en un tubo de 70 mm de diámetro y 200 m de longitud. Si la presión inicial al comienzo de la tubería es de 7 barías, ¿cuál será la presión final en el extremo de salida? La intersección de las líneas que representan $10 \text{ m}^3/\text{min}$ y 7 barías se busca en el lado derecho del monograma y se proyecta diagonalmente en sentido ascendente, hacia la izquierda y hasta la línea vertical que separa las dos partes del monograma. Luego se sigue la línea horizontal hasta su intersección con la línea vertical que representa la longitud de tubería de 200 m. Desde esa intersección, la trayectoria desciende diagonalmente hasta la línea horizontal que representa el diámetro de la tubería, 70 mm, y luego desciende verticalmente hasta la escala, donde se lee la caída de presión, 0,1 baría. La presión de salida será, pues, $7,0 - 0,1 = 6,9$ barías. Cualquier otro problema en el que intervengan las 5 cantidades representadas en el monograma podrá resolverse de análoga manera.

Como regla empírica, cuando se interconecten válvulas y cilindros en un circuito neumático, utilícese como guía el diámetro del cilindro. En todo caso, suponiendo que la fábrica cuenta ya con una fuente de aire comprimido, es preciso conocer las magnitudes de las fluctuaciones de presión y de la presión más baja al calcular el diámetro del cilindro para poder determinar si hay suficiente aire con que accionar el equipo. De no haberlo, deberá aumentarse la capacidad del equipo de aire comprimido.

"Acondicionadores" del aire

El aire comprimido se puede considerar totalmente saturado de vapor de agua. Como la cantidad de agua que puede retenerse en forma de vapor, en un volumen dado de aire, es función creciente de la temperatura, cualquier descenso de la temperatura del aire comprimido saturado dará lugar a una excesiva condensación de la humedad en el sistema. La cantidad de agua así depositada puede ser suficientemente grande como para impedir el buen funcionamiento de un sistema neumático. Además de la humedad, el aire bruto comprimido puede contener mezclas y sedimentos abrasivos capaces de causar graves daños en los componentes neumáticos.

Cuadro 1

Diámetros de tuberías sugeridos para un sistema de distribución de aire comprimido

Flujo de aire (pc/min)	Flujo de aire (m ³ /min)	Potencia del compresor		Tramo							
		(hp)	(kW)	25	50	75	100	150	200	250	300
				7,6	15,2	22,8	30,5	45,7	61	76,2	91,5
5 o menos	0,14 o menos	1,4	1,0	0,622 (15,8)							
10	0,28	2,8	2,1	0,622 (15,8)			0,824 (20,9)				
15	0,43	4,3	3,2	0,622 (15,8)	0,824 (20,9)						
20	0,56	5,6	4,2	0,824 (20,9)							
25	0,70	7,0	5,2	0,824 (20,9)					1,049 (26,6)		
30	0,85	8,5	6,3	0,824 (20,9)				1,049 (26,6)			
35	1,0	10,0	7,5	0,824 (20,9)				1,049 (26,6)			
40	1,12	11,2	8,4	0,824 (20,9)	1,049 (26,6)						
50	1,40	14,0	10,4	1,049 (26,6)							
70	2,0	20,0	14,9	1,049 (26,6)				1,380 (35,0)			

Fuente: Air Compression Research Council.

Nota: Las cifras del cuerpo principal del cuadro representan diámetros interiores en pulgadas (los equivalentes en milímetros van entre paréntesis) de tubería negra normalizada que mantendrán la pérdida de presión a un mínimo razonable a lo largo de los tramos indicados.

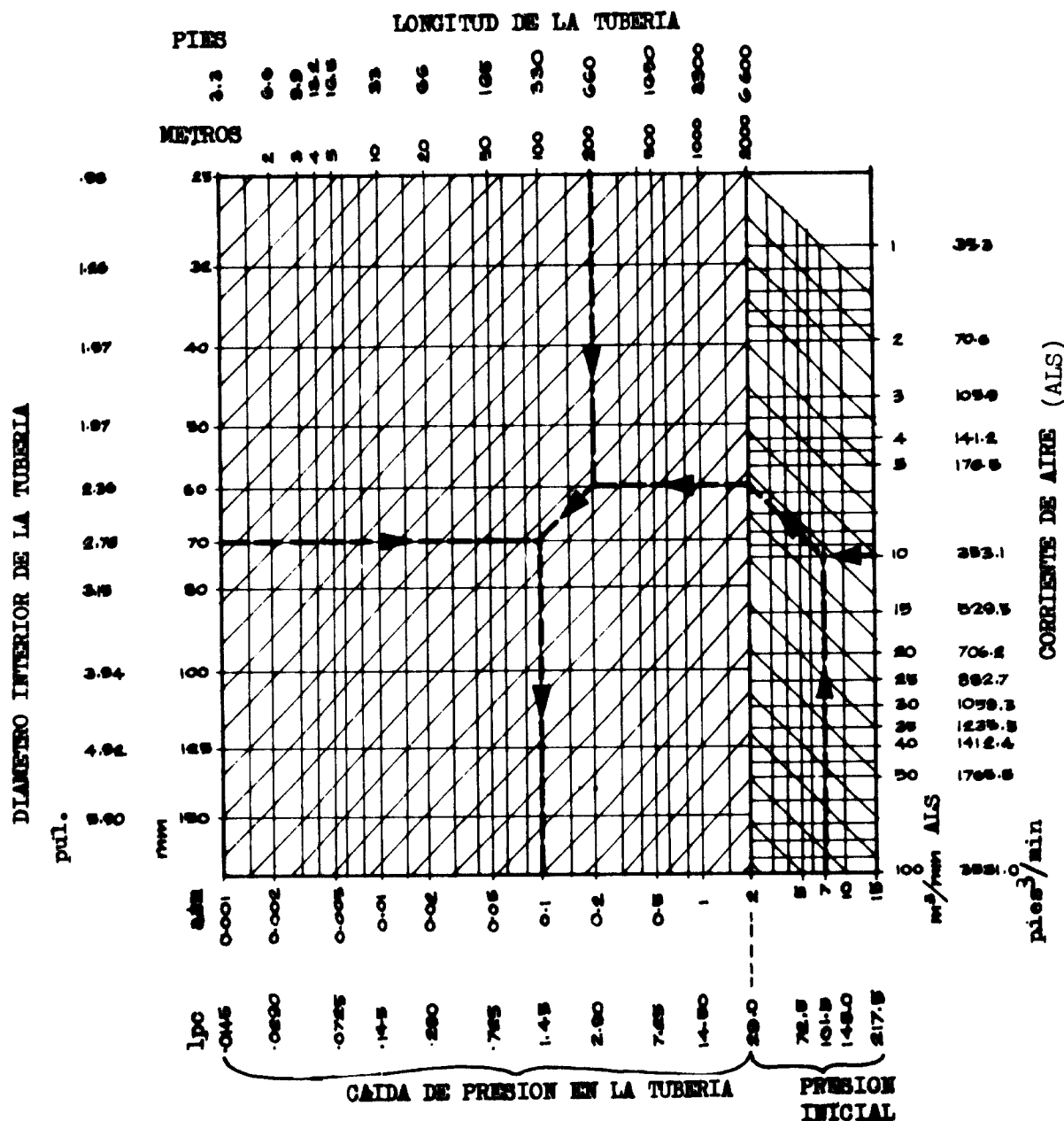


Figura 25. Monograma de caída de presión

Para evitar tales inconvenientes, se requiere un sistema "acondicionador de aire", esto es, un equipo adecuado de tratamiento de aire colocado en el circuito antes de los cilindros, las válvulas y otros dispositivos para secar y filtrar el aire comprimido, agregarle lubricante y regular la presión. El esquema de acondicionamiento de aire ilustrado en la figura 26 corresponde a una unidad "trío", así designada por constar de tres componentes:

1) Filtro y secador de aire. Este componente capta la humedad residual y las impurezas del aire comprimido haciendo girar en remolino el "aire en bruto" alrededor del vaso centrifugador. Por efecto de la acción centrífuga, los elementos más pesados quedan adheridos a la pared del vaso y eliminados de la corriente de aire. El agua y las impurezas acumuladas se extraen periódicamente del filtro abriendo la válvula que se encuentra debajo del

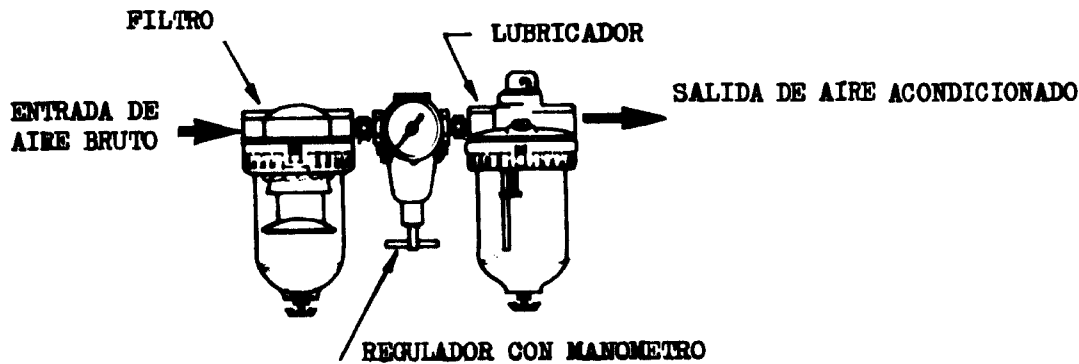


Figura 26. Unidad trío: filtro, regulador y lubricador

vaso. Esta "limpieza" deberá realizarse antes de que el vaso se haya llenado completamente de agua, pues de lo contrario las impurezas podrían reintroducirse en el sistema.

2) Regulador de presión. Ajustando el botón del regulador de presión puede mantenerse en la tubería una presión de aire determinada y constante. No es aconsejable tener una presión de aire demasiado elevada; un exceso de presión no significa más que un gasto de energía. Nótese que un regulador de presión sólo puede mantener presiones que sean inferiores a la de la tubería principal. No puede proporcionar una presión más alta que la de su entrada.

3) Lubricador de aire. Los lubricadores de aire son importantes porque el aire no es lubricante por sí mismo. Sin lubricación, los diversos componentes del sistema se deteriorarán y su vida útil se verá considerablemente abreviada.

Los lubricadores de aire se llenan normalmente con un aceite ligero que, convertido en una fina neblina, penetra en el equipo junto con el aire comprimido. La cantidad de aceite que entre en el sistema deberá regularse con cuidado; si es insuficiente se producirá un desgaste, y si es excesiva se originarán obstrucciones. Una buena regla empírica para la regulación del lubricador es que, "por cada 500 dm³ (20 pies cúbicos) de aire libre consumido por el equipo, deberá caer una gota de aceite (vista por la mirilla de cristal del lubricador)".

Una buena regla empírica para determinar el tamaño de la unidad trío necesaria, es que deberá ser mayor que el componente más grande del sistema.

Cilindros

Al elegir un cilindro neumático deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Fuerza de alimentación requerida
- Velocidad de alimentación requerida
- Longitud de alimentación requerida
- Requisitos del montaje
- Fuerzas adversas que actúan sobre el émbolo y el cilindro
- Necesidad de amortiguamiento en el extremo
- Medio de trabajo
- Consumo de aire

Fuerza de alimentación requerida

El empuje ejercido por el vástago del émbolo de un cilindro neumático depende de la presión del aire que se le suministre y del área efectiva de la cara del émbolo sobre la cual actúe la presión:

$$\text{Empuje} = (\text{presión}) \times (\text{área efectiva})$$

Si la presión se ejerce sobre la cara frontal del émbolo, el área efectiva es $A = \pi D^2/4$, donde D es el diámetro del émbolo, que es esencialmente el mismo que el diámetro interior del cilindro (figura 27). El empuje es una fuerza compresiva, y tiende a impulsar el vástago fuera del cilindro. Pero si se admite el aire comprimido por detrás del émbolo, de modo que actúe sobre la cara posterior, el área cubierta por el vástago resulta ineficaz a efectos de producir un empuje (figura 28). En este caso, el área efectiva es A menos el área de la sección transversal del vástago. El empuje es una fuerza tractiva, y tiende a tirar del vástago hacia el interior del cilindro. Es importante recordar que un cilindro con un vástago en un extremo solamente tiene más fuerza de empuje que de tiro, mientras que un cilindro provisto de un vástago que va de "extremo a extremo" empuja tanto por un extremo como tira por el otro.

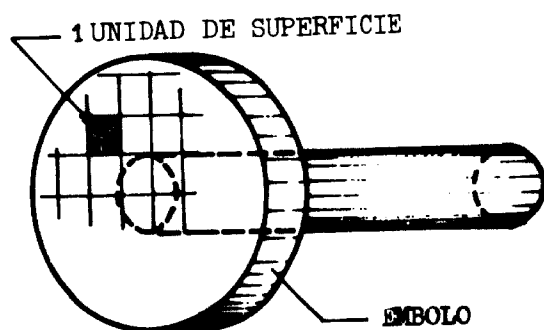


Figura 27. Área efectiva de la cara del émbolo

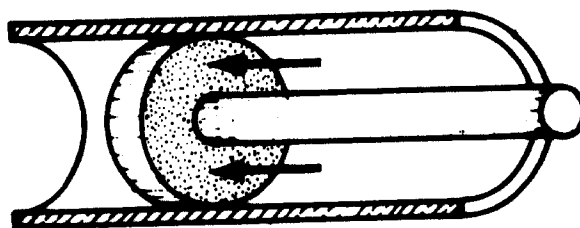


Figura 28. Área efectiva de la cara del émbolo

Las fuerzas compresiva y tractiva de cilindros de aire de diámetros comprendidos entre 25 y 200 mm en función de la presión pueden determinarse consultando al gráfico de la figura 29. Este puede utilizarse también para cilindros hidráulicos de baja presión, como los empleados en un sistema oleoneumático. En todo caso, sin embargo, el gráfico debe considerarse sólo

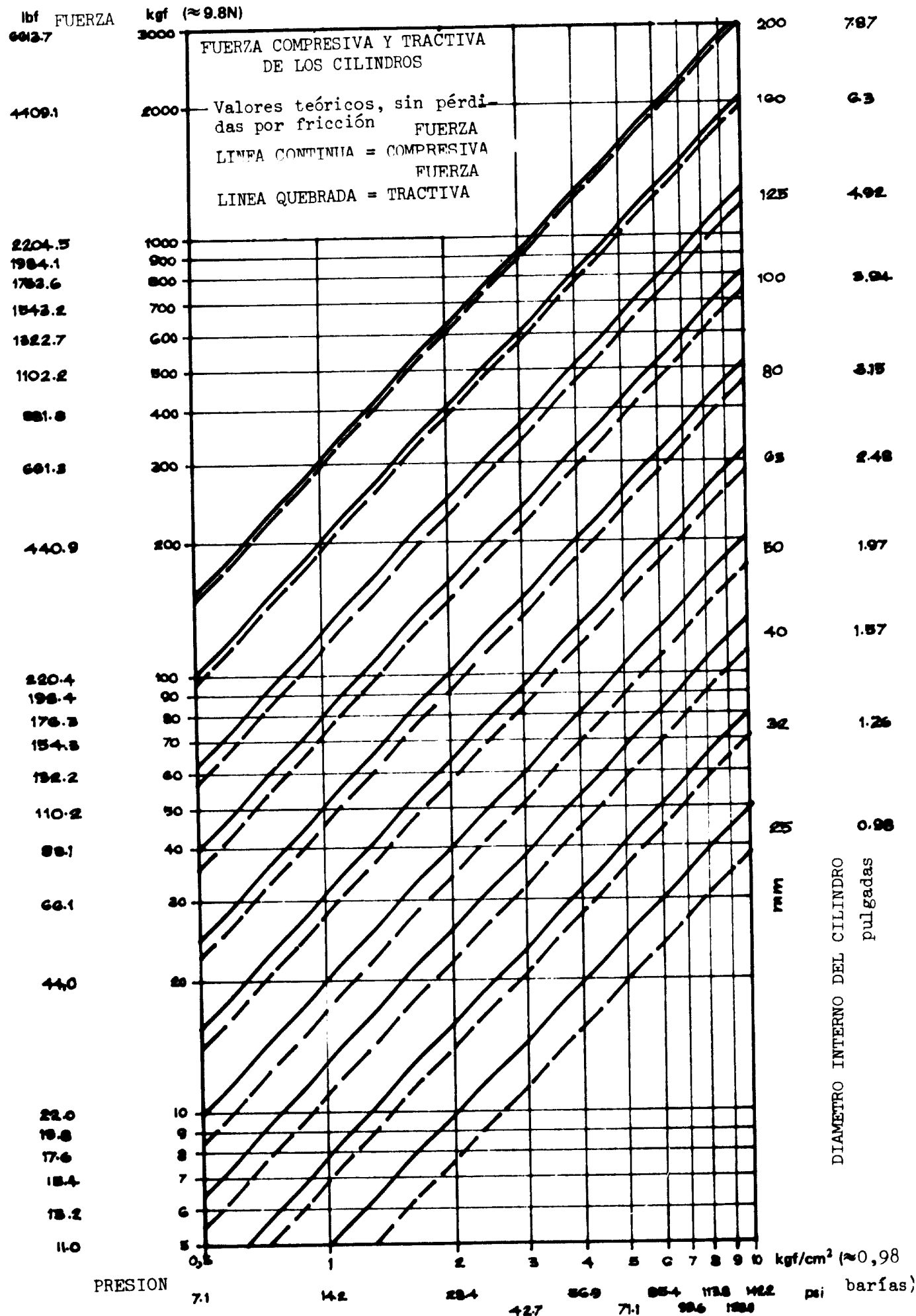


Figura 29. Fuerza compresiva y tractiva de los cilindros

como una guía, pues no tiene en cuenta las pérdidas que se producen por fricción en la parte que ha de accionarse o en el propio cilindro, las que pueden variar de un 5% a un 15 % con respecto al valor teórico indicado en el gráfico. Si se desea determinar con mayor exactitud el empuje disponible, siempre deberá estudiarse atentamente la información suministrada por el fabricante del cilindro.

La figura 30 ilustra un cilindro de aire que soporta un peso de carga de 454 kg (1.000 lb). El cilindro tiene un diámetro interno de 102 mm (4 pulgadas) y la presión de la tubería es de 80 lpc (5,45 barías). Según el gráfico de la figura 29, el cilindro desarrolla un empuje casi igual al peso de su carga; en tales condiciones, el cilindro no se moverá. Para mover la carga debe darse al cilindro un tamaño mayor, de modo que ejerza mayor empuje. El mayor tamaño que corresponda dependerá de la velocidad de movimiento deseada. Cuanto más tamaño se dé, tanto más rápidamente se desplazará la carga.

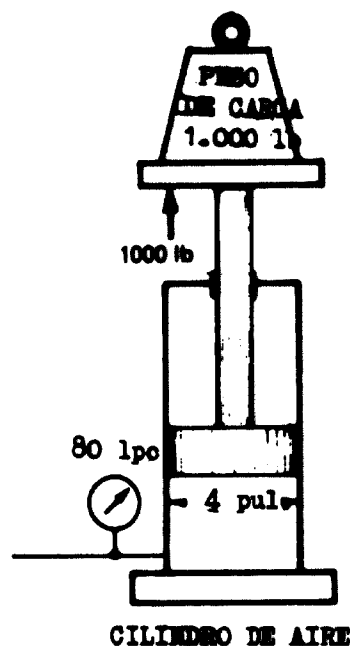


Figura 30. Equilibrio carga-empuje de un cilindro de aire

Hay muchos factores que tener en cuenta al estimar el mayor tamaño de cilindro requerido. A efectos del presente manual, bastará la siguiente regla empírica:

Cuando la velocidad no cuente, selecciónese un cilindro que tenga aproximadamente un 25% más de empuje que el necesario para equilibrar la carga. Si se desea una velocidad superior, aumentese el tamaño del cilindro un 100%.

Velocidad de alimentación requerida

Un cilindro de aire puede utilizarse para trabajar a velocidades comprendidas entre 0,07 y 150 mm/min (0,003-6 pulgadas/min). Para velocidades inferiores a 50 mm/min (2 pulgadas/min) es preciso acoplar un cilindro hidromortiguador. La velocidad es un factor que hay que tener en cuenta al

elegir un tipo adecuado de cilindro. Para velocidades elevadas, por ejemplo, pudiera requerirse amortiguadores en el extremo del cilindro, a fin de reducir los esfuerzos mecánicos. La velocidad cuenta también al decidir el tipo de válvula de control direccional que se utilizará, si ha de utilizarse estrangulamiento fijo o ajustable, y cómo han de colocarse éstos. Para calcular la velocidad máxima de circulación del aire y, por ende, el consumo instantáneo de éste, es preciso conocer la velocidad del émbolo y la frecuencia de trabajo del cilindro. El consumo de aire con carreras y diámetros de cilindro diferentes es una información que, normalmente, suministran los fabricantes de los cilindros. Sin embargo, el propio ingeniero puede hacer algunos cálculos sobre el consumo de aire; el volumen de aire necesario por minuto es igual al producto del área del émbolo por el número de carreras por minuto por la longitud de carrera. Esa cifra representa el consumo basado en el volumen de aire comprimido (no libre). Al hacer los cálculos correspondientes para los cilindros de doble acción deberán tenerse en cuenta el área efectiva de cada cara del émbolo y ambas carreras.

Longitud de alimentación requerida

La longitud de carrera que se elija para un cilindro dependerá de si la carrera ha de ser exactamente la misma que la longitud de alimentación requerida por el dispositivo accionado. Si ha de ser la misma, entonces es importante especificar esa carrera y encargar un cilindro especial. A veces, sin embargo, no importa que la carrera sea demasiado larga, ya que puede incorporarse un retén exterior en el sistema. En este caso pueden encargarse cilindros de carrera normal, conforme a los catálogos de los proveedores.

Requisitos de montaje

Los cilindros pueden montarse de muchas formas merced a los llamados accesorios normalizados de que se dispone. Hay diferentes accesorios, tanto para cilindros como para vástagos de émbolo. Un montaje incorrecto puede dañar no sólo el equipo accionado por los cilindros, sino también los propios cilindros.

Fuerzas adversas que actúan sobre el émbolo y el cilindro

Además de las fuerzas debidas a un montaje incorrecto, pueden ejercerse fuerzas adversas sobre el émbolo y el cilindro por otras dos causas.

La primera de ellas es que cuando un vástago de cilindro está sujeto a fuerzas radiales (figura 31), se pueden ejercer fuerzas sobre la junta o las paredes interiores del cilindro. Como esas partes del cilindro no están diseñadas para soportar tales fuerzas, pueden ceder prematuramente.

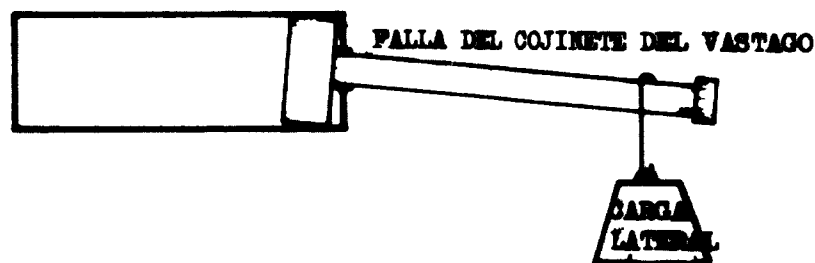


Figura 31. Efecto de las fuerzas laterales sobre un vástago de émbolo

Para impedir una excesiva carga lateral de los cilindros, es preciso montarlos cuidadosamente, de modo que el vástago no frene en ningún punto la carrera del émbolo. En caso necesario, empléese una guía o un mecanismo regulador de la carga para lograr que no se transmitan cargas laterales al vástago del cilindro.

En segundo lugar, cuando la carrera es demasiado larga en comparación con el diámetro del vástago, éste puede ponderarse (véase la figura 32). El gráfico de la figura 33 puede servir de guía para elegir el diámetro de vástago adecuado para longitudes de carrera del cilindro conocidas.

Al utilizar el gráfico, búsquese en la línea inferior la longitud de la parte expuesta del vástago en su carrera máxima, y en la línea vertical de la izquierda la carga de trabajo. La intersección de ambas líneas dará el diámetro mínimo del vástago.

Necesidad de amortiguamiento en el extremo

Los cilindros cuyo émbolo funciona a gran velocidad o impulsa una masa relativamente grande deben ir provistos de frenos situados en un extremo, los que disminuyen la velocidad del émbolo en la parte final de su carrera, con objeto de reducir las fuerzas mecánicas que actúan sobre el cilindro y el dispositivo accionado. El retardo producido por estos frenos se puede ajustar.

Medio de trabajo

Se han ideado diferentes series de cilindros para las diversas condiciones ambientales en que han de funcionar. Afortunadamente, las condiciones que se dan en las fábricas de muebles y artículos de ebanistería no son tan rigurosas como en el caso de las industrias químicas. Así pues, no hacen falta cilindros de una resistencia especial (los que, por supuesto, son más caros).

Consumo de aire

El consumo de aire de un cilindro está en función directa de su desplazamiento, es decir, del volumen de aire comprimido que se consume en cada carrera. Para hallar el consumo en términos de aire libre debe multiplicarse el desplazamiento del cilindro por la razón de compresión. (Véase la parte de esta sección titulada "Terminología".)

Problema a título de ejemplo. El desplazamiento de un cilindro es de 44 pulgadas cúbicas (721 cm³). Hállese el consumo de aire libre con una presión de trabajo P = 60 lpc (4,08 barías).

Razón de compresión r	= $\frac{P}{P_0} + 1 = 5,08$
Suministro de aire libre	= $\frac{V}{r} \times$ (suministro de aire comprimido)
	= $5,08 \times 44$
	= 224 pulgadas cúbicas
	= 0,13 pies cúbicos (3663 cm ³)

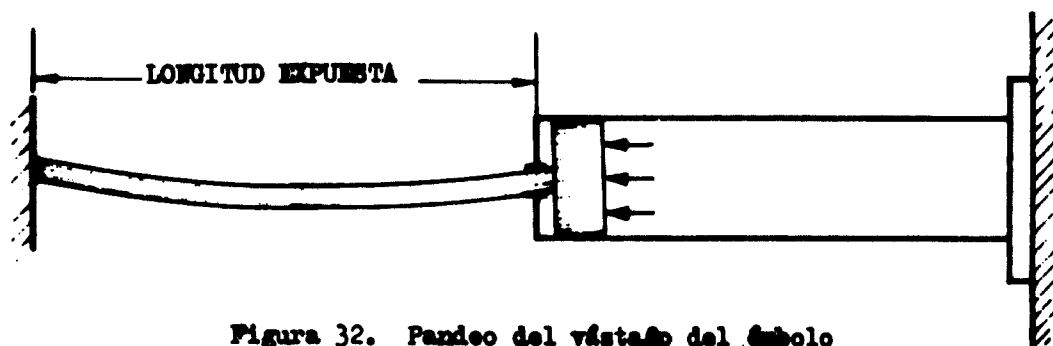


Figura 32. Pandeo del vástago del émbolo

F_{CRITICA}

Miles de libras/kgf (9,8N)

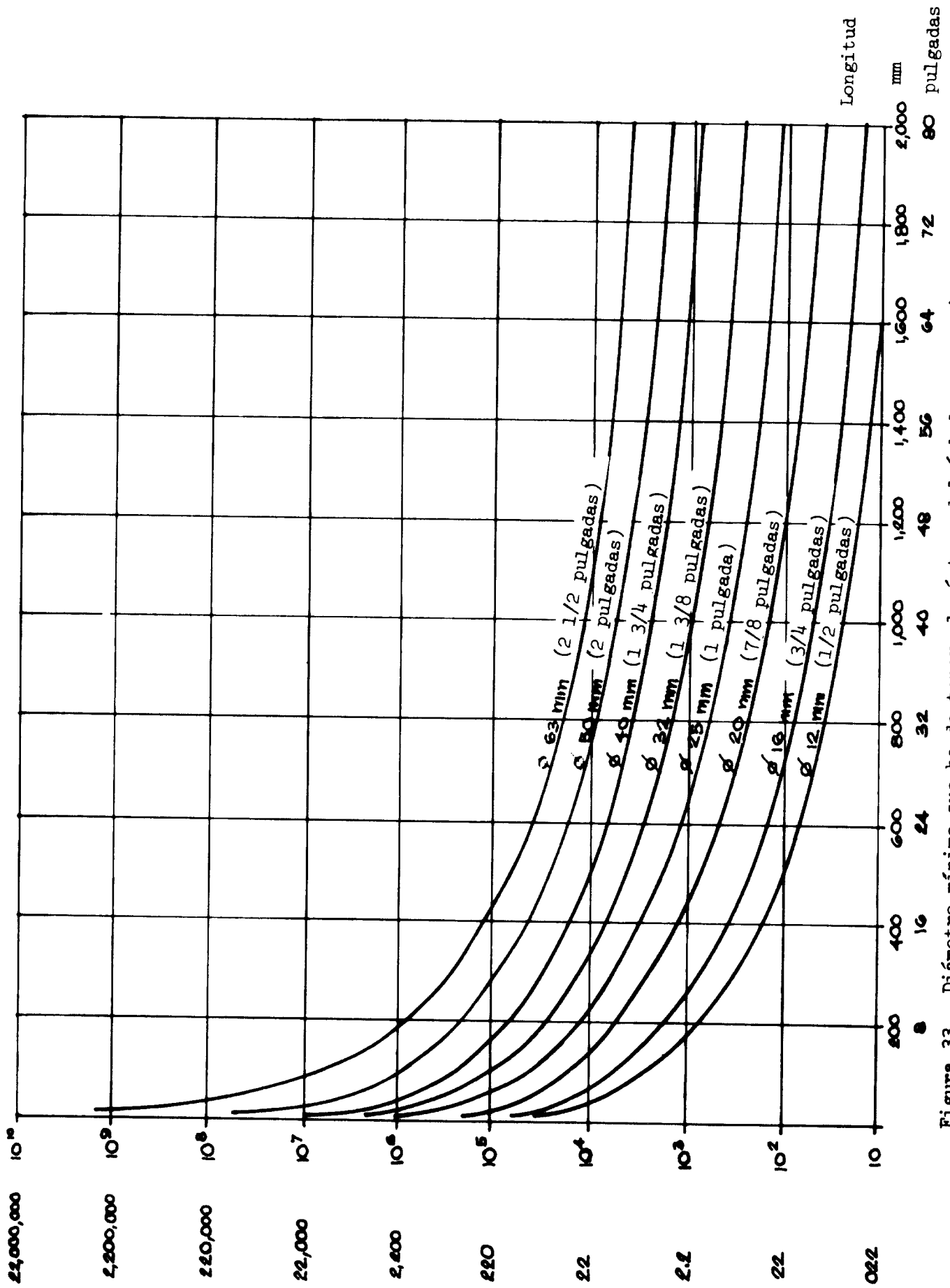


Figura 33. Diámetro mínimo que ha de tener el vástago del émbolo para evitar el pandeo

Válvulas

Para elegir válvulas debe disponerse de información sobre su función, capacidad, accionamiento y montaje.

Función

Las válvulas tienen por objeto controlar o regular la dirección, el volumen o la presión de una corriente. Existen válvulas de control direccional con dos, tres o cinco orificios y dos o más posiciones. Las válvulas reguladoras de la corriente pueden ser variables o fijas, con o sin retorno. Las válvulas reguladoras de la presión pueden llevar o no un orificio de salida secundario.

Capacidad

El tamaño de la válvula debe corresponder a la velocidad de paso del aire a través de ella. Para una velocidad de paso determinada, las pérdidas de presión son mayores en una válvula pequeña que en una grande. En realidad, la capacidad de una válvula puede expresarse en términos de la caída de presión como función de la corriente a diversas presiones de entrada. Suele figurar en diagramas que facilitan los proveedores.

A veces la capacidad se expresa sólo en términos de corriente de paso; se entiende por tal -a menos que se indique otra cosa- la cantidad de aire que circula en condiciones normales y a una caída de presión de 3lpc (0,2 kg/cm²) a través de la válvula.

Accionamiento

Las válvulas pueden dotarse de diversos tipos de dispositivos de accionamiento directo o a distancia. Por accionamiento directo se entiende el accionamiento manual (mediante un botón, un pulsador o una barra, por ejemplo) o mecánico (por ejemplo, una palanca) de la válvula. En el accionamiento a distancia la válvula es accionada por medio de una señal neumática o eléctrica que se origina a cierta distancia de la válvula. De ambos tipos, el accionamiento directo es el más sencillo y también el más fiable. Sin embargo, tiene el inconveniente de que la válvula debe estar cerca del operario. Obviar tal inconveniente es, por supuesto, el motivo principal para recurrir al accionamiento a distancia, pese a su menor fiabilidad, mayor complejidad y mayor costo. No obstante, todo sistema de accionamiento a distancia debe concebirse de modo que posibilite el accionamiento directo de la válvula en caso de avería del sistema.

En el accionamiento a distancia las señales eléctricas tienen la ventaja de ser más rápidas que las señales neumáticas. Sin embargo, la necesidad de solenoides hace más costoso el accionamiento eléctrico.

Montaje

Las válvulas neumáticas suelen diseñarse de modo que se puedan montar de diferentes formas. Por ejemplo, los accesorios pueden conectarse directamente a la caja de la válvula, o bien puede utilizarse una placa de montaje especial

a la cual se conectan las tuberías de aire comprimido. Este último método, que se va difundiendo cada vez más, permite cambiar la válvula fácilmente en caso de avería. Otra forma de montaje es el llamado montaje en panel, de accionamiento manual, utilizado cuando se desea alojar la válvula dentro de un armario y dejar fuera el dispositivo de accionamiento.

B. Componentes hidráulicos

La elección de componentes hidráulicos y la de componentes neumáticos se hacen de manera muy parecida, y muchos de los principios relativos a éstos son válidos también para aquéllos.

Componentes del sistema de suministro

Bombas

La capacidad de bombeo necesaria para un sistema hidráulico puede calcularse fácilmente sumando todas las necesidades del sistema y añadiendo cierta cantidad para compensar posibles deficiencias de rendimiento.

La potencia de entrada, es decir, la potencia necesaria para accionar la bomba, depende sobre todo de dos factores: la velocidad de circulación y el nivel de presión. El aumento de la velocidad de bombeo determina un aumento de la velocidad de circulación, lo que afecta de modo indirecto a la energía de entrada. Como regla empírica puede decirse que la potencia de entrada necesaria es directamente proporcional a la velocidad de circulación en la bomba. Una bomba de doble velocidad requiere una energía de entrada también doble para mantener el mismo nivel de presión. La potencia de entrada necesaria es también directamente proporcional al nivel de presión. Si el nivel de presión aumenta cinco veces, será preciso quintuplicar la potencia para obtener una velocidad de circulación determinada. La potencia se expresa por la fórmula siguiente:

$$\text{Potencia} = (\text{velocidad de circulación volumétrica}) \times (\text{presión})$$

La potencia necesaria para la bomba se obtiene dividiendo la potencia que se determina mediante esa fórmula por el rendimiento, que suele ser de un 85%.

Amortiguadores (acumuladores)

En los sistemas hidráulicos, los choques son absorbidos por "acumuladores", que son dispositivos de almacenamiento de aceite para usos hidráulicos a alta presión (figura 34). La bomba suministra aceite al acumulador cuando no lo está suministrando a otras unidades. El aceite almacenado está disponible después para complementar el aceite de la bomba o mantener la presión de ésta cuando se encuentra parada. Asimismo, en caso de que el movimiento de empuje de un cilindro (por ejemplo) se detenga súbitamente, parte del aceite que afluya pasará al acumulador, aliviando así al sistema de repentinas fuerzas de choque, que pueden ser bastante destructivas.

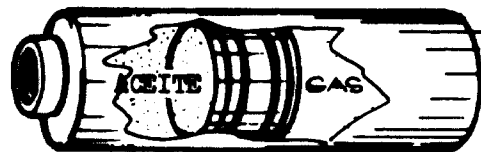


Figura 34. Acumulador de émbolo

Al instalar acumuladores deben tenerse en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- a) Antes de desconectar cualquier sección de tubería que contenga acumuladores, ábrase la válvula de purga para liberar de presión el sistema (figura 35);
- b) Colóquense los acumuladores dentro de receptáculos resistentes;
- c) Al cambiar el gas de un acumulador utilícese siempre gas inerte; de lo contrario pueden originarse explosiones ocasionadas por el efecto diesel, si se producen fugas internas en el acumulador.

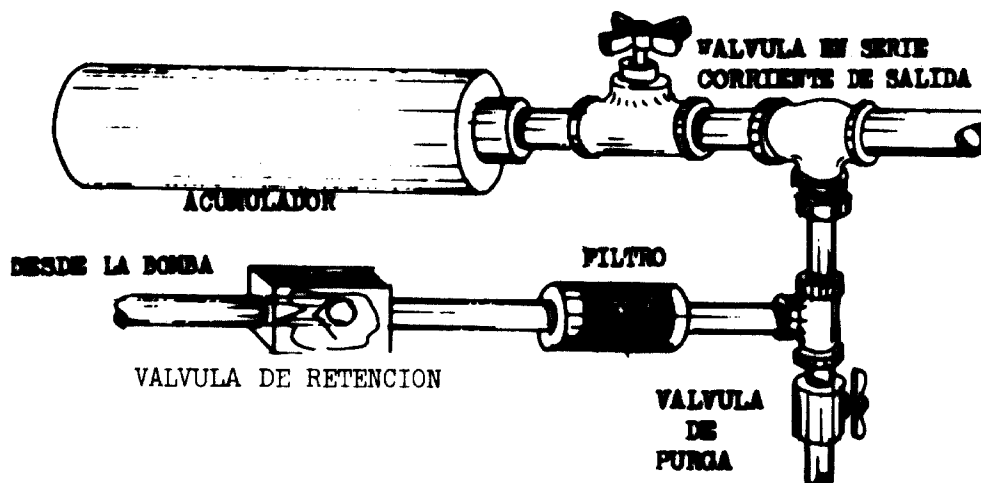


Figura 35. Método sugerido para la conexión de un acumulador

Cilindros

Fuerza de alimentación

El empuje de un cilindro hidráulico puede calcularse mediante la misma fórmula utilizada para los cilindros neumáticos: el área del émbolo se multiplica por la presión manométrica. Sin embargo, en previsión de pérdidas mecánicas y de fluido, los cilindros hidráulicos sólo deben sobredimensionarse en un 10% aproximadamente. Nótese también que, a igual volumen de bombeo, tal sobredimensión de los cilindros hidráulicos entraña una disminución de velocidad.

Velocidad de alimentación

La velocidad de los cilindros hidráulicos se calcula determinando el caudal volumétrico de aceite que pasa al cilindro (normalmente el caudal de una bomba volumétrica) y dividiéndolo por el área del émbolo.

Problema a título de ejemplo. Un caudal de aceite de 10 galones por minuto (gpm) (37,852 litros/m) pasa al cilindro. El área del émbolo es de 9,62 pulgadas cuadradas (62,063 cm²). Averigüese la velocidad del émbolo (véase la figura 36).

$$10 \text{ gpm} \times 231 \text{ pulgadas cúbicas/gal} = 2310 \text{ pulgadas cúbicas/min}$$

$$\text{Velocidad del émbolo} = \frac{2310 \text{ pulgadas cúbicas/min}}{9,62 \text{ pulgadas cuadradas}}$$

$$= 240 \text{ pulgadas/min}$$

Téngase en cuenta que al calcular la velocidad de retorno del émbolo debe restarse del área de la cara de éste la superficie ocupada por el vástago.

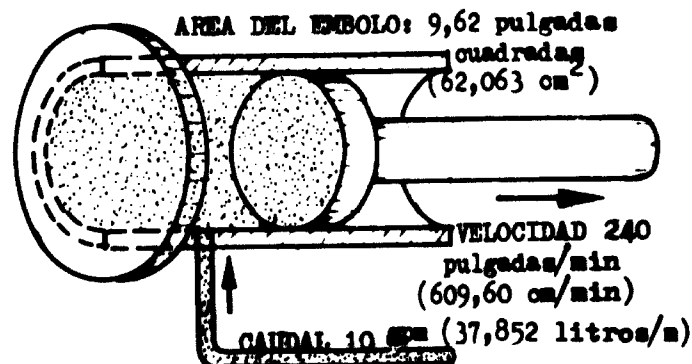


Figura 36. Velocidad del cilindro hidráulico

Válvulas y tuberías

Para sustituir una válvula, basta reemplazarla por otra similar (siempre que la primera sea la correcta). Sin embargo, al elegir válvulas en nuevas instalaciones el problema es algo más difícil, pues es preciso tener presentes su adecuación y economía. La manera más fácil de abordar el problema consiste en determinar primero la velocidad del flujo lineal del sistema (véase el cuadro del párrafo siguiente), después el tamaño correcto de la tubería (a base de la fórmula que figura a continuación) y finalmente el tamaño de la válvula (determinado en función del tamaño de la tubería).

Las siguientes son posibles velocidades de flujo dentro de las tuberías:

- Líneas de aspiración de bomba 2-4 pies/seg (0,61-1,22 m/seg)
- Líneas de presión de hasta 34 barías 10-15 pies/seg (3,05-4,57 m/seg)
- Líneas de presión de 34 a 207 barías 15-20 pies/seg (4,57-6,10 m/seg)
- Líneas de presión de más de 207 barías 25 pies/seg (7,62 m/seg)
- Conducciones de aceite en sistemas oleoneumáticos 4 pies/seg (1,22 m/seg)

La fórmula para determinar el tamaño de la tubería es la siguiente:

$$d^2 = \frac{1,27 \times \text{flujo volumétrico}}{(\text{velocidad de flujo lineal})}$$

donde d es el diámetro interior de la tubería.

C. Componentes eléctricos

Aparte de motores eléctricos para movimientos rotatorios y lineales limitados, en la ABC se utilizan componentes eléctricos sobre todo para controlar o programar la secuencia de trabajo de componentes neumáticos e hidráulicos. Dicho control se consigue básicamente por medio de señales originadas en los interruptores. Existen centenares de tipos de interruptores y a diario van surgiendo otros nuevos. En realidad, cualquier mecánico puede fabricar su propio tipo de interruptor.

El interruptor más sencillo consiste en un par de contactos que pueden conectarse o desconectarse mediante un actuador. Los interruptores más complejos pueden clasificarse conforme al número de pares de contacto independientes (polos) que pueden conectarse o desconectarse por medio de una sola operación del actuador: unipolares, bipolares, tripolares y multipolares (cuatro o más polos). En realidad, el número de polos se refiere únicamente al número de interruptores unipolares que pueden accionarse a la vez. Si, en lugar de pares de contacto, el interruptor tiene triples de contacto P, A, B, de modo que P se conecte alternativamente a A y B mediante operaciones consecutivas del actuador, entonces se denomina interruptor bidireccional. Un desarrollo de esta idea es el interruptor de direcciones o posiciones múltiples, en el que P puede conectarse de modo consecutivo a A, B, C, etc. Los polos múltiples pueden combinarse con posiciones múltiples, lo que explica el gran número de tipos distintos de interruptores existentes.

Los contactos de los interruptores suelen ser de plata, tungsteno o una aleación de gran resistencia al desgaste y a la oxidación, pero de baja resistencia eléctrica. Sin embargo, cualquiera que sea el material de que estén hechos, dichos contactos tienden a producir arcos o chispazos cuando se da o se corta la corriente. Tales chispazos hacen que las puntas de contacto se quemen. A fin de evitarlo, es conveniente conectar o desconectar los contactos con rapidez, sobre todo si la corriente que transportan es relativamente de gran intensidad, en cuyo caso el problema de los chispazos es relativamente más grave. Los interruptores de luces ordinarios producen un "chasquido" porque tienen una combinación de resorte y leva que permite conectar y desconectar con gran rapidez. En la mayor parte de los interruptores industriales también se producen estos chasquidos.

Algunos interruptores no tienen mangos ni actuadores de ningún otro tipo, sino que son accionados eléctrica o magnéticamente por otros interruptores (por ejemplo, el relé del que se trata más adelante). En otros el mango lo constituye el propio cuerpo del interruptor. Es decir, que la posición del cuerpo determina la apertura o el cierre del interruptor. Ejemplo de ello es el interruptor de mercurio.

De los muchos tipos de interruptores existentes, sólo se tratará a continuación de los de pulsador, de fin de carrera y de los relés.

Interruptores de pulsador

Los interruptores de pulsador se utilizan a menudo para producir manualmente la señal de iniciación o interrupción de una operación eléctricamente controlada. Al ser pulsado, el "botón" -en general de plástico- excita un contacto accionado por resorte que conecta dos terminales. Los interruptores de pulsador son interruptores momentáneos, pues permanecen cerrados únicamente mientras se oprime el botón. De ordinario los interruptores de pulsador sólo tienen capacidad para pequeñas cargas eléctricas, ya que debido a su construcción conectan o desconectan sus contactos lentamente. Su empleo en circuitos de alta tensión produce chispazos que acortan la vida del interruptor.

Los contactos de los interruptores de pulsador pueden tener un solo punto de conexión o desconexión, o bien pueden ser de conexiones o desconexiones múltiples. Reordenando los contactos, también pueden construirse interruptores de pulsador con contactos de conexión y desconexión: al oprimir el botón, un juego de contactos conecta y el otro desconecta, todo ello en forma simultánea.

Un botón embutido permitirá impedir el accionamiento accidental del interruptor, accionamiento que sólo será posible si se pulsa el botón deliberadamente. A veces es necesario un interruptor de pulsador que detenga el sistema en caso de emergencia. Este interruptor especial debe ir provisto de un botón saliente en forma de hongo, gracias al cual podrá accionarse mediante un golpe rápido de la mano desde cualquier posición. Lo importante es que el interruptor pueda ser accionado fácilmente con la mayor rapidez. También existen interruptores de pulsador con los cuales se enciende una lámpara pequeña si hay corriente en la línea o si se activa algún circuito. El propio botón puede servir de tapa de la bombilla.

Los pulsadores están hechos para ser oprimidos con el dedo; los dispositivos mecánicos, tales como las levas, pueden dañarlos o averiarlos prematuramente. El interruptor de fin de carrera, del que se tratará a continuación, es el tipo indicado para su utilización con actuadores mecánicos.

Interruptores de fin de carrera

Incorporado a un circuito eléctrico o electrónico, el interruptor de fin de carrera puede efectuar conexiones o desconexiones eléctricas como resultado de una fuerza mecánica exterior. La fuerza actuante procede de ordinario de un elemento móvil, tal como una pieza de máquina, una leva, una puerta, o incluso el propio producto, que obra sobre el actuador.

Piezas de un interruptor de fin de carrera

En la figura 67 del capítulo VI se muestra la configuración básica del interruptor de fin de carrera. Pueden distinguirse cuatro elementos principales: caja, contactos, actuador y terminales.

Caja. Sirve para alojar los contactos eléctricos. Su tamaño y diseño varían según sus aplicaciones y el número y tipo de contactos internos. Por ejemplo, puede ser estanca al aceite, hermética al polvo (en fábricas de muebles) o inexplorable. La caja, de ordinario no metálica (por ejemplo, de baquelita), se instala con frecuencia dentro de una cubierta metálica más resistente, con objeto de proteger el interruptor de fin de carrera contra condiciones ambientales adversas (por ejemplo, en talleres de carpintería).

Contactos. Aparte de las diferencias en cuanto al número de contactos, cabe distinguir disposiciones de contactos tales como las siguientes:

- Unipolares, de una dirección (SPST)
- Unipolares, de dos direcciones (SPDT)
- Bipolares, de dos direcciones (DPDT)

El interruptor que aparece en la figura 67 es del tipo SPDT. El par de contactos c,a está normalmente cerrado (NC), y el par c,b está normalmente abierto (NA).

Los contactos también pueden dividirse en otras dos categorías: de acción lenta y de acción rápida. En un contacto de acción lenta el elemento móvil que realmente efectúa la conexión o la desconexión verifica un movimiento igual al del actuador y a una velocidad idéntica o proporcional a la de éste. En un contacto de acción rápida el elemento móvil no se mueve hasta que el actuador ha alcanzado un punto determinado. Entonces un mecanismo de resorte desconecta rápidamente el elemento móvil de contacto de la posición de "no accionado", haciéndolo pasar a la posición de "accionado". En este caso la velocidad de la operación no está determinada por la velocidad del actuador, sino por el diseño del mecanismo de resorte.

Actuador. En el anexo I figuran algunos ejemplos de los muchos diseños diferentes posibles. Un tipo especial es el denominado actuador "abatible". Se emplea cuando una pieza móvil debe accionar el interruptor de fin de carrera únicamente en la carrera de ida, y no en la de vuelta.

Terminales. Situados en la parte exterior del interruptor de fin de carrera, los terminales están conectados con los contactos internos. Efectúan la conexión con los cables del circuito al que va incorporado el interruptor de fin de carrera. Según el tipo de terminal, los cables del circuito pueden conectarse al terminal soldándolos, atornillándolos o enchufándolos.

Como cada uno de estos cuatro elementos principales del interruptor de fin de carrera puede variar de forma, tamaño o número, es evidente la enorme cantidad de combinaciones a que se prestan.

Normas para la debida utilización de los interruptores de fin de carrera

La calidad de los interruptores de fin de carrera que actualmente se fabrican les permite efectuar muchos millones de ciclos de trabajo sin el menor impedimento. Cuando estos interruptores funcionan mal, en la mayoría de los casos ello se debe a la mala utilización o a selección incorrecta del interruptor para una aplicación dada. Los errores más comunes podrán evitarse si se observan las siguientes normas:

No conectar los terminales NC y NA de un interruptor de fin de carrera a terminales de dispositivos de polaridades instantáneas contrarias. El olvido de esta advertencia puede dar lugar a un cortocircuito que dañará al interruptor, o incluso lo inutilizará si se trata de uno de los tipos pequeños, estancos al aceite y de desconexión rápida, utilizados en máquinas-herramientas. Obsérvese siempre esta norma: cuando los terminales NC y NA de un interruptor de fin de carrera hayan de conectarse a diferentes dispositivos, la conexión deberá efectuarse a terminales de esos dispositivos situados en el mismo lado con respecto a la línea.

No sobrecargar los interruptores de fin de carrera. A menudo se olvida esta norma de sentido común. Por ejemplo, un interruptor de fin de carrera de

una capacidad nominal de 10 A jamás debe utilizarse en la línea de transporte de energía para accionar un motor de 10 A, cuya corriente de arranque podría ser de 60 a 100 A. A diferencia de la mayoría de los relés, los interruptores de fin de carrera están concebidos para servicios auxiliares, lo que descarta su empleo para cargas como las que representan los motores.

Quando el actuador funcione con lentitud, utilícese un interruptor de fin de carrera rápido. En un interruptor lento, el actuador está directamente vinculado a los contactos. Existe el peligro de que el actuador funcione con tal lentitud que los contactos normalmente cerrados se abran, inmovilizando así el dispositivo que hace funcionar el actuador antes que éste haya realizado la segunda mitad de su trabajo, es decir, cerrar los contactos normalmente abiertos.

Hay casos en que el interruptor lento es el más apropiado. Por ejemplo, un interruptor de fin de carrera de seguridad puede que sólo tenga que utilizarse una o dos veces en muchos años, pero llegado el caso, debe funcionar. Si el mecanismo de contacto se ha oxidado o se ha trabado de alguna otra manera a causa de su inactividad, puede que el interruptor rápido no funcione en caso necesario, con lo que se habrá perdido la acción de emergencia prevista. Pero si se emplea un interruptor lento, el actuador abrirá los contactos o arrancará todo el interruptor de su montaje.

En todos los demás casos, y especialmente cuando el movimiento actuante sea lento, el interruptor rápido suele ser el más indicado, pues su acción de contacto es muy rápida e independiente de la velocidad de accionamiento.

Instalar los interruptores de fin de carrera de modo que los actuadores no sean golpeados o disparados bruscamente. Una de las causas más comunes de desgaste mecánico en los interruptores de fin de carrera es el esfuerzo que han de soportar en el primer instante del contacto mecánico. La masa del actuador debe ser reducida. Algunos diseñadores creen que los interruptores de fin de carrera de viejo estilo son más resistentes y duran más por ser de mayores proporciones, lo que en modo alguno es cierto. Los nuevos interruptores, aunque son más pequeños, tienen una vida mecánica mucho más larga que sus antecesores de mayor tamaño, si son utilizados como es debido.

La velocidad a que se aplica la fuerza de accionamiento también tiene importancia; deben utilizarse levas cuidadosamente inclinadas. Si un interruptor de fin de carrera se dispara bruscamente tras haber sido accionado, podrá volverse a accionar cuando retroceda más allá de su punto de funcionamiento. La posibilidad de retroceso es mayor si el actuador no está en contacto con el diámetro más pequeño de la leva al producirse el disparo. La leva debe oprimir algo al actuador incluso en su posición de disparado. Algunos interruptores de fin de carrera tienen rodillos de nilón para minimizar la velocidad de retroceso.

Asegurarse de que el interruptor de fin de carrera es accionado durante un tiempo suficiente. Los interruptores de fin de carrera tardan generalmente alrededor de 0,2 segundos en accionar relés, válvulas de solenoide y otros dispositivos del circuito eléctrico. A veces, cuando una máquina ha sido dotada de interruptores de fin de carrera y trabaja bien, se intenga aumentar la producción acelerando el ciclo. Puede ocurrir entonces que la máquina trabaje mal si los interruptores de fin de carrera se accionan con tal rapidez que sus dispositivos asociados no tienen tiempo de funcionar. Debe recordarse también que el punto de funcionamiento y el punto de reposición de un interruptor de fin de carrera no son una misma cosa. Debe preverse un movimiento de retorno suficiente del elemento accionador para asegurar la reposición del interruptor después de haber sido accionado.

No utilizar el interruptor de fin de carrera como tope mecánico. En este tipo de interruptor nunca debe rebasarse su límite de sobrecarrera, como tampoco, por supuesto, su límite mecánico. Por esa razón, dicho interruptor no debe ser accionado directamente por la pieza que se esté trabajando, pues los movimientos de ésta pueden ser difíciles de controlar. Un mecanismo de mando bien diseñado y debidamente montado accionará el interruptor en forma controlada, independientemente de la "violencia" con que el mecanismo sea sacudido por la pieza de trabajo y de la dirección de que procedan tales sacudidas.

No dotar a los interruptores de fin de carrera de actuadores pesados o extralargos. El actuador de un interruptor de carrera ha de utilizarse tal y como se reciba de fábrica, y no se lo debe alargar, a menos que esté concretamente diseñado para ello. De lo contrario, el simple peso del elemento adicional puede dañar al interruptor, o impedir que éste efectúe la reposición. Si la distancia existente entre el interruptor y el mecanismo accionador es demasiado grande para ser salvada por un actuador normal, habrá que montar el interruptor más cerca del mecanismo accionador o modificar el diseño de éste. Tal esfuerzo vale la pena porque posibilitará un funcionamiento más fiable y una mayor duración del interruptor.

Seleccionar el tipo adecuado de actuador con arreglo a la fuerza de accionamiento. Cada aplicación debe ser objeto de por lo menos un estudio cinemático elemental para lograr que las fuerzas de accionamiento se orienten en una dirección útil.

Relés

Otro tipo de interruptor muy útil para el control automático es el relé, consistente en un electroimán o dispositivo similar que controla la posición de uno o más contactos. Los contactos móviles de los relés suelen tener dos posiciones. La llamada posición "normal" ocurre cuando el mecanismo de accionamiento está desexcitado, y la posición de "accionado" cuando está excitado. Los contactos de relés pueden disponerse de tantas formas como los de los interruptores ordinarios. En realidad, los relés sólo se diferencian de los interruptores en la forma en que son accionados sus contactos.

En la figura 68 del capítulo VI puede verse un relé típico.

Funciones

Los relés son muy importantes en la automatización porque pueden amplificar señales, multiplicarlas, proporcionar memoria e invertir señales.

Amplificación. Normalmente los interruptores de fin de carrera y los interruptores de pulsador sólo tienen capacidad para pequeñas cargas eléctricas. Desde luego, siempre pueden construirse interruptores de mayor capacidad, pero sus contactos serían tan grandes que haría falta una enorme fuerza física para accionarlos. Utilizando un relé puede controlarse una carga fuerte por medio de un interruptor pequeño. El interruptor no se emplea más que para alimentar la bobina del relé, que sólo toma una cantidad de corriente relativamente pequeña. La fuerza electromagnética resultante que circula por el núcleo hace que los contactos mayores del relé entren en conexión. Estos, a su vez, comunican a la carga (por ejemplo, un motor) una corriente de mayor intensidad. El efecto neto es una transformación de la corriente débil en otra más fuerte, capaz de realizar mucho más trabajo.

Multiplicación. Basta añadir contactos, que accionará el electroimán del relé, para controlar, mediante un solo interruptor pequeño SPST, varias cargas o señales diferentes. En efecto, de esta forma se multiplica el número de circuitos que pueden controlarse de una vez.

Memoria. Normalmente, unos resortes sectores permiten que los contactos de relé vuelvan a su posición original cuando la bobina es desexcitada. En un relé múltiple, sin embargo, uno de los juegos de contacto puede utilizarse para comunicar corriente a la bobina del relé incluso después de suprimida la señal original dada por el interruptor de pulsador. Los demás contactos permanecerán, por ello, en la posición de "conectados", pues el relé sigue "recordando" que se ha recibido una señal, aun después de desaparecida ésta, manteniendo unidos los contactos hasta que se recibe una señal diferente.

Otro tipo de relé memorizador es el de bloqueo, denominado en inglés "de picaporte" porque en él un picaporte de muelle se abate y mantiene los contactos en el estado que adquieren cuando una de las dos bobinas del relé es momentáneamente excitada. Los contactos sólo pueden cambiar de estado si la otra bobina del relé es excitada después. Este tipo de relé recuerda los impulsos de señal "mecánicamente". Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que si se corta la corriente este tipo de relé permanecerá en su "última" posición, cosa que lo hará inseguro en algunas instalaciones.

En el capítulo VI se dan más detalles sobre la capacidad memorizadora de los relés.

Inversión. A veces se desea que la señal enviada por un interruptor signifique que la corriente que circula por la carga se interrumpa en lugar de conectarse. Esto puede lograrse sencillamente haciendo que los contactos del relé interrumpan el contacto en vez de establecerlo cuando hay corriente en la bobina. Este tipo de relé se denomina relé normalmente cerrado (NC). Se dice entonces que la señal se ha invertido

Elección

Al elegir un relé deben tenerse en cuenta la carga de contacto, el ciclo de servicio y el límite máximo de voltaje.

Carga de contacto. De ordinario los relés tienen por finalidad controlar cargas. Cuando un juego de contactos de relé se cierra, la corriente pasa a la carga a través del mismo. Mientras permanece cerrado debe conducir toda la corriente de la carga, y cuando se abre debe interrumpirla.

Las tres funciones de un contacto, a saber: conexión, conducción e interrupción, deben considerarse por separado, con objeto de determinar debidamente el tipo de contacto necesario. La carga inicial al efectuar la conexión puede diferir de la carga constante al conducir. Por ejemplo, cuando se utiliza un relé para dar corriente a un motor, la corriente de carga inicial puede ser de 5 a 10 veces el nivel de corriente para el motor, entendiéndose por tal su consumo de corriente mientras funciona. En tales casos, es aconsejable utilizar relés para un nivel continuo de corriente no inferior al 50% del valor máximo de la corriente de arranque. Sin embargo, en la mayoría de los proyectos de ABC, que requieren relés principalmente con fines de interrupción, es costumbre fijar el nivel de los relés en un valor no superior al 67% de la capacidad continua de corriente deseada.

Ciclo de servicio. Las aplicaciones de los relés varían de modo considerable en la frecuencia de su funcionamiento. Algunos relés, por ejemplo, han de funcionar varias veces por segundo durante largos períodos de

tiempo; otros, en cambio, funcionan con muy poca frecuencia. Se ha fijado (arbitrariamente) en un mínimo de un millón de operaciones (conexión-desconexión) la vida normal de los relés industriales. Individualmente, pueden rebasar por un amplio margen esta duración mínima.

Limite máximo de voltaje. El límite máximo de voltaje de la bobina de un relé debe determinarse en función de la fuente de energía disponible. Si el voltaje de ésta fluctúa, ello debe tenerse en cuenta al determinar la gama de voltajes en que haya de funcionar el relé.

Dada la posibilidad de rotura de los relés y de los cables correspondientes en las fábricas de muebles, existe un evidente riesgo de sacudidas eléctricas para el personal. Por ello es aconsejable instalar transformadores reductores y emplear relés de una capacidad no superior a 24 V.

Al elegir el relé apropiado para determinada aplicación puede utilizarse como guía la siguiente lista de características importantes.

Sistema de contacto

Disposición de los contactos
Carga de cada contacto
Voltaje del circuito abierto
CA o CC
Tipo de carga
Corriente impulsiva máxima
Ciclo de servicio
Vida útil necesaria
Circuito

Sistema de actuación

Tipo de fuente de energía
Cantidad de energía disponible
Voltaje o corriente nominal
CA o CC
Voltaje o corriente máximos
Funcionamiento rápido
Retardo
CA rectificadas
Formas
Sacudida
Resistencia de la bobina
Conjunto de circuitos

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente normal
Temperatura máxima
Temperatura mínima
Especificaciones militares
Especificaciones de laboratorio de normas
Humedad
Polvo
Sacudida
Vibración
Aceleración lineal

Requisitos físicos

Espacio disponible
Tamaño
Forma
Montaje
Terminación
Enchufe
Caja
Tapa para el polvo
Herméticamente cerrado
Cerrado

D. Componentes electrónicos

Como muchos técnicos de fábricas de muebles y de abanistería encontrarán demasiado compleja la aplicación de la electrónica, este aspecto sólo será tratado aquí de modo sucinto.

Los componentes electrónicos se utilizan principalmente con fines de control; de hecho, para esos fines se utilizan con más frecuencia que los componentes eléctricos. El dispositivo electrónico más comúnmente utilizado con fines de control es el transistor de conmutación, que cumple la misma función que el relé. Sin embargo, hay importantes diferencias entre ellos:

- a) Los relés son accionados por voltaje; los transistores, por el amperaje;
- b) La conmutación del relé se efectúa mediante contactos móviles; los transistores carecen de piezas móviles;
- c) La mayoría de los relés tienen varios contactos; la mayoría de los transistores sólo cuentan con un trayecto de corriente;
- d) Los relés pueden accionarse mediante corriente alterna o corriente continua, según sea el diseño de la bobina; los transistores sólo pueden accionarse por corriente continua;
- e) Los relés no tienen una polaridad determinada; los transistores sí;
- f) Los relés pueden ser de acción rápida, término que carece de sentido en la teoría de los transistores; pero la conmutación en los transistores se efectúa con mayor rapidez incluso que la de un relé de acción rápida.

VI. Comprensión del lenguaje de la automatización de bajo costo

Los símbolos que los ingenieros de ABC utilizan en sus planos -flechas, cuadrados, líneas y semicírculos pueden parecer jeroglíficos a quienes los ven por primera vez. Sin embargo, como se comprobará por las explicaciones que se dan en este capítulo, esos símbolos uniformes y sus combinaciones son mucho más fáciles de entender que las palabras y frases de cualquier lenguaje escrito.

A. Símbolos de componentes

Componentes neumáticos e hidráulicos

Cilindros

Por lo general, un cilindro se compone de un tubo cilíndrico, un émbolo con un vástago, y dos tapas en las extremidades. Las tapas están provistas de orificios roscados por los cuales se conectan con el circuito hidráulico o neumático. En la figura 37 se ven las partes de un cilindro de doble efecto sin amortiguador y el símbolo uniforme correspondiente.

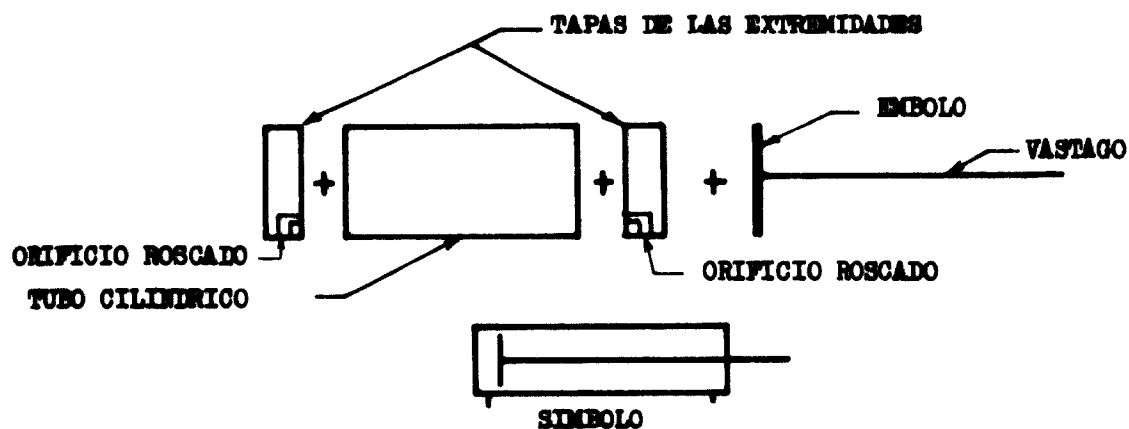


Figura 37. Partes y símbolo de un cilindro de doble efecto

Un cilindro de efecto simple (figura 38) es igual, pero le falta uno de los orificios roscados; el movimiento de retorno del émbolo se realiza mediante un resorte mecánico.

RESORTE DE RETORNO

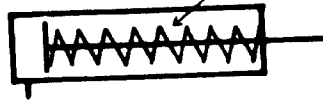


Figura 38. Símbolo de cilindro de efecto simple

Un cilindro también puede estar equipado con dispositivos amortiguadores que impidan las sacudidas al final de la carrera (figura 39).



Figura 39. Cilindros de doble efecto con amortiguador a un lado a) y a ambos lados b) del émbolo

Cuando los dispositivos amortiguadores son regulables, los símbolos correspondientes son los indicados en la figura 40.



Figura 40. Cilindros de doble efecto con amortiguador regulable a un lado a) y a ambos lados b) del émbolo

Las figuras 41 a 44 son símbolos de tipos especiales de cilindros. En el anexo I se dan más símbolos de cilindros.



Figura 41. Cilindro con vástago pasante, sin amortiguador



Figura 42. Cilindros en tándem, con amortiguadores regulares a ambos lados



Figura 43. Cilindros de tres posiciones (carreras iguales)

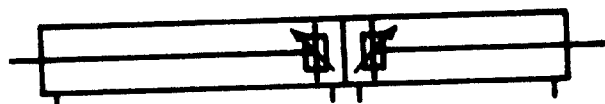


Figura 44. Cilindro de cuatro posiciones (carreras desiguales)

Válvulas

Válvulas de control direccional. Para entender fácilmente los símbolos uniformes de las válvulas, es conveniente ver cómo está hecha una válvula. En la figura 45 se ve una válvula corriente, accionada a mano, con dos posiciones y dos orificios de conexión. En la posición indicada, el fluido no puede pasar por la válvula porque el paso entre los orificios está bloqueado por el carrete (resorte). El carrete permanecerá en esta posición si no se lo acciona desde el exterior, pues el resorte lo mantiene desde dentro en esta posición. Si se empuja el carrete con una fuerza superior a la ejercida por el resorte, de forma que la parte del carrete que tiene una sección transversal reducida entre en el paso, el aceite o el aire pueden pasar a través de la válvula.

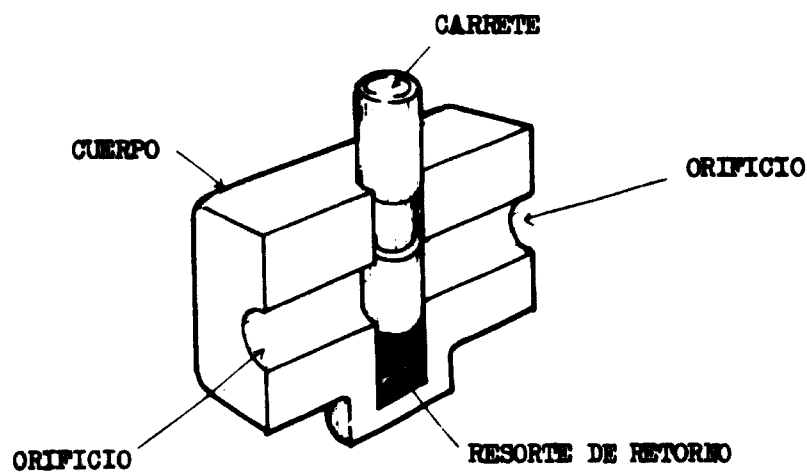


Figura 45. Válvula accionada a mano, con dos posiciones y dos orificios

El símbolo básico de la válvula de la figura 45 se indica en la figura 46. Los dos cuadrados representan las dos posiciones distintas del carrete de la válvula. El cuadrado superior representa la posición que permite el paso y el cuadrado inferior representa la posición de cierre.

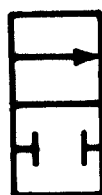


Figura 46. Símbolo básico de la válvula de dos posiciones y dos orificios de la figura 45

El símbolo básico se puede desarrollar más añadiendo líneas que representen las tuberías conectadas a los orificios (figura 47). El símbolo es más fácil de entender si uno se imagina que los dos cuadrados juntos representan el carrete y suben y bajan conjuntamente, mientras el tubo permanece fijo, igual como el carrete auténtico se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro del cuerpo fijo de la válvula. En la figura 47 a) el carrete está arriba, como en

la figura 45. No se ha aplicado ninguna fuerza exterior; se dice que la válvula "no está accionada". (En realidad, es accionada por el resorte.) No pasa ninguna corriente de fluido; la válvula está cerrada. En la figura 47 b), se ha aplicado una fuerza para que el cuadrado superior se sitúe entre los orificios; se dice que la válvula está "accionada". La corriente del fluido puede pasar; la válvula está abierta.

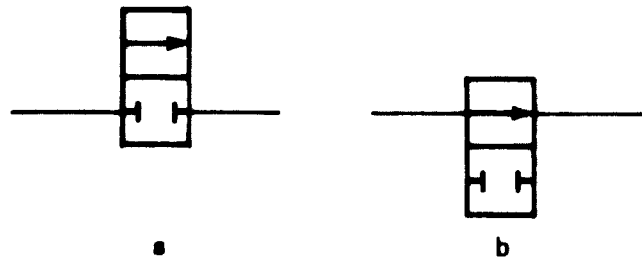


Figura 47. Símbolos correspondientes a una válvula de dos posiciones y dos orificios, en posición cerrada a) y abierta b)

Para completar el símbolo, se añaden símbolos que indican los tipos de accionamiento utilizados. Desde luego, una válvula puede accionarse de muchas formas. Algunas de ellas se indican en las figuras 48 y 49, y se encontrarán otras en el anexo I.



Figura 48. Accionadores manuales

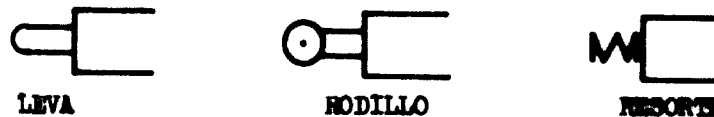


Figura 49. Accionadores mecánicos

La válvula que se describe tiene un accionador interno de resorte (figura 49) y puede tener un pulsador (figura 48) acoplado a la otra extremidad del carrete. Se añaden los símbolos correspondientes a estos dispositivos en los cuadrados, como se ve en la figura 50.

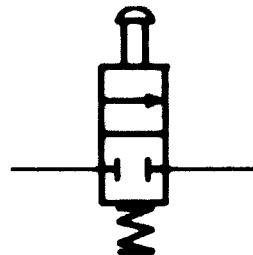


Figura 50. Símbolo completo de una válvula de dos posiciones y dos orificios, en el cual se indican los accionadores

En la figura 51 se indican los símbolos básicos correspondientes a accionadores controlados a distancia por aire comprimido (válvula auxiliar) o electricidad (solenóide), y en la figura 52 se ve el símbolo correspondiente a un accionador mixto controlado mediante aire comprimido y electricidad.



Figura 51. Accionadores de control a distancia



Figura 52. Accionador eléctrico con válvula auxiliar

Existen también válvulas accionadas por diferencia de presión, con prioridad en un lado. En la figura 53 la señal neumática b tiene más presión que la señal neumática a y, por lo tanto, accionará la válvula incluso en presencia de la señal a.



Figura 53. La señal b tiene prioridad con respecto a la señal a

Sin embargo, en los sistemas neumáticos la válvula más utilizada no es la que se acaba de describir sino una combinación de dos de este tipo, una de las cuales permanece normalmente abierta y la otra normalmente cerrada (figura 54). Si sólo se accionara la válvula normalmente cerrada, el aire pasaría por ella y haría salir el émbolo y el vástago (hacia la derecha, en la figura). En este caso, cuando se desconectara el accionador, la válvula volvería a su posición original, como en el dibujo. El vástago permanecería fuera porque el aire existente en el cilindro no podría escapar. Acoplando una válvula normalmente abierta a la anterior, se suministra un paso para la expulsión del aire, una vez desconectado el accionador.

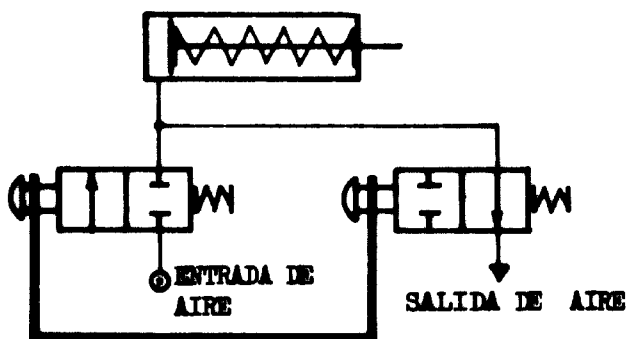


Figura 54. Dos válvulas de dos orificios conectadas mecánicamente, una normalmente abierta y otra normalmente cerrada

En la figura 54 se ven también dos nuevos símbolos. El círculo con un punto en el centro indica la conexión a la fuente de aire comprimido y el triángulo invertido unido a la válvula con una línea indica la expulsión a través de un orificio roscado. Si el orificio no está roscado, se omite la línea y el triángulo se coloca directamente contra el símbolo de la válvula.

Una solución más económica que la de la figura 54 es la de la figura 55, en la cual se muestra una válvula de dos posiciones y tres orificios conectada al cilindro móvil. La situación que se representa en el esquema es la posición "de reposo" (no accionada). (Normalmente, siempre se representa un sistema en la posición de reposo.) Se ve que el suministro de aire está cerrado y que el aire ha podido agotarse en el cilindro de efecto simple. Al apretar el botón el aire entra en el cilindro a través de la válvula. Al soltarse el botón el resorte hace volver el carrete a su anterior posición, cerrando de nuevo la entrada de aire y dejando escapar el aire comprimido del cilindro. El resorte del cilindro obliga al émbolo a recuperar su posición anterior.

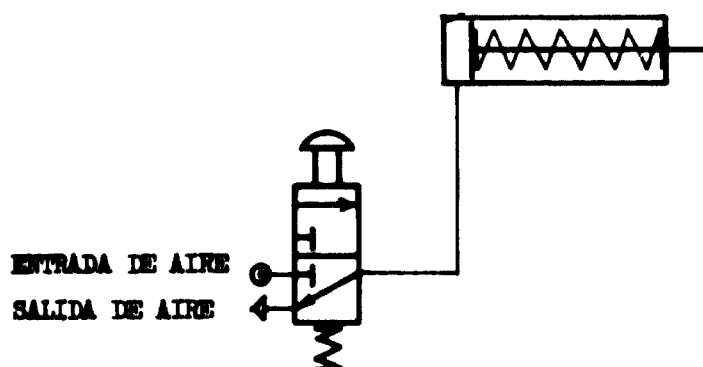


Figura 55. Válvula de dos posiciones y tres orificios que sustituye a las dos válvulas de la figura 54

Otra válvula bien conocida es la de cinco orificios, en la cual se combina la función de dos válvulas de tres orificios mecánicamente acopladas. Por ejemplo, un cilindro de efecto doble se puede accionar mediante dos válvulas de tres orificios acopladas (figura 56) o mediante una válvula de cinco orificios (figura 57).

Conforme a las normas fijadas por el Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas (CETOP) y por la Organización Internacional de Normalización (ISO), para representar la válvula de tres orificios se puede utilizar libremente cualquiera de los símbolos de la figura 58.

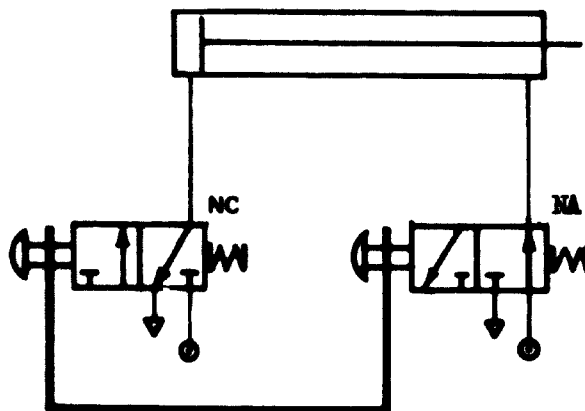


Figura 56. Cilindro de doble efecto accionado por dos válvulas de tres orificios acopladas

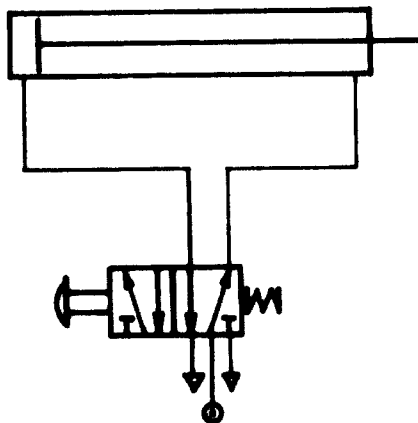


Figura 57. Cilindro de doble efecto accionado por una válvula de cinco orificios



Figura 58. Símbolos optativos de la válvula de tres orificios y dos posiciones

Hasta ahora sólo se han examinado las válvulas de dos posiciones. Las válvulas con mayor número de posiciones se representan añadiendo un cuadrado para cada posición adicional (figura 59).

En las normas CETOP se dan designaciones numéricas a las válvulas de control direccional. Se ven ejemplos de ello en la figura 60. La primera cifra representa el número de orificios y la segunda el número de posiciones distintas.



Figura 59. Símbolos básicos de las válvulas de dos, tres y cuatro posiciones

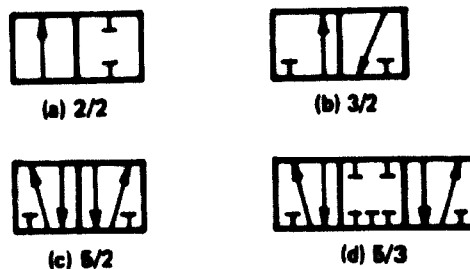


Figura 60. Símbolos y designaciones de diversas válvulas de control direccional

Dos válvulas especiales de control direccional son la válvula de retención y la válvula de movimiento alternativo. La primera (figura 61) permite el flujo en una dirección y lo detiene en la otra. La segunda (figura 62) permite el paso, a una línea común, de un flujo procedente de una u otra de dos fuentes diferentes, pero no de ambas a la vez.

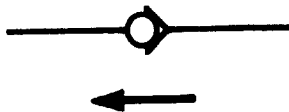


Figura 61. Símbolo simplificado de una válvula de retención. La corriente solo puede fluir en la dirección de la flecha

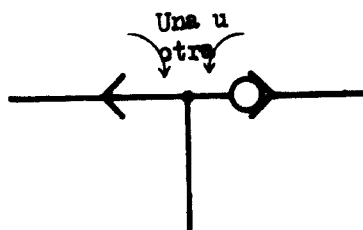


Figura 62. Símbolo simplificado de una válvula de movimiento alternativo. Las flechas indican las corrientes alternativas

Válvulas de regulación de caudal. En circuitos neumáticos, la válvula de regulación de caudal, o restrictor, es el equivalente de un reostato en los circuitos eléctricos. En la figura 63 se indica el símbolo correspondiente a un restrictor no regulable y en la figura 64 se indica el de un restrictor regulable.



Figura 63. Válvula de regulación de caudal, o restrictor, no regulable



Figura 64. Válvula de regulación de caudal, o restrictor, regulable

La combinación de una válvula de regulación de caudal regulable y de una válvula de retención se utiliza para circuitos de regulación de velocidad o de tiempo (figura 65).

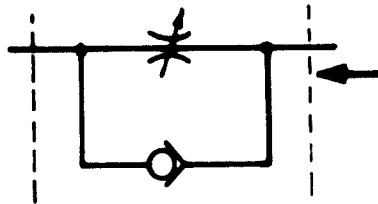


Figura 65. Válvula de regulación de caudal, regulable, de corriente libre en el sentido de la flecha; la corriente que fluye en dirección opuesta choca con la restricción

Válvula de control de la presión. Un tipo conocido de válvula de control de la presión es el regulador de presión, cuyo símbolo se indica en la figura 66.

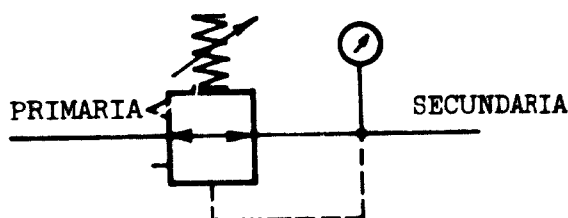


Figura 66. Símbolo simplificado de un regulador de presión. Cuando la presión en la línea secundaria supera la presión ejercida por el accionador de resorte regulable, la válvula se acciona y expulsa el exceso de presión de la línea primaria. Cuando la presión es demasiado baja, el resorte acciona la válvula para añadir presión

Símbolos uniformes. Los símbolos anteriormente descritos constituyen unos cuantos ejemplos de símbolos uniformes adoptados por el CETOP, la ISO y el United States Air Standards Institute (USASI) (Instituto de Normas Neumáticas de los Estados Unidos). En el anexo I se dan muchos más símbolos del USASI. Si se conoce un tipo de dichos símbolos se comprenderán los demás, puesto que son bastante similares y obedecen a la misma lógica.

Componentes eléctricos

Como se explicó en la sección C del capítulo V, los componentes eléctricos más importantes utilizados en la automatización de bajo costo son interruptores: de pulsador, de fin de carrera y relés. En el anexo I se encontrarán los símbolos respectivos. El correspondiente al interruptor de pulsador es evidente; los correspondientes a los demás tipos requieren algunas explicaciones.

En la figura 67 se muestran diagramas y símbolos normalizados de un interruptor de fin de carrera. Tres contactos internos a, b y c están conectados a las correspondientes terminales externas A, B y C. En el estado no excitado (normal), está establecido el contacto del par a-c y está interrumpido el par b-c. Por consiguiente, el terminal A del interruptor suele designarse con las letras NC (normalmente cerrado), el B con las letras NA (normalmente abierto), y el C con la letra C (común).

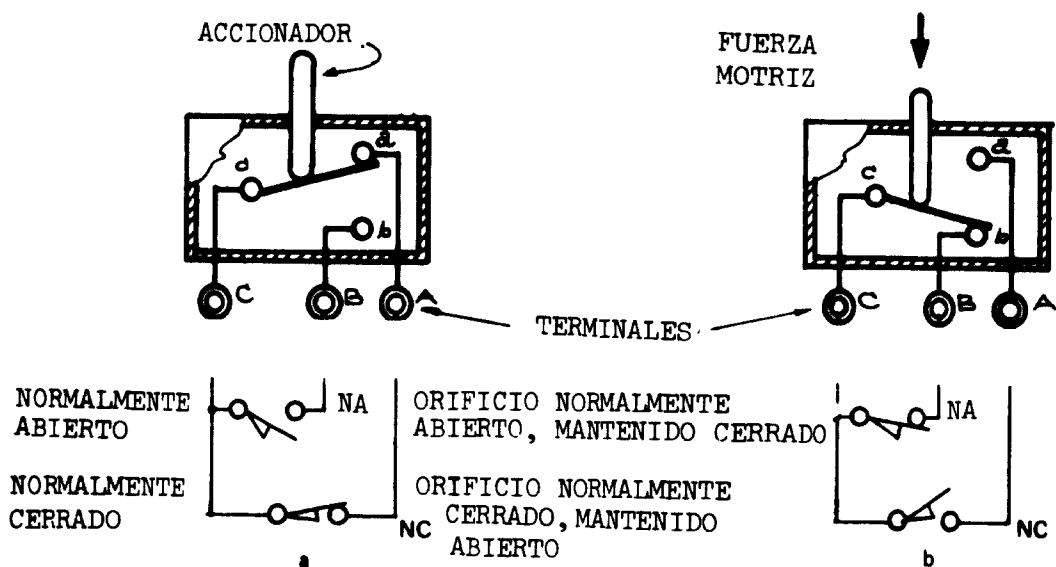


Figura 67. Diagramas y símbolos correspondientes a un interruptor de fin de carrera típico en estado no accionado (normal a) y accionado b)

Quando se aprieta el accionador, éste hace que el mando de contacto se mueva de a a b, cual si girara sobre c como eje. En estado excitado, el interruptor normalmente abierto se mantiene cerrado y el interruptor normalmente cerrado se mantiene abierto mientras actúa la fuerza actuante. Cuando se retira la fuerza actuante, el interruptor de fin de carrera vuelve a su posición normal.

En la figura 68 se muestra un diagrama de un relé de un solo polo y doble operación (SPDT) típico, con los símbolos normalizados correspondientes al relé y a los interruptores que acciona.

Quando se excita la bobina del relé, el magnetismo que se desarrolla en su núcleo atrae la armadura, cerrando un contacto y abriendo el otro como en el interruptor de fin carrera.

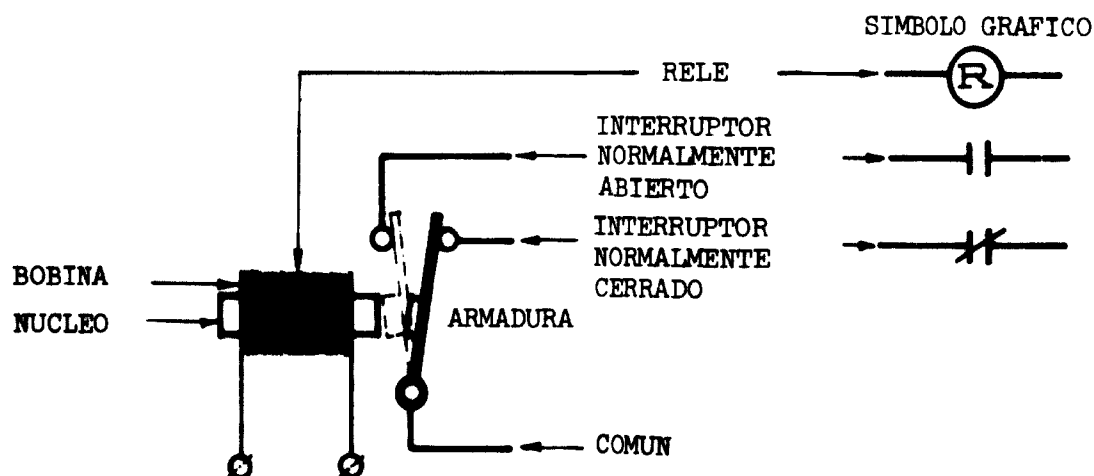


Figura 68. Diagrama y símbolos correspondientes a un relé SPDT típico. La línea quebrada muestra la posición de la armadura del relé en estado excitado

B. Diagramas esquemáticos de sistemas de control

Aspectos básicos de los sistemas de control

El diagrama de bloques de la figura 69 es una representación general de un sistema de control. En ese diagrama los detectores podrían ser, por ejemplo, válvulas neumáticas o hidráulicas, interruptores eléctricos, células fotoeléctricas, las manos, los ojos o los oídos de una persona. Los elementos impulsores podrían ser motores, cilindros, o los pies o manos de una persona.

Toda máquina automática trabaja conforme a los principios básicos comprendidos en el sistema general que se ve en la figura 69. El sistema de control simple de la figura 70 no es más que un caso particular de la figura 69, sin detectores ni retroalimentación. Sin embargo, cabe decir que el operador que pone en marcha la caja de control desempeña la función de esas partes ausentes.

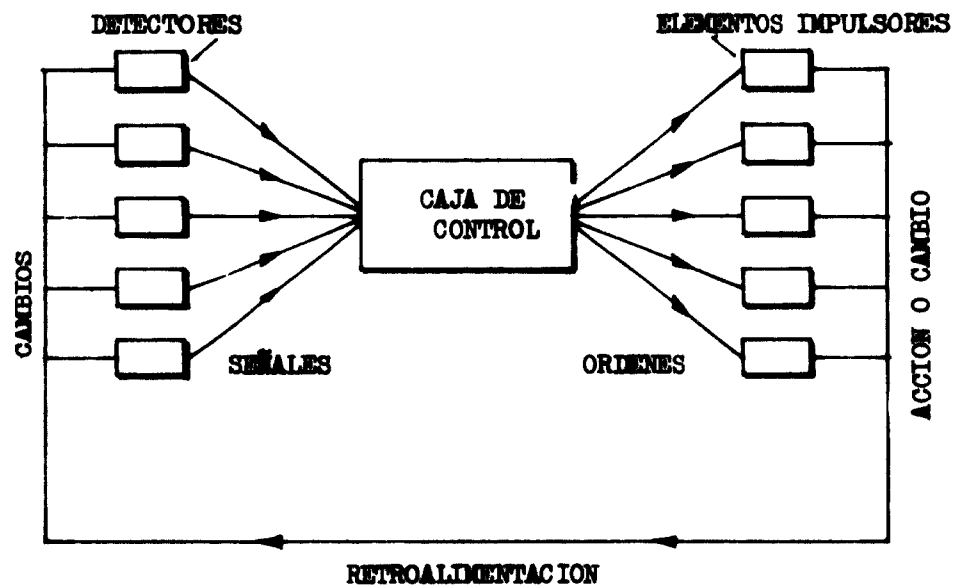


Figura 69. Diagrama de bloques de un sistema de control generalizado

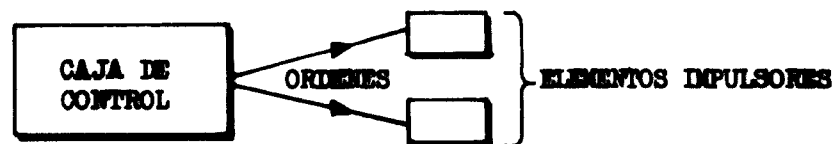


Figura 70. Diagrama de bloques de un sistema de control simple sin retroalimentación ostensible

Construcción de sistemas de control neumáticos e hidráulicos

En los sistemas o circuitos de control neumático e hidráulico, las válvulas sirven para fines de detección y control y los cilindros son los elementos impulsores. Por ejemplo, en la figura 71 el cilindro A está controlado por una válvula 5/2 que responde a señales A+ y A-. Las dos válvulas 3/2 situadas a la derecha detectan los cambios de posición del vástago del émbolo del

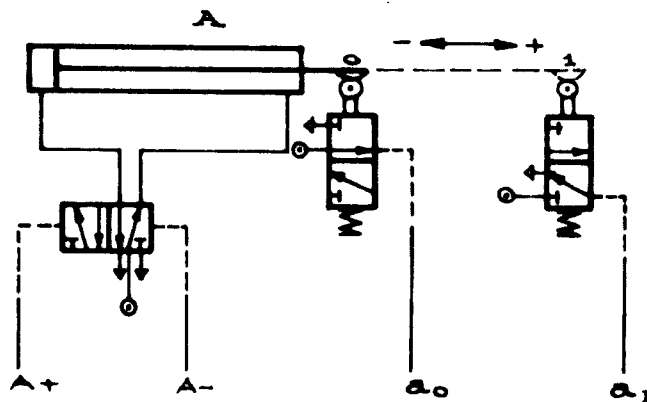


Figura 71. Diagrama de circuito neumático (o hidráulico) incompleto. Su explicación se da en el texto.

cilindro y emiten las señales de retroalimentación a_0 y a_1 . Tómesese nota de las siguientes convenciones:

a) Los cilindros neumáticos o hidráulicos se designan con letras mayúsculas;

b) El estado de un cilindro con el vástago del émbolo retraído se llama posición 0 (cero); en posición saliente, posición 1. Las etapas intermedias entre la posición totalmente retraída y la totalmente saliente se llaman 2, 3, etc., según su número;

c) La señal a la válvula de control del cilindro se representa con un símbolo formado por la indicación del cilindro seguido de + (más) si hace avanzar el vástago o de - (menos) si lo hace retraerse;

d) Las válvulas que detectan el estado del cilindro (posición del vástago del émbolo) y las señales de retroalimentación que emiten se indican con la misma letra que el cilindro, pero en minúscula, seguida del número correspondiente al estado.

Si se completa el trayecto de retroalimentación de la figura 71 conectando la línea de a_0 a A_+ y la de a_1 a A_- (figura 72), se obtiene un cilindro de oscilación continua: cuando el cilindro llega al estado 1, se acciona la válvula a_1 que envía una señal A_- a la válvula de control, la cual "ordena" al cilindro volver al estado 0; en este punto, la válvula a_0 entra en acción y envía al cilindro de nuevo al estado 1, para repetir el ciclo mientras se mantenga la presión en las líneas de alimentación.

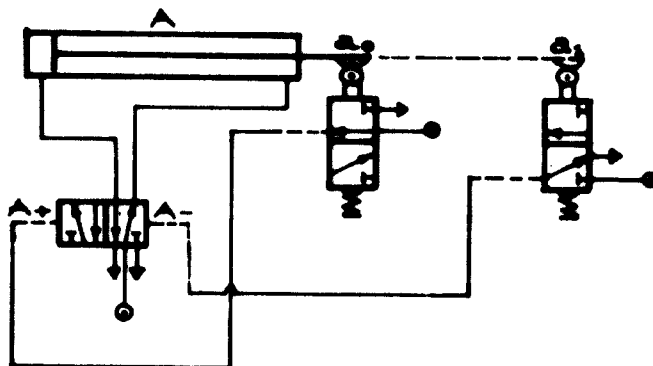


Figura 72. Cilindro de oscilación continua (terminación del circuito de la figura 71). La explicación se da en el texto.

En la figura 73 se accionan dos cilindros en la secuencia $A_+B_+A_-B_-$ cada vez que se acciona la válvula de apertura y cierre que hay a la izquierda, en la parte inferior. Este circuito se podría utilizar, por ejemplo, como sigue: el cilindro A coloca la pieza de trabajar bajo una pistola neumática para clavar grapas, y el cilindro B acciona dicha pistola.

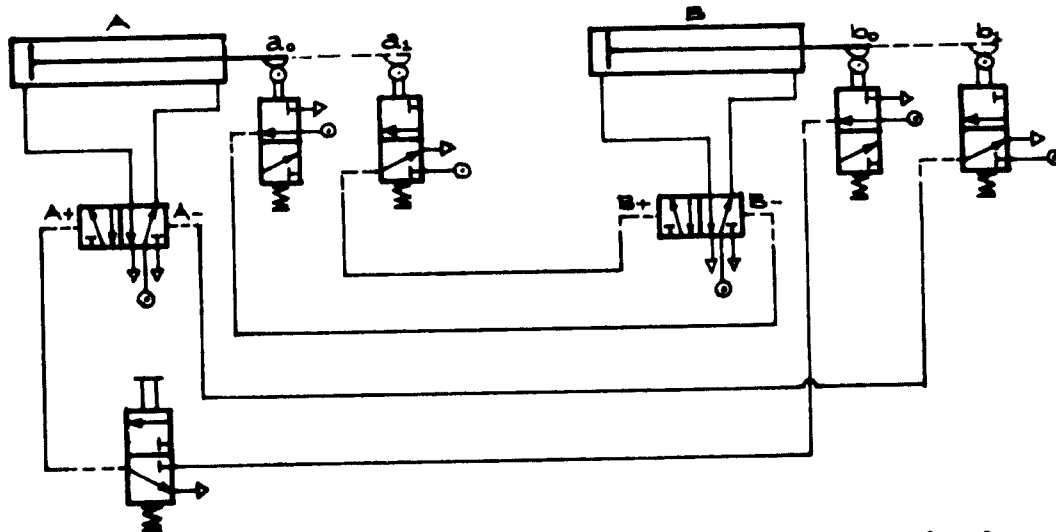


Figura 73. Circuito de dos cilindros. Cuando se acciona la válvula de la parte inferior izquierda, la secuencia de señales es $b_0A+a_1B+b_1A-a_0B-$

Es evidente que al ir añadiendo componentes al circuito, el diagrama se complica rápidamente y muy pronto su interpretación resulta bastante difícil. El cronograma de operaciones constituye una ayuda para la interpretación y para el trazado del diagrama de circuito.

La figura 74 es el cronograma de operaciones correspondientes a los cilindros del circuito de la figura 73. Para cada elemento impulsor (en este caso, cilindros, en el diagrama hay unas líneas horizontales que representan sus posiciones distintas (en este caso, 0 y 1). Las líneas verticales dividen el ciclo completo en intervalos de tiempo, cada uno de los cuales representa un paso efectuado por el equipo durante la realización del ciclo. Estas líneas están indicadas con números romanos, de izquierda a derecha. En ese caso, la línea IV representa el fin del ciclo (así como su comienzo si se repite de manera automática).

Utilizando el cronograma de las operaciones resulta más fácil interpretar cómo reaccionarán los cilindros y, lo que todavía es más importante, hacer saber a un ingeniero de ABC el movimiento que quiere obtener el proyectista.

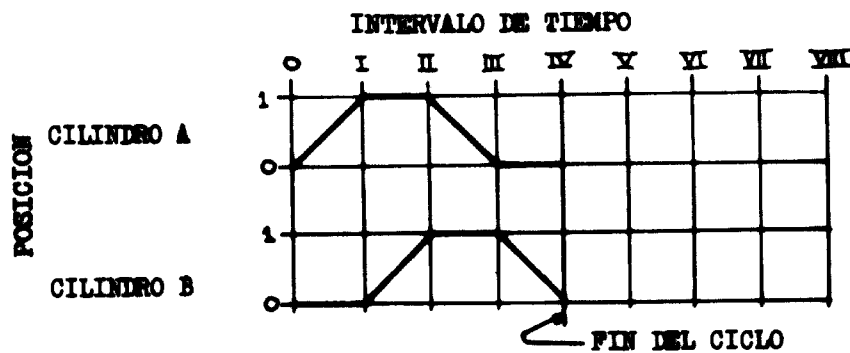


Figura 74. Cronograma de las operaciones correspondientes al circuito de la figura 73.

Construcción de circuitos de control eléctrico

La figura 75 es un diagrama esquemático de un sistema de cilindro neumático conectado a una válvula 4/2 accionada por solenoide y de retroceso por muelle. La figura 76 representa el diagrama del circuito eléctrico asociado. Cuando se acciona el interruptor de pulsador 1, la corriente pasa por la bobina de solenoide A (+), haciendo que la válvula se mueva. Para que el cilindro recupere su posición anterior, debe soltarse el pulsador.

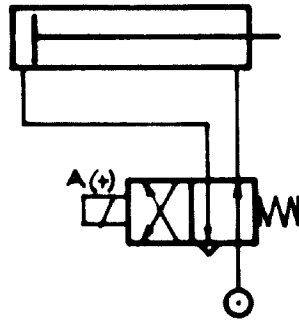


Figura 75. Cilindro neumático controlado por una válvula accionada por solenoide.

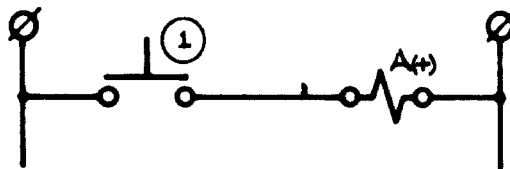


Figura 76. Circuito eléctrico destinado a controlar el cilindro neumático de la figura 75.

Otra posibilidad es el circuito de la figura 77, que utiliza relés para transportar la corriente de la bobina del solenoide.

Si el cilindro debe permanecer accionado incluso cuando se suelta el botón, se puede utilizar el circuito de la figura 78. El relé S tiene dos series de contactos, S_A y S_M . Cuando se aprieta el pulsador 1, el relé S cierra ambas series. La serie S_A excita el solenoide A (+), mientras S_M proporciona "memoria" manteniendo el relé accionado, incluso una vez que se ha soltado el pulsador 1. Para que el cilindro regrese a su posición de partida, debe accionarse el interruptor de pulsador 2 (normalmente cerrado).

Se puede lograr que el vástago del cilindro vuelva automáticamente a su posición anterior, una vez alcanzado determinado punto de su carrera, sustituyendo el pulsador 2 por un interruptor de fin de carrera (normalmente cerrado) situado en dicho punto (figura 79).

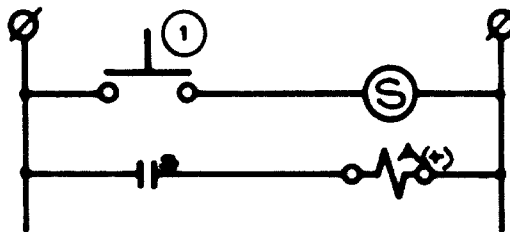


Figura 77. Inclusión de un relé para controlar la corriente de la bobina del solenoide

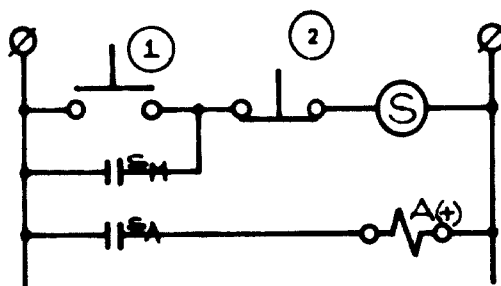


Figura 78. Utilización de un selenoide con "memoria" para mantener accionado el cilindro una vez soltado el pulsador.

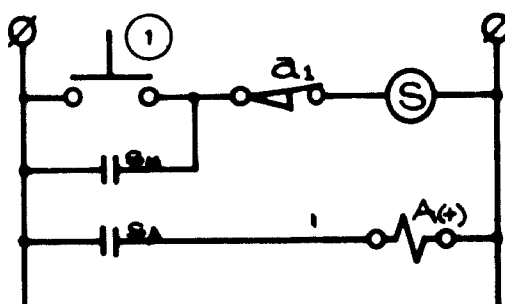


Figura 79. Empleo de un interruptor de fin de carrera para destruir la memoria del relé en un momento predeterminado.

El circuito de la figura 80 da como resultado un movimiento oscilatorio del cilindro. La oscilación se inicia apretando el pulsador 1, el cual da comienzo a la secuencia: el relé W se pone en funcionamiento y cierra; el relé S se pone en funcionamiento y cierra; la bobina A se excita; el émbolo se desplaza a 1; a_0 y a_1 se abren; S_A se abre; el émbolo regresa a 0; a_0 y a_1 se cierran; S se pone en funcionamiento y cierra de nuevo; repitiéndose la secuencia a partir de este punto hasta que la oscilación se detiene apretando el pulsador 2, que destruye la memoria de W.

Supóngase que se utiliza el cilindro de la figura 75 como prensa. Para fines de seguridad, el émbolo no debe moverse si las dos manos del operador no están fuera del alcance de la prensa. Esto puede conseguirse con un circuito

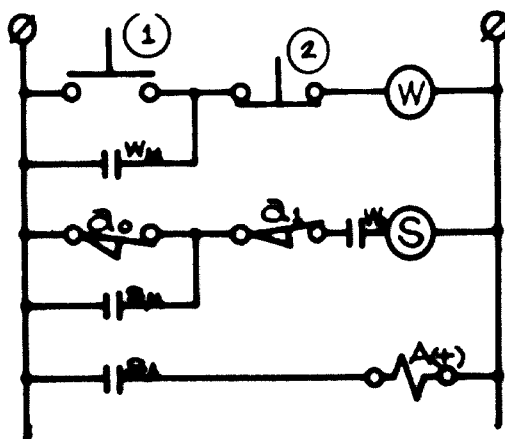


Figura 80. Circuito de control de un cilindro oscilante

(figura 81) en que la prensa sólo se ponga en acción si se aprietan simultáneamente dos pulsadores separados, cada uno con una sola mano. En este caso, el resorte de retorno de la válvula de control constituye por sí mismo un dispositivo de seguridad. En caso de falla de la corriente, el resorte hará que la válvula cambie de dirección y obligue el cilindro a volver a su posición de descanso.

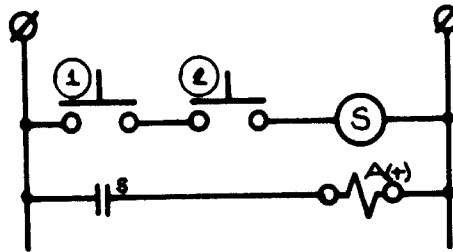


Figura 81. Circuito de seguridad. El cilindro no se pondrá en marcha si el operador no aprieta el interruptor 1 con una mano y el interruptor 2 con la otra

En la figura 82 se muestra una prensa accionada por una válvula doble activada por solenoide. Para poner en marcha el cilindro, también en este caso deben apretarse a la vez dos pulsadores (1 y 2); pero obsérvese que dicha válvula (y por lo tanto el cilindro) no volverá automáticamente a 0 al soltarse dichos pulsadores (o en caso de falla de la corriente). Para que el cilindro recupere su posición anterior debe accionarse simultáneamente otra serie de pulsadores (3 y 4). Por consiguiente, se ha previsto la seguridad del operador tanto en la carrera de vuelta como en la ida.

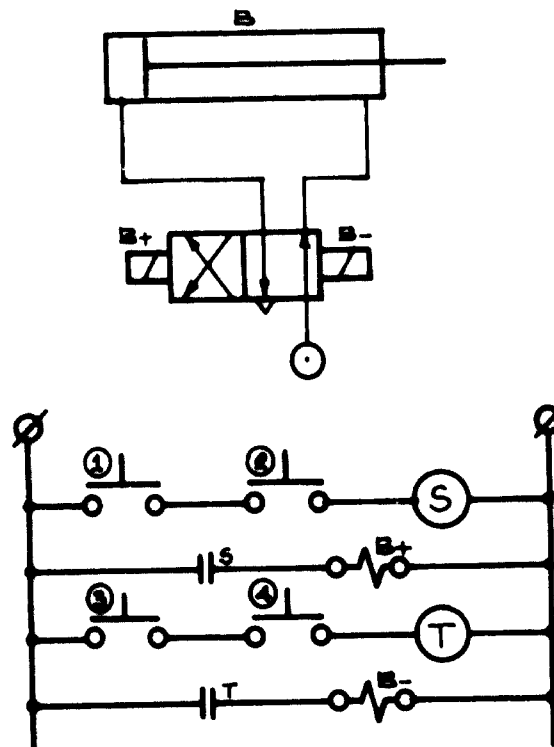


Figura 82. Prensa de cilindro accionada por una válvula doble de solenoide provista de interruptores de seguridad en ambas direcciones de la carrera

En la figura 83 se muestra un cilindro que tiene dos carreras por ciclo, la primera corta y la segunda larga.

Cuando se aprieta el pulsador de conexión, el relé R_1 y el solenoide $B(+)$ se excitan simultáneamente. Por consiguiente, el émbolo avanza hasta la posición 2 de mitad de carrera, en la cual se acciona el interruptor a_2 , que excita R_2 y desconecta la válvula del solenoide. El émbolo regresa a su posición anterior, y en cuanto se accione a_0 avanza de nuevo, efectuando esta vez su carrera completa hasta a_1 . Con ello se abre el relé R_4 , normalmente cerrado, y el pistón se retrae totalmente a su posición de descanso. Fin del ciclo. (El accionador del interruptor a_2 no funciona durante la carrera de retorno del émbolo.)

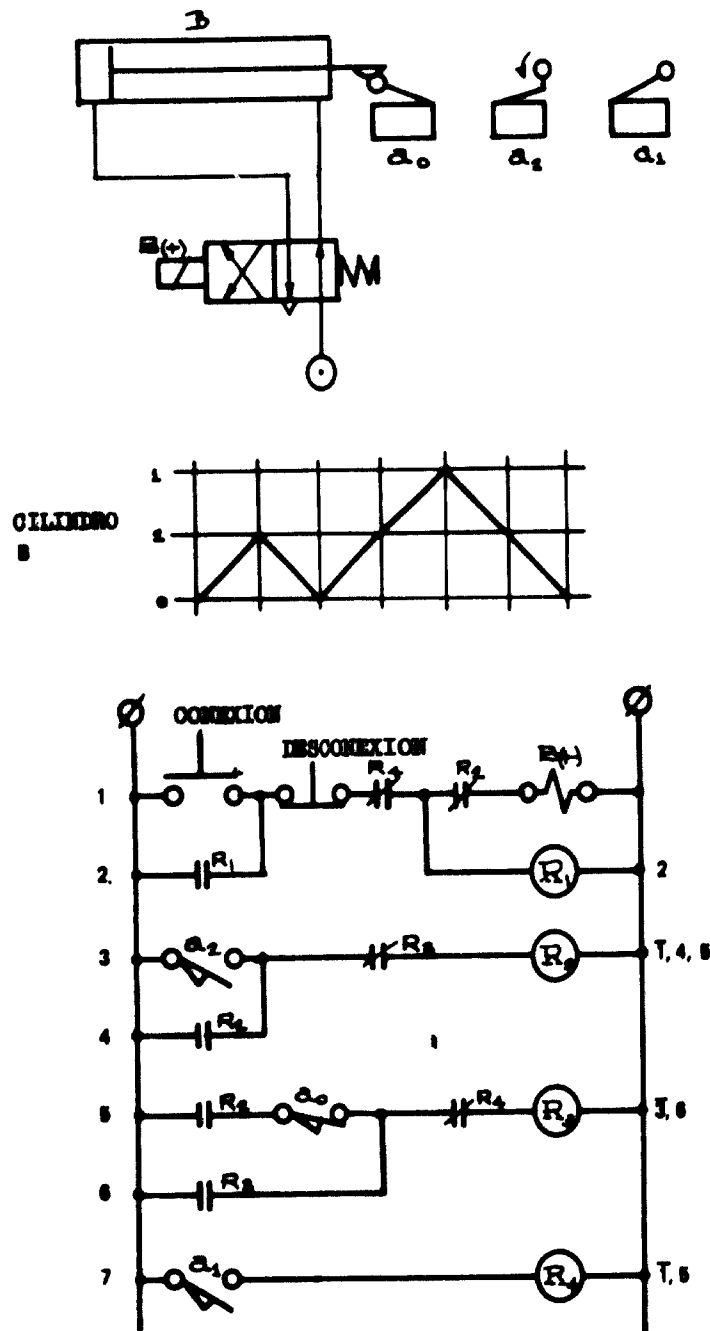


Figura 83. Circuito neumático, cronograma de las operaciones y circuito eléctrico de un cilindro de dos carreras sucesivas de longitudes distintas.

VII. Aplicación de sistemas automatizados de bajo costo en la fabricación de muebles a base de tableros

A. Proceso general de fabricación de muebles a base de tableros

Por lo general, el proceso de fabricación de muebles a base de tableros suele comenzar por dos grandes líneas de producción:

- La preparación de componentes de madera maciza;
- La preparación de componentes a base de tableros.

En la figura 84 pueden verse las operaciones de fabricación de muebles a base de tableros en que los principales insumos son la madera maciza, las hojas de enchapar (o chapas) y los tableros de madera.

Antes de emprender la fabricación es preciso que los insumos de madera y chapa estén suficientemente secos. Los componentes, tanto de madera maciza como de tableros, se lijan antes de su montaje definitivo para terminar el mueble. Por supuesto, la última operación será el acabado (aplicación de laca, poliuretano, epoxia, poliéster, pintura pigmentada y otros materiales de revestimiento que protegen contra el desgaste y realzan la belleza de la veta de la madera utilizada).

Sin embargo, cuando los muebles de esta clase hayan de transportarse sin armar, se procederá al acabado de sus componentes o subcomponentes antes de embalarlos y despacharlos, y el montaje se hará en el domicilio del cliente o del usuario.

En las siguientes secciones se examina el proceso general de fabricación para determinar los casos de posible utilización de la ABC.

B. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la preparación de componentes de madera maciza

Corte de las piezas en largos aproximados

La máquina más utilizada para cortar las piezas en largos aproximados es una sierra suspendida de una plataforma de deslizamiento horizontal. El corte se efectúa por tracción manual de la sierra a través de la tabla y, tras completar la operación, se empuja otra vez la sierra hasta su posición de partida. Esta máquina se conoce como sierra radial horizontal. Para el aserrado las tablas se cargan a mano sobre un transportador de rodillos inertes, descargándose igualmente a mano. La operación es sumamente lenta, y requiere los operarios para la carga y descarga del material y un operario para el manejo de la sierra.

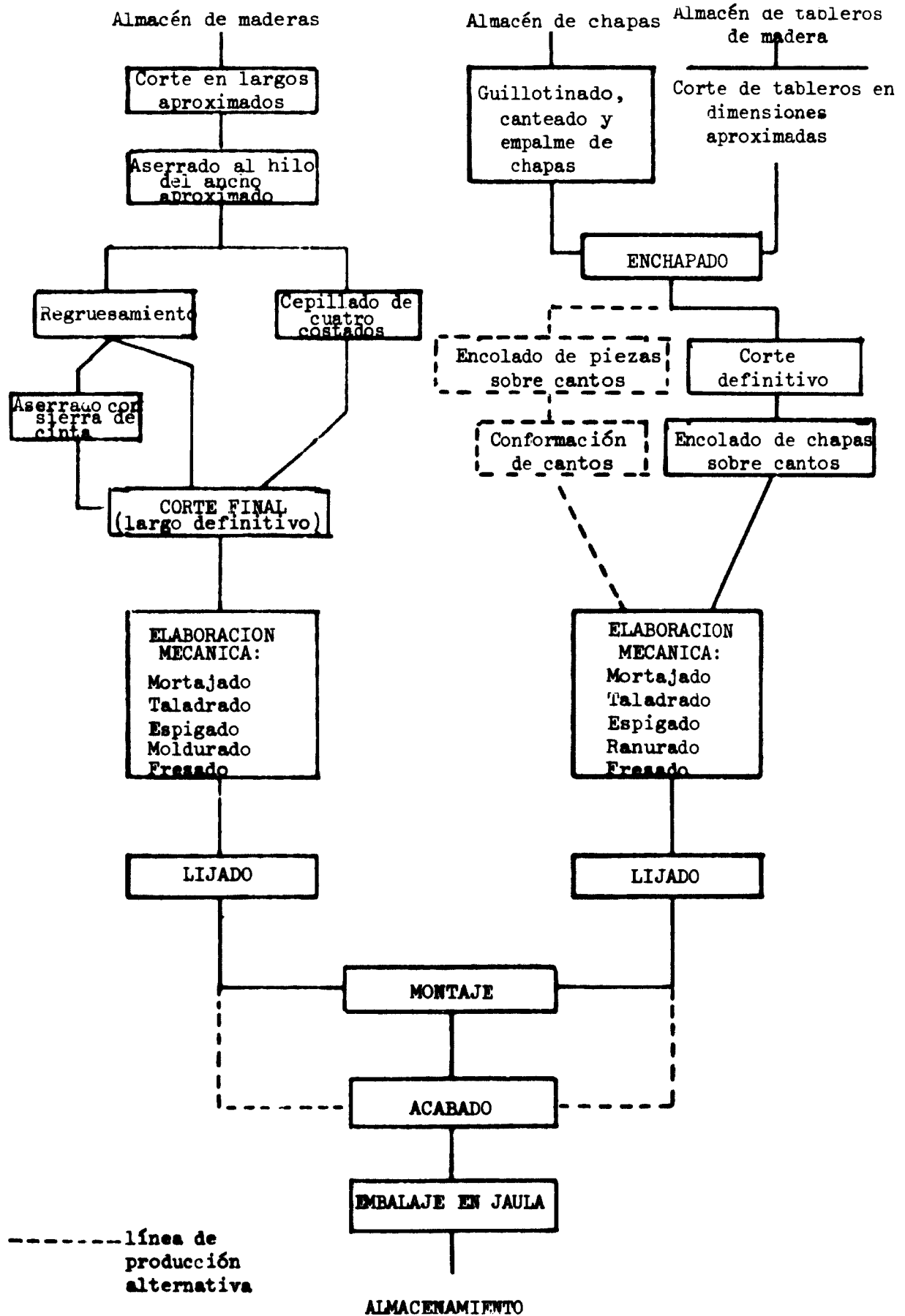


Figura 84. Proceso de fabricación de muebles a base de tableros

La ABC permitiría incrementar el rendimiento de esta máquina y reducir el número de operarios a uno, mediante la instalación de los siguientes elementos:

- a) Un cilindro neumático sobre la plataforma deslizante para imprimir a la sierra un movimiento de vaivén;
- b) Un motor eléctrico para accionar la transportadora de alimentación;
- c) Un ascensor de tijeras a la entrada y otro a la salida de la transportadora a fin de mantener la tabla superior, tanto de la pila de alimentación como de la pila de salida, a un nivel que permita su deslizamiento hacia y desde la transportadora por el impulso de unos cilindros neumáticos colocados al efecto;
- d) Topes, con interruptores de fin de carrera (o válvulas neumáticas) para controlar los movimientos de avance y los laterales de las tablas.

En la figura 85 aparece ilustrada esta solución.

Aserrado al hilo

Para las operaciones de aserrado al hilo se suele utilizar una sierra de cantear de una sola hoja con un alimentador de cadena. Las tablas son cargadas en la máquina y descargadas de ella a mano. Para las piezas pequeñas no se requiere más que un operario a cada extremo de la sierra, pero para las tablas mayores y más gruesas hacen falta por lo menos dos operarios a cada extremo de la máquina. Así pues, para cortar varias piezas de un mismo ancho es preciso pasar la misma tabla varias veces por la máquina.

En las fábricas modernas se ha incrementado la capacidad de aserrado al hilo empleando sierras de varias hojas. Este dispositivo múltiple funciona de la misma manera que las sierras de cantear de una sola hoja, pero al llevar montadas varias hojas sobre un mismo eje se pueden aserrar varias piezas en una sola pasada de la tabla por la máquina.

Sin embargo, se puede incrementar la capacidad de una sierra de cantear de una sola hoja y reducir el número de operarios a uno utilizando una transportadora de circuito cerrado como la que se ve en la figura 86.

Aserrado con sierra de cinta

El aserrado de cinta se utiliza para dar formas no lineales o superficies no planas a las piezas que se preparan para ulteriores operaciones mecánicas tales como el conformado de cantos, el moldeado y el cajeadado. Para esta operación se suele utilizar un aparato de dos poleas (o ruedas de cinta) dispuestas en sentido vertical (una arriba y otra abajo), con la sierra de cinta montada sobre el segmento exterior de cada polea. Un motor eléctrico acciona la polea inferior, mientras que la polea superior va montada sobre un eje desplazable que permite acercarla a la polea inferior o alejarla a fin de poder tensar convenientemente la cinta de la sierra. La pieza por aserrar se lleva manualmente hacia la sierra sobre una mesa fijada a la columna de sostén de las poleas. Los modelos más recientes de esta máquina llevan una mesa inclinable y otros llevan además a cada lado unos rodillos de alimentación accionados por un motor eléctrico.

Este tipo de sierra sólo permite cortar a la vez pocas piezas de una determinada forma, pero son tantas las formas que han de cortarse que el montaje de una operación automatizada podría incumplir un costo mayor que los

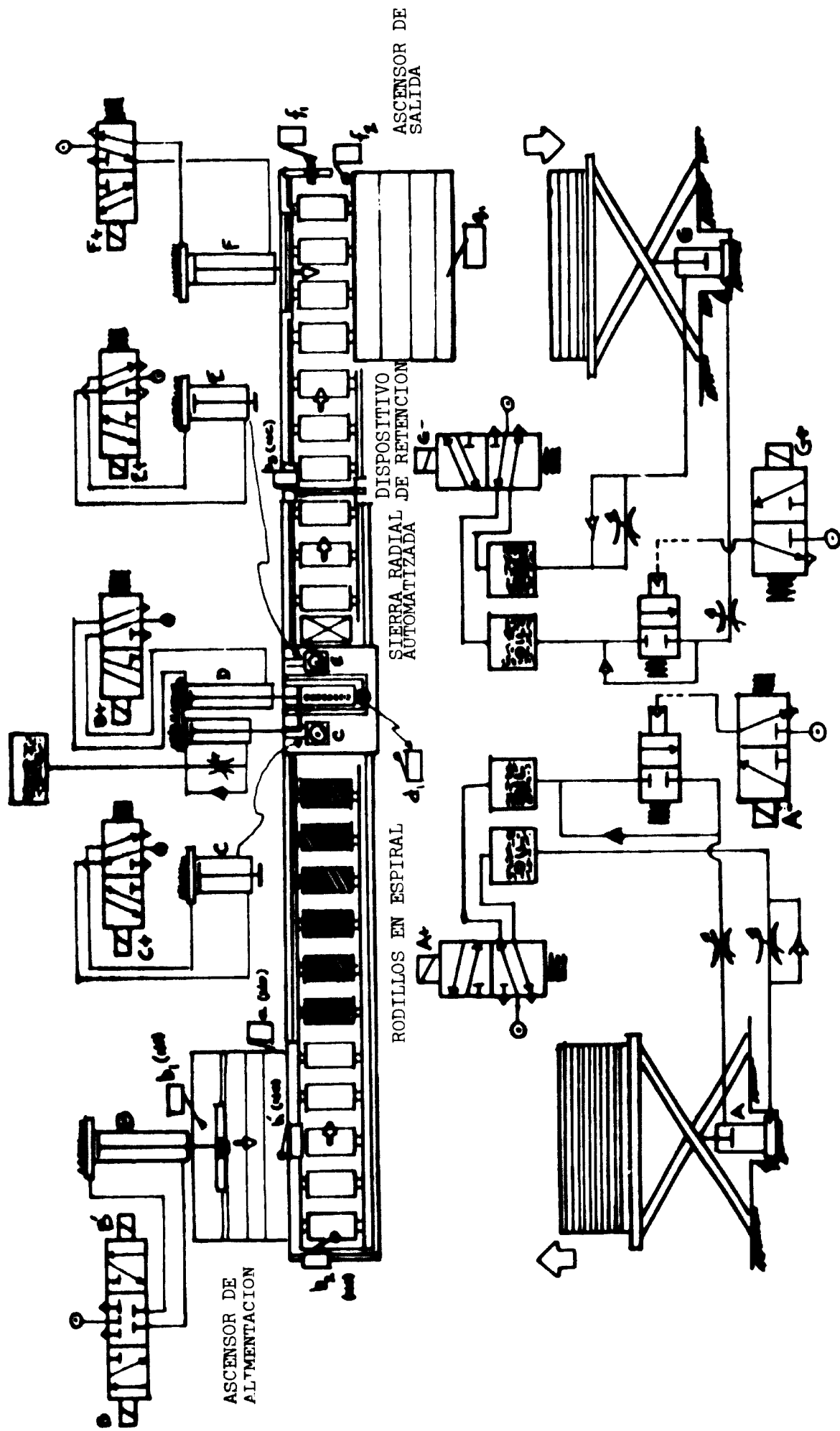


Figura 85. Automatización completa de las operaciones de corte de componentes de madera maciza en dimensiones aproximadas

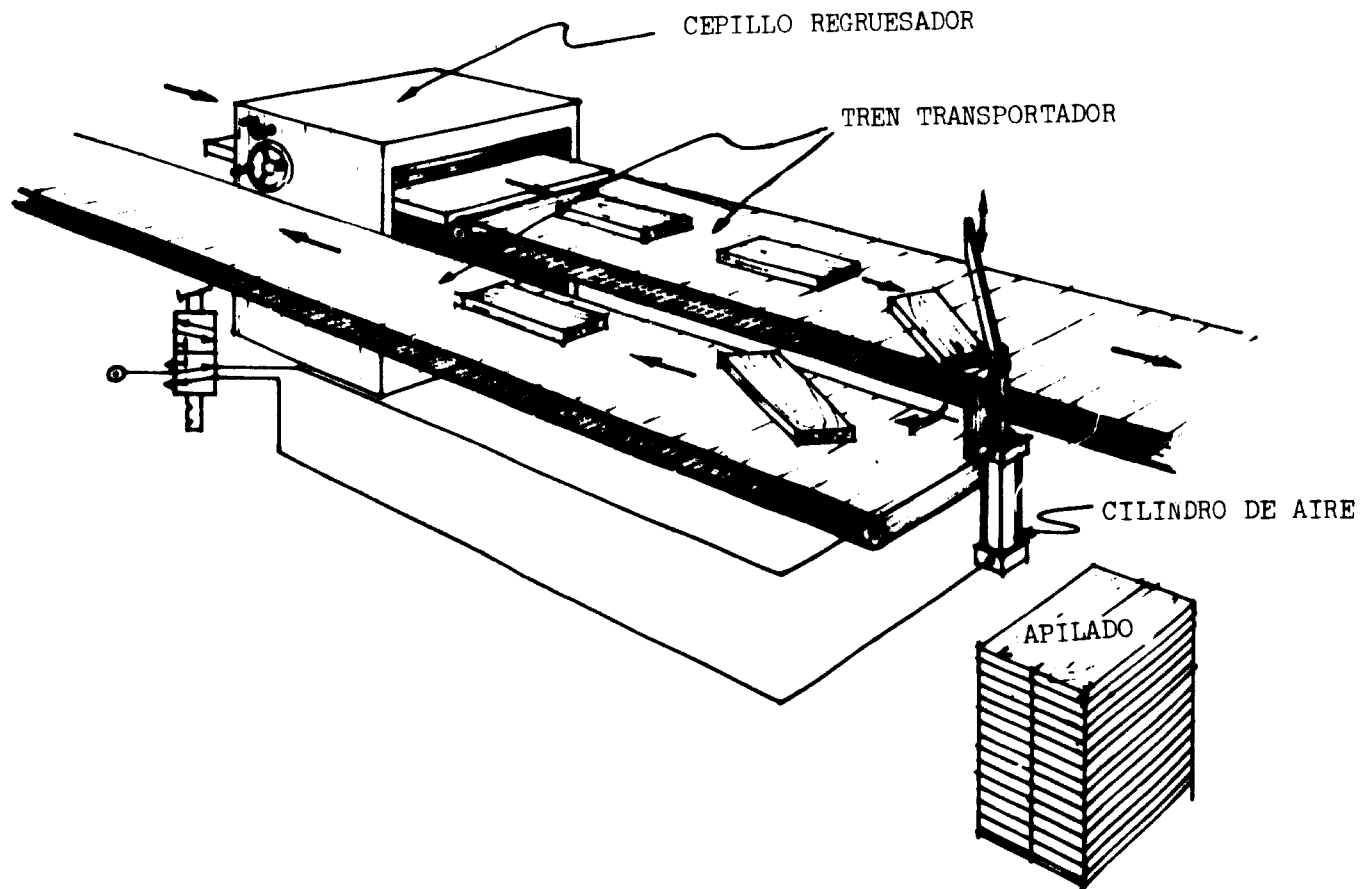


Figura 86. Transportadora de circuito cerrado para las operaciones de regruesamiento y canteado

beneficios que reportaría. Sin embargo, se pueden mejorar la calidad y el rendimiento empleando plantillas posicionadoras. Con estas plantillas se puede dar a todas las piezas la misma forma y el mismo tamaño acelerando además la operación.

Cepillado de superficie

Las piezas se cepillan para alisar las superficies. La cepilladora más sencilla suele constar de un cabezal portacuchillas, rodillos de entrada y salida y una mesa de altura manualmente regulable a fin de poder dar a las piezas el grosor deseable.

En los modelos más avanzados de esta máquina se han introducido los siguientes elementos:

- Cabezales portacuchillas superior e inferior;
- Mesa de altura mecánicamente regulable;
- Tope anti-retroceso y otros dispositivos de seguridad;
- Velocidad de avance continuamente variable;
- Otros dispositivos que requieren menos habilidad que los operarios.

Parece evidente que en esta operación la ABC sólo se aplica al dispositivo de avance de la pieza hacia la máquina y su extracción una vez cepillada.

Quando se han de cepillar las dos caras de la pieza y se ha de utilizar una cepilladora provista de un solo cabezal, se podría acelerar la operación y reducir el número de operarios requeridos a uno mediante la aplicación de una transportadora de circuito cerrado similar a la de la figura 86.

Cepillado de cuatro caras

El cepillado de cuatro caras es similar al de una sola cara, con la diferencia de que la cepilladora va equipada en este caso de otros dos cabezales verticales que permiten el cepillado simultáneo de las cuatro caras de la pieza. Desde el punto de vista de la aplicación de la ABC, sólo se podría incrementar el rendimiento de esta máquina empleando dispositivos de alimentación y descarga.

Corte de las piezas en largos definitivos

Esta operación es básicamente igual a la primera operación de corte, pero exige una mayor precisión y una manipulación más cuidadosa de la pieza. Para cortar en su longitud definitiva las piezas de mucha anchura se utilizan sierras radiales, mientras que para piezas de poca anchura se pueden utilizar sierras de eje inclinable (o sierras de mesa) con la ayuda de una plantilla posicionadora que permita cortar varias piezas en una sola pasada por la sierra.

El movimiento de vaivén de la sierra radial puede automatizarse como se indica en la subsección del presente capítulo titulada "Corte de las piezas en largos aproximados". Sin embargo, habría que modificar el sistema de alimentación y descarga para darle una mayor precisión de corte y para que la manipulación de las piezas fuese más cuidadosa y evitara que se dañasen las superficies cepilladas.

Quando se utiliza una sierra de eje inclinable la alimentación automática de piezas individuales puede no dar resultado si éstas son demasiado pequeñas. Sin embargo, se puede conseguir un incremento importante en el rendimiento mediante el empleo de plantillas posicionadoras (figura 87). Quando la pieza de trabajo es lo suficientemente ancha se puede utilizar un dispositivo de alimentación sobre rodillos de caucho para incrementar el rendimiento de la operación.

Mortajado

Las máquinas que hacen mortajas para las juntas de ensamblado de las piezas de mobiliario de madera maciza pueden ser mortajadoras de fresa, de cadena, de escoplo hueco y oscilantes. Todas estas máquinas son de alimentación manual y, por ende, de bajo rendimiento. Es posible aplicar la ABC a cualquiera de estas máquinas para lograr un mayor rendimiento mediante la aceleración del proceso de alimentación. Si se requiere más de una mortaja en la misma pieza, también se puede instalar un dispositivo automatizado de avance de la pieza. En las figuras 88 y 89 aparece ilustrado el sistema automatizado sugerido por M. Koch y F. Lastuvke para una mortajadora de cadena (véase la bibliografía). Con este sistema se ha conseguido un rendimiento de hasta 1000 entalladuras por hora. El dispositivo consta de las siguientes piezas:

- Gufa de mortajar de pedestal;
- Cabezal de cadena con dispositivo neumático de alimentación;
- Carro de transporte y dispositivo de alimentación intermitente;

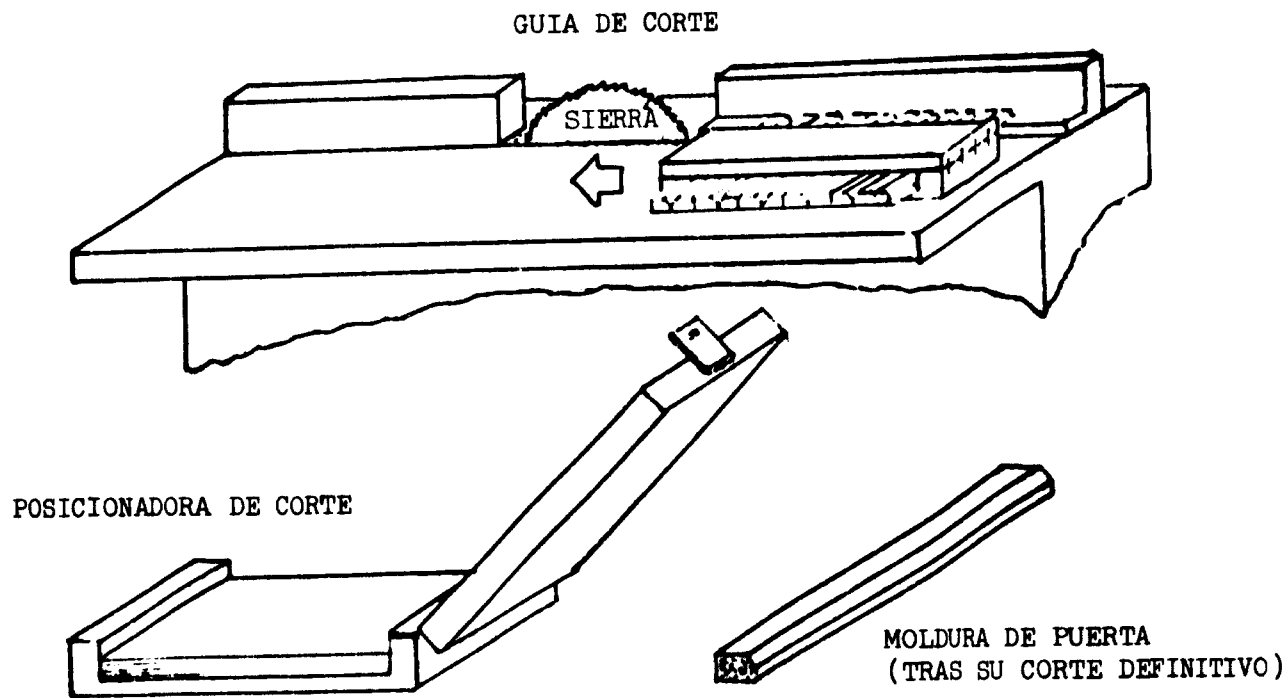


Figura 87. Posicionadora de corte de componentes de madera de poca anchura

Prensa de sujeción de la pieza;
 Tope del carro;
 Consola de mando con sistema neumático de regulación para sensores y cilindros externos.

Pueden diseñarse dispositivos similares para automatizar otros tipos de mortajadoras siempre, claro está, que el volumen de trabajo justifique esta medida.

Taladrado de hembras para clavijas

El empleo de clavijas para el ensamblado de componentes de mobiliario fabricado a base de tableros ha simplificado muchísimo el montaje de esos componentes. El empleo de clavijas en vez de piezas metálicas para el ensamblado de tableros supone un ahorro, pues las clavijas de madera son de un costo muy inferior al de las piezas metálicas.

Las hembras para clavijas se taladran a espacios muy precisos para conseguir un ajuste perfecto entre los componentes que hayan de ensamblarse. El ensamblado de muebles fabricados a base de tableros suele requerir, además, el empleo de gran número de clavijas, pero no se puede utilizar el antiguo método de alimentación manual cuando hay que taladrar un gran número de hembras. En las figuras 90 y 91 puede verse ilustrado el sistema automatizado de taladrado de hembras para clavijas sugerido por los autores de este manual.

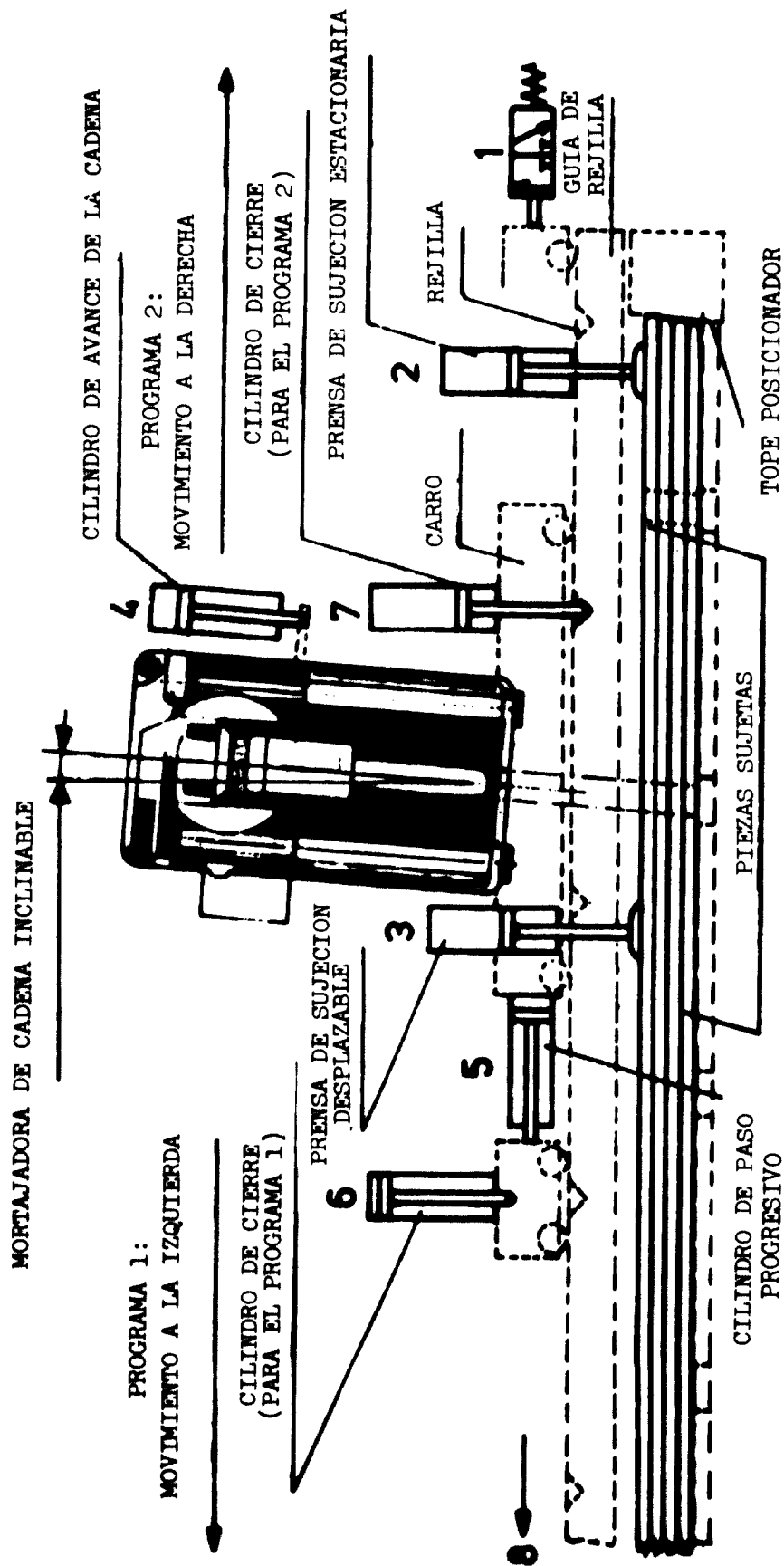


Figura 88. Dispositivo de ABC aplicado a una mortajadora de cadena
(los elementos numerados se refieren al diagrama de movimientos y tiempos de la figura 89)

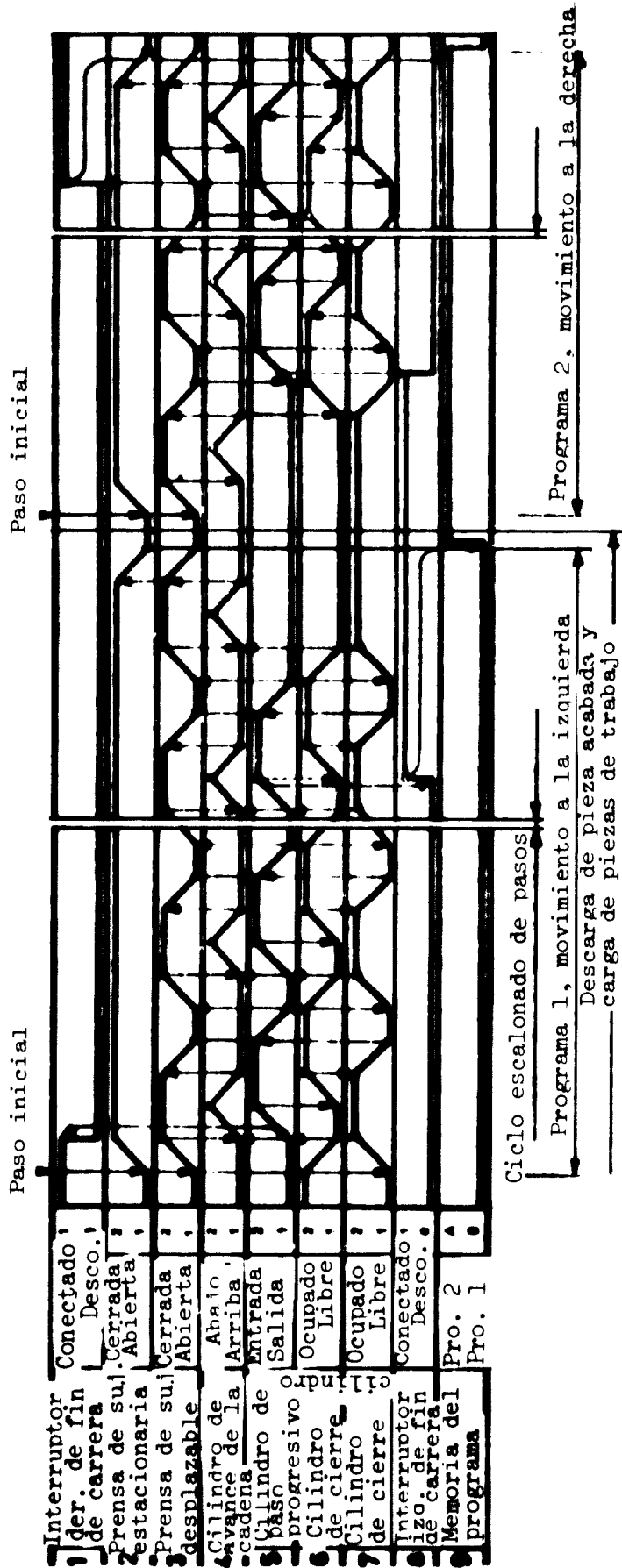


Figura 89. Diagrama de movimientos y tiempos de un mortajadora de cadena con un dispositivo de ABC

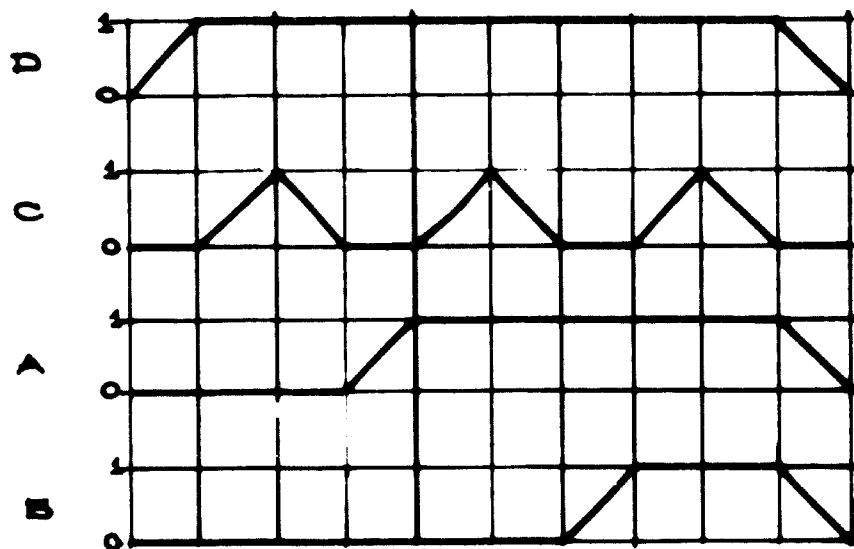
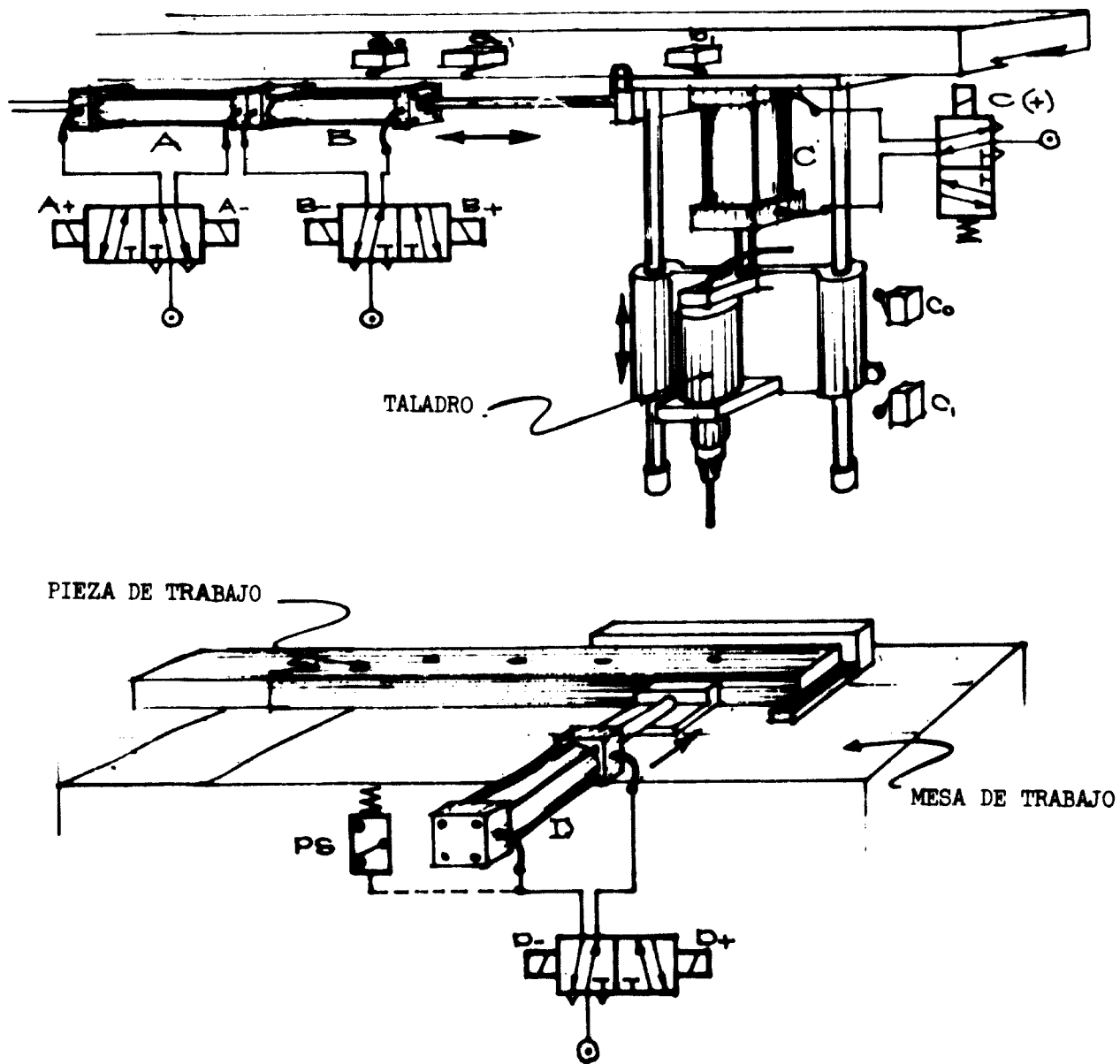


Figura 90. Taladrado de hembras para clavijas con ayuda de un dispositivo de ABC y diagrama de movimientos y tiempos correspondiente

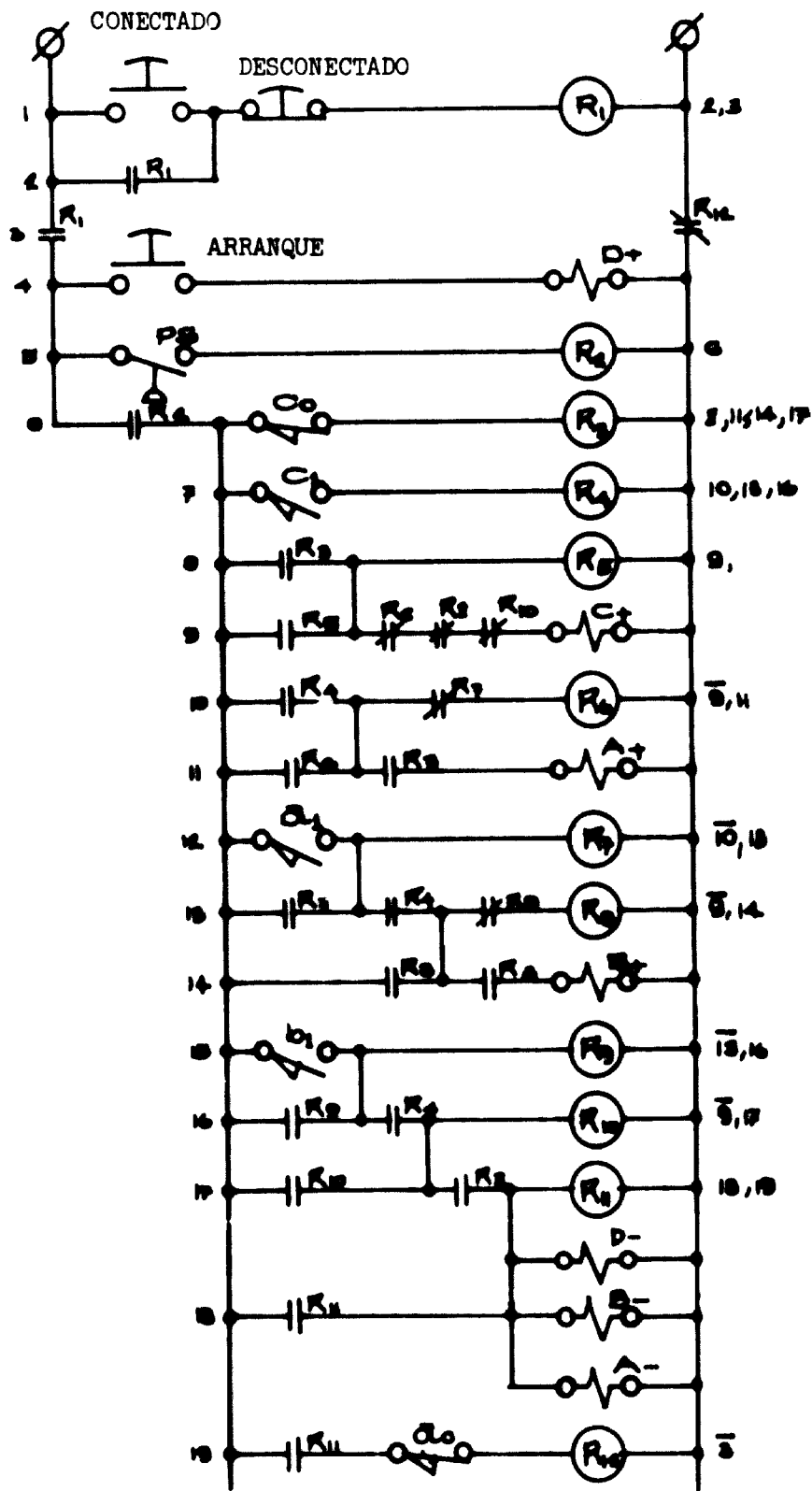


Figura 91. Diagrama del circuito eléctrico del taladrado de hembras para clavijas con dispositivo de ABC

Taladrado de orificios

En la fabricación de muebles a base de tableros se suele utilizar una prensa taladradora o una fresadora vertical para perforar orificios, según lo requiera el caso. Los orificios guía utilizados para los tornillos de madera en los componentes de madera maciza de los muebles hechos a base de tableros pueden taladrarse con el mismo dispositivo con que se taladran las hembras para clavijas. Sin embargo, en este caso la profundidad del orificio se regula alterando la posición del interruptor de fin de carrera, según puede verse en la figura 90. Para taladrar orificios en piezas pequeñas, como puede ser el frente de un cajón, se recomienda utilizar los dispositivos que aparecen las figuras 92 y 93.

Cuando se han de taladrar muchos orificios de orientación distinta sobre un mismo componente de madera maciza, se consiguen mejores resultados con el empleo de una mesa giratoria, en la que la pieza se mantiene sujeta hasta que se han taladrado todos los orificios requeridos. En las figuras 94, 95 y 96 se muestra dicho dispositivo.

Es de observar que en todos estos dispositivos el taladro suele estar fijo, mientras que se va desplazando la pieza para ir localizando los orificios. La solución inversa, consistente en desplazar los cabezales sobre una pieza de trabajo estacionaria, resulta inconveniente.

Espigado

Para preparar el ensamblado de los componentes de madera maciza se labran en sus extremos juntas de ángulo, de lengüeta y ranura, y de espiga y caja.

El espigado suele efectuarse con un tupí vertical especialmente equipado para este trabajo y sobre espigadoras simples o dobles. Las espigadoras dan mejor resultado por su mayor volumen de producción y por estar equipadas con diversas brocas y sierras de corte. Una espigadora doble permite escuadrar mejor la pieza de trabajo, tanto para componentes de madera maciza como de tablero. Permite asimismo efectuar trabajos más complicados y con mayor precisión.

Las aplicaciones de la ABC a un tupí en la elaboración de los componentes de madera maciza de los muebles hechos a base de tableros se limitan a las operaciones de alimentación y descarga de las piezas de trabajo. Lo mismo cabe decir de la espigadora. Sin embargo, pueden instalarse sobre la espigadora brocas y sierras adicionales para efectuar otros trabajos similares, lo cual obvia la necesidad de instalar otras máquinas. Las espigadoras también pueden combinarse fácilmente con otras máquinas mediante cintas transportadoras.

Moldurado

Las ranuras, rebajos, redondeos y demás perfiles, las espigas y cajas y las molduras suelen hacerse con un tupí provisto de plantillas posicionadoras. Se puede incrementar considerablemente el rendimiento del tupí en estas tareas y mejorar la calidad y la seguridad de las operaciones, equipando la máquina con un dispositivo de alimentación.

Fresado

La labor de fresado se efectúa mejor en una fresadora rápida y de gran rendimiento que trabaje a razón de 15.000 rev/min y velocidades de corte aún más altas. Cuanto mayor sea la velocidad de corte tanto mejor será éste. Esta máquina tiene un cabezal fijo y una mesa móvil. Un dispositivo mecánico

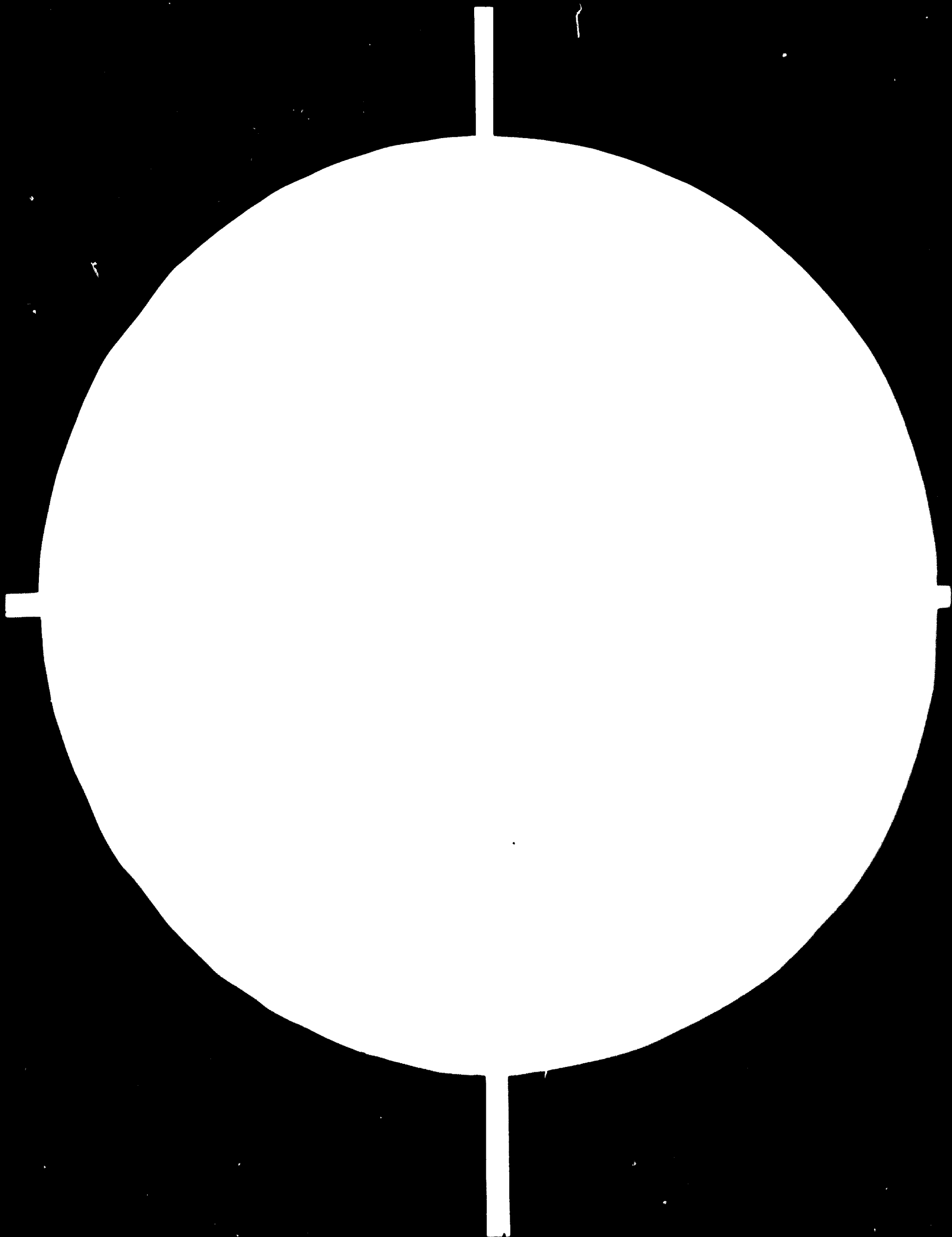
G-373



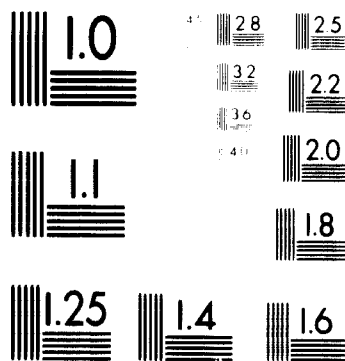
84.03.30

AD. 85.03

ILL 5.5



2 OF 2



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24x F

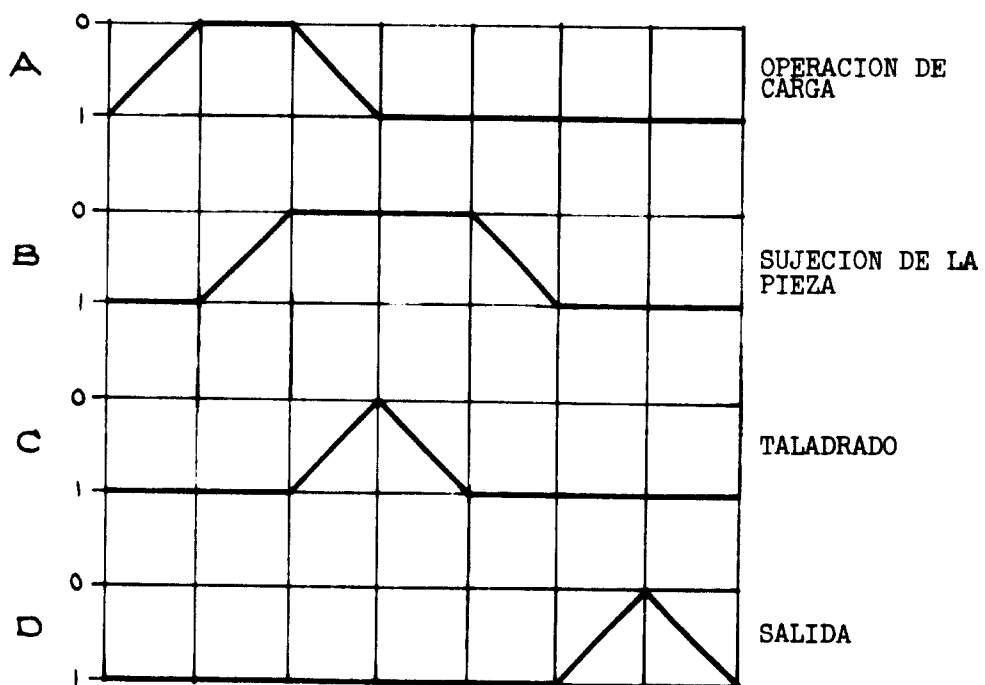
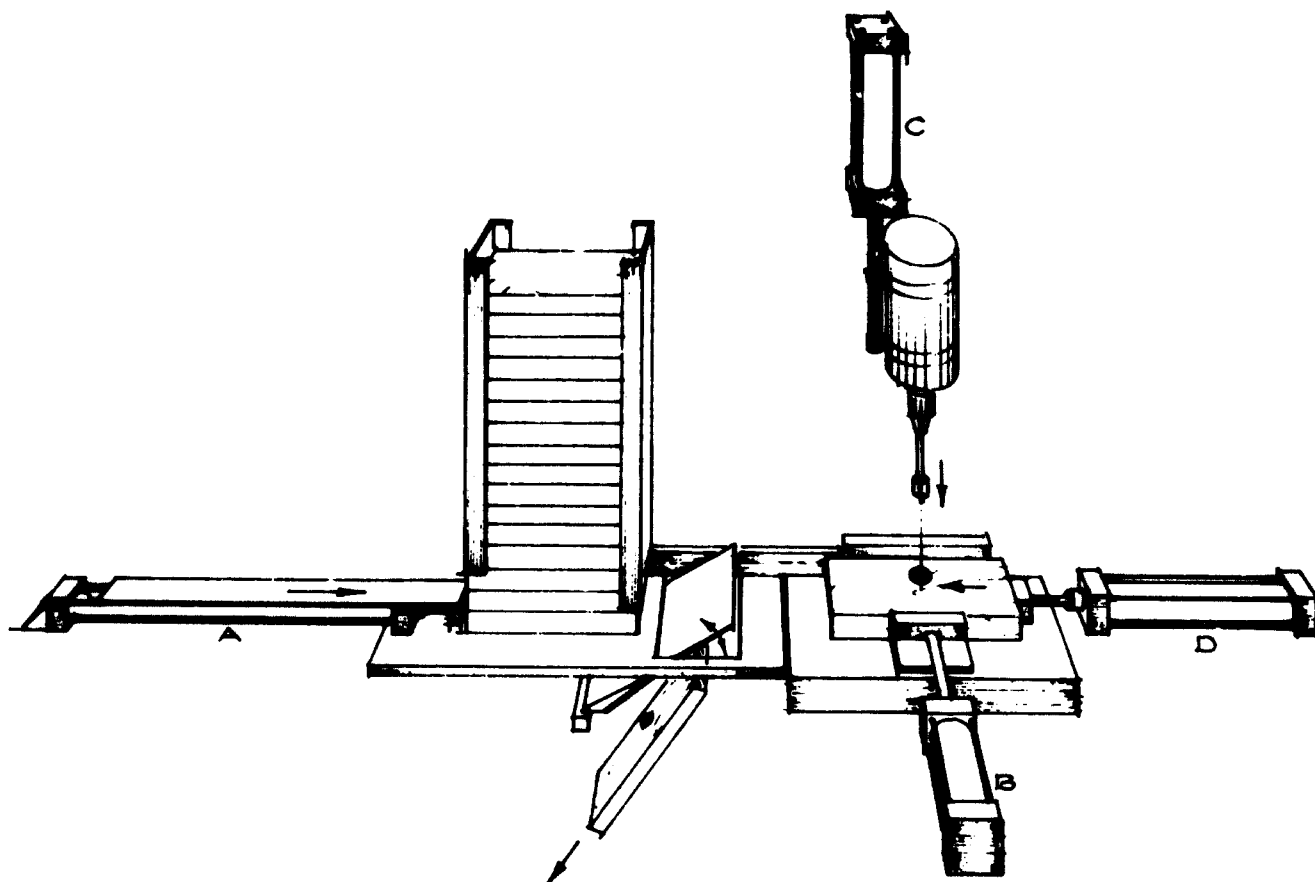


Figura 92. Taladrado automático con sistema de alimentación y descarga

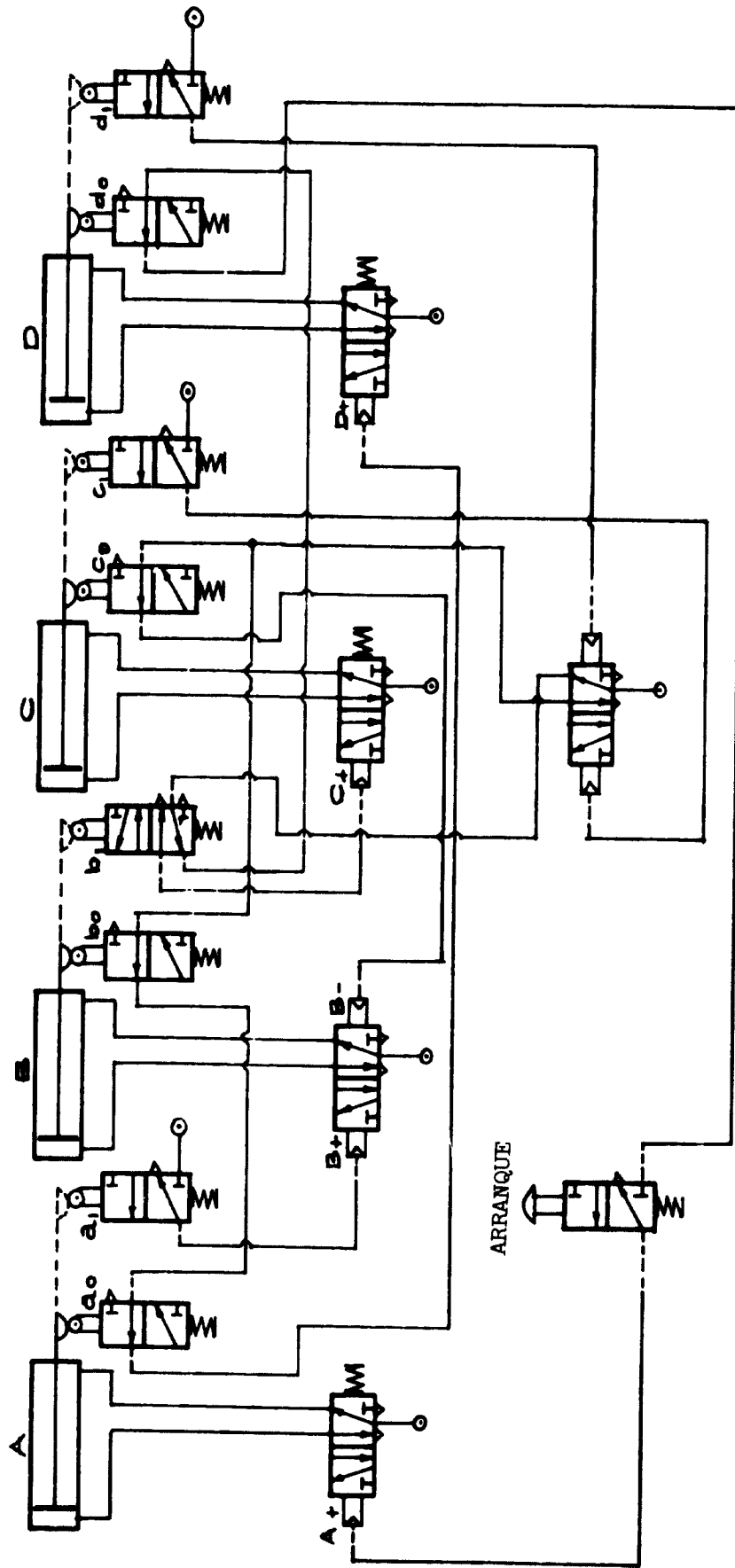


Figura 93. Taladrado automático con sistema de alimentación y descarga:
diagrama del circuito neumático

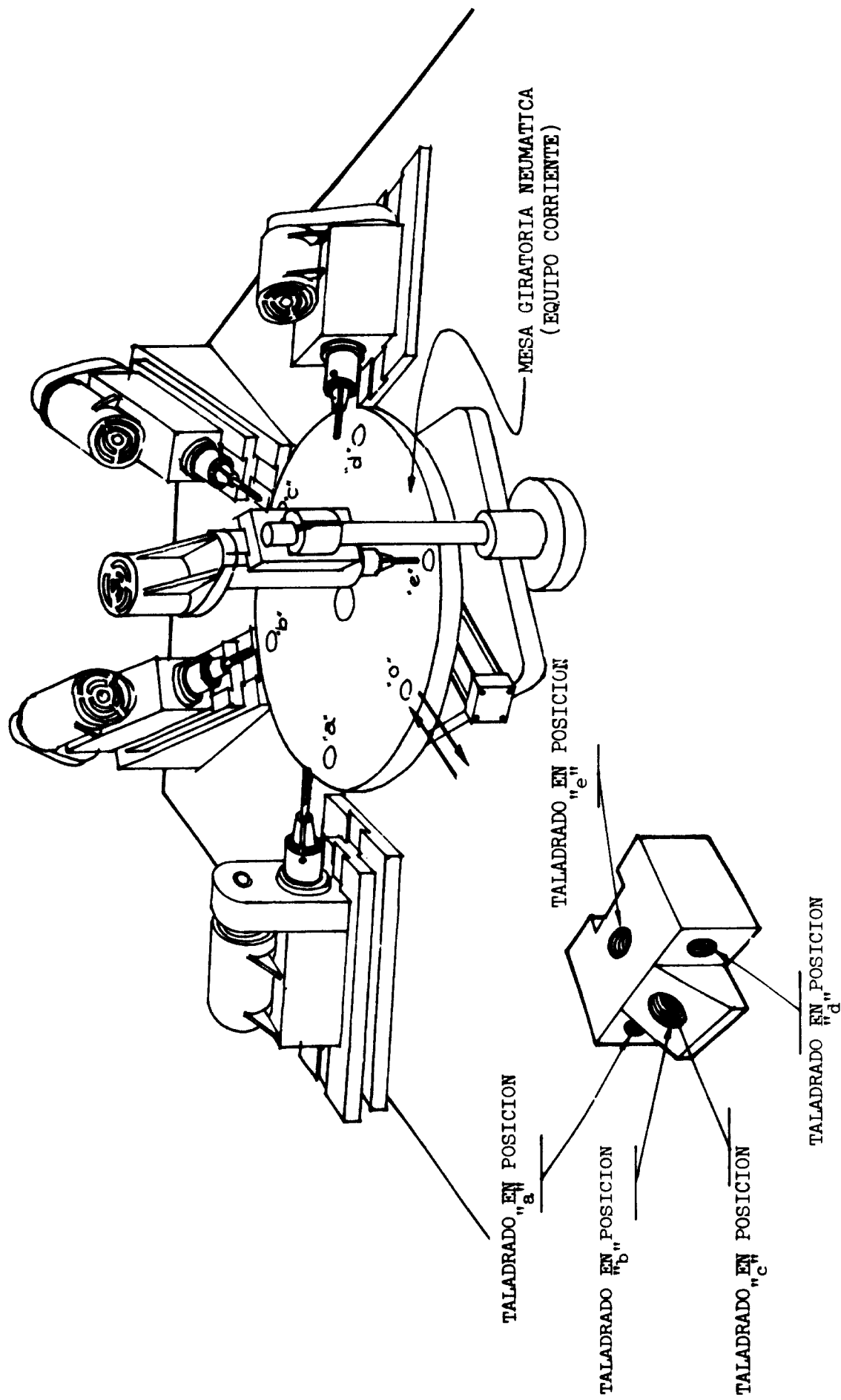


Figura 94. Mesa giratoria: diagrama

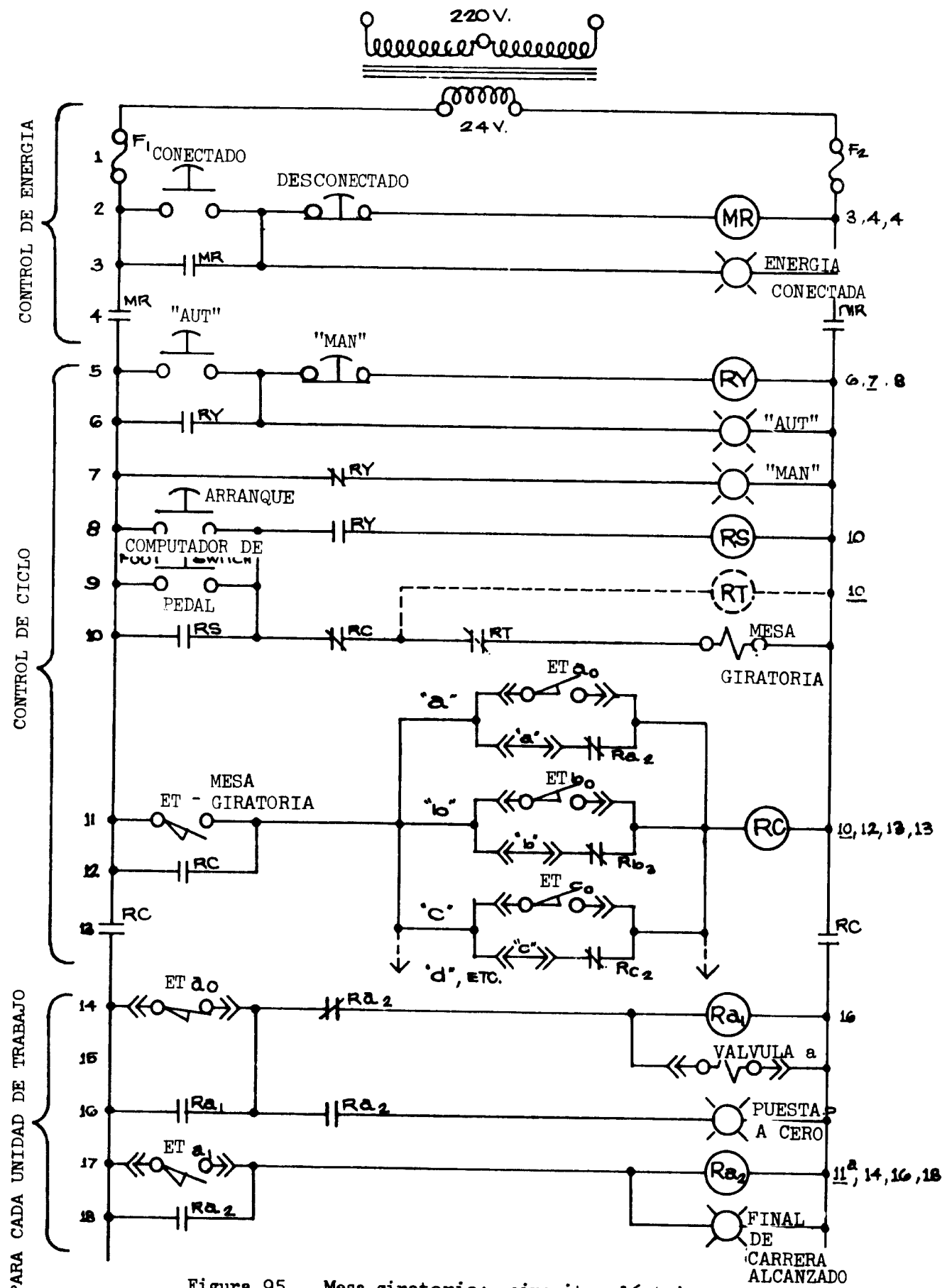


Figura 95. Mesa giratoria: circuito eléctrico

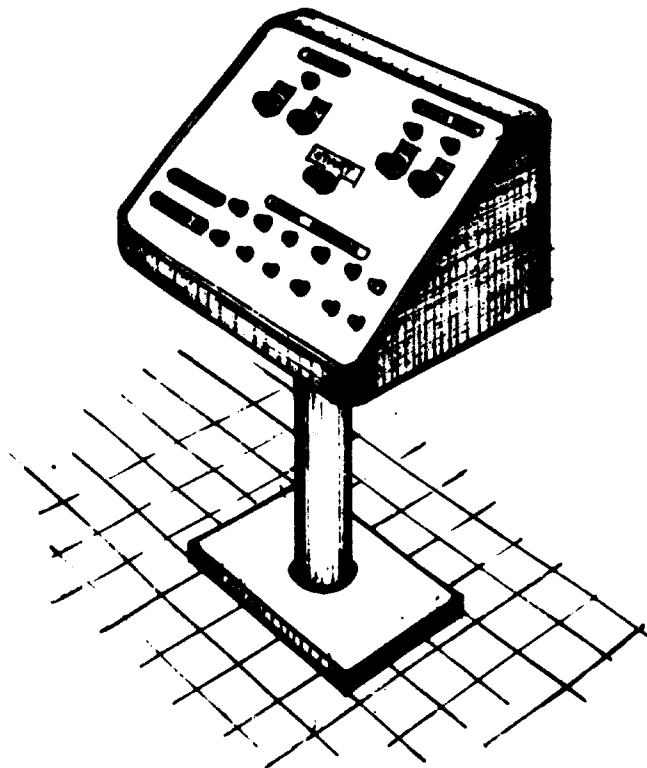
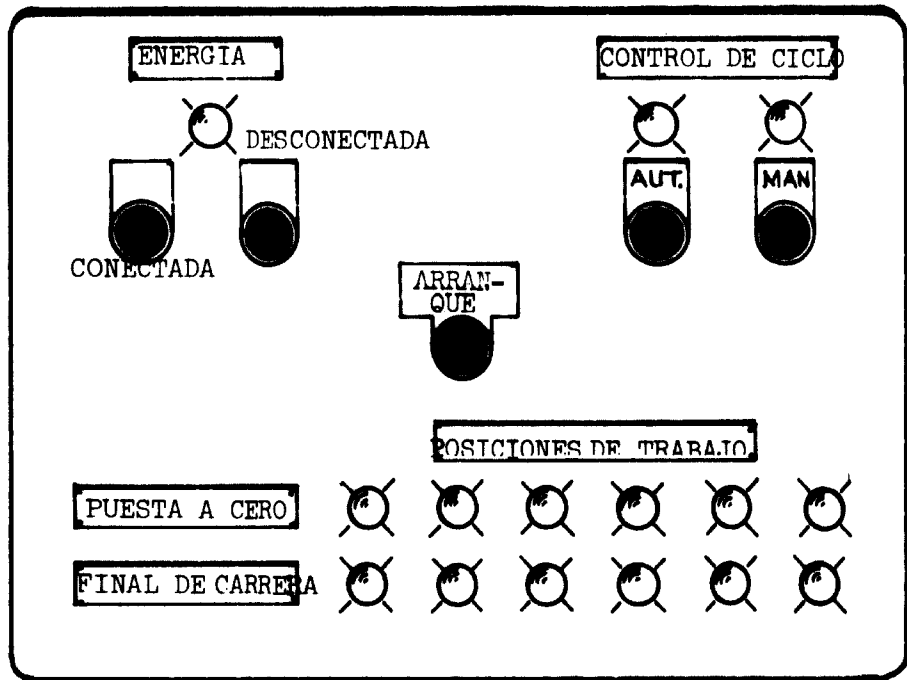


Figura 96. Mesa giratoria: consola de mando

accionado a pedal regula la altura de la mesa. Otros modelos más avanzados disponen de cabezales y/o mesas inclinables. Sin embargo, su rendimiento es bastante similar al de la fresadora de cabezal fijo, ya que en ellos la velocidad del fresado depende también del ritmo de trabajo del operario que carga la pieza, la desplaza contra el buril fresador y la descarga de la plantilla posicionadora. Pero su rendimiento puede aumentarse mediante el empleo de buenas prensas y posicionadoras impulsados por dispositivos neumáticos de ABC.

Las pequeñas fábricas pueden hacer un mayor uso de fresadoras portátiles, que se desplazan por encima o alrededor de la pieza de trabajo para fresarla. Como sucede con las operaciones puramente manuales, el rendimiento es bajo y la calidad pobre. Para obtener más rendimiento y mejor calidad con una fresadora portátil se puede montar un dispositivo que fije el cabezal de manera que sea la pieza la que se mueva contra la fresadora. El avance de la pieza se puede facilitar empleando una plantilla u otro dispositivo posicionador.

Los dispositivos de fresado en que la pieza se desplaza alrededor de un cabezal fijo pueden automatizarse, como se verá más adelante en el presente manual.

Lijado

La preparación de la superficie de los componentes de madera maciza para la aplicación de revestimientos de acabado se efectúa con una gran variedad de lijadoras. Las fábricas de muebles pequeñas y medianas utilizan los siguientes tipos:

Lijadoras de banda estrecha:

- Lijadoras móviles de banda sencilla o doble;

- Lijadora de nivelación (lijadora de banda horizontal);

- Lijadora universal de banda oscilante;

- Lijadora de banda vertical para pulir cantos y costados de cajón;

Lijadoras de perfiles que utilizan bandas de lija con reverso de tela y que son particularmente eficaces para el pulido de superficies con perfiles o contornos;

Lijadoras de banda ancha:

- De banda sencilla;

- De banda doble;

- De más de dos bandas.

Con excepción de la lijadora de banda ancha, que tiene su propio mecanismo para regular la presión de la banda de lija sobre la superficie de madera que se desea lijar, todas las lijadoras antes mencionadas dependen del criterio y la habilidad del operario para lograr la presión de lijado correcta. Naturalmente, ello se traduce en variaciones en el rendimiento y en la calidad del lijado de las piezas.

Aunque sería prácticamente imposible diseñar dispositivos que permitiesen evitar todo error humano en la operación de lijado, en ciertos casos la configuración de la pieza de trabajo y la calidad de lijado deseada permiten el empleo de dispositivos sencillos de ABC.

La lijadora de banda ancha cuenta con un mecanismo de alimentación, que es una cinta transportadora. La apertura que separa a la cinta transportadora de la superficie lijadora puede ajustarse, de modo que la máquina resulta adecuada para lijar tanto componentes de madera maciza como de tablero. Esta máquina se puede combinar fácilmente con otras de la cadena de fabricación. Evidentemente, su rendimiento depende mucho de la rapidez con que el operario monta la pieza sobre la cinta transportadora que la alimenta.

C. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la preparación de componentes a base de tableros

Preparación de chapas

El objetivo principal de la preparación de chapas para componentes de tablero es producir hojas de enchapar (caras, contracaras, chapas transversales y tiras de cantear) del tamaño, la forma y la veta especificadas. Las tres operaciones principales son el corte, el canteado y el empalme; los principales elementos de trabajo son cizallas, canteadoras y empalmadoras de chapas.

Las hojas exteriores o caras se obtienen generalmente de especies de madera costosas, por lo cual deben elaborarse con el mayor cuidado posible a fin de reducir el desperdicio al mínimo. Las caras y las contracaras tienen generalmente 0,7 mm de espesor, mientras que las chapas transversales pueden variar entre 1,5 y 3 mm. Las chapas transversales normalmente se cortan de modo que la veta quede perpendicular a la de las caras y contracaras.

A fin de lograr que las chapas se adhieran perfectamente al núcleo, los componentes de chapa se cortan entre 5 y 10 mm más anchas o más largas que el núcleo. Cuando los cantos tienen que contornearse o perfilarse, las tablas que forman el núcleo se cortan hasta 15 mm (como máximo) más grandes que las dimensiones finales.

Las caras son generalmente chapas de corte plano; las contracaras pueden ser chapas de corte plano o chapas de desenrollo, mientras que las chapas transversales son siempre chapas de desenrollo. Las tiras de canto se obtienen generalmente de las mismas hojas de chapa que las caras.

Corte de chapas

Las hojas de chapa producidas a base de trozas tienen cantos muy irregulares y deben cortarse a través y a lo largo de la fibra para obtener hojas rectangulares. Una cizalla de chapas de avance manual, accionamiento neumático y manejo a pedal es la máquina más comúnmente utilizada para este fin. La precisión del corte en esta máquina depende solamente de la habilidad del operario para colocar adecuadamente la chapa debajo de la cuchilla de la cizalla, accionar la cuchilla, retirar la chapa una vez cortada y canteada, y recolocar la hoja para los cortes siguientes. Por lo tanto, es casi imposible automatizar el ciclo de cizallamiento con una máquina de este tipo sin afectar la precisión del corte. La mecanización del proceso consistente en levantar la chapa sin cortar de una pila y en apilar las hojas cortadas en una bandeja (o contenedor) también plantea un problema difícil de resolver. Incluso en algunos países altamente industrializados las chapas todavía se cortan manualmente.

Ahora bien, las normas de seguridad exigen reducir al mínimo las posibilidades de que el operario de la cizalla se corte las manos o los dedos durante el ciclo de trabajo. Con un dispositivo de seguridad como el reproducido en la figura 97 pueden minimizarse los accidentes en las operaciones de corte. El dispositivo interrumpe la entrada de aire en la válvula accionada a pedal cuando el resguardo de seguridad se separa accidentalmente (o intencionalmente) de la válvula de contacto, impidiendo así el funcionamiento de la cuchilla.

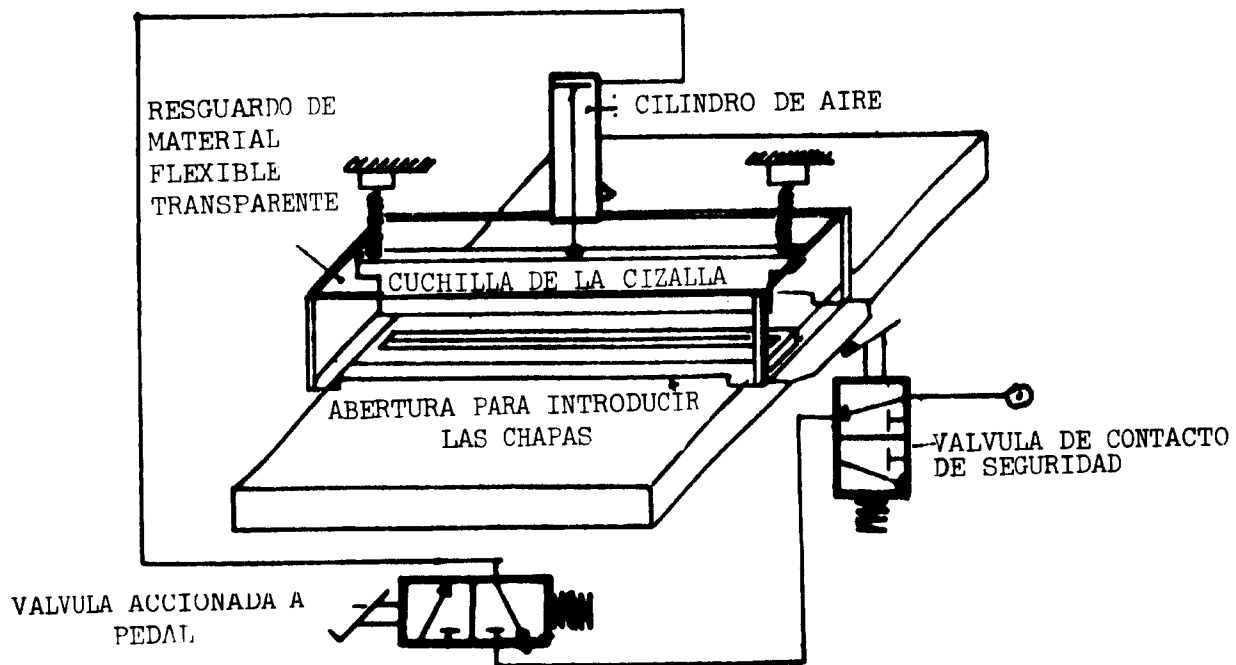


Figura 97. Dispositivo de seguridad de la cizalla de chapas

Canteado de chapas

En las fábricas pequeñas y medianas la cizalla de chapas también se emplea generalmente para el canteado. Algunas de estas fábricas utilizan la "guillotina" corriente de accionamiento hidráulico para canteado de chapas transversales y contracaradas. Con esta máquina es posible canteado de varias hojas simultáneamente. Otras fábricas más avanzadas utilizan una canteadora y empalmadora combinada con cabezal portacuchillas. Todas estas máquinas son de avance manual. Por lo tanto, la automatización de las máquinas tal como están instaladas es casi imposible. Sin embargo, se pueden acoplar dispositivos de seguridad para evitar accidentes.

Empalme de chapas

Las empalmadoras de chapas básicas generalmente empleadas en las fábricas de muebles pequeñas y medianas son muy similares, sino idénticas, a las empleadas en las secciones de elaboración en seco de chapas de las fábricas de contrachapados. Un modelo de empalmadora emplea una cinta transportadora para movilizar las hojas de chapa (con los cantos encolados y unidos) que van a ser prensadas sobre un plato de metal por una calandria caliente, lo que solidifica la cola en las juntas de empalme de las chapas. El resultado de este procedimiento es una hoja de chapa continua que luego se recorta en los tamaños deseados con una cizalla común. En otro modelo se extiende en zigzag un chorro delgado de material adhesivo a través de la junta que va a empalmarse, o se aplican sobre los cantos unidos, a espacios predeterminados, gotas de material adhesivo termoplástico. Otros modelos emplean una cinta de empalme que se lija una vez que el componente del mueble hecho con tableros está totalmente montado.

La empalmadora que utiliza el chorro de cola es la más indicada para el empalme de caras y contracaras, mientras que el modelo que emplea una calandria caliente es más adecuado para empalmar chapas transversales. Por otra parte, el diseño de las empalmadoras que emplean el chorro de material adhesivo o la cinta de empalme o aplican gotas de adhesivo en las juntas es tal que la alimentación y la descarga de la máquina sólo pueden realizarse a mano. El modelo que produce una hoja continua se adapta para la vinculación mecánica de las operaciones de alimentación y unión de los cantos a las operaciones de canteado.

Se considera que la canteadora y empalmadora de chapas combinadas es la mejor para las fábricas medianas.

Sin embargo, gracias a los adelantos tecnológicos más recientes se han producido empalmadoras con una canteadora de cabezal portacuchillas, la cual corta la chapa delante del cabezal que extiende el chorro de material adhesivo en zigzag para producir hojas de cara o contracara continuas. Este tipo de empalmadora se recomienda para la producción en grandes cantidades. En este caso es casi imposible lograr una mayor automatización de la máquina a bajo costo.

Preparación de núcleos a base de tableros

La máquina básica para cortar los tableros de madera en tablas pequeñas que sirven para conformar el núcleo de los componentes de los muebles es la sierra de mesa provista de una ménsula corrediza. En algunos de los casos la sierra de mesa está dotada de un árbol inclinable que permite hacer cortes en bisel sobre los cantos de las tablas. El tablero se empuja manualmente hacia la hoja de la sierra y la ménsula corrediza facilita el corte de cantos largos y rectos.

Entre los modelos más avanzados de sierras para tableros se encuentran los siguientes:

a) La sierra alternativa vertical, en la que el tablero se coloca en posición vertical sobre el bastidor y se asegura con dispositivos de sujeción, moviéndose la sierra a través del tablero para obtener las anchuras (o longitudes) deseadas mediante una plataforma móvil que se desplaza verticalmente a lo largo (o a lo ancho) del tablero;

b) La sierra de caballete, en la que se colocan horizontalmente uno o varios tableros sobre la bancada de la máquina y se aseguran mediante un dispositivo de sujeción convenientemente ubicado. El caballete sujeta varias unidades de la sierra, una de las cuales corta el tablero de través a medida que el caballete se mueve de uno al otro de sus extremos. Cada unidad de la sierra es accionada en el lugar preciso del corte por interruptores de fin de carrera que detienen el movimiento del caballete, encienden el motor de la sierra y accionan el dispositivo que mueve la unidad de aserrar a lo largo de la superficie del tablero.

En algunas fábricas se emplea una sierra de canteado de una sola hoja, de avance accionado por cadena y bancada amplia, para cortar los tableros en tablas pequeñas. Este método exige pasar el tablero por la máquina varias veces para cortarlo en los tamaños deseados. Esto sólo es posible si se utiliza el tipo adecuado de hoja de sierra transversal. En este caso también puede aplicarse la transportadora de circuito cerrado que se reproduce en la figura 86, para devolver las piezas de trabajo a la sierra.

Laminación de tableros (enchapado)

Las hojas de chapa se colocan sobre el núcleo de tablas con material adhesivo ureico y se prensan en caliente (100°-120°C) en una prensa hidráulica de varias aberturas. En las fábricas de muebles pequeñas y medianas las prensas calientes generalmente se cargan y descargan manualmente, por lo cual la producción es baja. En algunas fábricas medianas que tienen entre 15 y 20 prensas hidráulicas calientes, para cargar y descargar se utiliza un elevador que transporta a dos operarios y los tableros. Tanto la carga como la descarga se efectúan por el mismo lado de la prensa caliente de la siguiente forma:

a) Se levanta el elevador hasta el nivel más alto y se comienza a descargar a partir del plato superior;

b) Se baja gradualmente el elevador hasta el nivel de cada uno de los platos más bajos para descargar los tableros;

c) La pila de tableros prensados en caliente se descarga del elevador en su posición más baja (normal) y el elevador se carga nuevamente con una pila de tableros preparados para la prensa;

d) La carga comienza en el plato más bajo y continúa en sentido ascendente hasta que se carga el plato superior;

e) Una vez terminada la operación de carga se baja el elevador a su posición normal.

Sin embargo, si el ciclo de prensado es más corto que el tiempo que emplea el elevador para trasladarse del plato superior al inferior, el elevador se detiene en el plato superior hasta que se abren los platos y la fase de descarga prosigue en la forma antes descrita.

En las fábricas más modernas de muebles hechos a base de tableros el prensado en caliente se efectúa en una prensa de una sola abertura y de ciclo corto. Las tablas se encolan y los tableros se arman en el extremo alimentador de la prensa caliente. La descarga y la carga se efectúan rápidamente mediante un sistema de transportadores y mecanismos articulados. Este tipo de prensa caliente puede vincularse fácilmente a otras máquinas mediante transportadores. Además, puede emplearse en la laminación de núcleos con hojas de material sintético (cloruro polivinílico, etc.). En este caso el material sintético, que está enrollado en una bobina se introduce en la prensa mediante rodillos y se corta en la longitud deseada con una cuchilla de rajar especialmente diseñada que se desplaza a lo ancho del tablero en el extremo de salida de la prensa caliente.

De lo dicho se desprende que la aplicación de la ABC a la operación de prensado en caliente puede exigir cambios radicales en el diseño de la prensa, cosa que las fábricas pequeñas y medianas generalmente no están en condiciones de hacer. Sin embargo, el conocimiento de los principios de la ABC contribuirá al mantenimiento adecuado de la prensa caliente, dado que el sistema hidráulico y los mandos cronométricos de la prensa están diseñados a base de conceptos similares a los de la ABC.

Preparación de los cantos del tablero

Los cantos del tablero deben prepararse antes de enchaparlos o conformarlos. Para el enchapado de los cantos se emplea siempre una sierra recortadora

de chapas. Sin embargo, en algunas fabricaciones se emplea un tupf vertical para recortar el exceso de chapa en los cantos del tablero. Esta técnica se emplea cuando se encola una tira de cantos de madera maciza al núcleo del tablero y cuando debe cortarse un perfil en las tiras de cantos. Esta técnica sólo da resultado cuando las esquinas del tablero se redondean. El canteado de la chapa permite obtener tableros con esquinas rectangulares aguzadas.

La sierra de mesa con ménsula corrediza se emplea comúnmente en las fábricas de muebles pequeñas y medianas para desbastar los cantos de las chapas. Cuando está dotada de un árbol inclinable, esta sierra facilita el corte de cantos oblicuos sobre las tablas, siempre que los tableros no sean demasiado grandes. La automatización de esta operación particular puede efectuarse en la forma ilustrada en la figura 98.

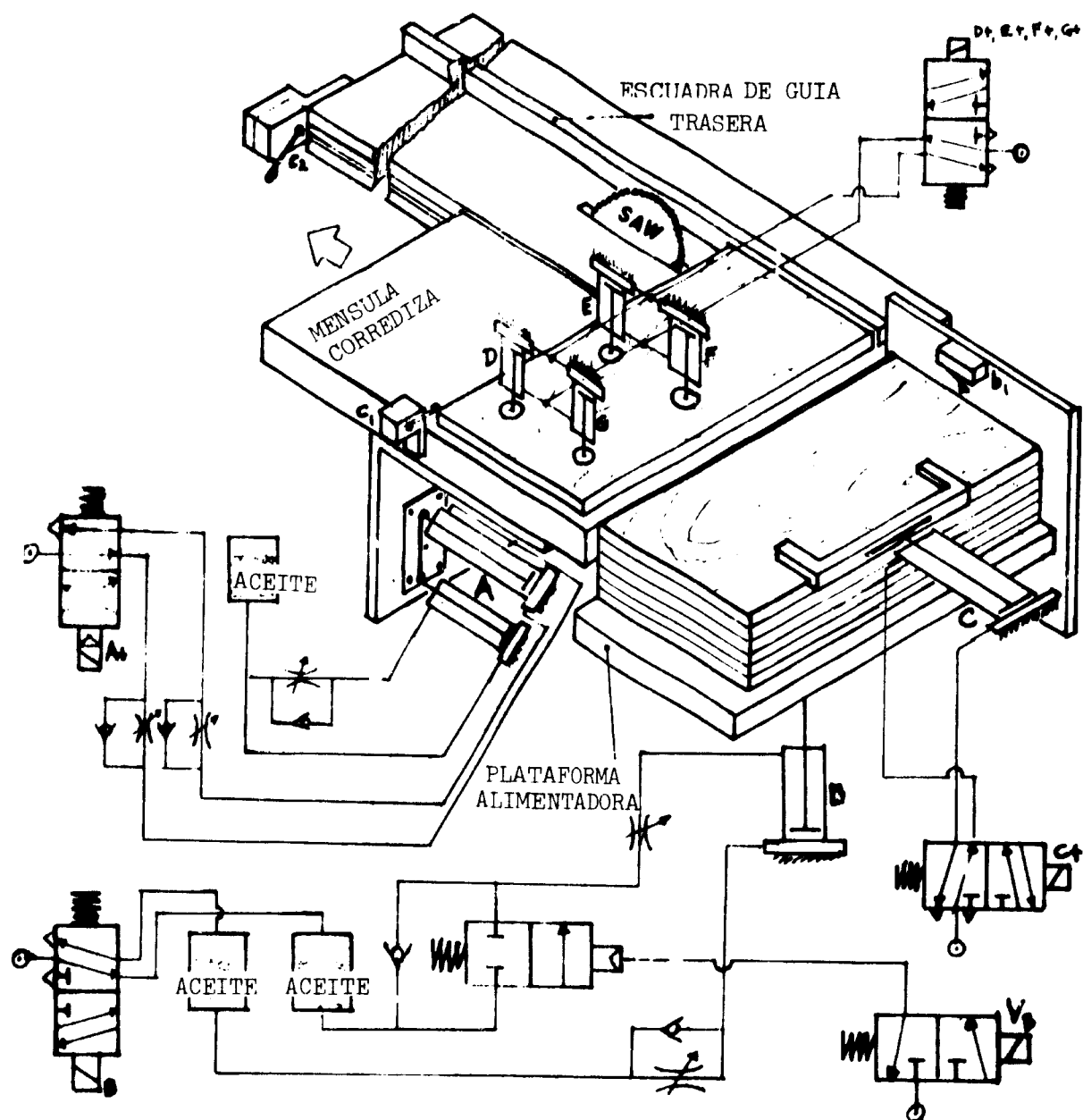


Figura 98. ABC aplicada al desbastado de los cantos del tablero sobre una sierra con ménsula corrediza

Si los cantos del tablero deben perfilarse, un sistema de ABC como el ilustrado en la figura 99 ayuda a acelerar la tarea y mejorar la calidad del trabajo en el caso de los tableros de esquinas redondeadas. Sin embargo, un sistema de ABC similar al ilustrado en la figura 98 es más eficaz cuando los tableros tienen esquinas rectangulares.

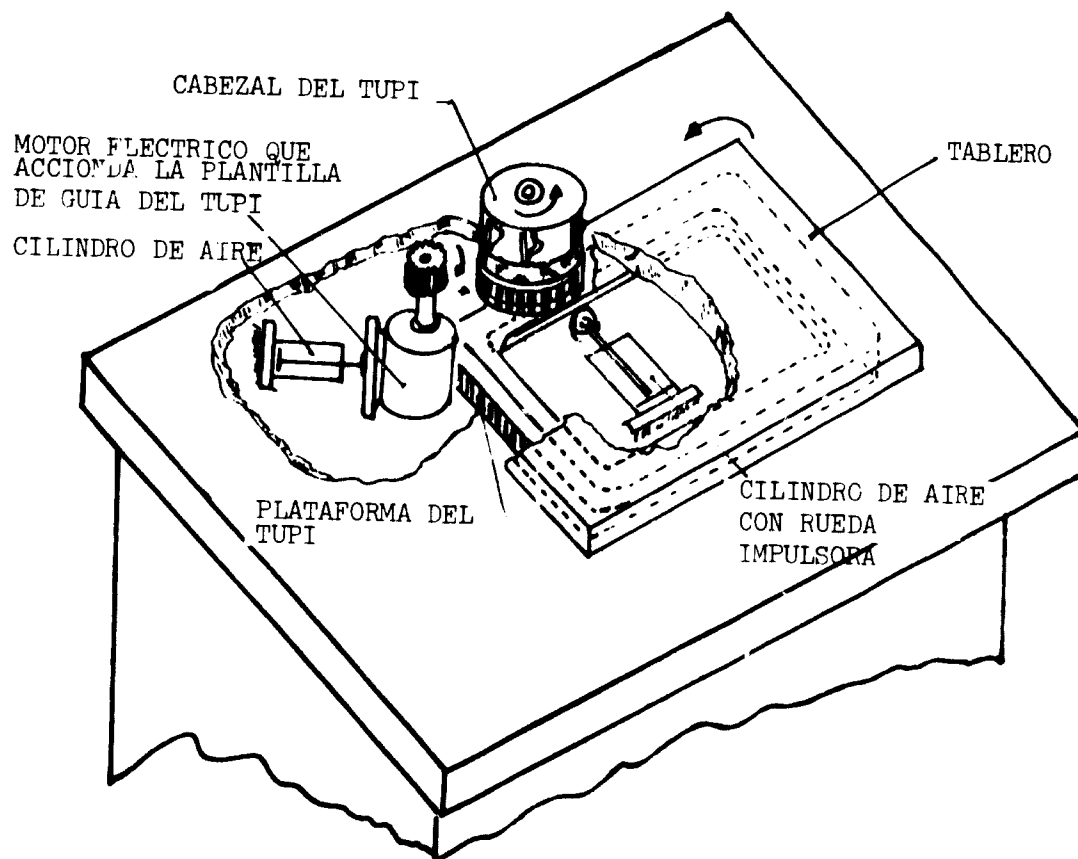


Figura 99. Conformación de cantos sobre un tupí,
aplicando el sistema de ABC

Enchapado de cantos

Las tiras de chapas son encoladas sobre los cantos del panel con ayuda de prensas y dispositivos de sujeción. En la mayoría de los casos se deja que la cola se fije y se endurezca mientras las tiras de chapas permanecen sujetas a los cantos del panel, siendo este proceso muy lento.

La fijación y el endurecimiento de la cola pueden acelerarse mediante el calentamiento adecuado. En la figura 100 se observa la forma en que esto puede efectuarse con ayuda de componentes de ABC, una máquina soldadora de arco eléctrico y un trozo de manguera de incendio ordinaria. La cantidad de calor generada sobre las tiras de cobre se regula ajustando la corriente emitida por la máquina soldadora.

La presión deseada sobre la tira de chapa se obtiene controlando la cantidad de aire introducida en la manguera, mediante un interruptor neumático graduable. La duración del tiempo de presión es controlada por el contador de tiempo conectado a la máquina soldadora.

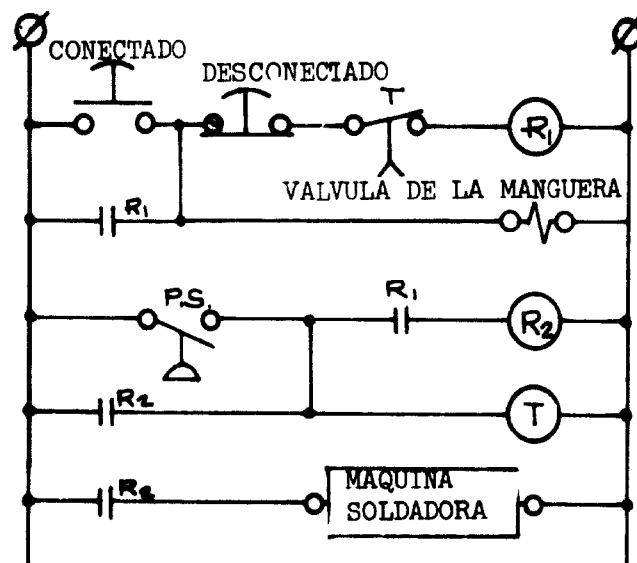
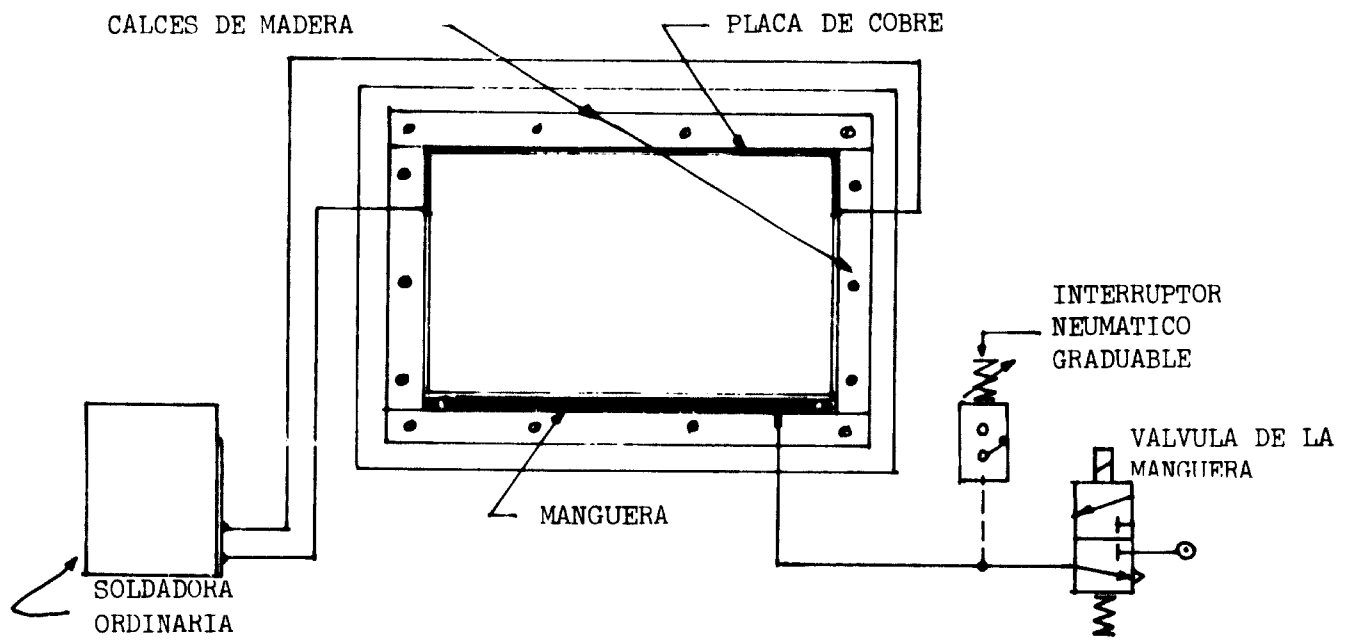


Figura 100. Encoladura de cantos de chapas con dispositivo de ABC

Tras el encolado de las tiras de chapa sobre los cantos del tablero, el paso siguiente consiste en nivelar el canto de la chapa con la superficie del tablero y efectuar un leve achaflanado de las tiras para alisar los bordes. En las fábricas pequeñas y medianas esta operación se realiza generalmente con la ayuda de un tupí. En las fábricas más modernas, las operaciones de encolado, nivelación y achaflanado de los cantos de las chapas se efectúan sucesivamente en una máquina sola enchapadora de cantos. En el mercado se encuentran actualmente máquinas para chapear uno o dos cantos.

Elaboración mecánica

Las operaciones de elaboración mecánica realizadas en los componentes de tablero son similares a las que se efectúan en los componentes de madera maciza, excepto que las máquinas requeridas para los primeros necesitan mesas de trabajo o plataformas más grandes. Por lo tanto, los conceptos de automatización considerados en relación con la elaboración mecánica de los componentes de madera maciza también son aplicables a los componentes de tablero.

Los componentes de tablero generalmente se ranuran a mano con una fresadora de gran capacidad. La operación es lenta, particularmente cuando el grosor de los paneles pasa de los 19 mm. Además, la calidad del fresado varía de un panel a otro cuando el operario se fatiga. Esta situación podría mejorarse mediante el empleo de sistemas de ABC. En la figura 101 puede observarse la forma de hacerlo, con dispositivos de ABC sencillos. Cuando la carga de trabajo de la fresadora empleada para ranurar tableros es grande, puede justificarse la automatización de la máquina específicamente para esa finalidad,

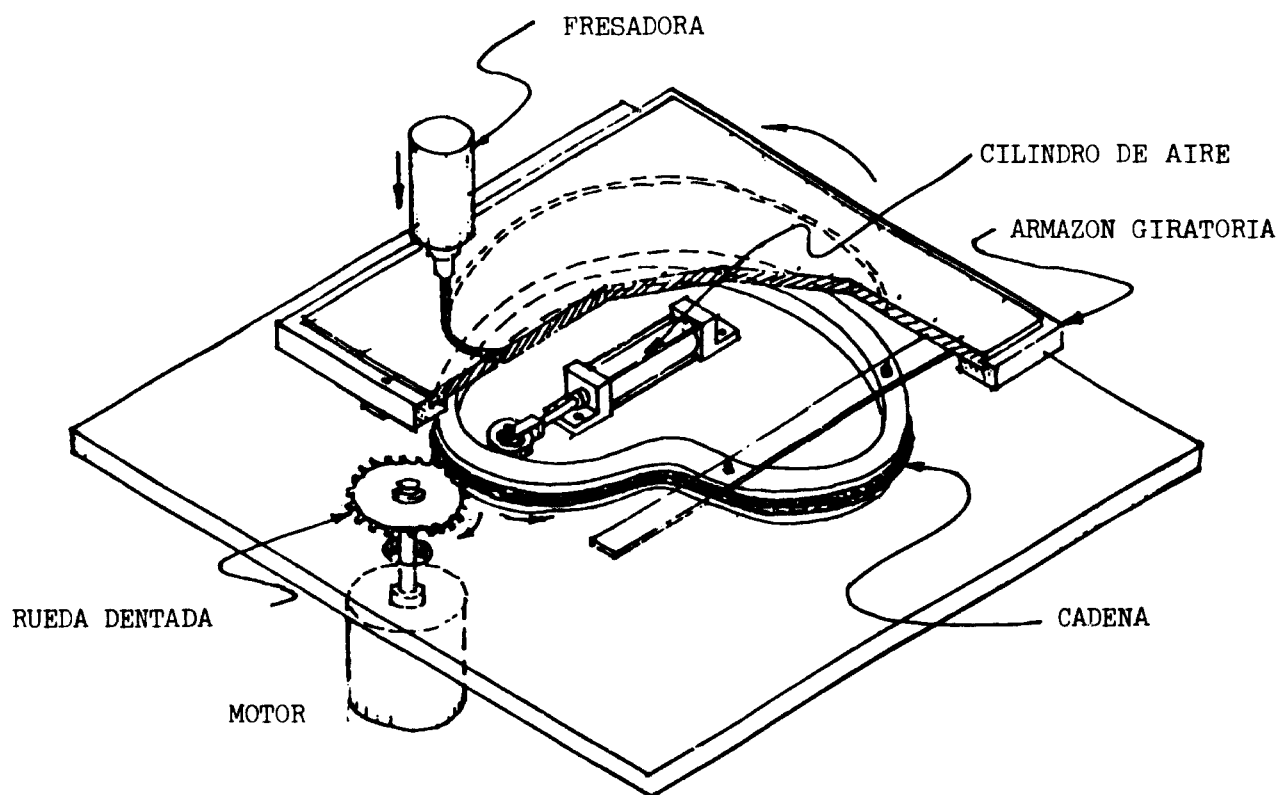


Figura 101. Procedimiento para ranurar tableros con una fresadora provista de un dispositivo de ABC

como en el caso del segundo ejemplo ilustrativo proporcionado en este documento. La mesa de trabajo de base de acero de la fresadora es reemplazada por un armazón de acero que sostiene los cilindros neumáticos, las válvulas y los interruptores de fin de carrera que controlan el movimiento del tablero debajo del buril de la fresadora. El tablero se mueve básicamente de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás del buril. Pueden hacerse otros tipos de cortes ajustando el diseño del sistema de ABC para obtener las formas deseadas.

Advertencia: Este tipo de fresado siempre dará una forma redondeada a las esquinas de los cortes. El mayor o menor grado de redondeamiento dependerá del calibre del buril de la fresadora.

Lijado

Las fábricas pequeñas y medianas que hacen muebles a base de tableros generalmente emplean lijadoras de banda estrecha (lijadoras de una o dos carreras) para lijar los componentes de tablero. Como se señala en una sección anterior, esta operación es relativamente lenta y requiere operarios altamente calificados. El número de casos en los que los cantos del tablero se lijan en exceso es elevado.

Las fábricas más modernas emplean lijadoras de banda ancha, generalmente modelos con dos bandas, mientras que otras fábricas emplean lijadoras de rodillos con mecanismos oscilantes. Estas lijadoras modernas tienen su propio mecanismo de alimentación y pueden vincularse fácilmente a otras operaciones de la fábrica.

En las fábricas pequeñas y medianas los cantos de los componentes de tablero se lijan generalmente en una máquina universal con un mecanismo oscilante para la banda lijadora. Algunos modelos de este tipo de lijadora tienen mesas que pueden inclinarse para poder lijar tableros con cantos achaflanados. La superficie del tablero se empuja manualmente contra la banda lijadora en movimiento. Esta operación también requiere cierta habilidad del operario, para reducir al mínimo el número de piezas que deban rechazarse por mal lijadas. La automatización de esta operación es casi imposible sin afectar el mecanismo de trabajo y el diseño de la máquina.

Los tableros con cantos perfilados se lijan en una "lijadora de contornos" utilizando una banda de lijar estrecha con el dorso de tela. La clave del éxito de esta operación consiste en que la pieza que va detrás de la banda de lijar tenga la forma adecuada, o sea, que corresponda al perfil deseado del canto del tablero.

D. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo para el montaje de muebles fabricados a base de tableros

Las principales herramientas y utensilios utilizados en el montaje de muebles hechos a base de tableros son los destornilladores, las prensas de tornillo en forma de C y las prensas de barra, las prensas de sujeción de rótula, las engrapadoras, los aplicadores de cola, las plantillas y dispositivos de montaje y las prensas de sujeción de marcos y armazones.

Para que las operaciones de montaje se realicen eficaz y rápidamente hay que emplear plantillas y dispositivos adecuados, equipados con prensas de sujeción u otros accesorios para mantener firmes las piezas de trabajo. Se necesitan otras plantillas y dispositivos para el armado de cajones, estante-

rías especiales y tabiques de armarios, las aplicaciones sobre puertas y frentes de cajón y los mecanismos de cierre automático de cajones. Se pueden diseñar y construir plantillas y dispositivos para el armado modular de estructuras, costados, y las partes superiores, de respaldo y de base hechas de tableros. Con ese método se deja abierto el frente para tener libre acceso a las partes internas de la unidad que se construye. En algunos casos el panel superior es el último que se coloca, sobre todo en los muebles en que los bordes de ese elemento sobresalen a los lados y al frente, como en las mesas de noche o de tocador. Por otra parte, el último en montarse en otros casos es el panel posterior, como en los altavoces estereofónicos o en las cajas de los radiofonógrafos de tipo consola.

Armado de cajones

Tanto en los casos en que el mueble se despacha montado como sin montar, los cajones se arman siempre antes del acabado. El moderno diseño de muebles requiere que los frentes de cajón estén al mismo nivel que la superficie frontal del armario, no como en los antiguos diseños en que el cajón tiene rebordes que recubren la parte frontal del marco respectivo, tapando las rendijas entre el cajón y su marco. Así pues, los cajones deben montarse de la manera más exacta posible a fin de lograr el ajuste deseado con su marco, lo cual obliga a ceñirse estrictamente a las tolerancias de trabajo de los componentes del cajón y de su marco para lograr una escuadra perfecta en el montaje. La escuadra perfecta del armado se logra mejor utilizando plantillas metálicas y prensas de sujeción neumáticas, que mantienen firmemente los componentes en su lugar hasta que fragüe el adhesivo aplicado en las juntas, o se coloquen las abrazaderas que mantienen firmemente los componentes del cajón bien escuadrados. La figura 102 ilustra una plantilla de montaje de ese tipo.

Aplicación de cola

El exceso o la escasez de cola en el montaje da malos resultados. El exceso resulta en rebabas y hacen engorroso el trabajo. Las juntas que no tienen suficiente cola son débiles porque la adhesión no es la necesaria para conferirles resistencia. Por consiguiente, para responder a las exigencias de la aplicación de cola, un dispositivo accionado por componentes de ABC, similar al sistema ilustrado en la figura 103, sirve para que los operarios hagan un trabajo de encolado satisfactorio. La cantidad de cola depositada sobre la pieza de madera es controlada por el tamaño de las boquillas y la velocidad de avance de dicha pieza por debajo de las boquillas.

Herramientas para atornillar

Con orificios guía adecuados, se pueden utilizar tornillos para madera en la aplicación de guarniciones y otros accesorios a los componentes del mueble hechos con tableros. Ahora bien, existe el peligro de apretar el tornillo más de lo que el núcleo de madera puede admitir, con lo cual se destruye la capacidad de sujeción de la rosca del tornillo al tablero. Este atornillado excesivo ocurre frecuentemente cuando se utilizan atornilladores mecánicos. El empleo de atornilladores neumáticos equipados con un dispositivo de embrague ajustable contribuirá a reducir los rechazos debidos al exceso de atornillado. El dispositivo de embrague puede fijarse a fin de que responda a los límites de atornillado específicos para cada núcleo de tablero y tamaño de tornillo.

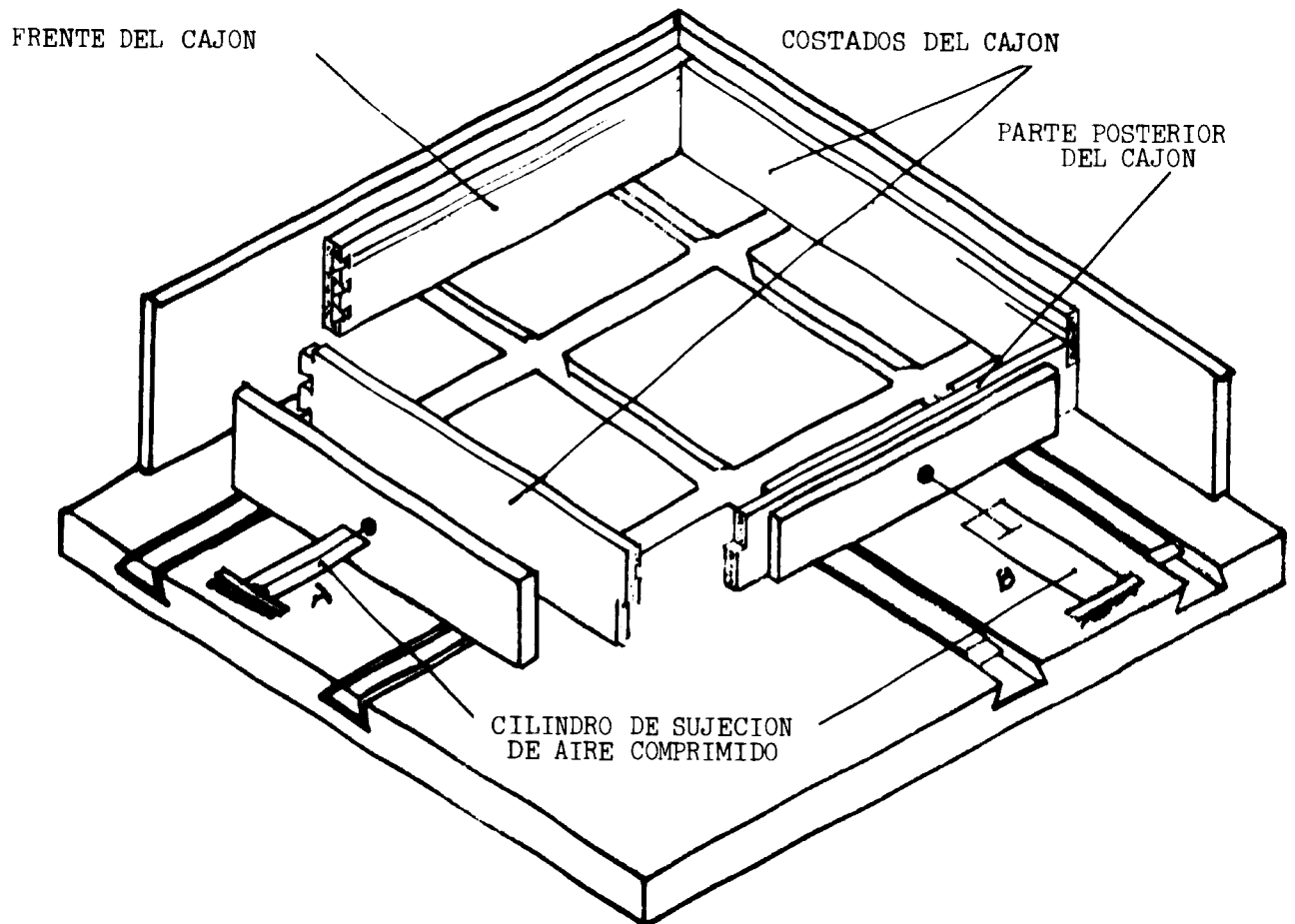


Figura 102. Plantilla de montaje de cajones

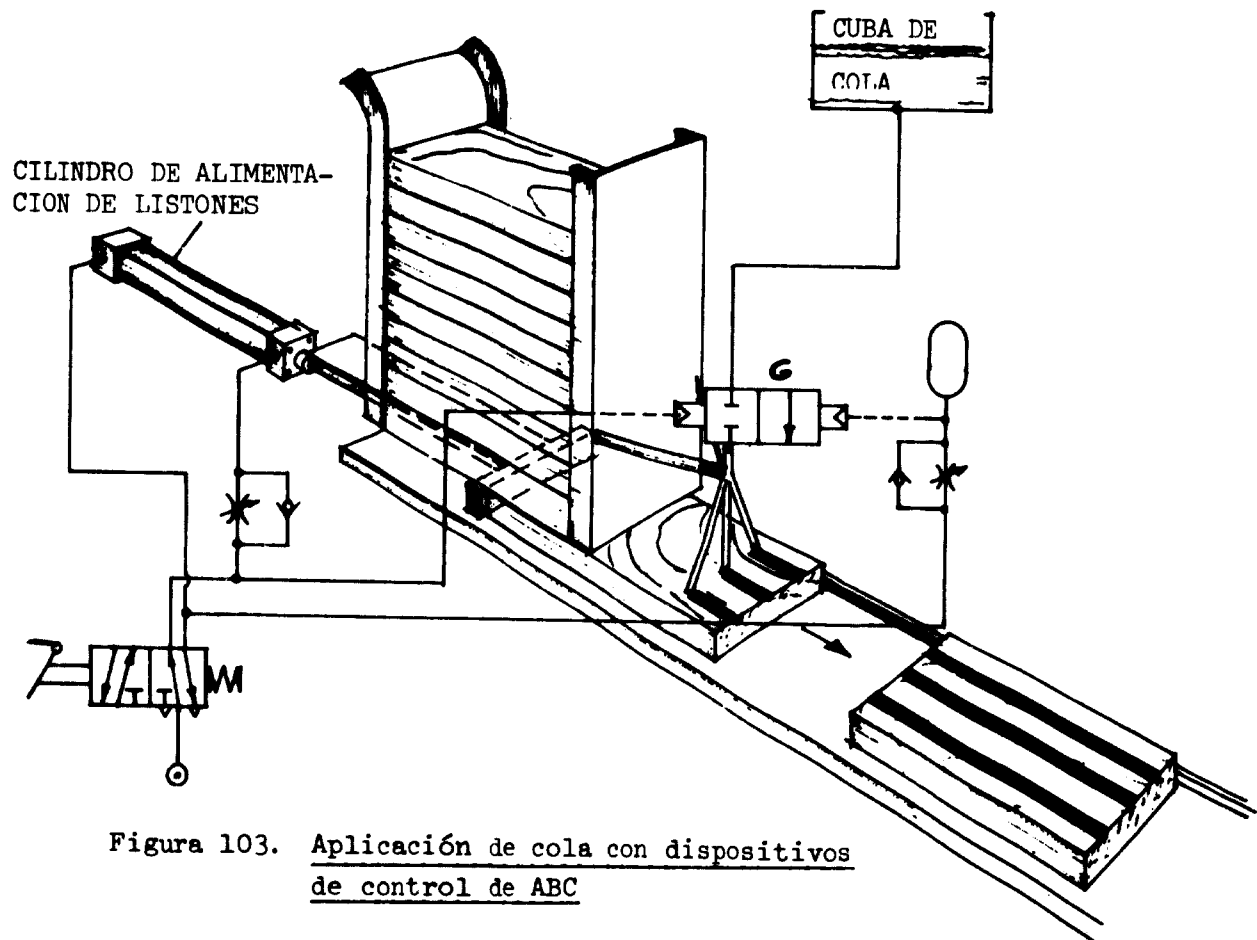


Figura 103. Aplicación de cola con dispositivos de control de ABC

Plantillas y dispositivos de montaje modular

Los muebles modernos hechos a base de tableros son fundamentalmente rectangulares. Esta característica permite diseñar plantillas de montaje modular para montar el armazón de un componente hecho con tableros y también para armar paneles sobre el armazón. La figura 104 ilustra las ideas del Sr. P. Paavola sobre una plantilla de este tipo que permite montar dos armarios al mismo tiempo. Esa plantilla lleva una manguera de incendio llena de aire para inmovilizar los componentes durante el montaje.

Para el montaje de puertas de armario, el dispositivo de la figura 105 también lleva una manguera de incendio y cilindros neumáticos con válvulas de control apropiadas para alcanzar la presión deseada sobre las partes que se deben armar.

E. Posible aplicación de la automatización de bajo costo para el acabado de muebles fabricados a base de tableros

Las principales etapas de un buen acabado de los muebles de madera son en esencia las siguientes:

- Teñido de alburas o de toda la superficie;
- Aplicación de mastique;
- Aplicación de la capa de revestimiento;
- Lijado de asperezas (si es necesario);
- Aplicación de la capa final;
- Pulido (brufido), si es necesario.

Teñido

El teñido se efectúa generalmente por aspersion, empleando pistolas neumáticas convencionales. El objetivo principal del teñido de alburas es emparejar el color de las superficies. El teñido se aplica a la totalidad de una superficie para emparejar el color en todo el tablero, en particular cuando las chapas son de una especie de madera en la que se producen diferencias de absorción y reflejo de la luz entre las caras exterior e interior de la hoja. En otros casos el teñido total se aplica para intensificar el color o para modificarlo. Por lo tanto, el éxito de esta operación depende principalmente de la aptitud del operario para detectar las superficies que necesitan mayor coloración o decidir cuánto tinte debe aplicar. Por ello, esta operación sería muy difícil de automatizar.

Aplicación de mastique

Primordialmente, el material que suele emplearse es el mastique de madera aplicado con un aceite de secado rápido. El objetivo es tapar los poros de la chapa para obtener una superficie lisa después de aplicada la capa final. La clave del éxito en esta operación consiste en utilizar dispositivos que hagan penetrar efectivamente las partículas de mastique en los poros de la madera. Para esta operación se utiliza generalmente una máquina alternativa neumática con zapatas revestidas de fieltro. Esta máquina es de accionamiento manual. Con una máquina rotatoria se han obtenido mejores resultados que con la de movimiento alternativo. Esta operación se examina detalladamente bajo el epígrafe "Ejemplos de algunos problemas", caso C.

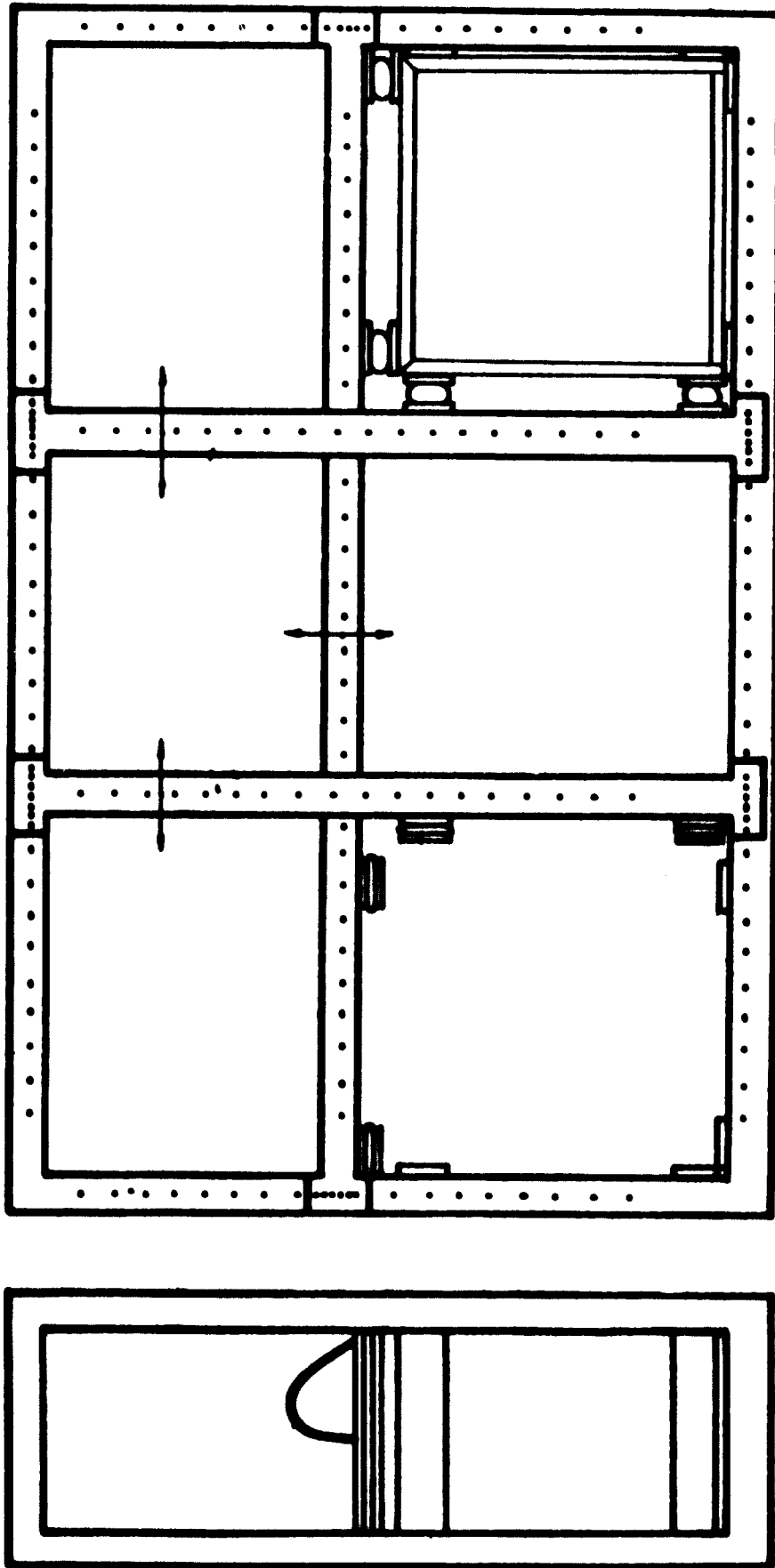


Figura 104. Plantilla de montaje de armarios hechos a base de tableros

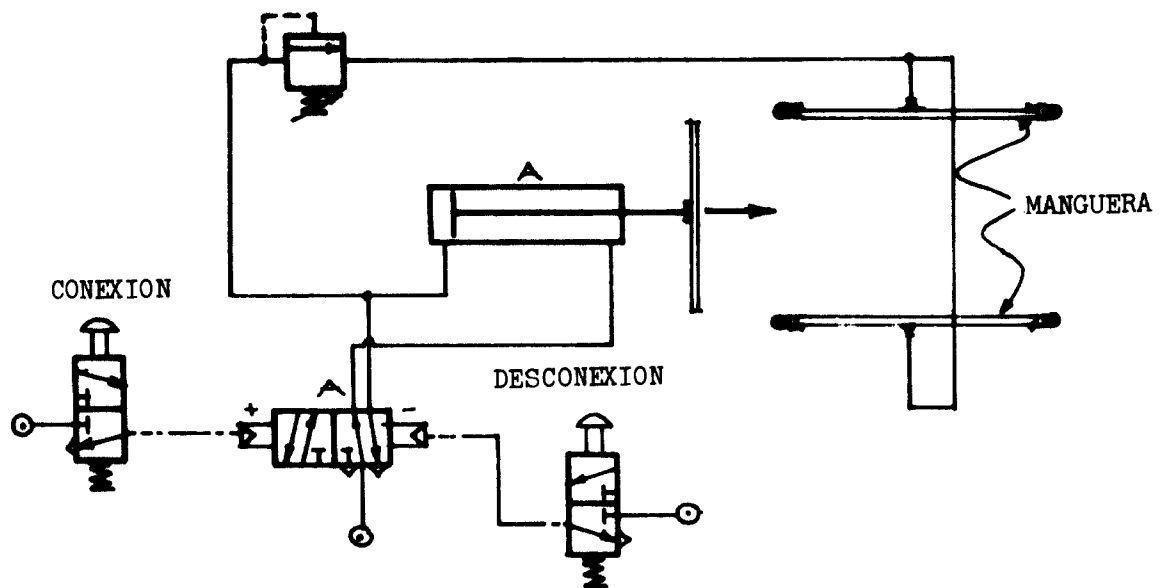
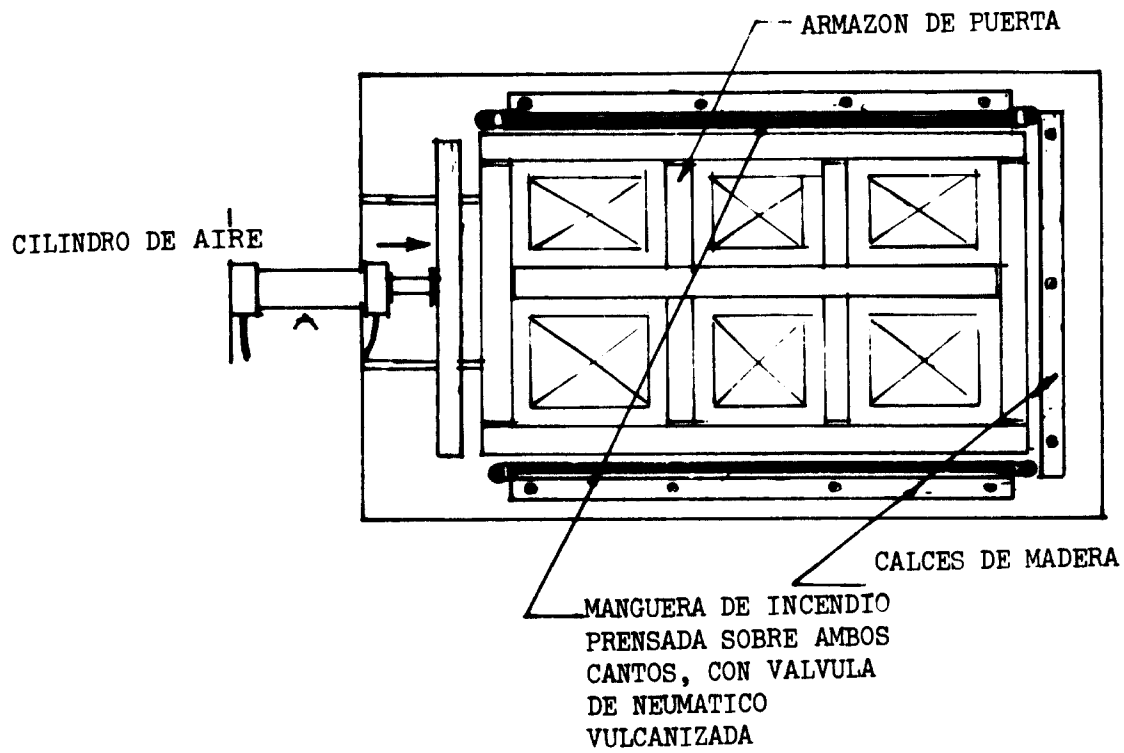


Figura 105. Dispositivo de montaje de puertas para armarios

Aplicación de la capa de revestimiento

La capa de revestimiento generalmente se extiende por aspersión, a mano, pero en algunas fábricas medianas se aplica con una máquina revestidora de cortina accionada a presión. Con un material de revestimiento adecuado para la máquina es posible ahorrar una enorme cantidad de material y trabajo. Dado que en una pasada por la máquina sólo se pueden revestir dos cantos de tablero además de la superficie superior, un dispositivo que devuelve el tablero revestido al extremo de alimentación de la máquina acelera considerablemente la producción. En la figura 106 puede observarse un sistema de ese tipo con un volteador de tableros automatizados.

En el caso de las piezas montadas para muebles, la capa de revestimiento se aplica por aspersión. Si el volumen de la tarea de aspersión justifica la automatización de esta operación, puede diseñarse un sistema de aspersión automático a base de dispositivos de ABC (véase figura 6).

Lijado de asperezas

Al aplicar la capa de revestimiento se forman asperezas por el apelmotamiento de material en la superficie de la madera, por lo cual es necesario un ligero lijado. Esta operación se hace mejor a mano.

Aplicación de la capa final

La capa final también se aplica generalmente por aspersión. Los métodos y dispositivos recomendados en el párrafo relativo a la aplicación de la capa de revestimiento también pueden aplicarse en esta operación.

Pulido de superficies acabadas

El pulido acentúa el brillo de las superficies acabadas. En el caso de los muebles armados es mejor utilizar una pulidora neumática o eléctrica portátil con un disco rotatorio revestido de una capa de lana. Sin embargo, en los sistemas en que los tableros son acabados antes del montaje generalmente se utiliza una pulidora de gran potencia para el acabado de superficies. Esta máquina está dotada de un cabezal cilíndrico que gira sobre su eje a una velocidad predeterminada. El cabezal giratorio está revestido de un material de lana fina que pule las superficies. En otros modelos el cabezal giratorio está dotado de tiras de material de lana fina firmemente empaquetadas, en lugar de una faja envuelta alrededor del cilindro pulidor. La superficie del tablero se pone en contacto con el material pulidor mediante una plataforma que se sube o baja manualmente. Algunos modelos constan de un interruptor de fin de carrera que impide que la plataforma se aproxime en exceso al cabezal lijador, con lo cual se evita que la superficie acabada se quemé por recalentamiento.

La ABC puede aplicarse a esta operación cuando se utilizan pulidoras de gran potencia. Puede instalarse un dispositivo que eleva automáticamente la plataforma de la pulidora hasta el nivel deseado, mueve el tablero hacia adelante hasta que el canto posterior queda pulido y mantiene en contacto el cabezal pulidor giratorio y la superficie del tablero durante un lapso predeterminado, para bajar luego la plataforma a la posición original. Las operaciones de carga y descarga de la plataforma también pueden automatizarse (véase la figura 107).

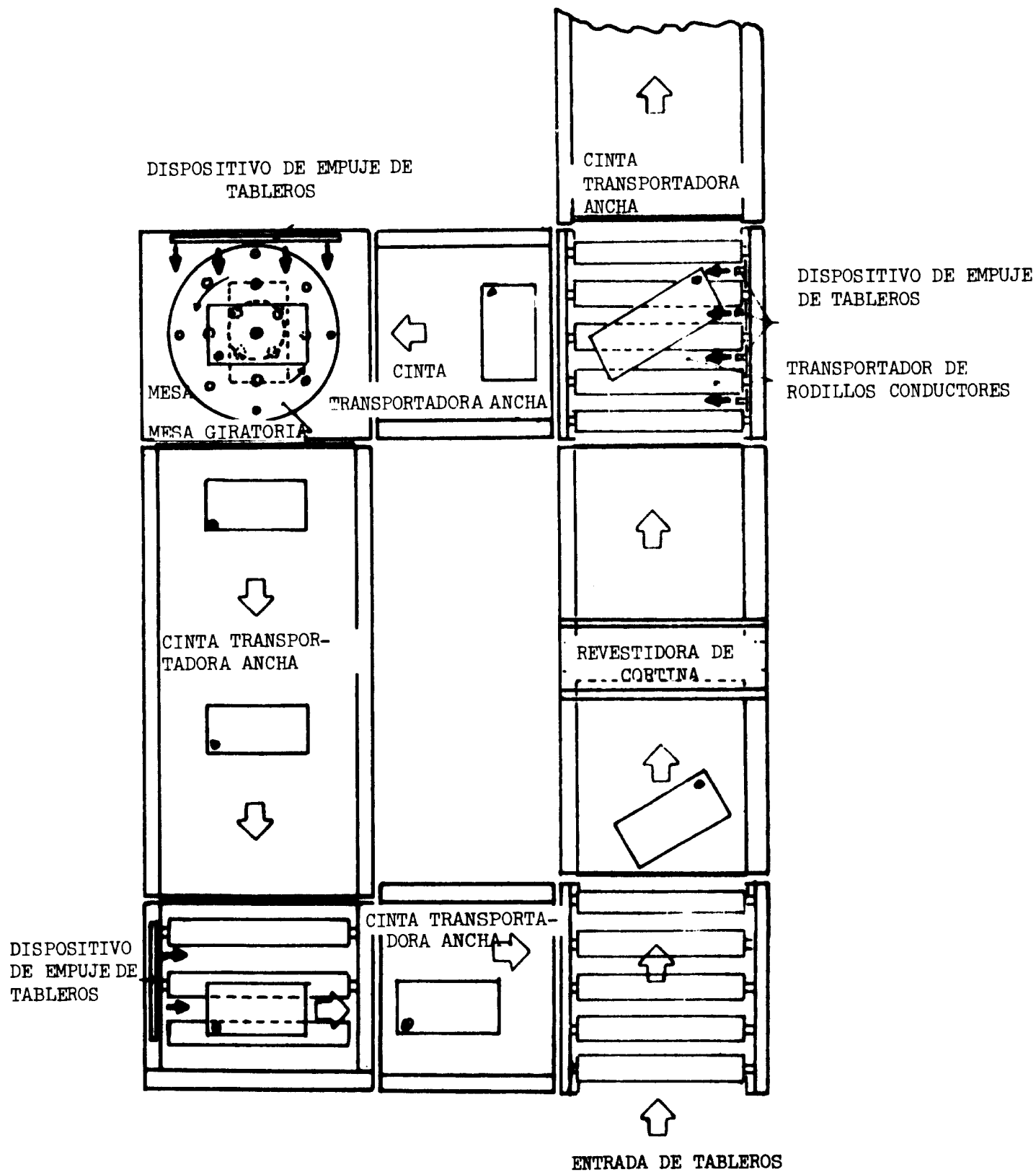
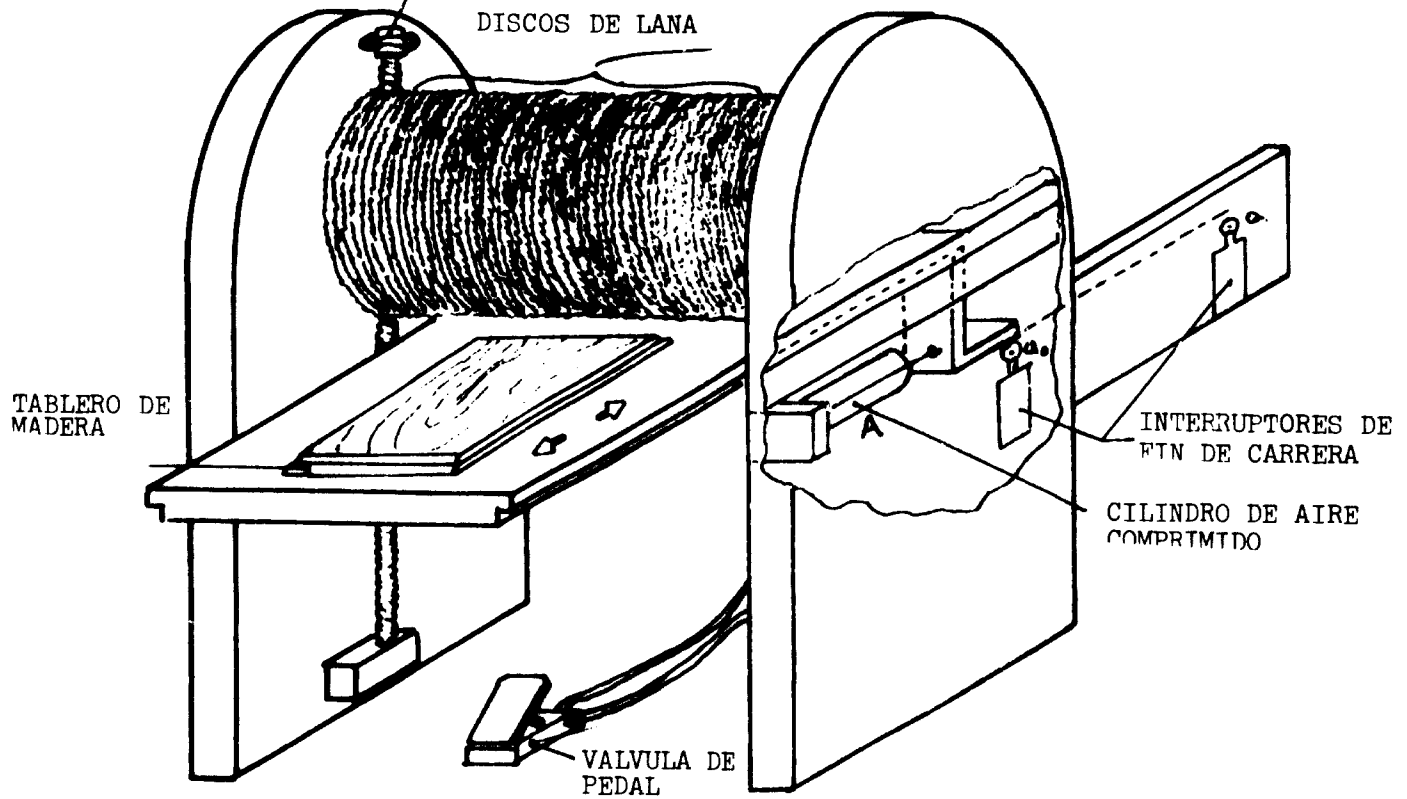


Figura 106. Máquina revestidora de cortina con sistema volteador de tableros

DISPOSITIVO DE ELEVACION DE LA PLATAFORMA DE LA MAQUINA



PULIDORA DE TABLEROS DE GRAN POTENCIA

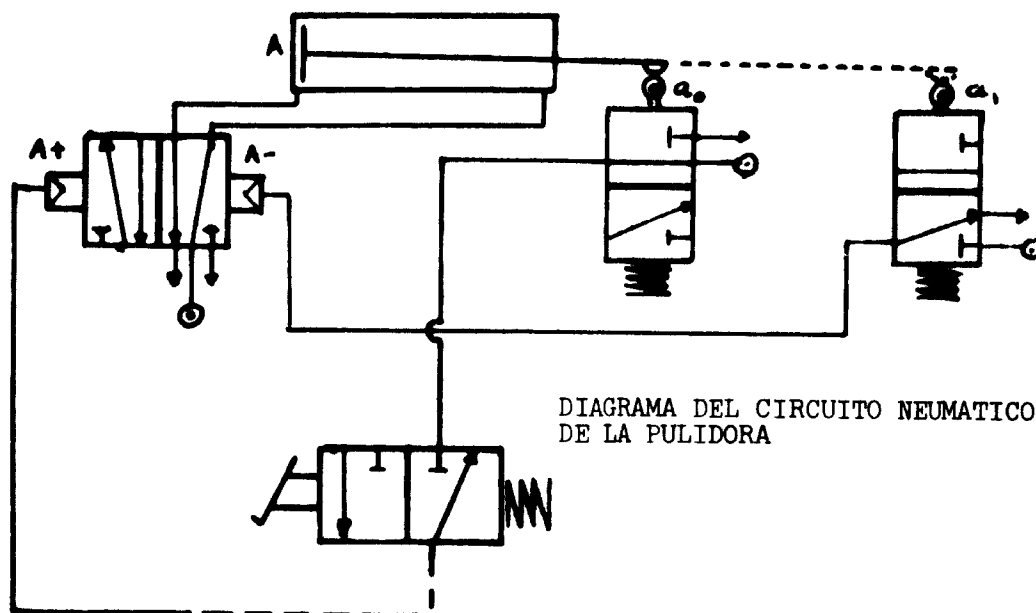


DIAGRAMA DEL CIRCUITO NEUMATICO DE LA PULIDORA

Figura 107. Pulidora automatizada

F. Posibles aplicaciones de la automatización de bajo costo en la manipulación y el transporte de los materiales en proceso de elaboración

De los párrafos precedentes se ha manifestado repetidamente que la automatización de las operaciones de fabricación de muebles a base de tableros darán buen resultado si el sistema de manipulación y transporte de los materiales que se elaboran es adecuado. Las limitaciones de espacio no permiten considerar detalladamente los dispositivos de manipulación y transporte que pueden instalarse para cada una de las operaciones tratadas en el presente trabajo. Sin embargo, en los párrafos siguientes se presentan ejemplos ilustrativos de tales dispositivos, en la esperanza de que el lector se sienta motivado para aplicar, en la medida de lo posible, tales dispositivos en su propia fábrica.

En el diseño del sistema de manipulación y transporte de los materiales en proceso de elaboración deben tenerse presentes las siguientes consideraciones:

- a) El transporte de materiales o componentes de un punto de trabajo a otro debe ser seguro y rápido;
- b) La cantidad que ha de transportarse debe ser suficiente para asegurar la continuidad de las operaciones en el punto siguiente;
- c) El costo de fabricación, instalación y funcionamiento de los dispositivos de manipulación y transporte debe justificarse por los beneficios que reportará su utilización.

Técnicas y dispositivos de alimentación de máquinas

M. Koch y F. Lestoukva han expuesto varias técnicas y dispositivos para alimentar máquinas, consistentes en jaulas alimentadoras que funcionan como una tolva accionada por un sistema de ABC, y que pueden aplicarse a los componentes de madera maciza o de tablero. En las figuras 108 a 111 pueden observarse diagramas esquemáticos de tales dispositivos de alimentación.

Transporte de tableros

En determinadas situaciones es necesario hacer girar 90° o 180° a los tableros transportados sobre un conductor de movimiento propio, a fin de facilitar la alimentación de la máquina siguiente. La figura 112 ilustra cómo puede instalarse un dispositivo a tal efecto en sistemas de conductores de movimiento propio.

Otros dispositivos

Los sistemas de retención y sujeción de las piezas de trabajo frecuentemente dan mejores resultados si se utilizan prensas de rótula, o prensas accionadas por cilindros neumáticos, excéntricas, etc., particularmente en operaciones en que la vibración de la pieza de trabajo perjudica la calidad de la elaboración mecánica. En la figura 113 pueden observarse algunos de estos dispositivos de sujeción. Cabe señalar que cada dispositivo tiene una forma de uso propia.

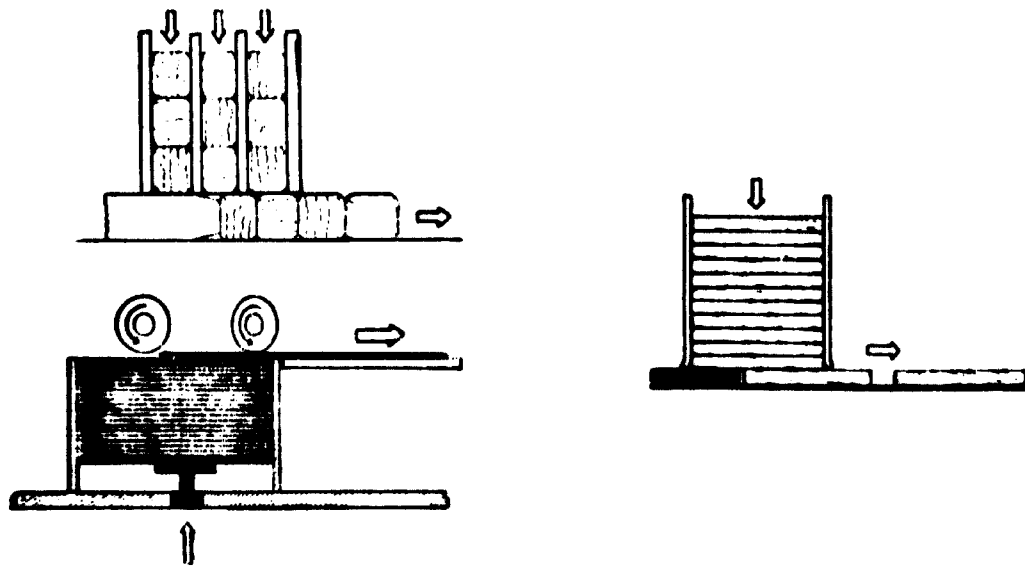


Figura 108. Jaulas de alimentación por el sistema de tolva

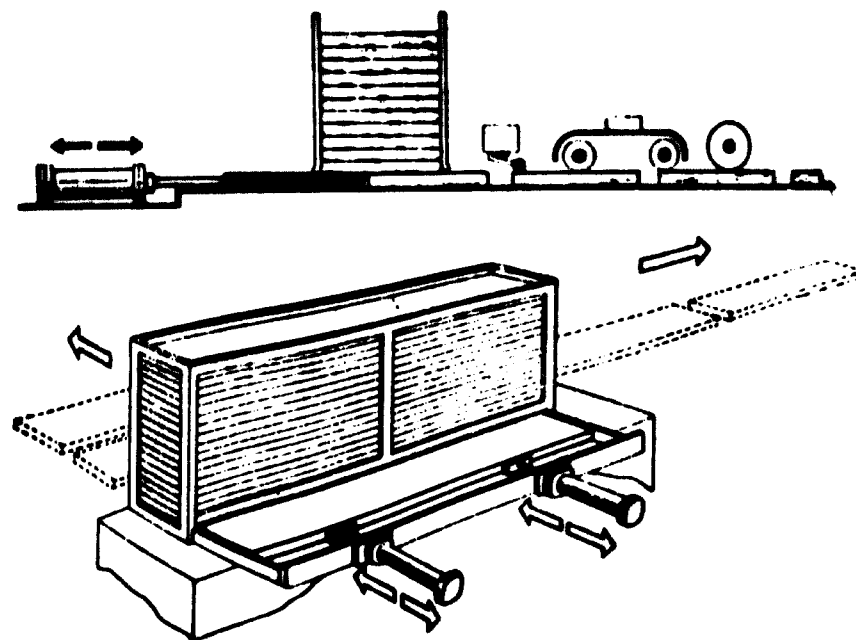


Figura 109. Jaula de alimentación por el sistema de tolva, con eyector neumático

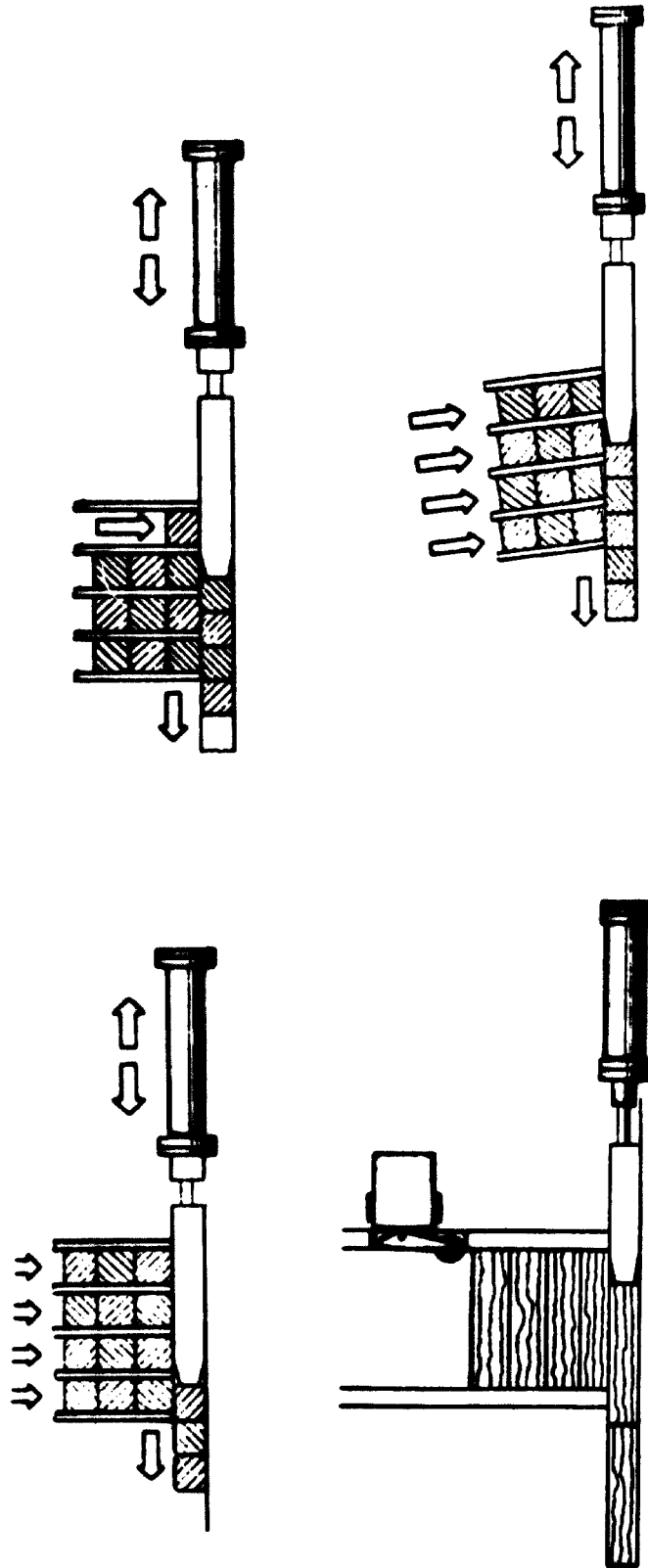


Figura 110. Dispositivos de alimentación por el sistema de tolva, de carga múltiple

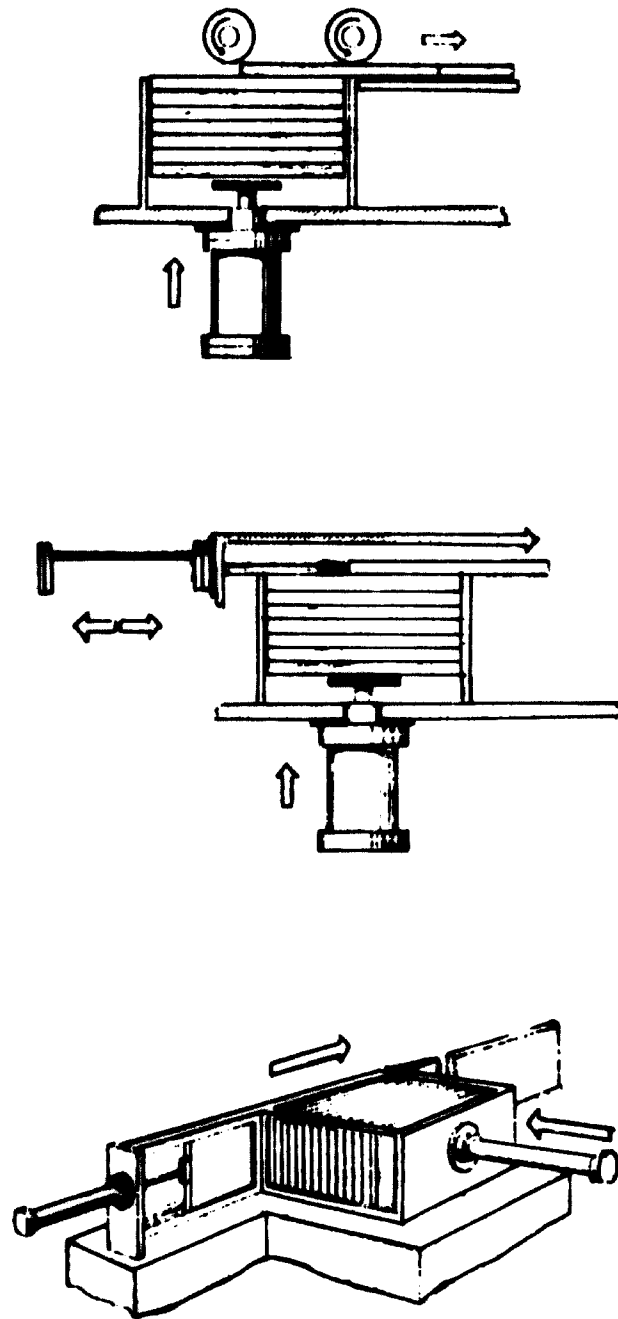


Figura 111. Dispositivos de alimentación de tableros

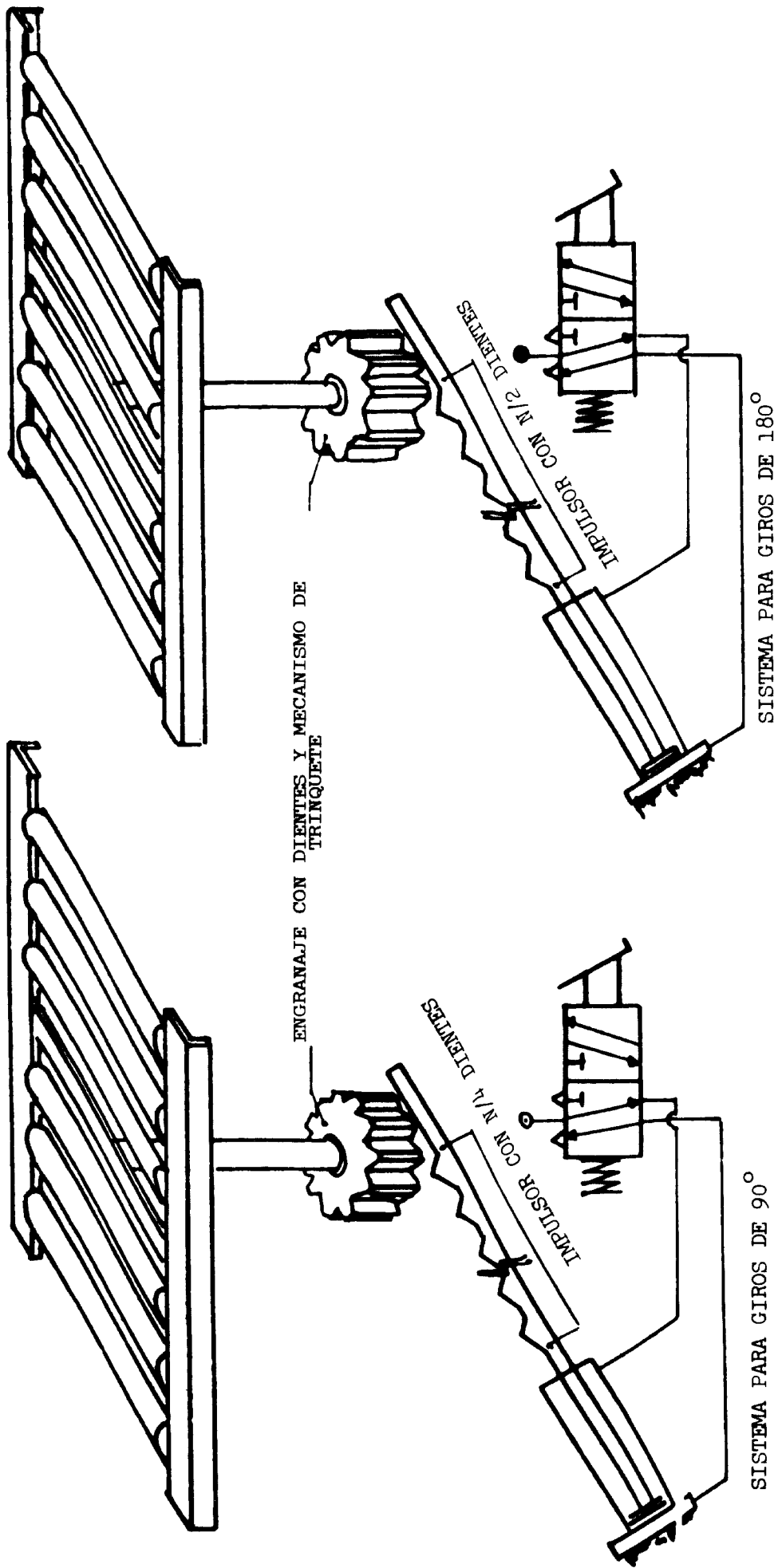
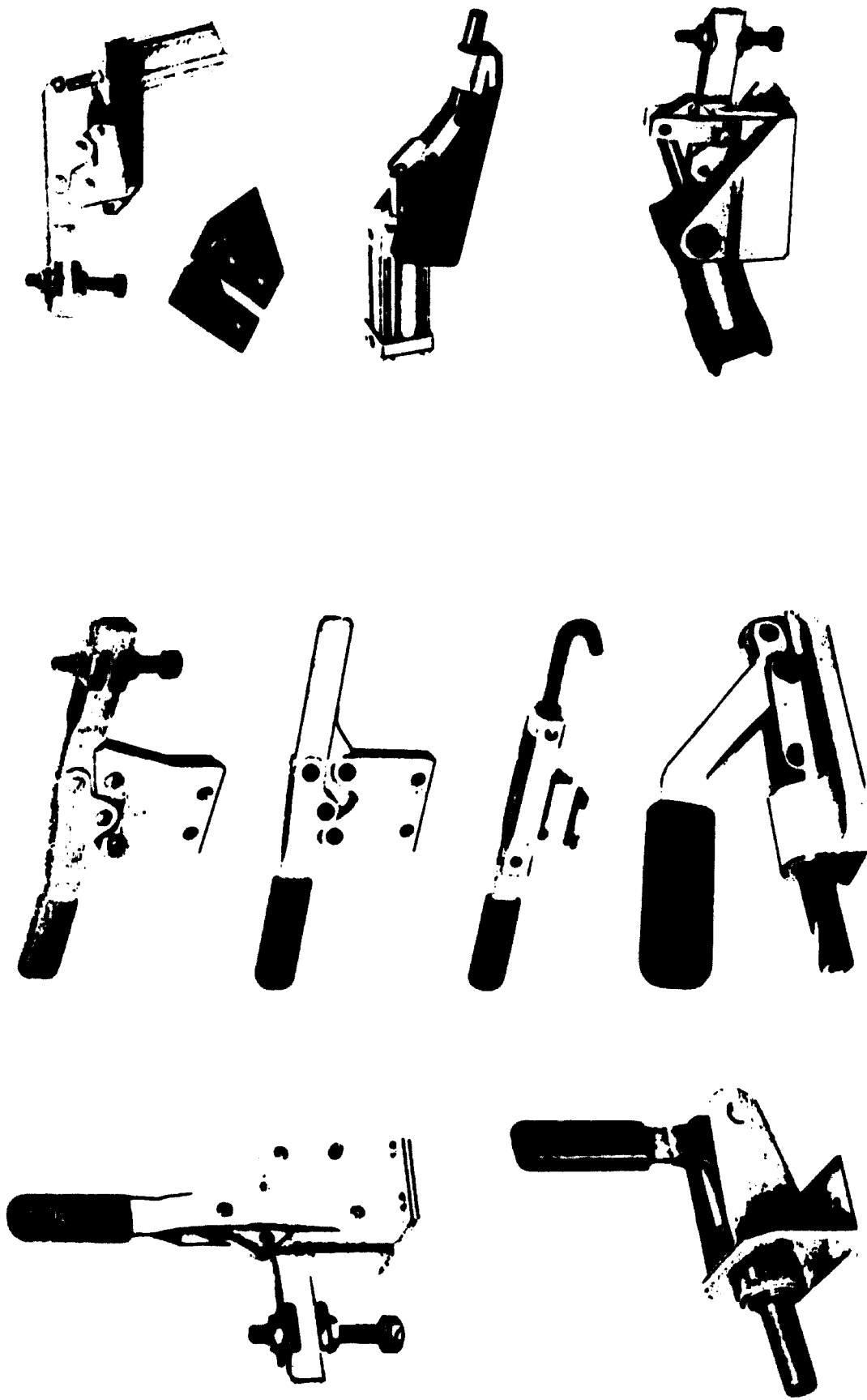


Figura 112. Dispositivos para hacer girar los tableros 90° y 180°



PRENSAS CON SUJECION NEUMATICAS

PRENSAS CON SUJECION NEUMATICAS (DE ROTULA)

Figura 113. Muestras de dispositivos de sujeción

VIII. Ejemplos de algunos problemas que se plantean en la fabricación de muebles a base de tableros y de su solución mediante la automatización de bajo costo

A continuación se exponen algunos ejemplos de los problemas que se plantean en las fábricas medianas de muebles a base de tableros de madera, con objeto de dar al lector una idea sobre la forma en que la ABC puede ayudarle a resolver los problemas de fabricación, y también servirle de guía cuando deba decidir si opta o no por la automatización.

A. El caso de la fresadora para ranurar tableros

Situación

En una fábrica de armarios hechos con tableros que producía 400 unidades por semana se quería duplicar la producción en 24 meses, en las siguientes condiciones:

- a) La superficie para las operaciones del sector en expansión debía reducirse en un tercio para dar lugar a otra línea de producción;
- b) El personal seguiría trabajando ocho horas diarias pero sólo cinco días por semana, en lugar de los seis días habituales.

En síntesis, para alcanzar el objetivo de producción propuesto, la capacidad debía incrementarse un 140%. Se estudiaron los posibles estrangulamientos, entre ellos el que podía producirse en el ranurado de tableros en la sección de elaboración mecánica respectiva. Se disponía de dos fresadoras de gran capacidad, ambas alimentadas manualmente y con cabezal fijo y mesa elevadora. La carga corriente de trabajo de ranurado de las dos máquinas era de alrededor del 80% del tiempo disponible, excluido el tiempo de preparación de las máquinas. Estudios posteriores demostraron que el 90% del tiempo de ranurado lo tomaba dicha operación en dos de los tableros componentes del armario.

Problema

El problema consistía en alcanzar el necesario incremento de la producción dentro de los límites impuestos por el espacio asignado y por la jornada semanal de trabajo.

Opciones posibles

Se consideraron posibles las siguientes opciones:

a) Reemplazar las dos fresadoras por otras diseñadas especialmente, provistas de un dispositivo de control automático de las operaciones de ranurado. Transcurrirían unos seis meses para poner en funcionamiento las máquinas, contados a partir de la fecha del pedido. Esta opción incrementaría en un 300% la capacidad de ranurado existente, y su costo sería de 18.000 dólares, incluidas la instalación y la puesta en marcha;

b) Seguir utilizando las fresadoras existentes, pero estableciendo tres turnos. Esta opción requeriría los servicios de otros cuatro operarios fresadores, otros cuatro técnicos de mantenimiento (dos electricistas y dos mecánicos) y dos capataces. Además, el grupo electrógeno diesel tendría que funcionar las 24 horas del día;

c) Reemplazar la mesa de acero de las fresadoras existentes por dispositivos de ranurar provistos de un sistema de ABC que movería la pieza de trabajo para hacer en el tablero los cortes deseados, permitiría la ejecución de otros trabajos de fresado, simplificaría la carga y la descarga mediante prensas neumáticas accionadas automáticamente, y colocaría la pieza de trabajo en posición correcta respecto del buril de la fresadora. Se estimaba que esta opción permitiría aumentar la capacidad de trabajo en un 175% con el mismo número de operarios; el costo de fabricación, instalación y puesta en marcha sería de unos 10.000 dólares.

Evaluación de las opciones

La opción b) se rechazó de plano porque no se adaptaba al número de horas de trabajo fijadas por la dirección de la empresa. Las opciones a) y c) se evaluaron de la manera siguiente:

a) Ambas opciones requerían igual número de obreros de las mismas calificaciones;

b) En la opción a) las fresadoras tendrían que modificarse en algunos aspectos para que pudieran hacer otros trabajos además del ranurado de tableros;

c) El consumo de energía y de aire comprimido de las máquinas, sería en ambas opciones aproximadamente el mismo;

d) Casi todos los materiales necesarios para las modificaciones de la opción c) se podrían conseguir localmente. El representante de la empresa sólo tendría que importar unos pocos componentes para la ABC;

e) Los requisitos de mantenimiento de las máquinas en ambas opciones eran más o menos los mismos;

f) Las máquinas fresadoras existentes podrían venderse a 2.750 dólares cada una, incluidas las unidades de transformación de frecuencias;

g) Ambas opciones satisfacían las exigencias de aumento de la capacidad de producción.

El costo comparado de ambas opciones era el siguiente (en dólares):

<u>Conceptos</u>	<u>Opción a)</u>	<u>Opción c)</u>
Valor contable de las máquinas existentes		4 500
Compra de máquinas y costo de instalación	18 000	
Costo de modificación de las máquinas	<u>750</u>	<u>9 000</u>
Costo total	18 750	13 500
Menos: valor de reventa de las máquinas existentes	5 500	
Costo neto	<u>13 250</u>	<u>13 500</u>

Las consideraciones puramente económicas indicaban que la opción a) era la más ventajosa. El hecho de que la capacidad de las máquinas en la opción a) superara las exigencias de expansión en un 60% mientras que en la opción c) el excedente era de sólo el 35%, no revestía mucha importancia, pues en ambos casos el margen superaba ampliamente la capacidad de producción requerida.

La dirección de la empresa hizo entonces una investigación para determinar si las calificaciones del personal y el taller de máquinas disponibles eran adecuados para hacer las transformaciones en las fresadoras sin afectar el nivel de producción existente. Los resultados de la investigación y el plan elaborado para la conversión de las dos máquinas demostraron que era posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo en el taller de máquinas de la empresa.

Decisión de la dirección de la empresa

Tomando en consideración todos los datos disponibles y los resultados de la investigación presentados por el comité de evaluación, la dirección de la empresa decidió modificar las máquinas de ranurar para adaptarlas a un funcionamiento más automatizado, es decir la opción c). La ligera ventaja financiera de la opción a) (250 dólares) se consideró muy poco importante en comparación con los conocimientos que adquiriría el personal de la empresa en la automatización de las máquinas.

Cabe señalar que la dirección de la empresa ni siquiera se preocupó de establecer si el costo del proyecto estaría dentro de los niveles máximos de inversión admisibles, por la sencilla razón de que en la fábrica no se necesitaría espacio adicional para las máquinas de ranurar.

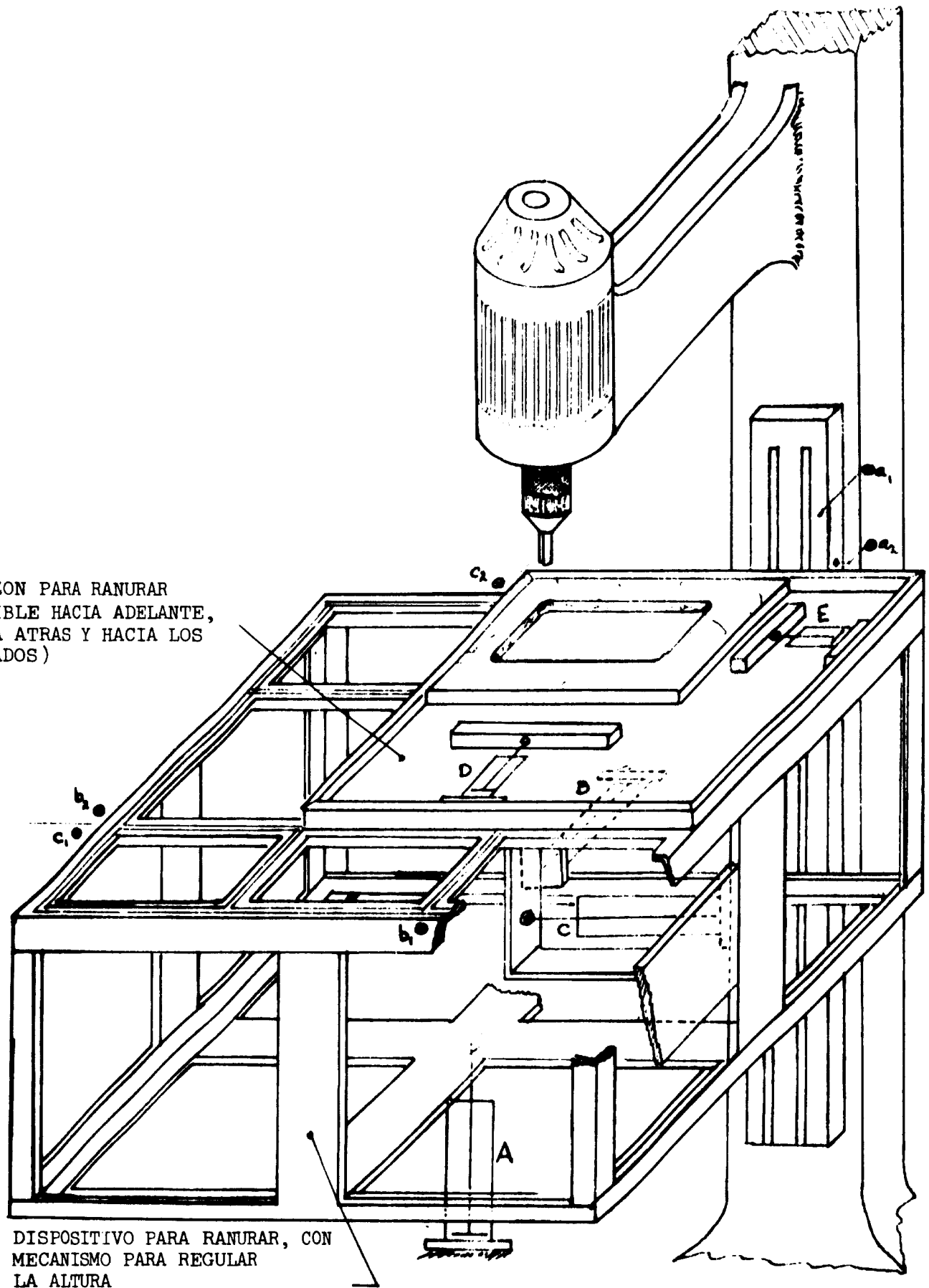
El sistema de ABC adoptado para la conversión de las fresadoras se ilustra con las figuras 114, 115 y 116.

B. El caso de la lijadora especial para tableros

Situación

Una fábrica de armarios hechos a base de tableros tenía problemas con el lijado final de los tableros. Desde el comienzo de la producción, la tasa diaria de tableros rechazados a causa del excesivo lijado, que llegaba a

ARMAZON PARA RANURAR
(MOVIBLE HACIA ADELANTE,
HACIA ATRAS Y HACIA LOS
COSTADOS)



DISPOSITIVO PARA RANURAR, CON
MECANISMO PARA REGULAR
LA ALTURA

NOTA: (B) MARCAS QUE SEÑALAN LOS LUGARES
APROXIMADOS DONDE SE HALLAN LOS
INTERRUPTORES DE FIN DE CARRERA

Figura 114. Fresadora ranuradora, automatizada de gran capacidad

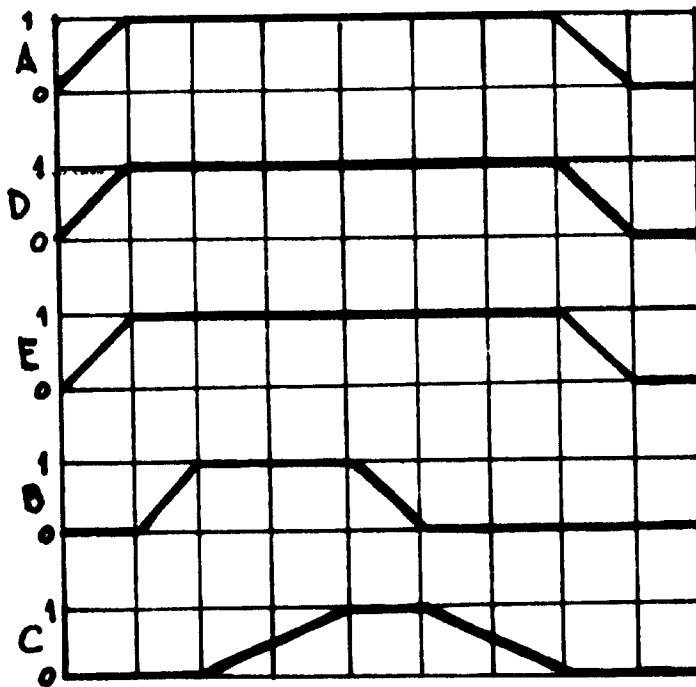
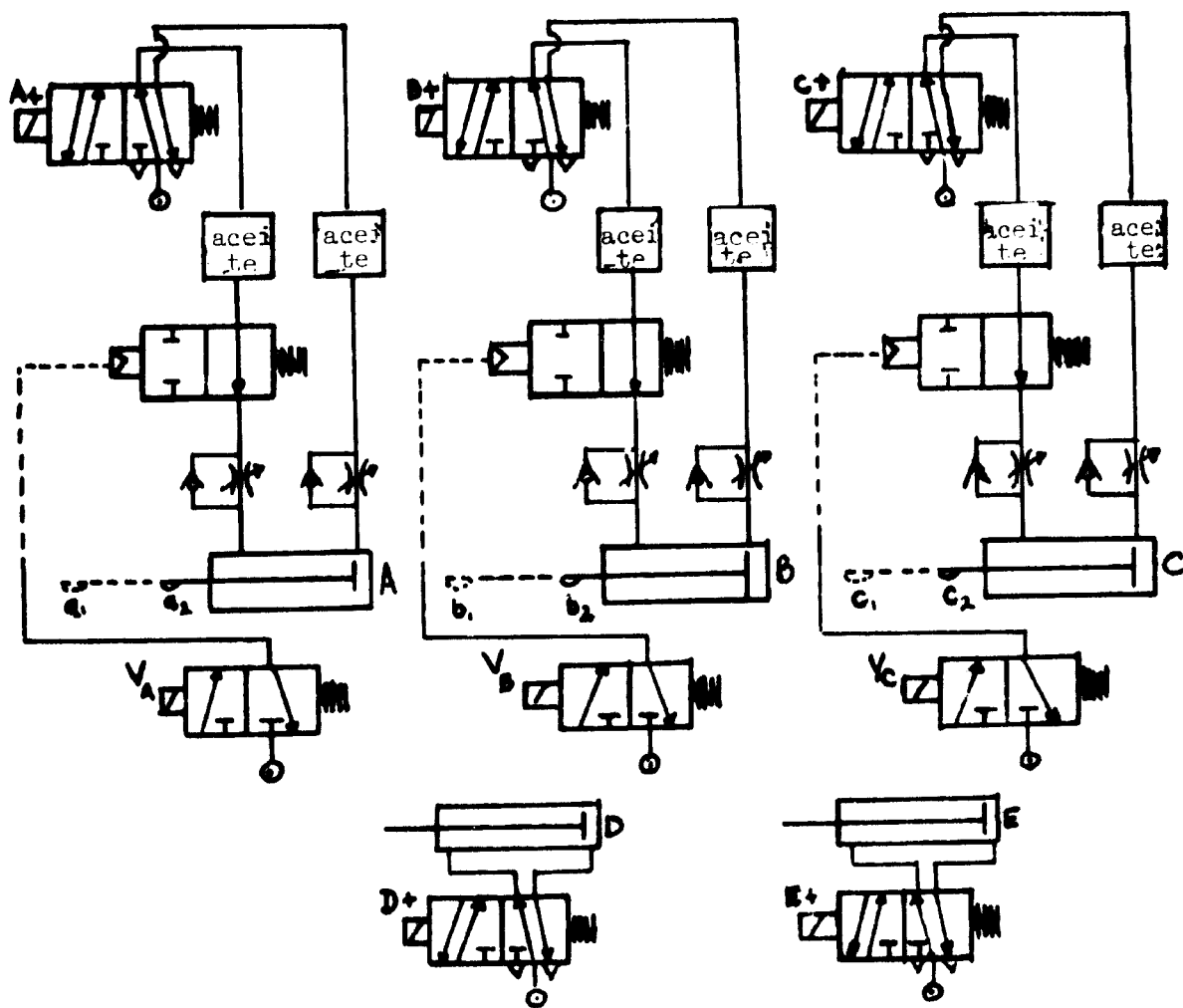


Figura 115. Diagrama del dispositivo neumático y diagrama de tiempos y movimientos de la fresadora ranuradora automatizada

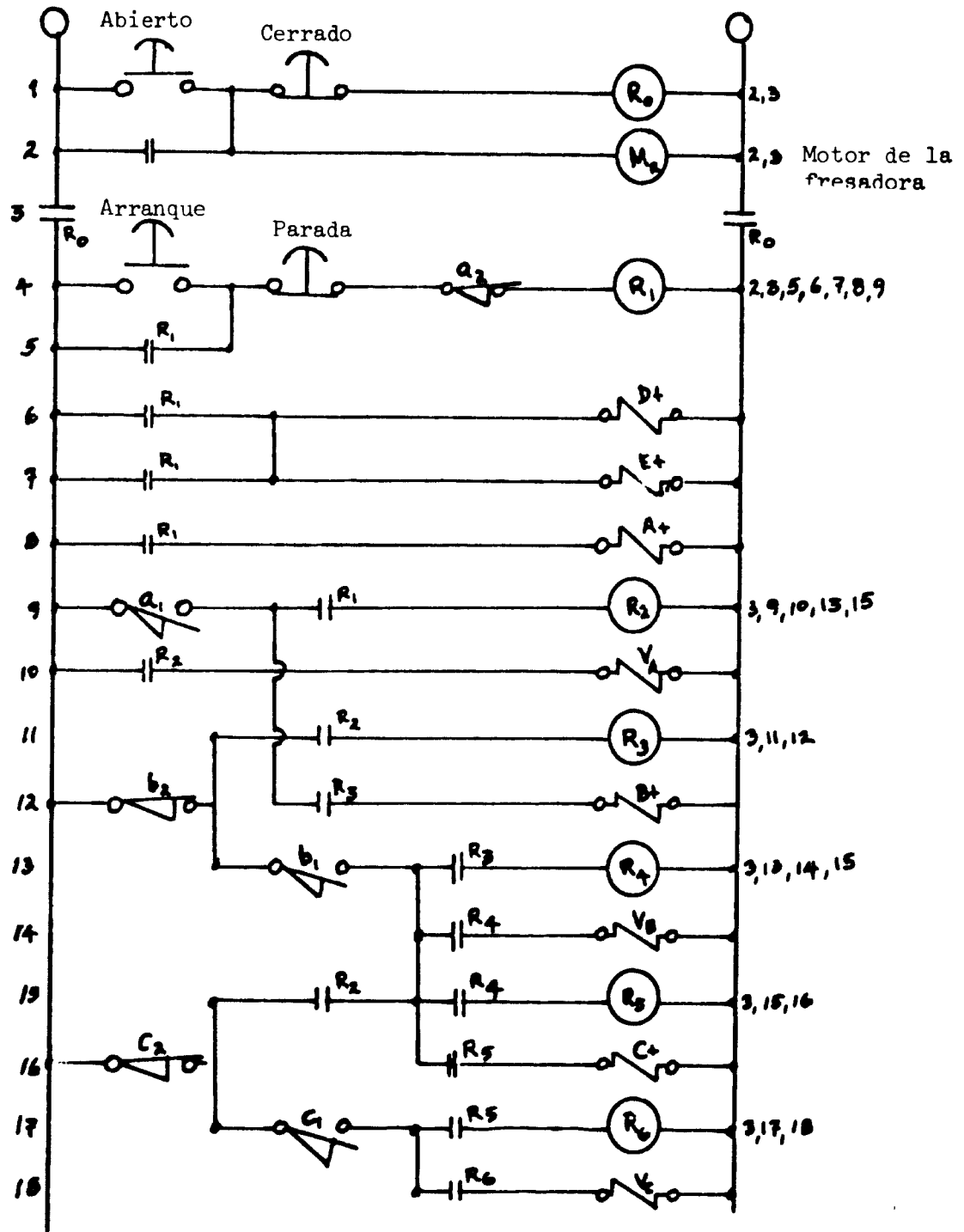


Figura 116. Diagrama del circuito eléctrico de la fresadora ranuradora automatizada

comer la chapa, era en promedio del 6%, pero a veces esa tasa de rechazos llegaba al 12%. La dirección de la empresa consideraba que no podía seguir soportando un 6% de rechazos, tasa que persistía a pesar de haberse capacitado a seis operarios para la tarea del lijado. El costo creciente de los materiales y de la mano de obra exigían la búsqueda de una solución. El lijado final se hacía con lijadoras de doble banda, utilizándose primero una banda de granulación 180 y después otra de granulación 240.

Problema

El problema consistía en mejorar las operaciones de lijado final reduciendo apreciablemente la tasa de rechazos o, en lo posible, eliminando los rechazos por completo.

Análisis del problema

Las pérdidas de la empresa a causa del lijado excesivo, que comía la chapa, se calculaban en 6.093 dólares anuales.

El control de la labor de los seis operarios asignados a la lijadora no mostró una variación apreciable de la tasa de rechazos imputable a cada uno de ellos.

Todos los rechazos se debían al lijado que comía la chapa en el canto de los tableros.

Se probó la primera pasada de lija con una banda de granulación 200 y la segunda con una banda de granulación 280. La tasa de rechazos descendió al 4%, pero la producción se redujo al 75% de la norma. Este resultado seguía siendo inaceptable para la empresa.

Un análisis minucioso de las operaciones de lijado indicó que el 90% de los rechazos ocurrían durante las siguientes fases dentro del ciclo de trabajo diario de los operarios:

- La primera media hora de la jornada de trabajo;
- La media hora siguiente a cada pausa;
- Media hora antes de la finalización del turno de trabajo.

Estas comprobaciones indicaban que:

a) El operario necesitaba alrededor de media hora para recuperar su habilidad habitual y aplicar la presión correcta después de cada período de descanso;

b) En la última media hora de trabajo de cada turno la fatiga hacía perder la "mano" al obrero.

El departamento de ingeniería industrial recomendó la adquisición o fabricación de una máquina de lijar tableros que aplicara una presión uniforme de la banda de lija sobre la superficie del tablero, sin tener que depender de la disposición física o mental del operario para el trabajo.

Opciones posibles

Se consideraron posibles las siguientes opciones:

a) Importar, instalar y poner en funcionamiento una lijadora de doble banda ancha, con mecanismos de alimentación y de control de la presión de la banda de lija, a un costo total de 9.500 dólares;

b) Proyectar y fabricar una máquina lijadora especial en el taller de máquinas de la empresa, a un costo total de 9.750 dólares puesta en marcha;

c) Proyectar la máquina en el departamento de ingeniería de la empresa, encomendar su fabricación a un taller local de máquinas y hacerla instalar luego por el personal de la empresa, a un costo total de 9.500 dólares puesta en marcha.

Evaluación de las opciones

La opción a) tomaría seis meses desde la fecha en que se encargara la lijadora de banda ancha hasta su puesta en marcha, o una pérdida adicional de 3.046 dólares hasta que se resolviera el problema del lijado excesivo de la chapa. La máquina también requeriría un operario más en el extremo de descarga de los tableros. No obstante, se podría emplear un operario menos calificado para alimentar la máquina. Se estimaba que la máquina resolvería enteramente el problema del lijado excesivo. La capacidad de lijado se incrementaría en un 300%.

Las opciones b) y c) exigirían 60 días para poderr estar en condiciones de funcionamiento, y se esperaba que reducirían la tasa de rechazos a menos del 1%, y que todos los rechazos exigirían solamente reparaciones menores. En ambas opciones la máquina podría ser atendida por un solo operario. Se estimaba que la capacidad de lijado aumentaría un 50%. La calificación requerida del operario de la máquina sería dos grados menor que la del operario actual.

El costo comparado de las opciones era el siguiente (en dólares):

<u>Concepto</u>	<u>Opción a)</u>	<u>Opción b)</u>	<u>Opción c)</u>
Costos (basado en un período de amortización de 5 años)			
Compra e instalación de la máquina	9 500	9 750	9 300
Mano de obra	6 200	3 100	3 100
Banda de lija	9 500	6 500	6 500
Energía y aire comprimido	4 500	2 700	2 700
Otros suministros de mantenimiento	<u>3 200</u>	<u>2 850</u>	<u>2 850</u>
Costo total en 5 años	32 900	24 900	24 900
Beneficios			
Ahorro anual en reparaciones y recuperación de los materiales perdidos por rechazo	6 093	5 077	5 077
Valor total de las economías de materiales en 5 años	30 465	25 385	25 385

Período de amortización

Para asegurarse de que las propuestas eran compatibles con la política de la empresa, que exigía un período de amortización de dos años como máximo para tales proyectos, se determinaron los siguientes períodos de amortización:

<u>Opción</u>	<u>Período de amortización (meses)</u>
a)	19
b)	23
c)	23

Inversión máxima admisible para el proyecto

La inversión máxima admisible para el proyecto se calculó a base de la fórmula que figura en la sección A del capítulo III, utilizando los siguientes valores para las variables: $i = 14\%$ anual, $n = 5$ años, $N = 310$ días de 8 horas de trabajo al año = 2.480 horas anuales, $Q_1 = 23$ tableros por hora, $Q_2 = 25$ tableros por hora, $m = 30$ centavos de dólar por hora, $w = 30$ centavos de dólar por hora, $p = 35\%$, $V_1 = 97$ centavos de dólar por hora y $V_2 = 83$ centavos de dólar por hora. El resultado fue $I = 17.000$ dólares.

La inversión neta real resultó de deducir del costo del proyecto el valor de reventa de la lijadora en uso, o sea (en dólares):

<u>Opción</u>			
a)	9 500	4 800	4 700
b)	9 750	4 800	4 950
c)	9 300	4 800	4 500

Así pues, las tres opciones estaban dentro del monto máximo de inversión admitido para el proyecto.

Decisión de la dirección de la empresa

En respuesta a la averiguación de la dirección de la empresa sobre las normas aplicables a la apertura de cartas de crédito para importación de maquinaria, el Banco Central informó que se exigía un depósito del 50% del valor nominal de la carta de crédito. El costo del dinero para la empresa era de un 20% anual. Por ello, a pesar de la aparente ventaja económica de la opción a), según se señaló en las secciones precedentes, el costo real del proyecto en esta opción se incrementaría en el monto que la empresa ganaría en seis meses si en lugar de depositar la suma exigida para abrir una cuenta de crédito mantenía ese dinero a su disposición, es decir, alrededor de 475 dólares. Por consiguiente, la inversión real en la opción a) sería de 9.975 dólares. Así pues, la dirección de la empresa decidió optar entre las opciones b) y c). La diferencia en el costo de los proyectos era de 450 dólares a favor de la opción c). La dirección consideró que esa suma era pequeña en comparación con la posibilidad que se le ofrecía al personal de ingeniería de la empresa de aprender a automatizar las máquinas de la fábrica. Por ello, decidió llevar a la práctica la opción b).

Las figuras 117 y 118 ilustran la solución de ABC con la opción c).

C. El caso de la dotación para la aplicación de mastique

Situación

La línea de aplicación de mastique del departamento de acabado de una fábrica de muebles hechos a base de tableros contaba con una dotación de ocho hombres, incluido el encargado del rociamiento. La producción era de 120

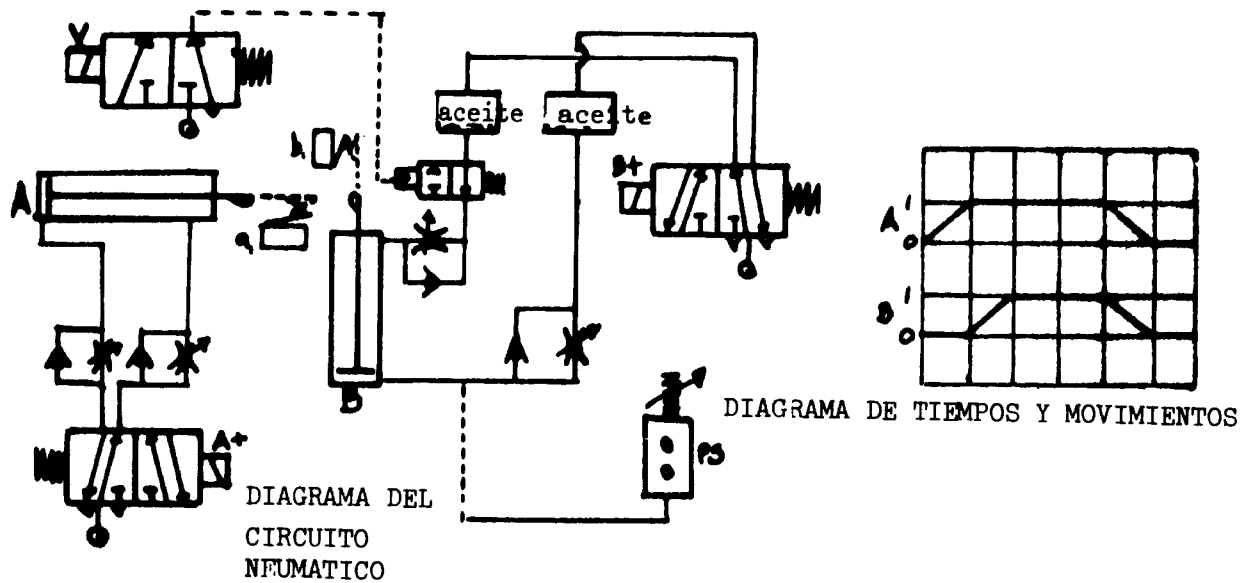
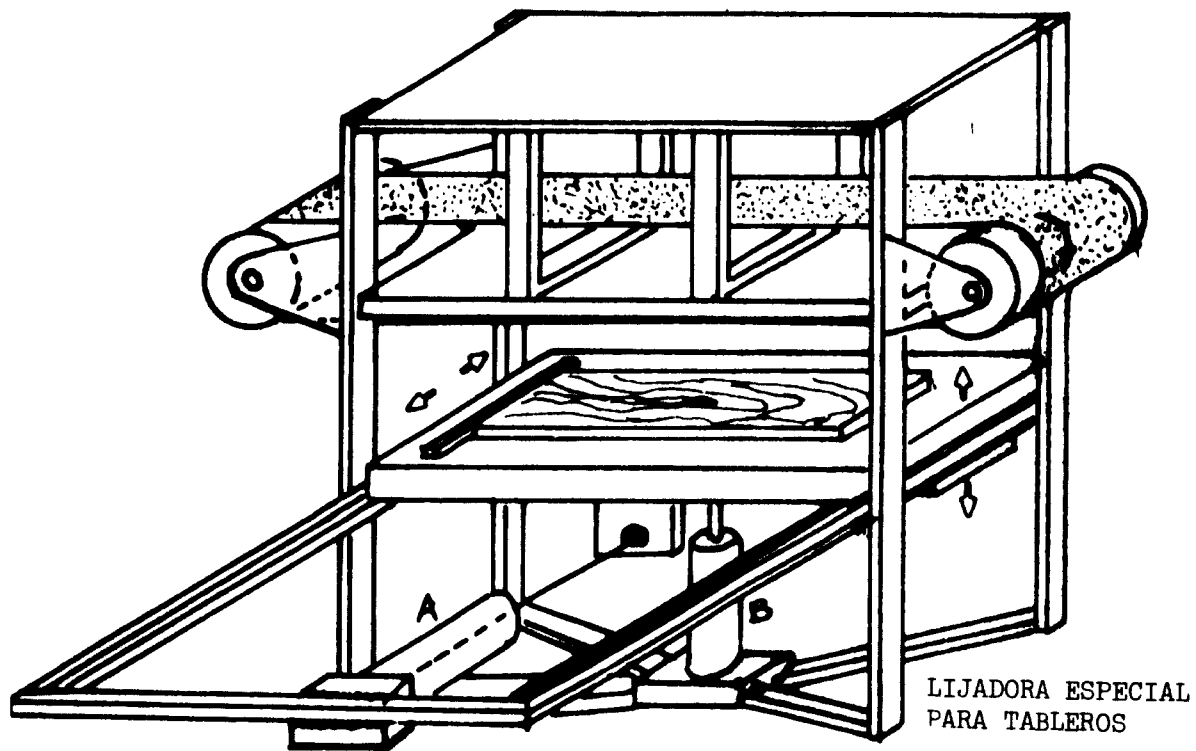


Figura 117. Solución de ABC para el problema de lijado y correspondiente diagrama de tiempos y movimientos

tableros por jornada de ocho horas, con un trabajo de calidad aceptable. La dirección de la empresa sostenía que la línea de aplicación de mastique podía funcionar con una dotación de cinco hombres, incluido el encargado del rociamiento, si se desarrollaba algún método para acelerar la fase de relleno por impregnación. Se encargó al departamento de ingeniería que resolviera el problema en forma inmediata.

La aplicación de mastique se realizaba de la manera siguiente:

- a) Rociamiento con la mezcla de mastique sobre la superficie y los cantos del tablero: un operario;

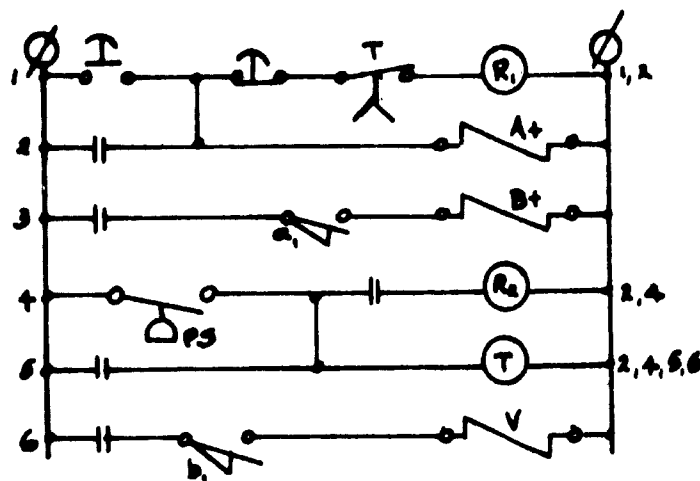


Figura 118. Diagrama del circuito eléctrico de la lijadora especial para tableros

- b) Secado por evaporación de la mezcla: sin intervención de mano de obra;
- c) Impregnación por frotación a mano: tres operarios;
- d) Eliminación del exceso de mastique de los tableros tratados: dos operarios;
- e) Inspección de los tableros tratados y reparación y retoque necesario: dos operarios.

Problema

El problema consistía en descubrir los embotellamientos en las operaciones y encontrar la forma de eliminarlos.

Análisis técnico del problema

La sección de ingeniería industrial efectuó un estudio de tiempos y movimientos de las operaciones y descubrió que las etapas de bajo rendimiento eran las de impregnación y eliminación del exceso de mastique.

Los experimentos demostraron que la forma más eficaz de efectuar la operación era mediante el movimiento combinado de impregnación y frotación con guatas de fieltro semiduro sobre la superficie de madera. La presión producida por el movimiento circular de frotación de la palma de la mano de los operarios sobre la superficie del tablero no era suficiente para hacer penetrar más profundamente los pigmentos de relleno en los poros del tablero. En consecuencia, la superficie del tablero se cubría excesivamente de material que resultaba difícil de eliminar una vez que había comenzado a secarse. En sus esfuerzos por limpiar adecuadamente la superficie del tablero los operarios arrancaban partículas de mastique de los poros rellenos, con el resultado de que un 40% de los tableros tenían que ser rociados nuevamente con mastique.

Opciones posibles

Se encontraron dos opciones posibles:

a) Importar una máquina rotatoria, cuyo costo era de 450 dólares instalada y puesta en marcha. Se estimó que esta solución reduciría la dotación necesaria para la tarea a cinco operarios y que aumentaría el rendimiento en un 30%;

b) Fabricar un aparato rotatorio portátil accionado por aire a un costo de 480 dólares instalado y puesto en marcha. Se estimó que esta solución también reduciría la dotación a cinco operarios, y que aumentaría el rendimiento en un 25%.

Evaluación de las opciones

La máquina rotatoria importada podía estar lista para funcionar seis meses después de pedida, en tanto que la máquina de fabricación local podía empezar a funcionar a los 60 días. La diferencia de costo era de tan sólo 30 dólares. La dirección de la empresa no podía esperar seis meses para ahorrar 30 dólares. Se impartieron instrucciones al departamento de ingeniería para que proyectara y fabricara la máquina portátil.

Inversión máxima admisible para el proyecto

Para que quedara constancia, el departamento de ingeniería hizo los cálculos de justificación económica de la máquina propuesta. La inversión máxima admisible I se calculó a base de la fórmula que figura en la sección A del Capítulo III, utilizando los siguientes valores para las variables: $i = 14\%$ anual, $n = 3$ años, $N = 310$ días anuales de 8 horas = 2.480 horas anuales, $Q_1 = 15$ tableros por hora, $Q_2 = 18,5$ tableros por hora, $m = 0$, porque no se utilizaba ninguna máquina, $w = 30$ centavos de dólar por hora, jornal medio directo por hora de la dotación del sistema de aplicación de mastique, $p = 35\%$, $V_1 = 18$ centavos de dólar por hora, y $V_2 = 26$ centavos de dólar por hora. El resultado fue $I = 4.130$ dólares.

El costo del proyecto, estimado en 480 dólares, resultó muy inferior a la inversión máxima admisible.

Período de amortización

Para que quedara constancia, se determinó asimismo el plazo de amortización del siguiente modo (en dólares):

<u>Costo (3 años)</u>	<u>Actual</u>	<u>Propuesto</u>
Máquina, instalada y puesta en marcha		480
Mano de obra directa	2 332	1 395
Energía y aire comprimido	840	970
Suministros y repuestos		220
Gastos administrativos	1 166	698
Total	4 338	3 763

Economía neta $4\ 338 - 3\ 763 = 575$ en 3 años, o sea 191,67 por año

Período de amortización $\frac{480,00}{191,67} = 2,5$ años

Decisión de la dirección de la empresa

La dirección asignó más importancia al monto reducido de la inversión requerida y decidió pasar por alto la política de la empresa que fijaba en dos años como máximo el período de amortización de este proyecto. Confirmó asimismo su decisión anterior de proceder a la fabricación de la máquina rotatoria portátil. En la figura 119 se ven el diseño de esta máquina y el correspondiente circuito neumático.

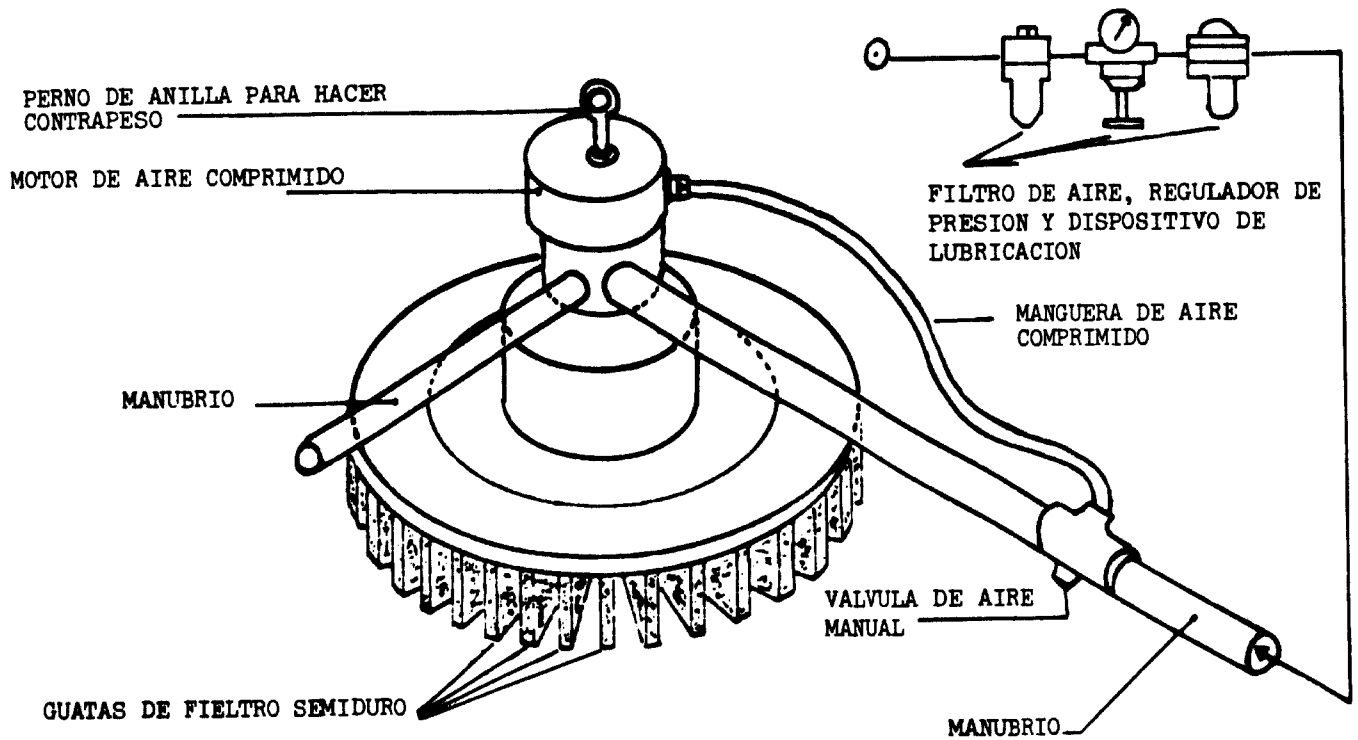


Figura 119. Máquina rotatoria para la aplicación de mastique

IX. Ejemplos de aplicaciones de la automatización de bajo costo

En este capítulo se presentan algunos otros ejemplos de aplicaciones de la ABC. Aunque los ejemplos corresponden a casos particulares, los circuitos también se pueden modificar para adaptarlos a otras necesidades. Como se ha indicado ya en este manual, la ABC es bastante flexible en sus aplicaciones; por ello, se puede utilizar un mismo circuito para aplicaciones diversas con tal de que los movimientos exigidos de los componentes sean similares.

A. Dispositivo de sujeción a base de manguera

Uno de los elementos más útiles que pueden adaptarse para su empleo en un sistema ABC en un taller de muebles o de ebanistería es la manguera de incendio común. Puesto que tal manguera puede soportar normalmente una presión interna de 20 barías, es fácil inyectar aire comprimido (por lo general a 10 barías) en un trozo de manguera, con lo que se consigue un dispositivo de sujeción barato y eficaz. Por su flexibilidad, estos dispositivos a base de manguera sirven incluso para sujetar componentes de madera curvada. La única adaptación necesaria es la de hermetizar de alguna manera cada extremo y ajustarle un válvula de neumático.

Como ejemplo, en la figura 120 puede verse un bastidor de prensa utilizado para sujetar marcos de puertas y de ventanas mientras se seca el encolado. Para obtener la sujeción basta conectar la manguera a un surtidor de aire a presión. Al desconectarse la manguera el dispositivo se afloja.

Este sistema de sujeción mediante manguera eliminó en una empresa el empleo de muchas prensas manuales que a veces dañaban el acabado del producto, y permitió aumentar la productividad de la mano de obra hasta en un 30%.

Costos de inversión

20 bastidores de sujeción	\$ 85
Manguera de incendio (de desecho)	-
Accesorios	50
Total	<u>\$135</u>

Condiciones anteriores a la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,10 por marco
Capacidad	16 marcos/día

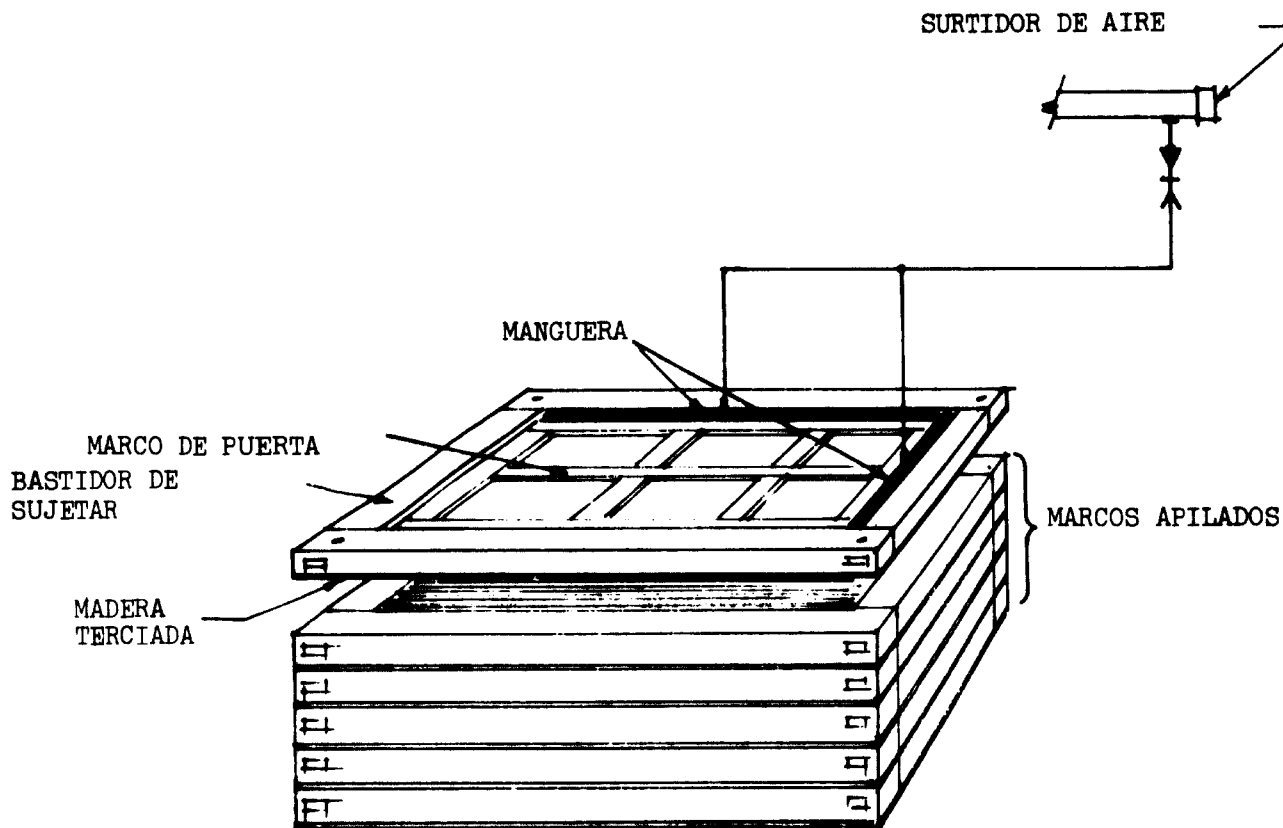


Figura 120. Dispositivo de sujeción a base de manguera

Condiciones después de la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,98 por marco
Capacidad	21 marcos/día

Beneficios

- Ahorro de \$0,20 en mano de obra por marco
- La inversión se amortizó con la producción de 6.750 marcos (12,4 meses)
- Aumentó la capacidad y mejoró la calidad
- Ahorro de espacio por apilado más compacto

B. Ribeteadora de cantos a base de manguera

La manguera de incendio se utiliza en este caso, en combinación con otros componentes (electroneumáticos), para formar una sencilla ribeteadora de cantos de tablero, como puede verse en la figura 121. Cuando se aprieta el botón de conexión la manguera se infla. Una vez lograda bastante presión en el interior de la manguera, el R₂ acciona la máquina soldadora y el contador de tiempo. La máquina soldadora está conectada a una placa delgada de cobre que termofija la chapa de madera. Al cabo de un lapso predeterminado el contador de tiempo desconecta la máquina soldadora y la válvula de la manguera, soltando así la pieza ya ribeteada.

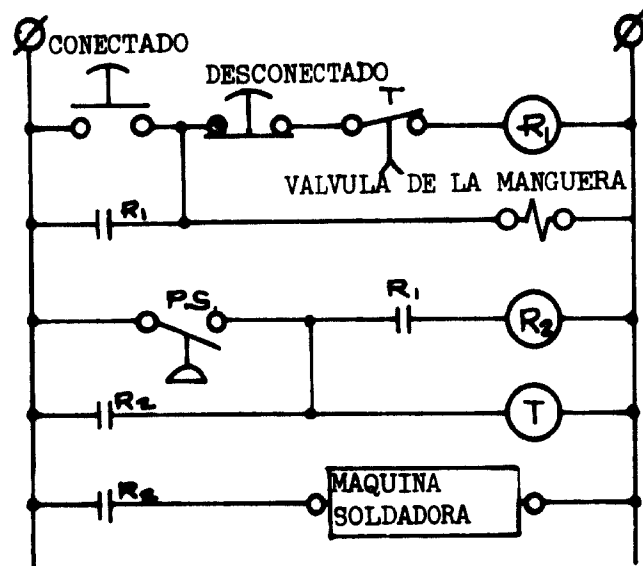
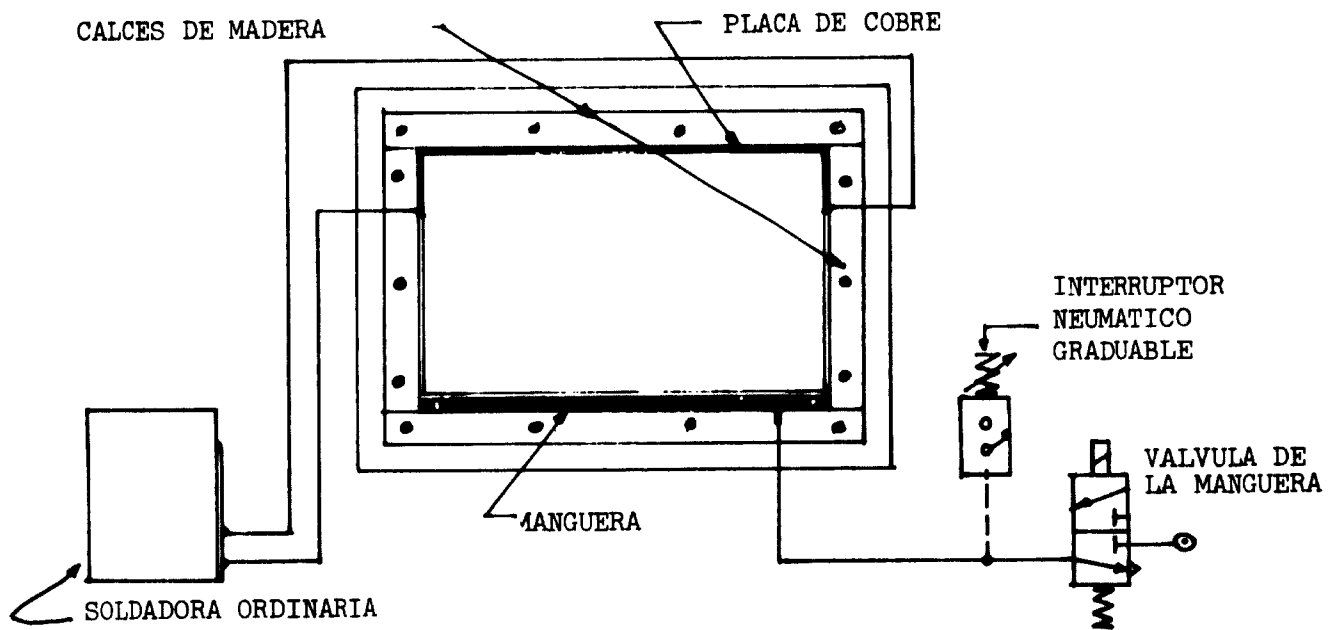


Figura 121. Ribeteadora de cantos a base de una manguera de incendio

Costos de inversión

El costo aproximado de los componentes es de \$113.

Beneficios

Mejor calentamiento de la chapa sobre los cantos, mejora de la calidad del producto y aumento de la producción en un 20%.

C. Montador de marcos de puerta

Para montar marcos de puerta puede utilizarse el dispositivo neumático ilustrado en la figura 122, compuesto de un cilindro de aire comprimido y una manguera de incendio. El botón de conexión acciona el cilindro de aire A. Una vez alcanzada en él cierta presión se infla la manguera de incendio, completándose así el montaje del marco. El botón de desconexión suelta las abrazaderas.

Una empresa consiguió casi cuadruplicar su capacidad de montaje, sin aumentar su personal, mediante la aplicación del sistema aquí descrito. Los datos siguientes proceden de una fábrica de marcos de ventana.

Costos de inversión

Componentes de ABC	\$291
Plantillas	225
Manguera de incendio (de desecho)	-
Total	<u>\$516</u>

Condiciones anteriores a la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	0,06 por marco
Capacidad	21 marcos/día

Condiciones después de la introducción de la ABC

Costo de la mano de obra	\$0,0107 por marco
Capacidad	104 marcos/día

Beneficios

Ahorro de \$0,0493 en mano de obra por marco
La inversión se amortizó en tres meses
Mejoró la calidad

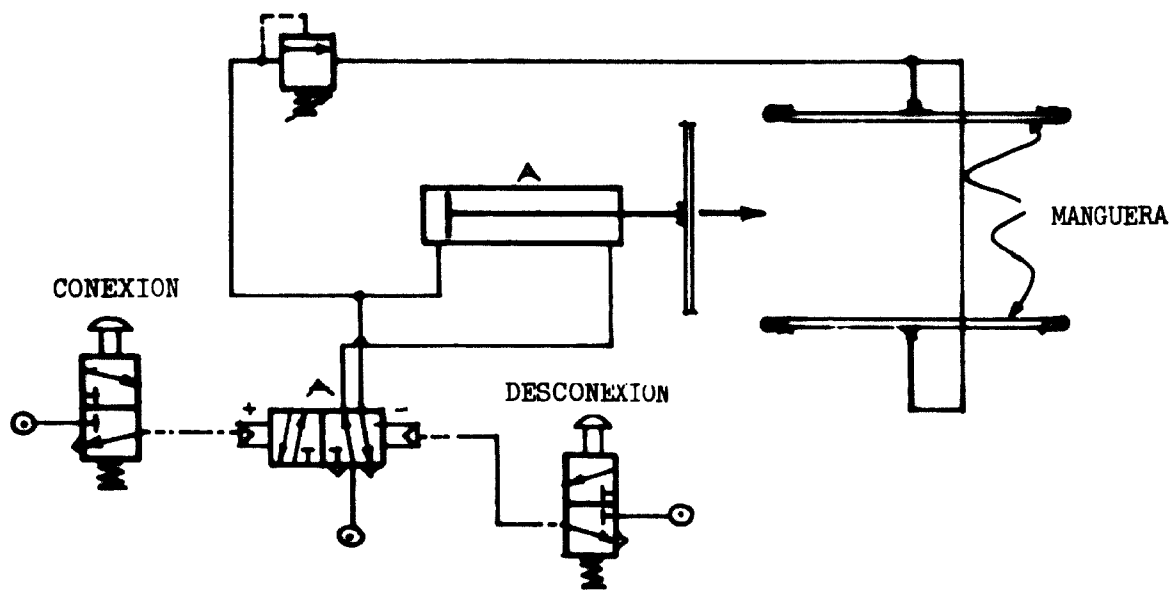
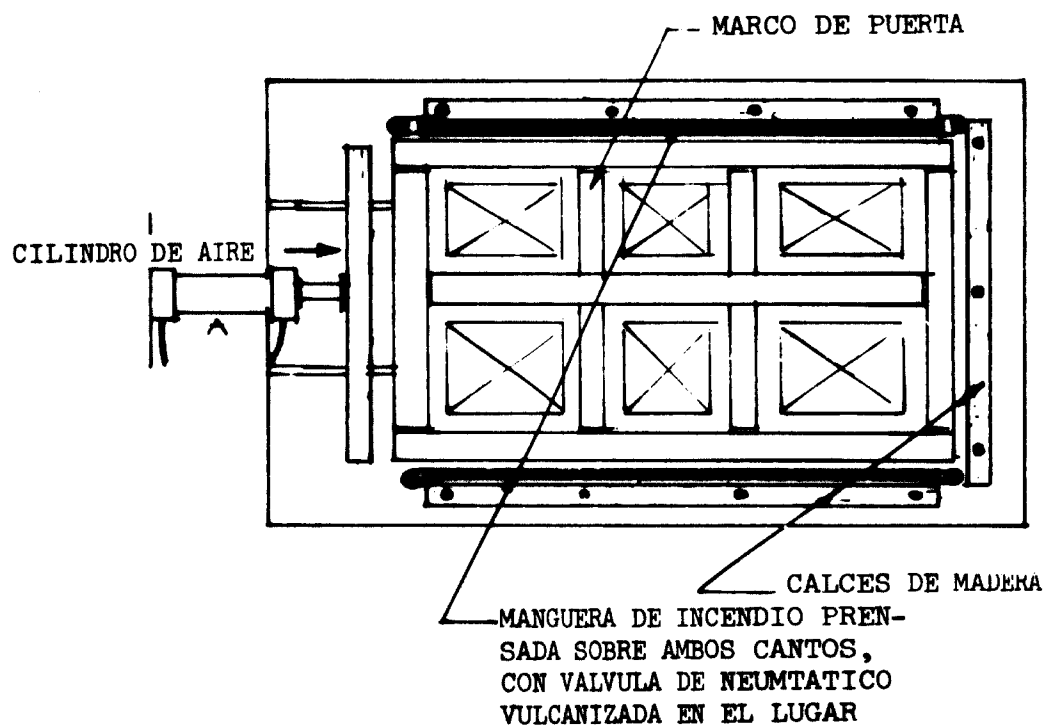


Figura 122. Montadora de marcos de puerta

D. Clavadora neumática de clavos largos

Las operaciones de clavado se pueden mejorar generalmente mediante el empleo de clavadoras neumáticas. Sin embargo, en ocasiones es preciso utilizar clavos muy largos (de más de 4 pulgadas), que no se pueden cargar con facilidad en las clavadoras normales. Cuando no hay clavadoras neumáticas especiales, se sugiere el empleo del sistema que puede verse en la figura 123, si lo que hace falta es una clavadora capaz de introducir clavos largos. Aunque este sistema es de funcionamiento más lento que la clavadora corriente, puede facilitar algunos problemas engorrosos de clavado. Es fácil de adaptar a necesidades concretas.

Su costo aproximado es de unos 1.025 dólares, 550 de los cuales corresponden a componentes de ABC y 475 a plantillas, accesorios, etc.

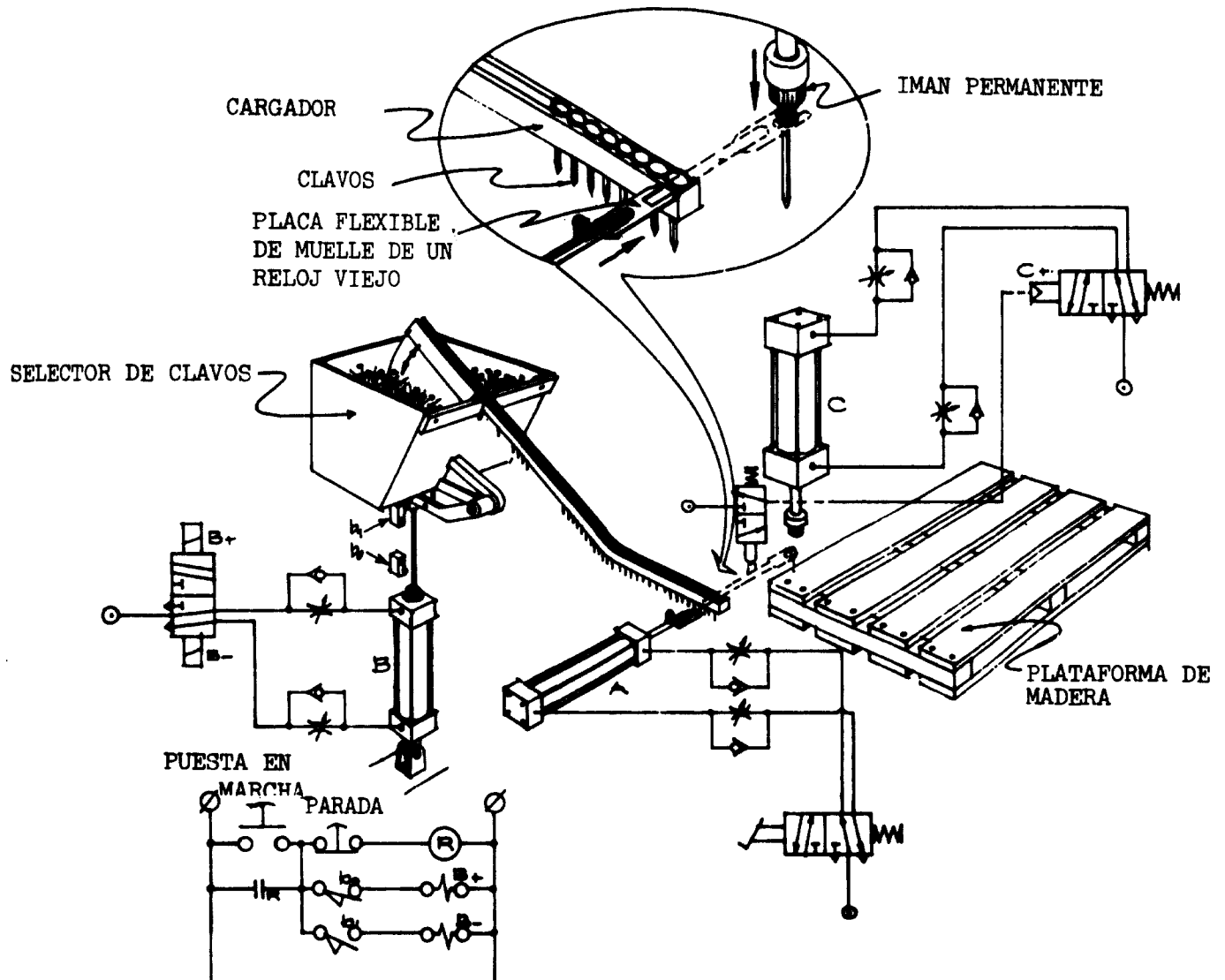


Figura 123. Clavadora neumática de clavos largos

E. Remachadora neumática de percusión

Mediante el empleo de un cilindro de percusión se pueden desarrollar enormes fuerzas instantáneas. Por ejemplo, un cilindro percusor de 4 pulgadas alimentado con aire a 7 barías puede producir una fuerza de aproximadamente 2 toneladas. Los cilindros percusores pueden utilizarse para remachar y para insertar placas de articulaciones metálicas.

El dispositivo presentado en la figura 124 aceleró el remachado de patas de sillas plegables en el departamento de trabajo metálico de una fábrica de muebles. ¡Advertencia! El cilindro de percusión puede ocasionar heridas

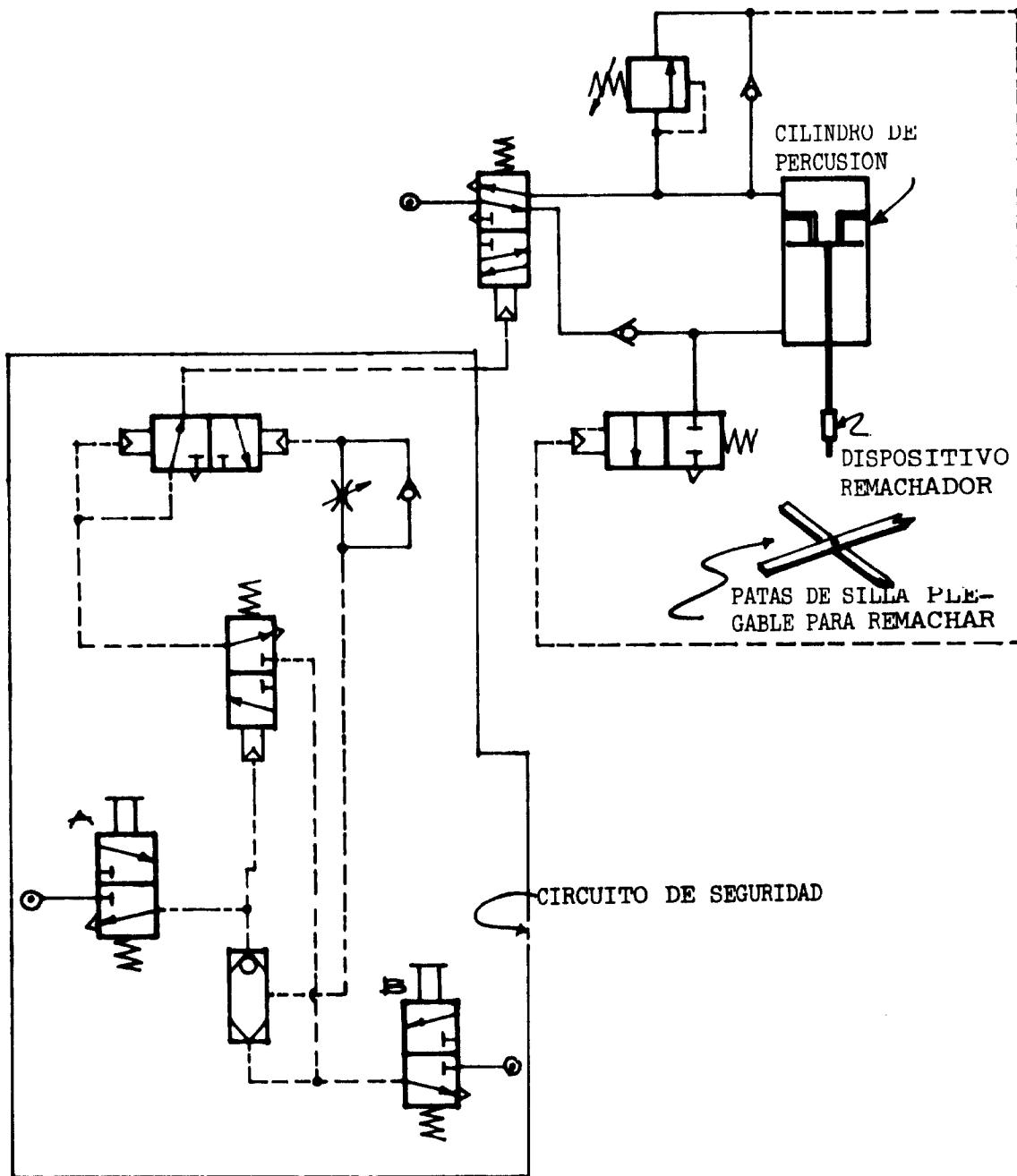


Figura 124. Remachadora neumática de percusión

graves a quien acerque accidentalmente la mano. No debe omitirse el circuito de seguridad indicado en la figura, que funciona del siguiente modo: el operario debe impulsar las válvulas A y B al mismo tiempo, usando una mano para cada válvula, para accionar el cilindro. El cilindro no funciona si las válvulas se impulsan sucesivamente.

Una empresa consiguió con este dispositivo los siguientes resultados:

Costos de inversión

Los costos de montaje fueron de \$635 aproximadamente

Condiciones anteriores a la ABC

Capacidad	120 sillas/día
Costo de la mano de obra (2 operarios, uno para colocar el remache, el otro para fijarlo)	\$0,0375 por silla

Condiciones después de la ABC

Capacidad	600 sillas/día
Costo de la mano de obra (2 operarios, como antes)	\$0,009 por silla
Costo de la energía	\$0,012 por silla

Beneficios

Ahorro de \$0,0165 por silla
La inversión se amortizó en dos semanas
Mejoró la calidad del remachado

F. Mecanismo de alimentación de un cepillo regresador

Un mecanismo de alimentación accionado por un sistema oleoneumático consigue posicionar las piezas de trabajo con mucha mayor precisión que un sistema puramente neumático, puesto que el aceite no es compresible. En el ejemplo de la figura 125, el émbolo del cilindro A se desplaza realmente por el aceite sometido a una fuerte presión neumática. Al pulsar el botón de conexión, ese cilindro eleva la pila de tableros hasta que el tablero superior acciona el interruptor de fin de carrera S. Esto hace que la válvula Y cierre la válvula X, la que a su vez corta la entrada de aceite en el cilindro A, interrumpiendo así su movimiento ascendente. Entonces, el cilindro B retrocede y arrastra el tablero superior hacia el regresador, y cuando se acciona el interruptor de fin de carrera b_0 , vuelve a avanzar. (El cilindro B está equipado con una rueda ordinaria de bicicleta acoplada con una

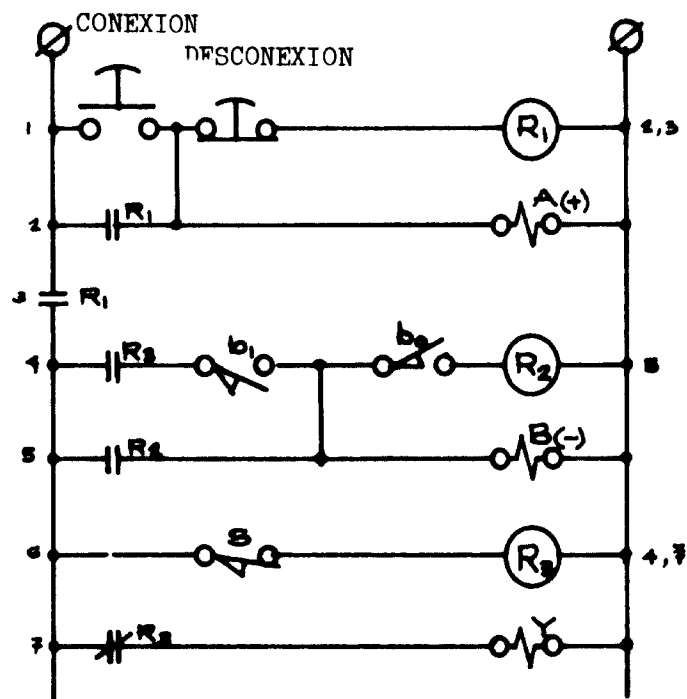
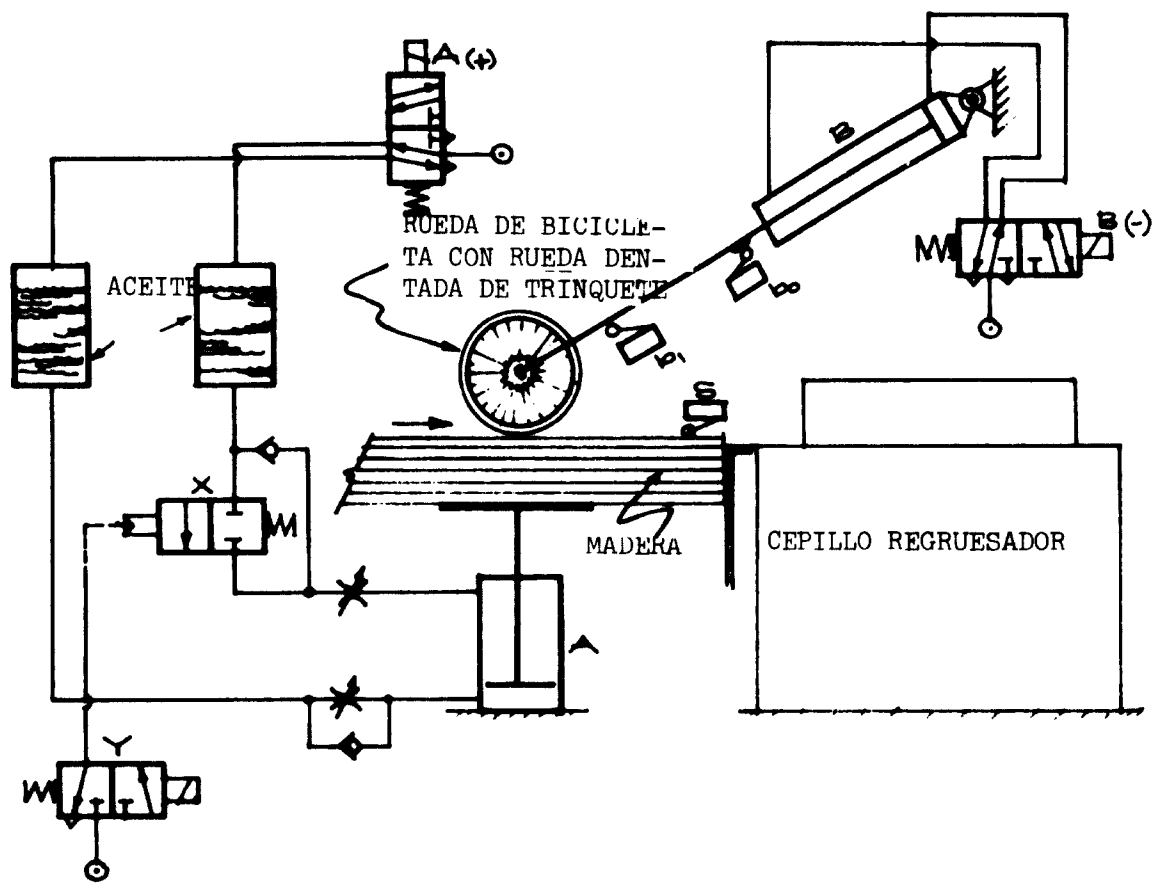


Figura 125. Mecanismo de alimentación de un cepillo regruesador

rueda dentada de trinquete que no le permite deslizar la madera más que en un solo sentido.) Cuando el tablero superior ha sido alimentado y no está ya sobre la pila, se abre el interruptor S, y el ciclo se repite hasta que todos los tableros de la pila han sido alimentados a la máquina.

Costos de inversión

Componentes de ABC	\$636
Componentes y accesorios fabricados en el taller	175
Total	<u>\$811</u>

Condiciones anteriores a la ABC

Número de operarios	2 (uno alimenta y el otro apila la madera trabajada)
Total de salarios	\$4,50 por día
Gastos fijos de la máquina	\$250 por año
Utilización de la máquina (tiempo productivo directo)	50%

Condiciones después de la ABC

Número de operarios	1 (ya no hace falta el alimentador)
Utilización del equipo	90%

Beneficios

Ahorros en mano de obra	\$2,50 por día
Ahorro por una mejor utilización de la maquinaria	\$100,00 por año

G. Taladradora automática

Una de las herramientas más corrientes en una fábrica de muebles o taller de ebanistería es la taladradora. Se utiliza mucho en el taladrado de agujeros ordinarios y orificios para clavijas, y para hacer mortajas.

Un proceso de perforación automatizado requiere un avance rápido del taladro hasta la pieza y un avance controlado cuando la barrena ha alcanzado la pieza por taladrar. Además, el taladro debe retroceder, rápidamente en el instante en que se haya alcanzado la profundidad deseada. Es importante asimismo que la pieza esté bien sujeta, sobre todo porque así se evitan accidentes.

En la figura 126a se ve cómo se automatizó una taladradora anticuada para mejorar su rendimiento. Se le incorporó un cilindro neumático en tándem con

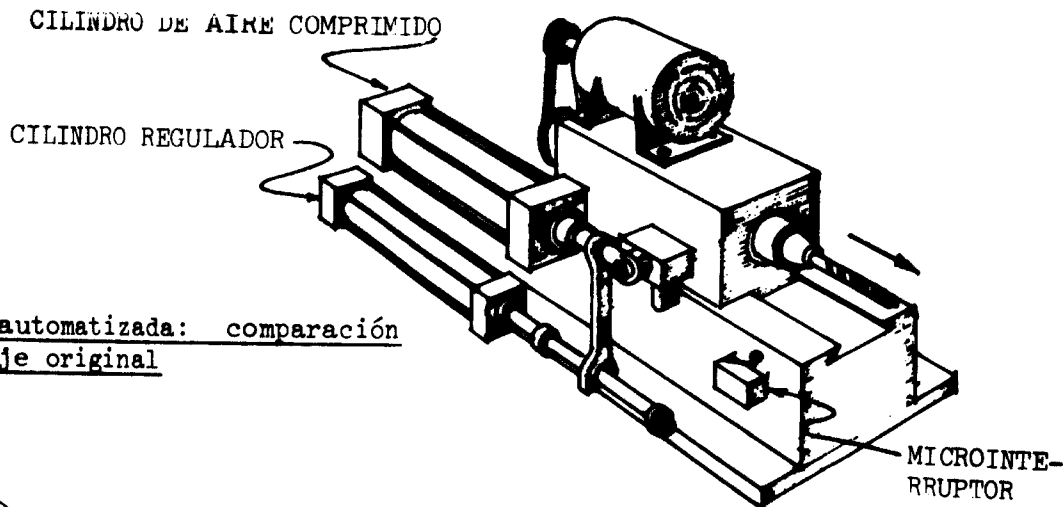
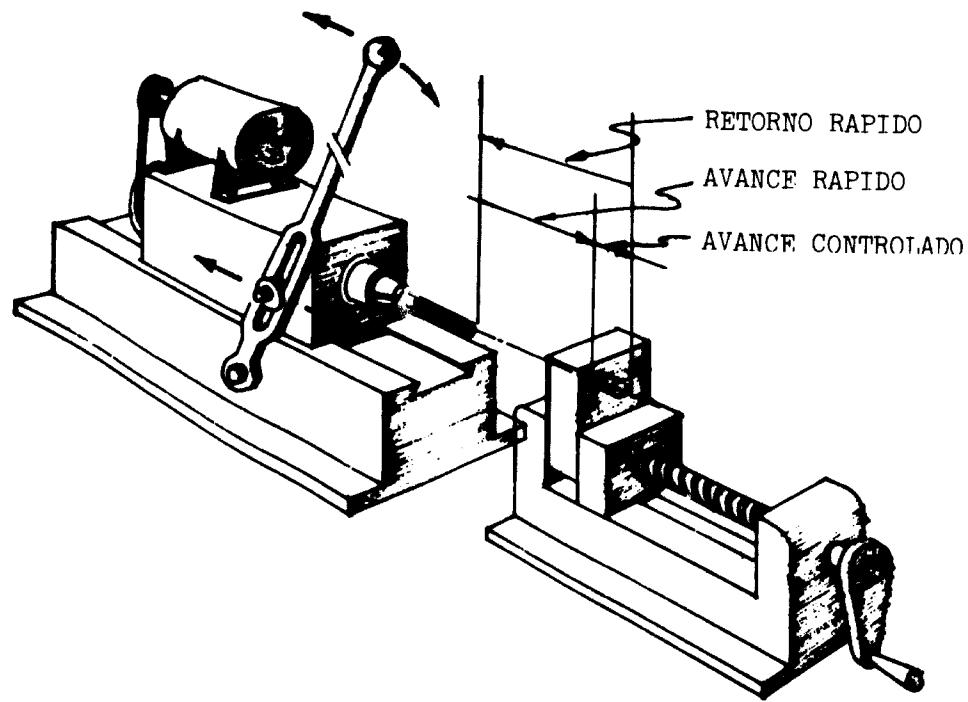


Figura 126a.
Taladradora automatizada: comparación con el montaje original

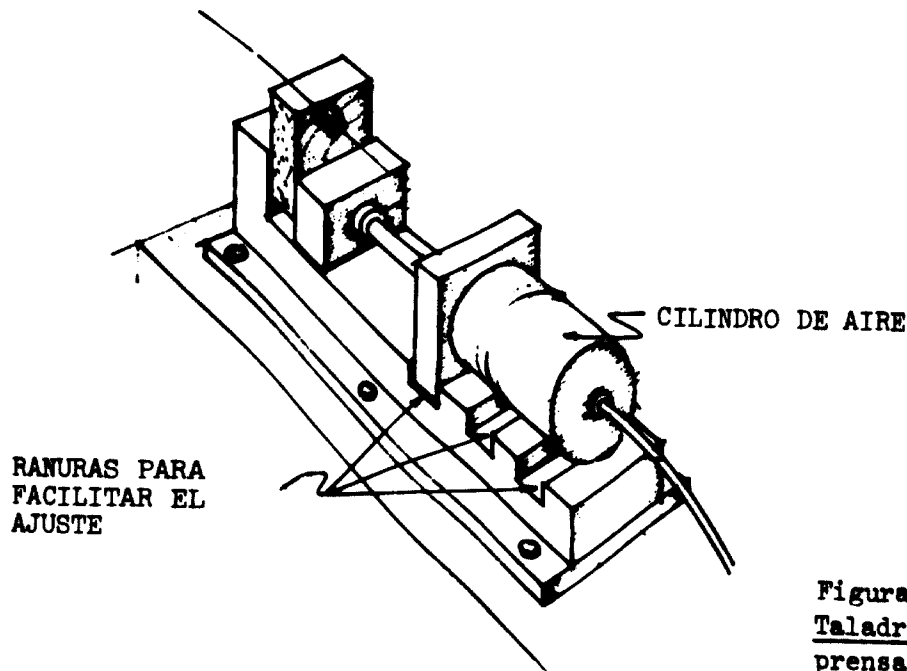
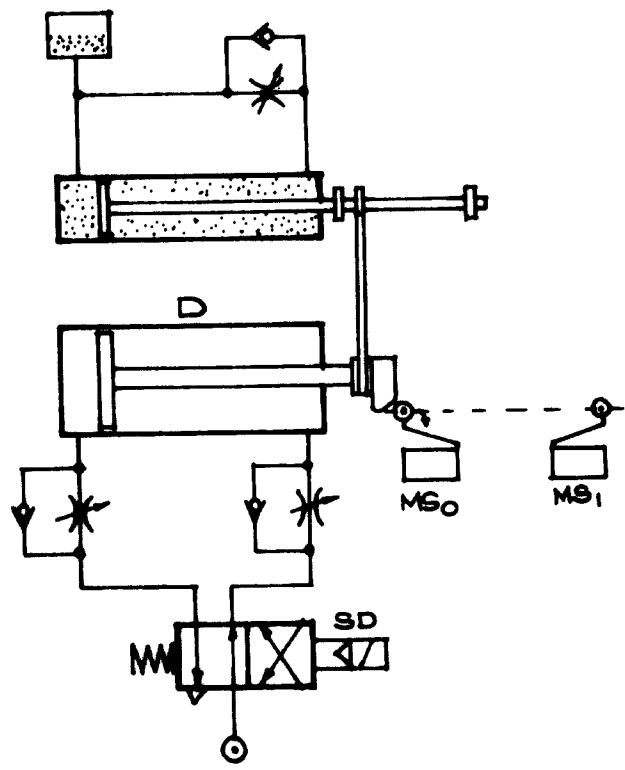
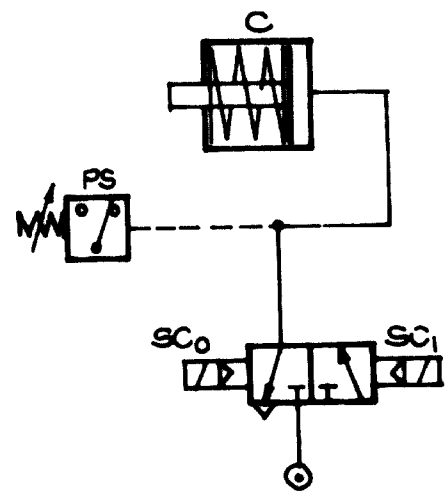


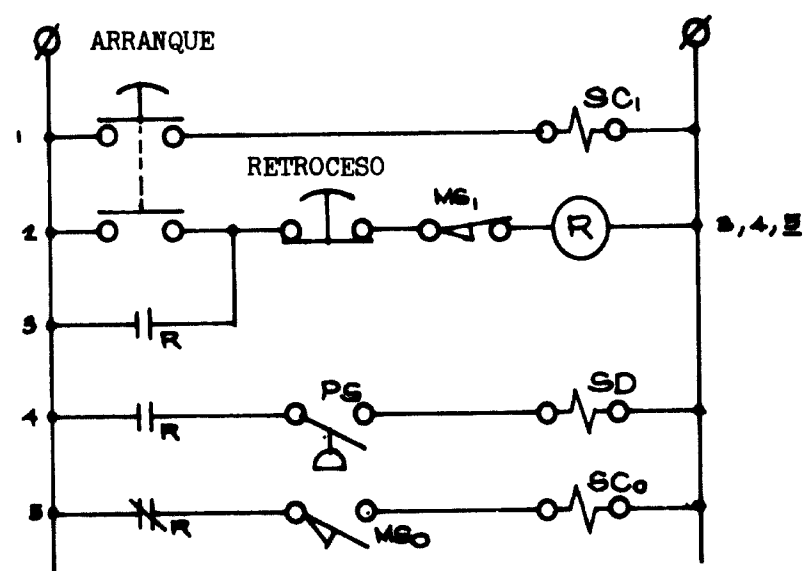
Figura 126b.
Taladradora automatizada: prensa neumática



DISPOSITIVO DE TALADRAR



DISPOSITIVO DE SUJECION



CIRCUITO ELECTRICO

Figura 126c. Taladradora automatizada: diagramas de los circuitos neumático y eléctrico

un cilindro regulador, de aceite, para obtener un avance rápido y una alimentación controlada de la barrena. El ajuste de la tuerca del dispositivo de tándem determina hasta dónde debe llegar el avance rápido del taladro. El ajuste de la posición del microinterruptor determina la profundidad de perforación.

La figura 126b muestra cómo se hizo la conversión de la prensa para funcionamiento neumático. Por los diagramas de la figura 126c se ve que el botón de arranque acciona la prensa, pero que el interruptor de presión (PS) asegura que la perforación no comenzará hasta que la pieza esté firmemente sujeta. Una vez alcanzada la profundidad deseada, MS₁ hace retroceder el taladro y, a continuación, MS₀ afloja la prensa de sujeción.

Costos de inversión

El costo aproximado de los accesorios es de unos \$500.

Beneficios

Con este sistema se ha triplicado la capacidad de mortajado.

H. Prensa taladradora automatizada

En la figura 127a puede verse otra prensa taladradora ordinaria a la que se ha incorporado un cilindro de aire comprimido y un cilindro regulador de aceite. En el diagrama del circuito de la figura 127b se observa que la taladradora puede funcionar en régimen de carrera única o de carrera múltiple, en el primer caso para operaciones de perforación ordinaria y en el segundo para operaciones en serie de mortajar con mortajadora de cincel.

El costo aproximado de los componentes es de \$400.

Costos de inversión

Componentes de ABC	\$180
Costo de construcción de dispositivos para el aparato	<u>\$120</u>
Total	\$300

Condiciones anteriores a la ABC

Costo por rechazos de agujeros mal alineados	\$4,00 por día
Capacidad (2 operarios calificados)	150 unidades/día

Condiciones después de la ABC

Costo por rechazos	\$0,80 por día
Capacidad	450 unidades/día

Beneficios

Número de operarios reducido a uno (semicalificado) para alimentar al equipo solamente.

La inversión se amortizó en tres meses, con las economías hechas por la disminución de los rechazos y la reducción de personal solamente.

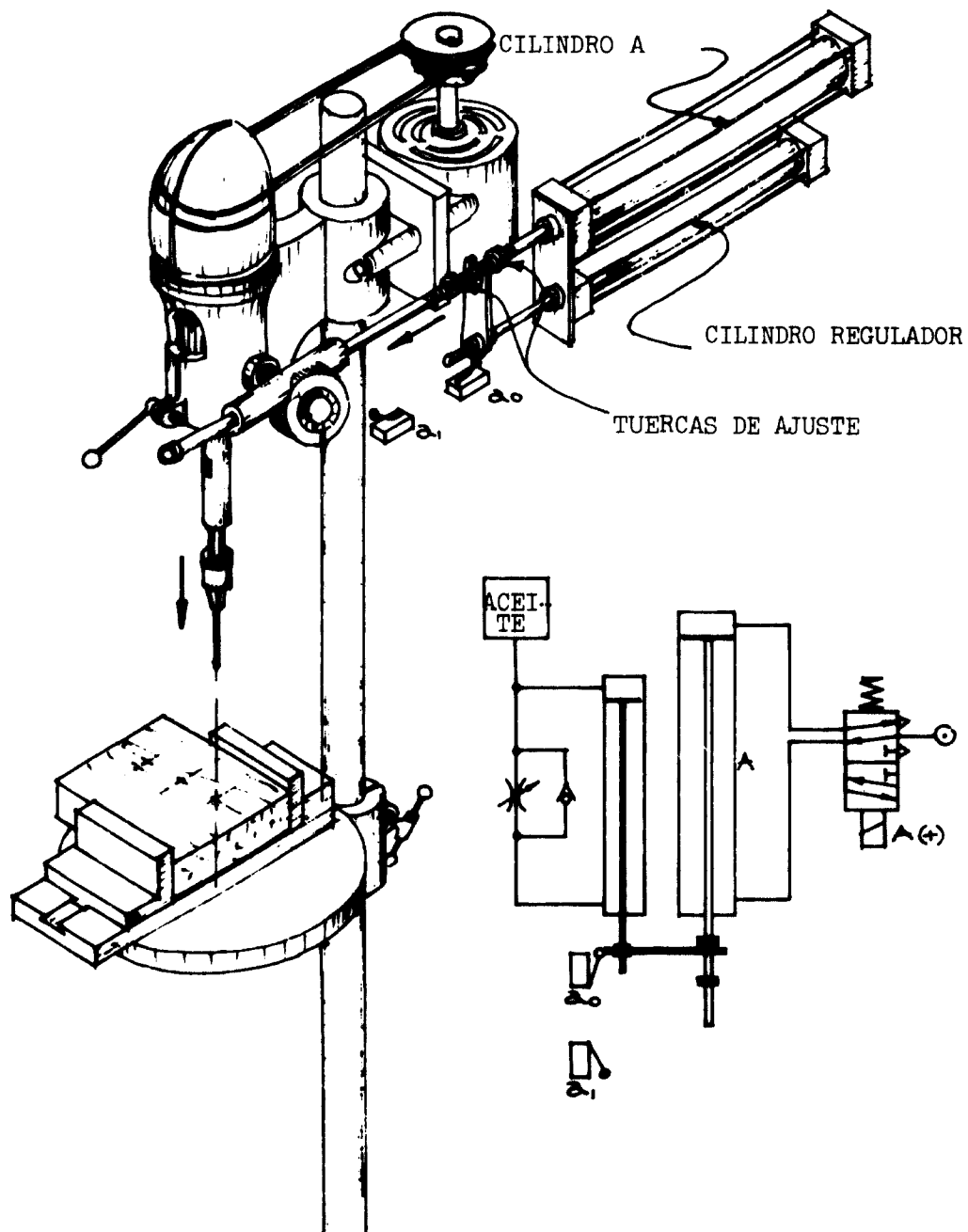


Figura 127a. Prensa taladradora automatizada: diagrama y circuito neumático

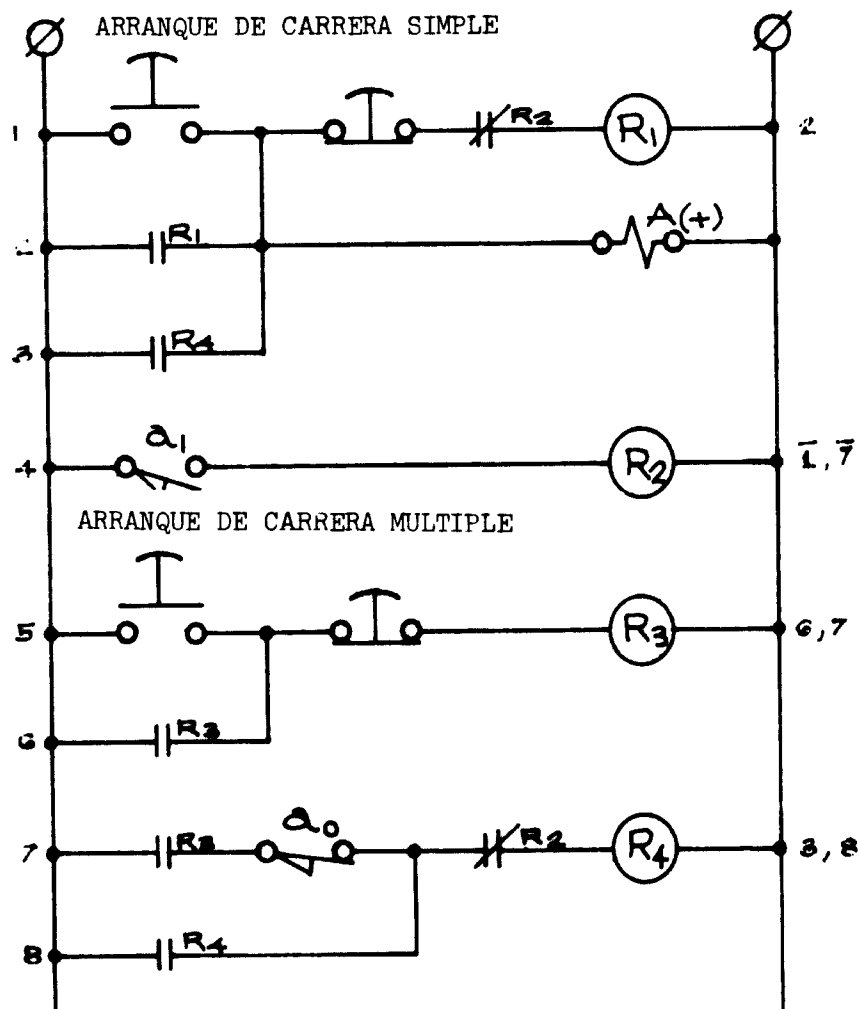


Figura 127b. Prensa taladradora automatizada: diagrama del circuito eléctrico

I. Mortajadora para cerraduras de puerta

Con la mortajadora automática para cerraduras de puerta de las figuras 128a y 128b se asegura la uniformidad y calidad del trabajo. Para obtener la velocidad precisa de avance de la fresadora y la mortajadora se utilizan cilindros reguladores. En cuanto se acciona el mando de puesta en marcha, lo que se hace una vez fijada la puerta en la plantilla posicionadora, todo funciona automáticamente. El interruptor de final de carrera b_1 determina la profundidad de la mortaja.

Costos de inversión

El costo aproximado de los componentes es de \$760.

Beneficios

Con esta aplicación de la ABC puede aumentarse la producción hasta en un 300%.

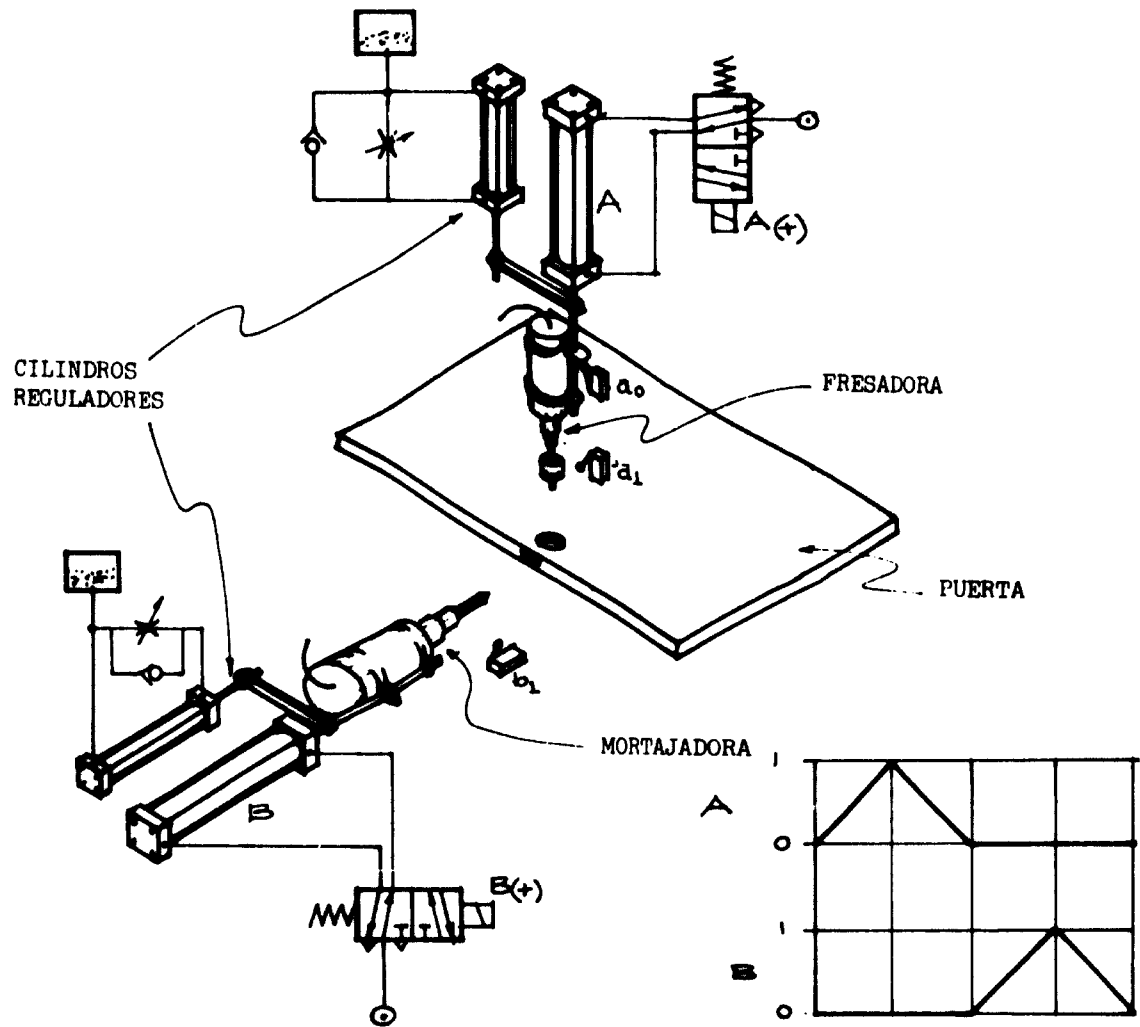


Figura 128a. Mortajadora para cerraduras de puerta: diagrama de tiempos y movimientos

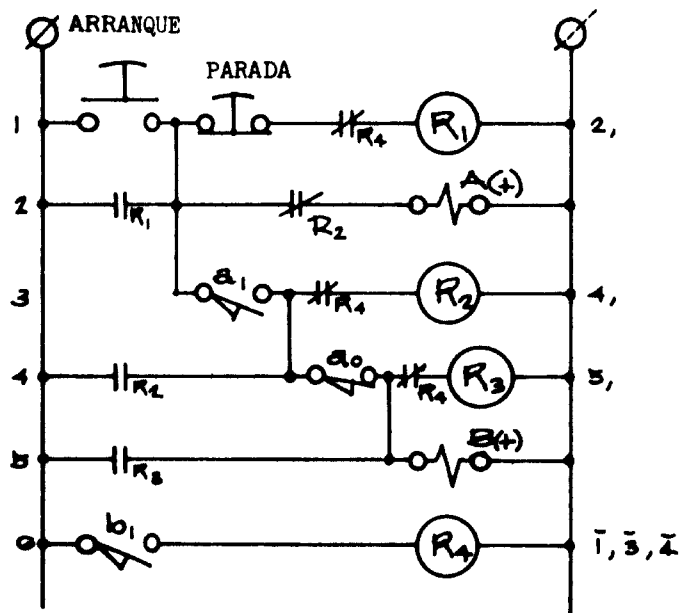


Figura 128b. Mortajadora para cerraduras de puerta: diagrama del circuito eléctrico

J. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas

En cierta fábrica, una de las operaciones que creaban más problemas en la fabricación de cajas para bebidas era la construcción de las particiones (compartimentos). Llevaba demasiado tiempo, era insegura y el control de calidad resultaba difícil. Las particiones se ranuraban en tres puntos, con una profundidad determinada de antemano, haciéndolas avanzar contra tres sierras paralelas, hasta cierta distancia.

Las figuras 129a-129c muestran la solución de ABC. La pila de particiones por ranurar se colocan en un depósito alimentador de donde las piezas avanzan automáticamente hacia las hojas de las sierras en posición vertical.

Costos de inversión

Costo total del proyecto \$2.165.

Beneficios

Merced al nuevo sistema se incrementó la producción en un 500% y se mejoró considerablemente la calidad. Además, el aumento de capacidad permitió la negociación de un contrato para exportar componentes.

K. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión

Las figuras 130a-130c muestran una máquina de ABC empleada por un fabricante de cajas de receptores de radio y televisión para ejecutar la difícil operación de ranurar la pantalla acústica de madera terciada de los altavoces. Antes el ranurado se practicaba haciendo pasar el panel de madera terciada por una fresadora provista de una guía de madera en el borde para asegurar la rectitud de las ranuras. Muchas de las piezas así terminadas tenían que rechazarse.

En la solución de ABC las ranuras se practican con una sierra mecánica que avanza a través de la madera impulsada por el cilindro B. El cilindro oleoneumático A hace pasar la madera terciada, con toda precisión, por las sucesivas operaciones de ranurado. Para conseguir un posicionado exacto de las ranuras es necesario emplear un sistema oleoneumático (con un sistema puramente neumático no se lograría el mismo resultado). La posición de los interruptores de final de carrera determina la de las ranuras. Además, según el número de ranuras que se desee, pueden agregarse al circuito más cantidad de estos interruptores, con sus correspondientes relés.

Costos de inversión

Costo total del proyecto, \$2.600.

Beneficios

Con esta solución de ABC se aumentó la capacidad de la planta en un 250%, y el total de piezas rechazadas quedó reducido a un número insignificante, lo que supuso una economía de \$8,250 al año. Lo que es más importante aún, pudo reducirse el número de operarios calificados que se empleaban en la operación.

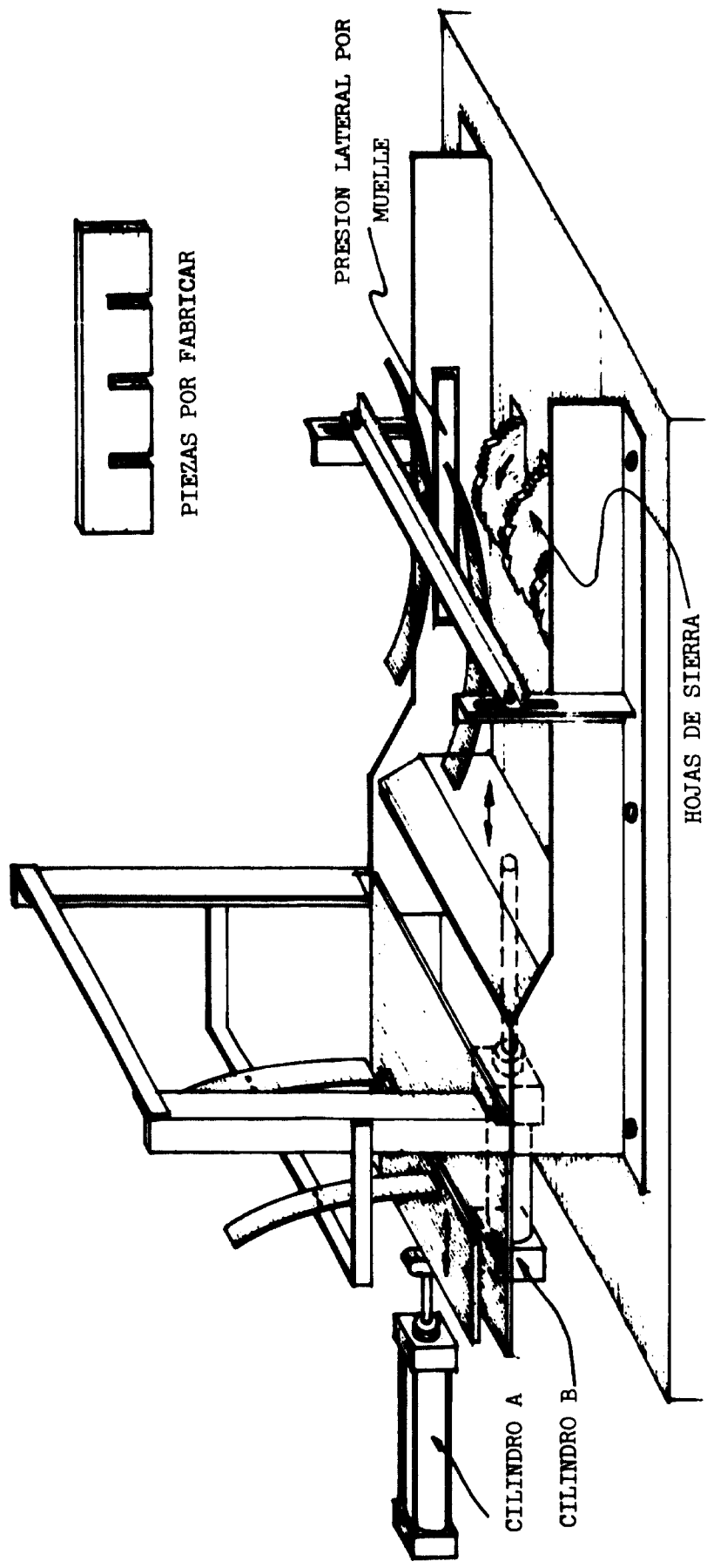


Figura 129a. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas: vista de conjunto

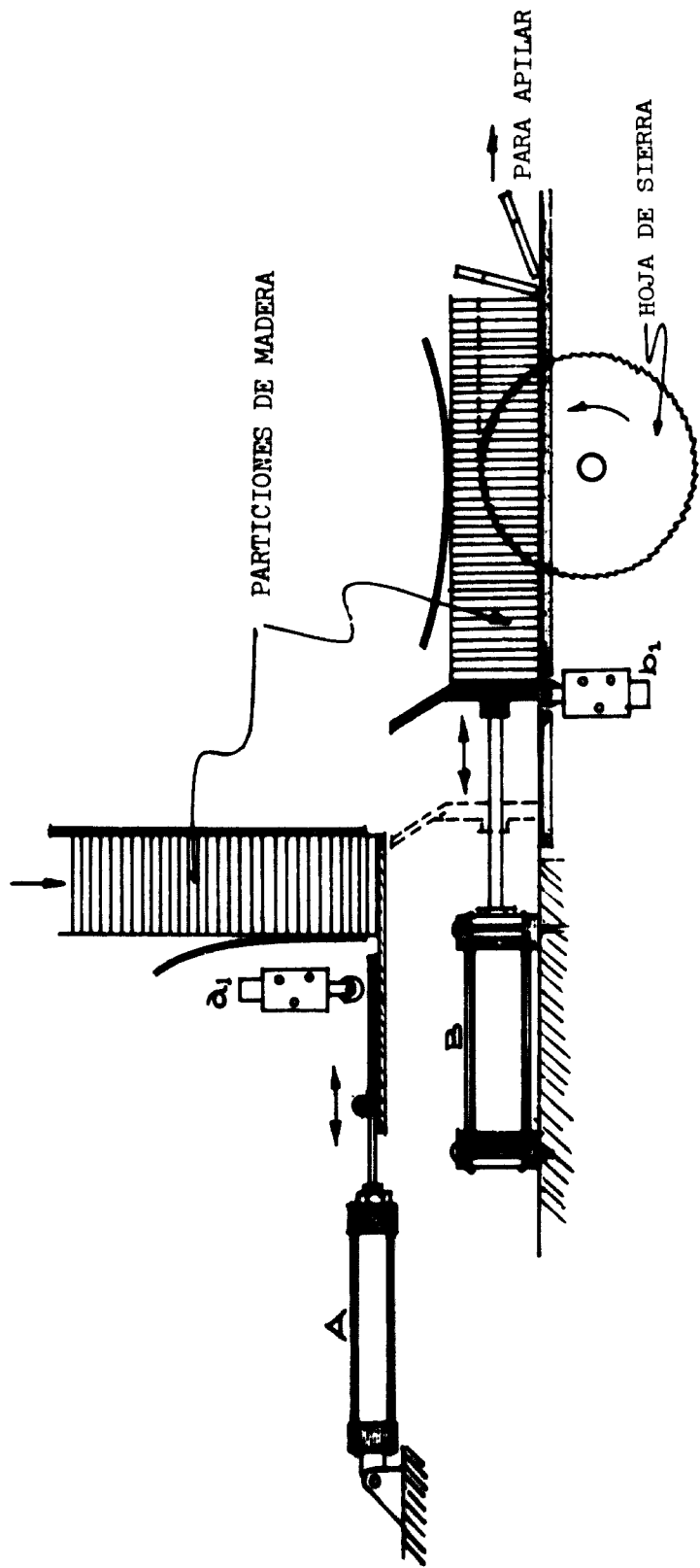
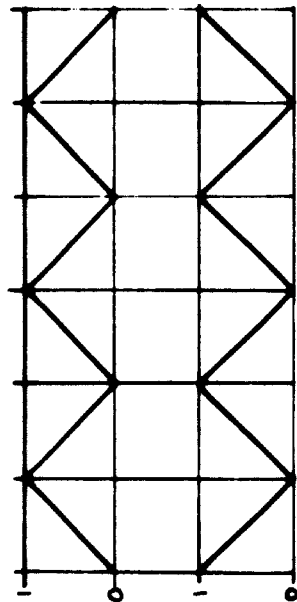


DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS



CILINDRO A

CILINDRO B

Figura 129b. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas: vista lateral y diagrama de movimientos

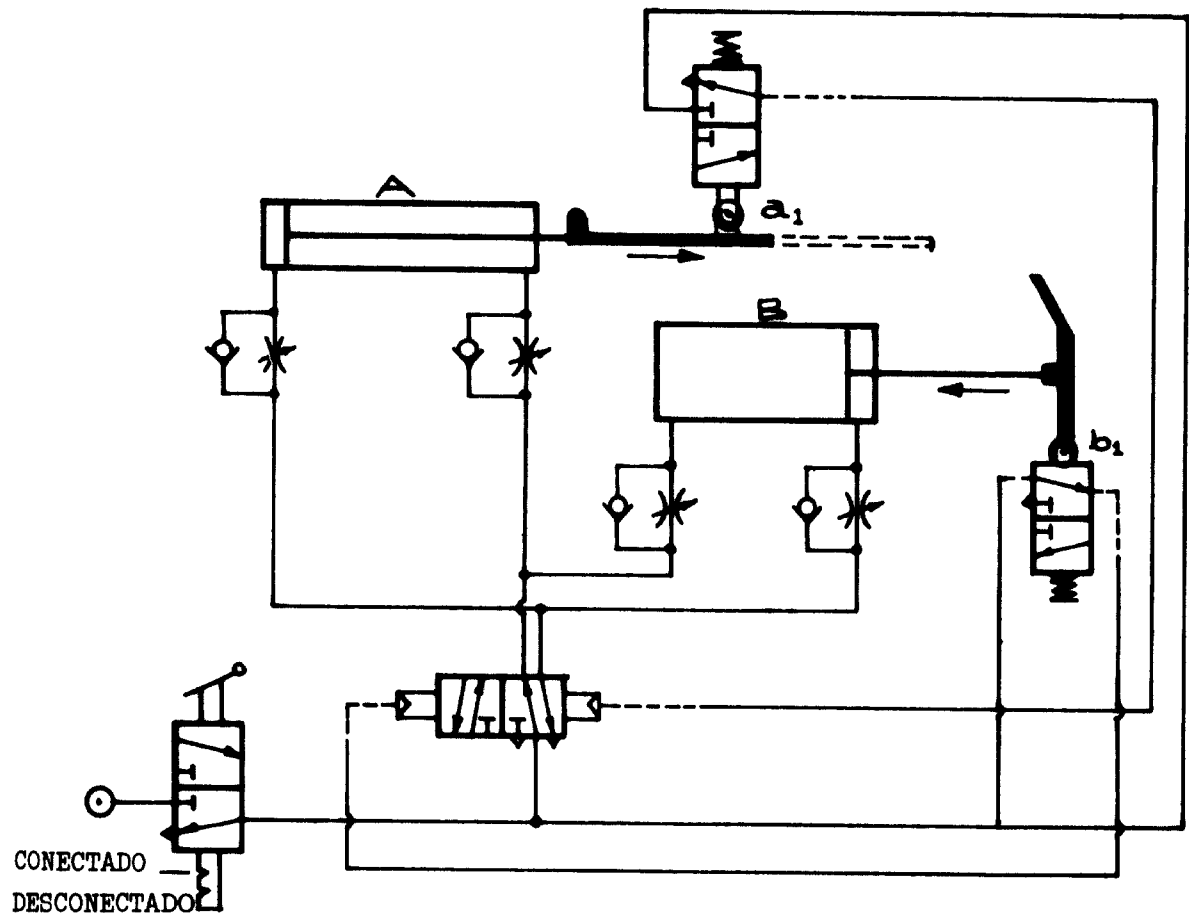


Figura 129c. Ranuradora de particiones para cajas de bebidas:
diagrama del circuito neumático

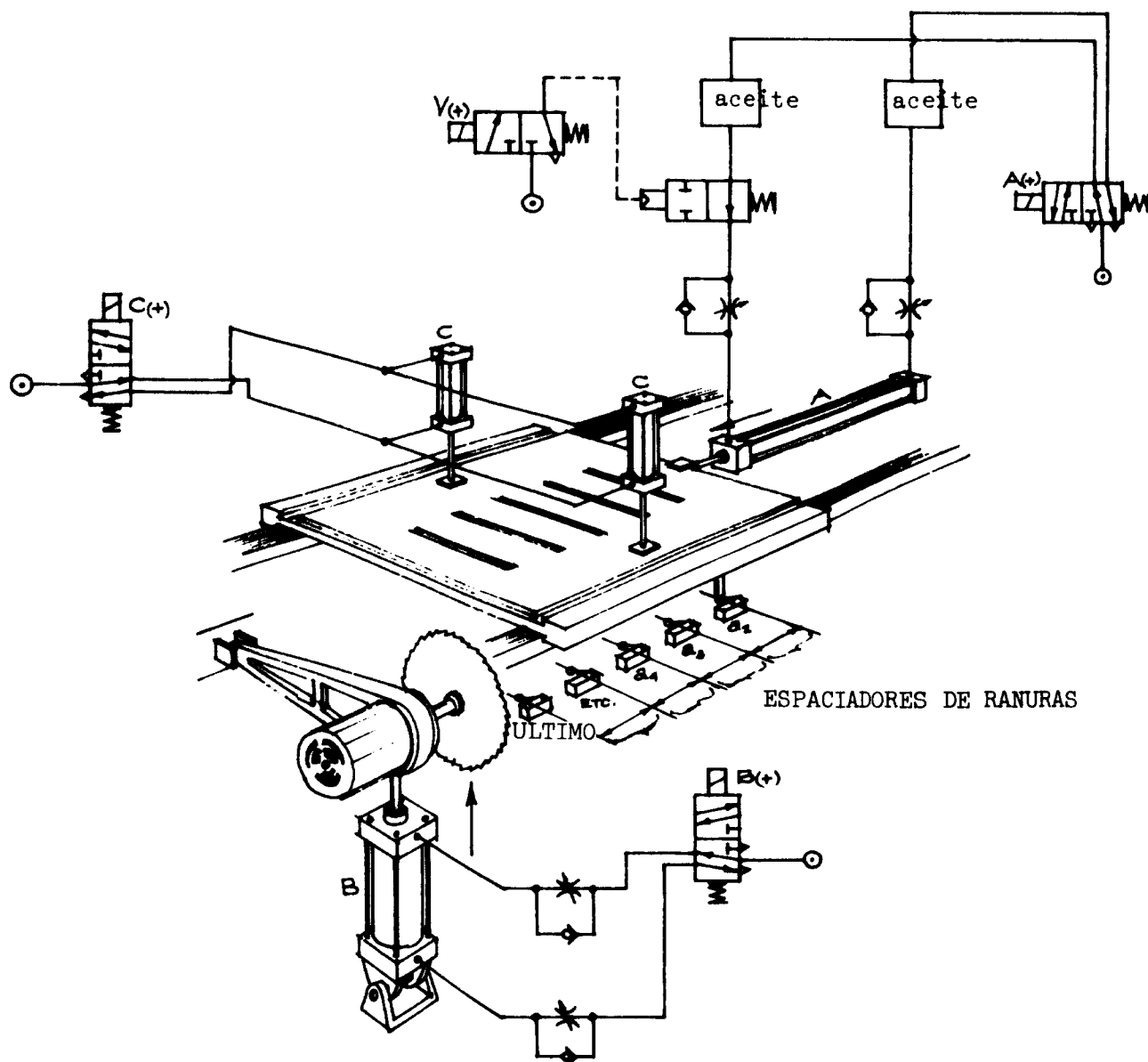


Figura 130a. Diagrama de la ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión

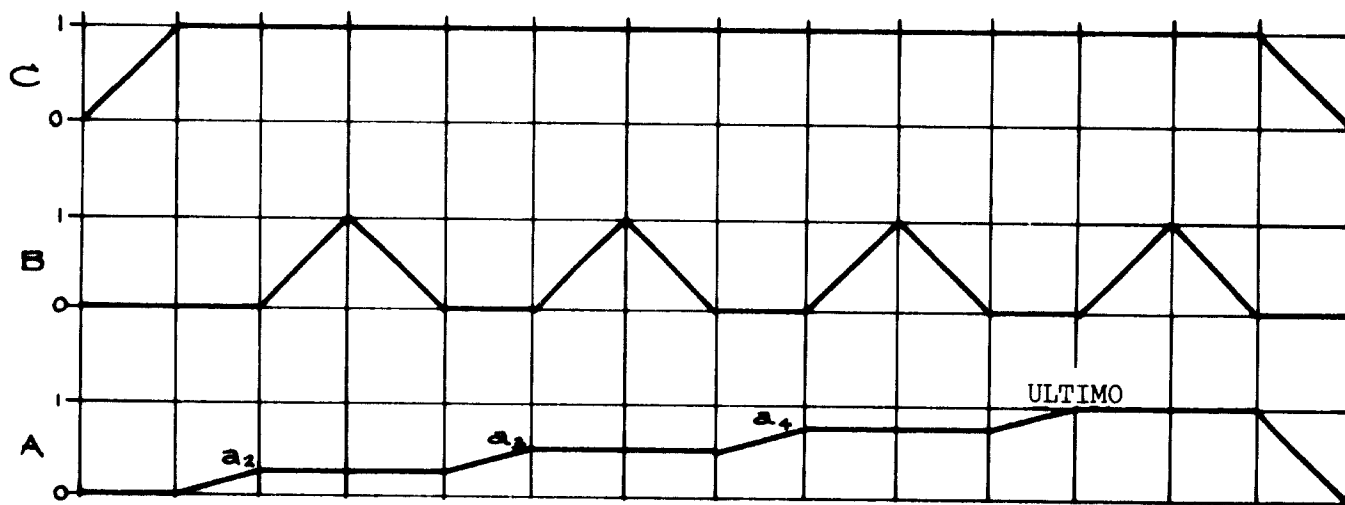


Figura 130b. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión: diagrama de tiempos y movimientos

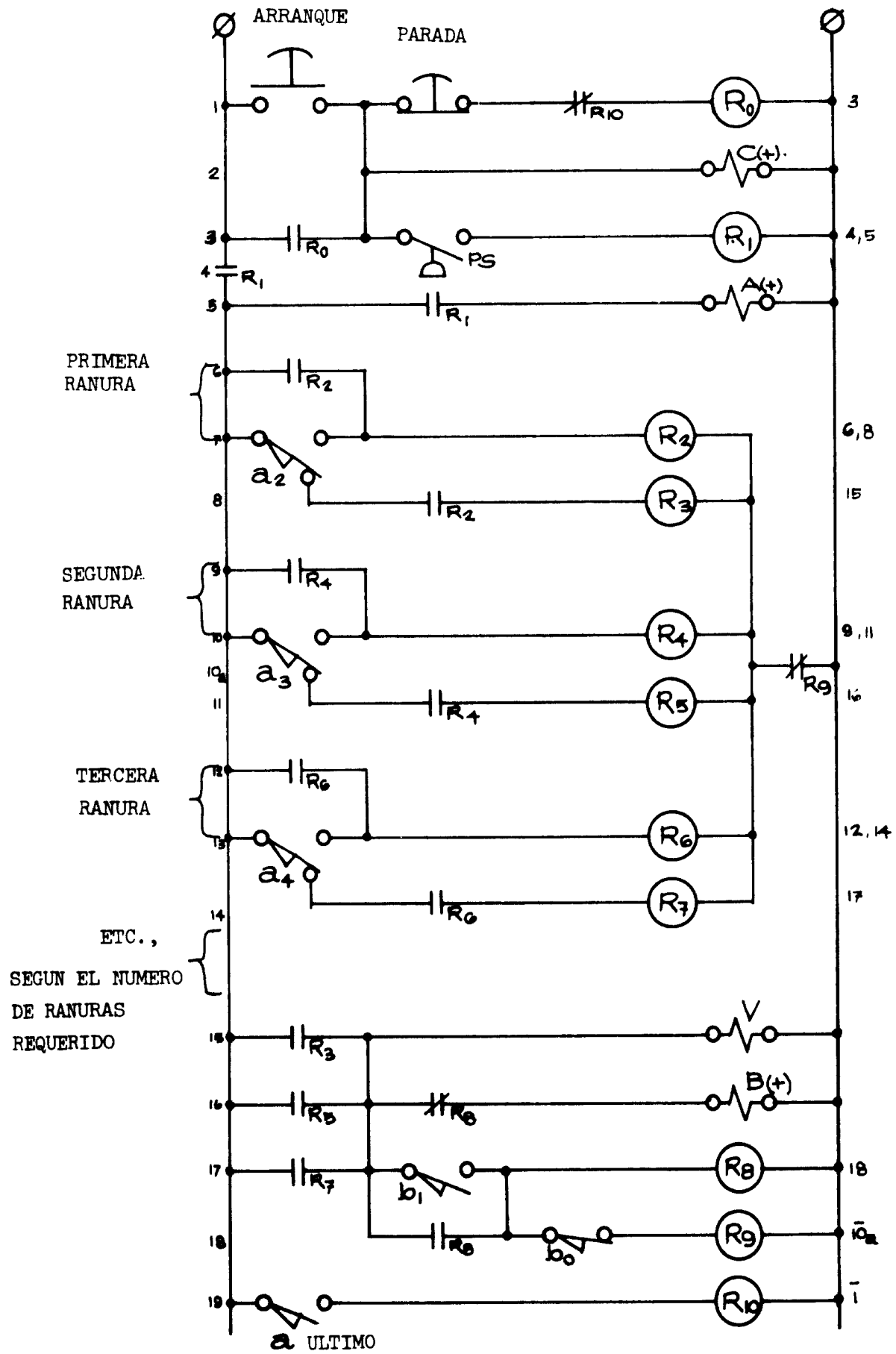


Figura 130c. Ranuradora de cajas para receptores de radio y televisión: circuito eléctrico

L. Selector de espesores

A veces se le plantea a un fabricante el problema de seleccionar piezas cortas de madera para la fabricación de un producto determinado. Por ejemplo, un taller que fabricaba sillas plegables de bajo costo con recortes de madera experimentaba dificultades en la selección de piezas del espesor requerido para las sillas. La selección a mano llevaba demasiado tiempo y no ofrecía el grado suficiente de precisión.

Las figuras 131a y 131b muestran un selector de espesores automatizado que permitió resolver el problema. Una vez ajustada la válvula H al espesor requerido, el cilindro A expulsa las piezas relativamente gruesas y deja pasar las de menor espesor.

Costos de inversión

Los componentes neumáticos costaron \$485, las viejas transportadoras de rodillos, nada.

Beneficios

La selección de la madera se aceleró en un 200% y resultó más precisa.

M. Máquina recaladora

En la producción de persianas deben recalarse los extremos de los listones de madera para facilitar su penetración en las mortajas correspondientes. Cuando esta operación se hace a mano con herramientas cortantes cuneiformes, el recalado puede presentar los siguientes defectos:

- a) Rotura de una parte del recalado al introducirse en la mortaja;
- b) Salida forzada de cola durante el montaje, que afea el aspecto del trabajo y requiere una operación suplementaria de limpieza.

Merced a la solución de ABC ilustrada en las figuras 132a-132d, puede realizarse un recalado de mejor calidad a una velocidad relativamente mayor.

Como puede verse, los listones de madera para las persianas son transportados desde un depósito alimentador por medio del cilindro A. Una vez en posición, se presionan los troqueles contra ambos extremos de los listones con los cilindros B y B', después de lo cual el cilindro C sujeta los listones de modo que los troqueles puedan retirarse debidamente.

El costo del proyecto es de unos \$1.460, suma que puede amortizarse en cinco meses.

N. Dispositivo copiador

Las figuras 133a y 133b ilustran un mecanismo de ABC copiador, para tornos de madera ordinarios. Dado que el movimiento de las herramientas debe ser preciso, se utilizan dispositivos hidráulicos, lo cual hace que el sistema resulte bastante caro (\$4.750). Por lo tanto, su empleo sólo se justifica para fines muy especiales, y tal vez no sólo para aumentar la productividad.

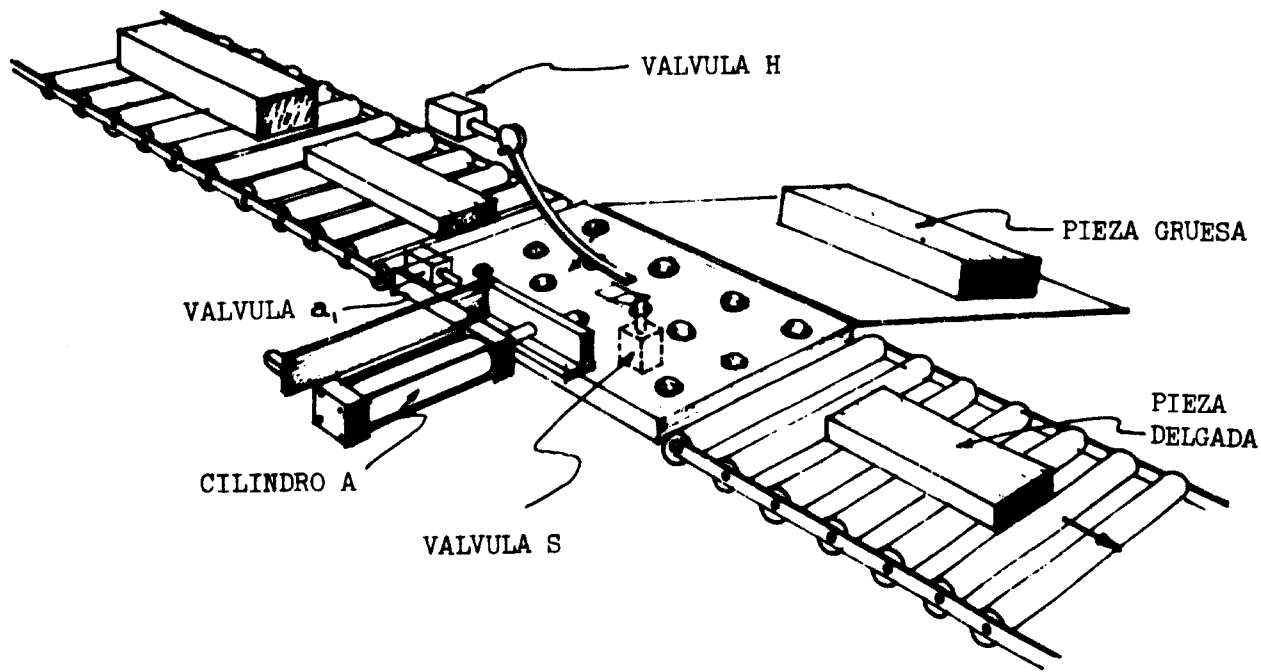


Figura 131a. Selector de espesores: vista de conjunto

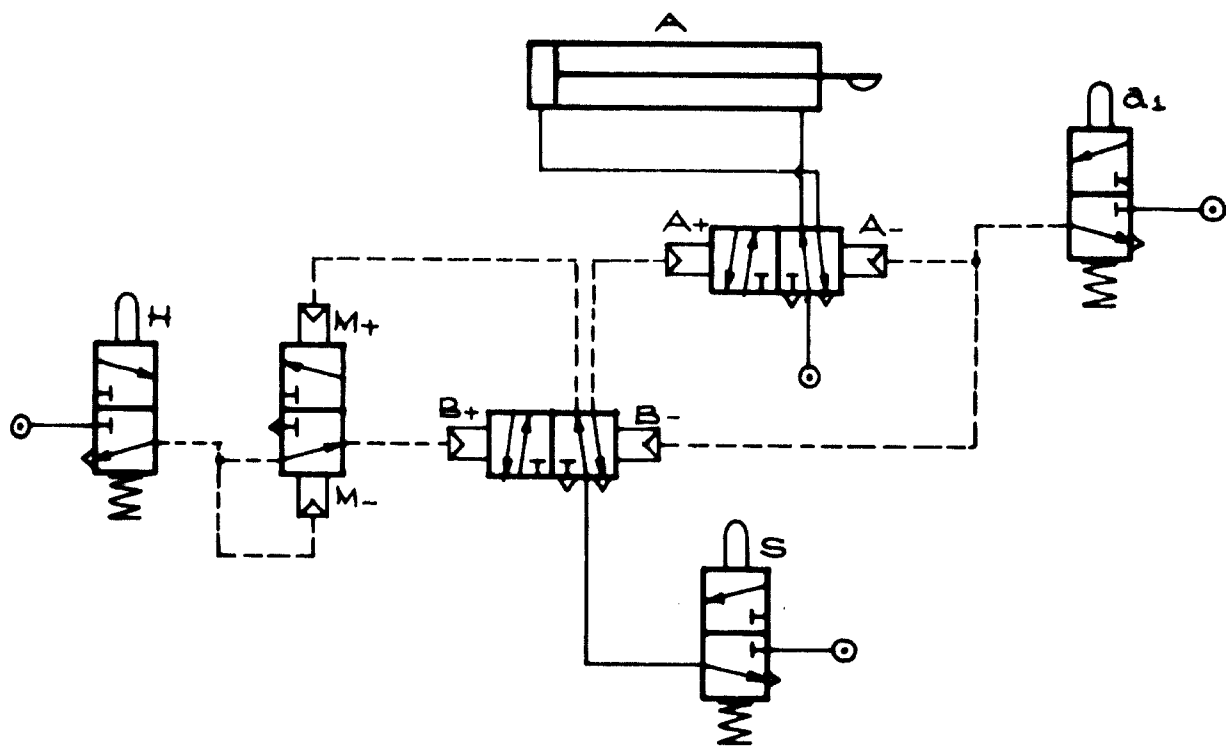


Figura 131b. Selector de espesores: circuito neumático

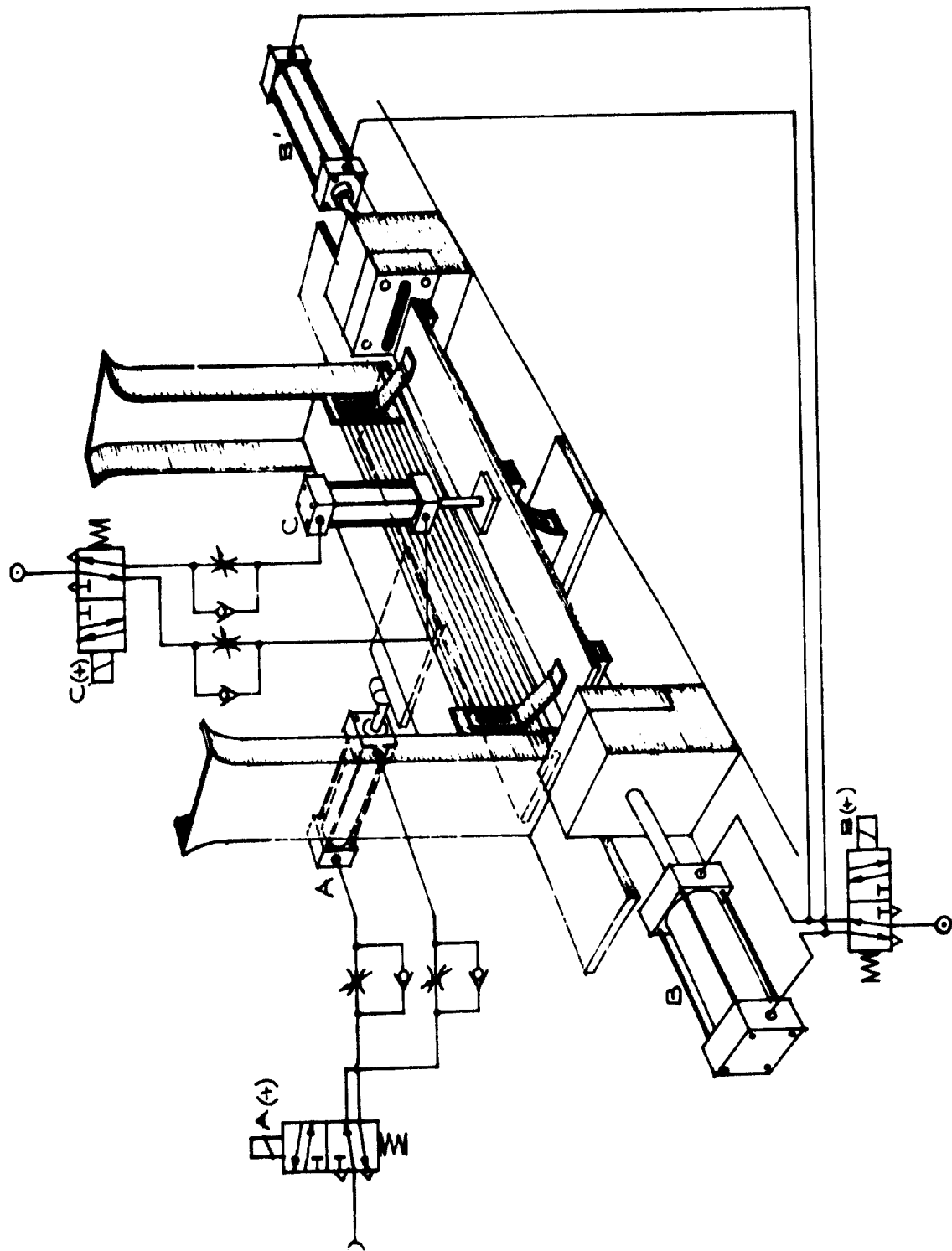


Figura 132a. Máquina recalcaladora: vista de conjunto

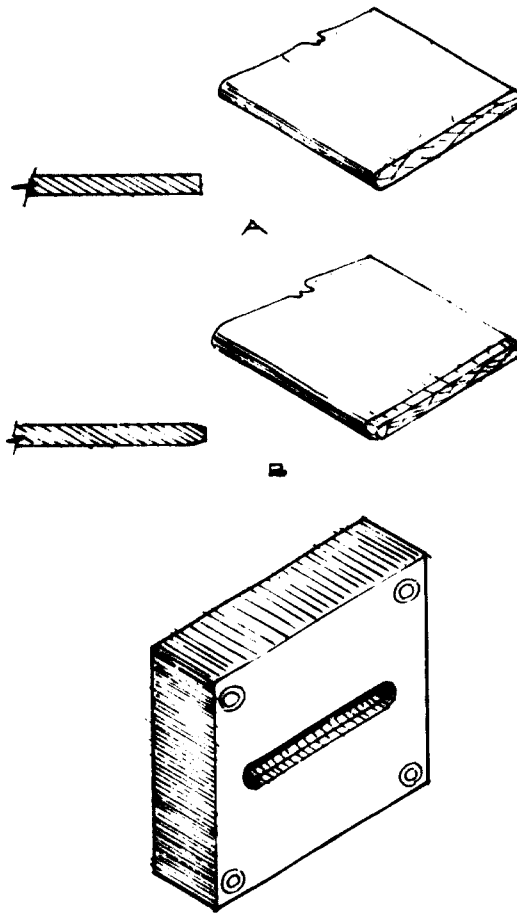


Figura 132b. Máquina recaladora: troquel

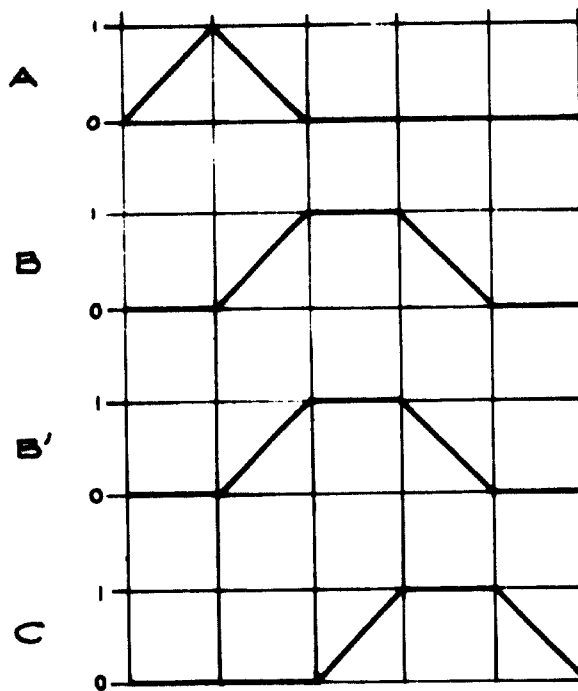


Figura 132c. Máquina recaladora: diagrama de tiempos y movimientos

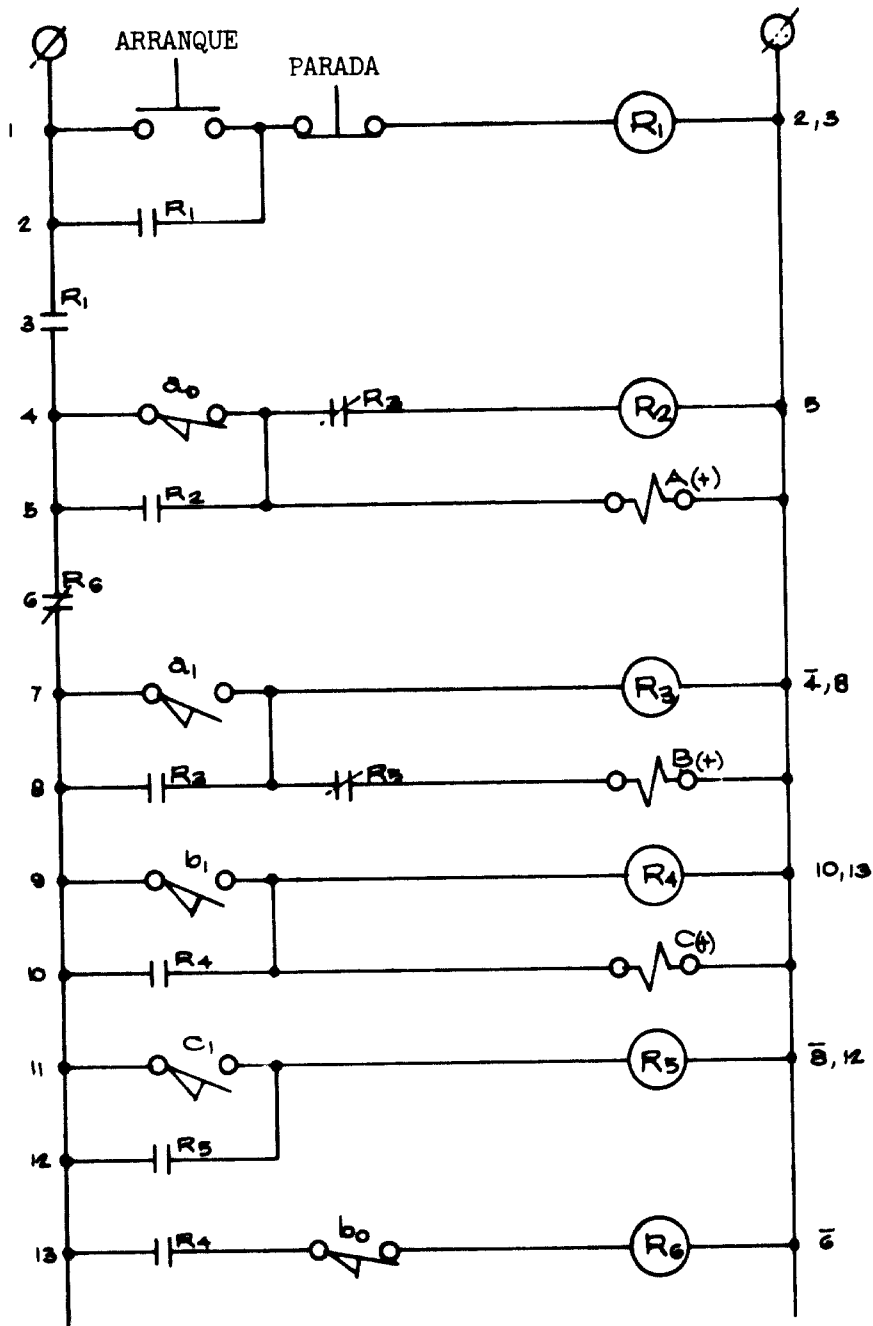


Figura 132d. Máquina recaladora: circuito eléctrico

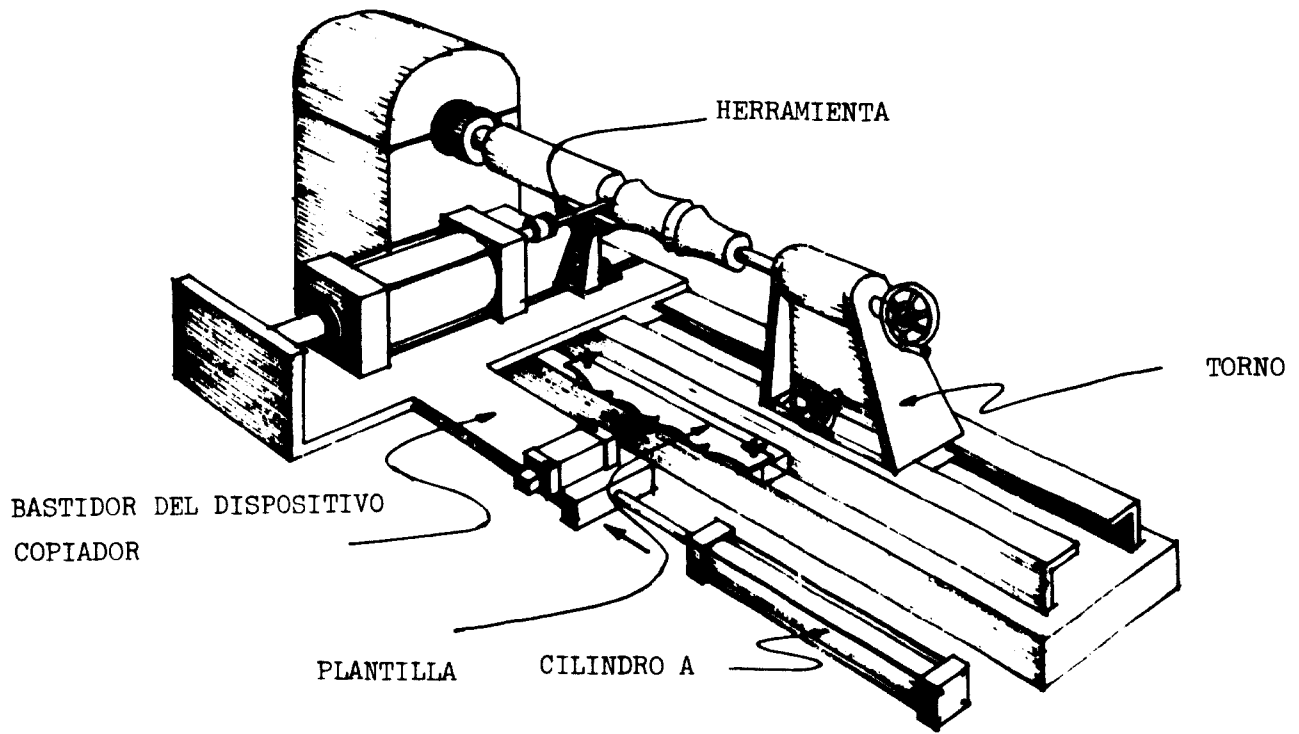


Figura 133a. Dispositivo copiator: vista de conjunto

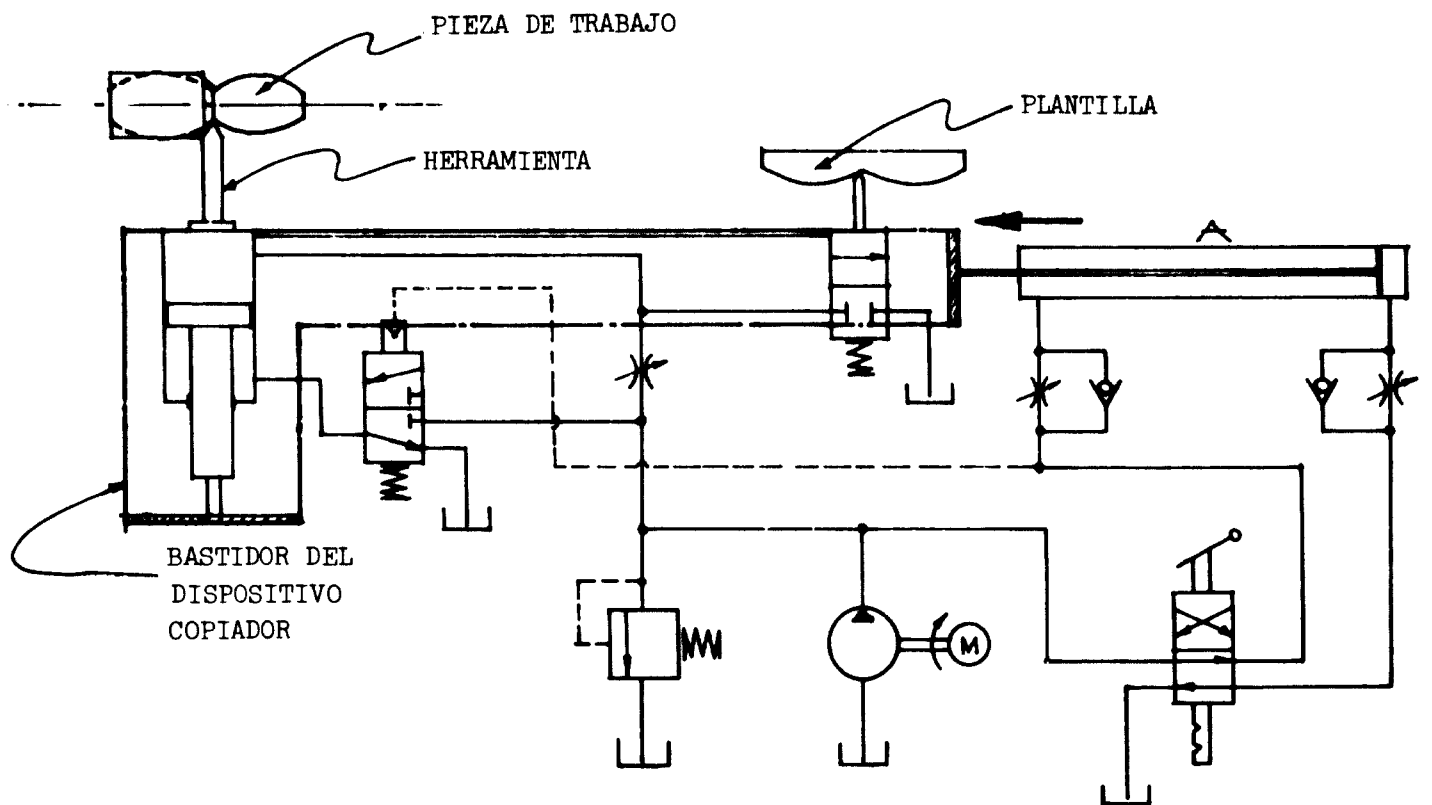




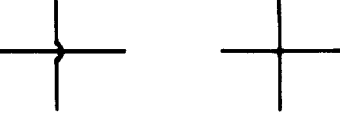
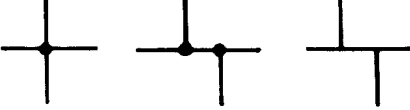

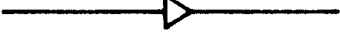

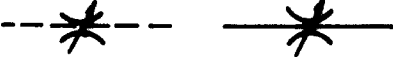




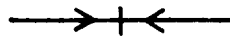
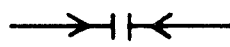
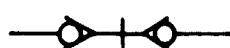
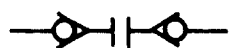
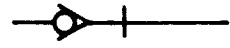
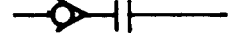
Figura 133b. Dispositivo copiator: circuito hidráulico

Anexo I

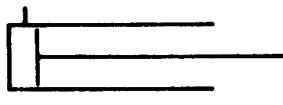
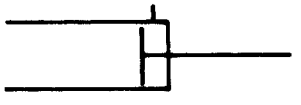
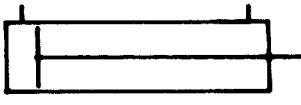
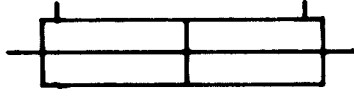
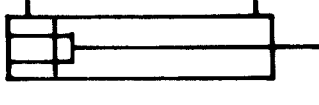
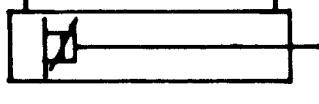
ALGUNOS SIMBOLOS DE CIRCUITO NORMALIZADOS

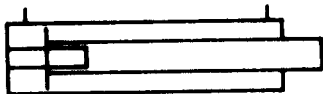
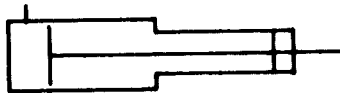


TUBERIAS Y CONEXIONES

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Línea continua-conducción principal
	Línea de rayas-conducción auxiliar
	Línea hipotética-conducción de escape o de desagüe
	Línea de punto y raya-perímetro
	Cruce de tuberías (no necesariamente en ángulo de 90°)
	Encuentro de tuberías (no necesariamente en ángulo de 90°)
	Sentido de una corriente hidráulica
	Sentido de una corriente gaseosa
	Tuberías con restricción fija
	Tuberías con restricción graduable
	Tubería flexible







SIMBOLO	DESCRIPCION
	Orificio de grifo, punto de verificación, toma de fuerza
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida, sin reguladores
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida con reguladores
 CONECTADA  DESCONECTADA	Desconexión rápida con un regulador



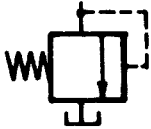
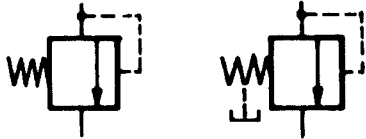
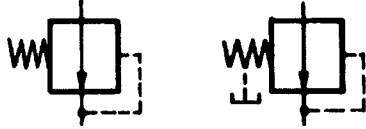
DISPOSITIVOS DE FUERZA MOTRIZ LINEALES Y ROTATIVOS

	De acción simple e impulsión
	De acción simple y tracción
	De acción doble y vástago de un solo extremo
	De acción doble y vástago de dos extremos
	Con amortiguador, de avance y retroceso
	Con amortiguador regulable, de avance únicamente

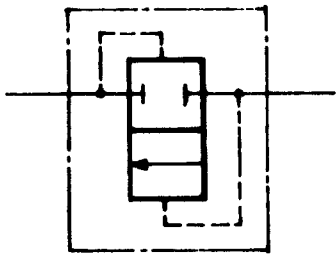

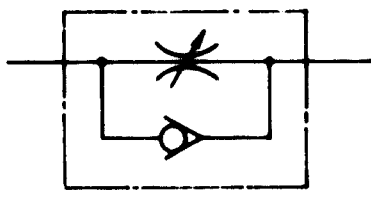
SIMBOLO	DESCRIPCION
	De acción doble, vástago grueso con amortiguador, de avance y retroceso
	Intensificador de presión
	Oscilador hidráulico
	Oscilador neumático

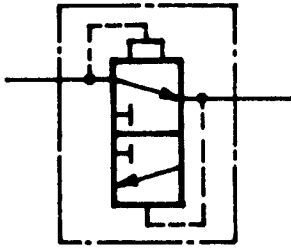
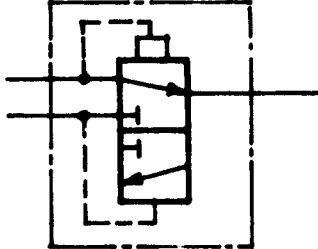
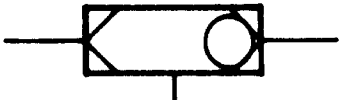
VALVULAS DIRECCIONALES NEUMATICAS

	2/2 dos orificios, dos posiciones
	ABIERTA-CERRADA, simplificada
	3/2 tres orificios, dos posiciones
	4/2 cuatro orificios, dos posiciones
	5/2, cinco orificios; dos posi- ciones, funciones idénticas a la de cuatro orificios, pudiéndose utilizar el orificio adicional para una función adicional (p.e.j. expulsión de polvo)
	4/3 cuatro orificios, tres posicio- nes. posición central cerrada


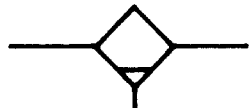



SIMBOLO	DESCRIPCION
	<p>5/3 cinco orificios, tres posiciones, dos orificios abiertos a presión en posición central</p>
	<p>4/3 cuatro orificios, tres posiciones, un orificio abierto para escape en posición central</p>
	<p>Válvula de alivio de presión, símbolo simplificado</p>
	<p>Válvula secuencial</p>
	<p>Válvula reductora de presión</p>





VALVULAS NEUMATICAS AUXILIARES

	<p>Válvula de retención, símbolo compuesto: flujo a la derecha cerrado flujo a la izquierda abierto</p>
	<p>Válvula de retención símbolo simplificado</p>
	<p>Válvula de control de flujo, regulable, con control de flujo a la derecha; sin control de flujo a la izquierda</p>

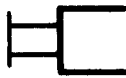



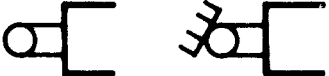

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Válvula de escape rápido
	Válvula de movimiento alternativo
	Válvula de movimiento alternativo (simplificada)

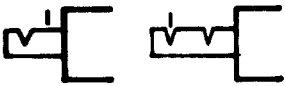
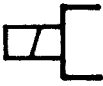
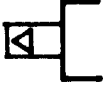
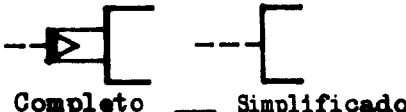
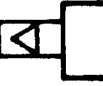
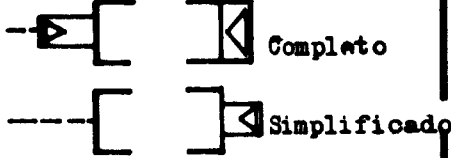
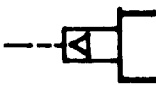


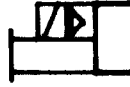

ACONDICIONADORES DE AIRE

	Filtro-purgador
	Separador con purgador manual
	Separador con purgador automático
	Filtro-separador con purgador manual
	Filtro-separador con purgador automático









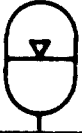


SIMBOLO	DESCRIPCION
	Lubricador, sin purgador
	Lubricador de carga manual
	Lubricador de carga automática
	Combinación de aeroconducción F-R-L simplificada (unidad trío)



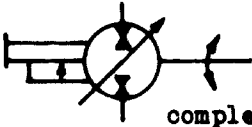


ACCIONADORES DE VALVULA

	Manual, símbolo general
	Botón pulsador
	Palanca
	Pedal
	Mecánico (leva, palanca acodada, etc.)
	Resorte






SIMBOLO	DESCRIPCION
	Muecas de retención (la línea indica la muesca utilizada)
	Solenoides
	Alimentador auxiliar interno
	Alimentador auxiliar remoto
	Escape auxiliar interno
	Diferencial auxiliar
	Escape auxiliar a la atmósfera
	Y combinación de solenoide y alimentador auxiliar
	O combinación de solenoide o dispositivo de intervención manual
	Y/O combinación de solenoide y alimentador auxiliar o inter- ventor manual
	Y/O combinación de solenoide y alimentador auxiliar o inter- ventor manual y alimentador auxiliar

FUENTE DE ENERGIA O DE FUERZA MOTRIZ

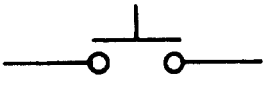


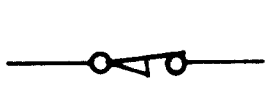

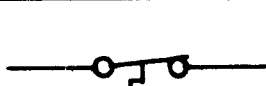
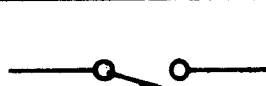
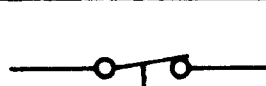



SIMBOLO	DESCRIPCION
	Compresor, desplazamiento fijo
	Bomba de vacfo, desplazamiento fijo
	Compresor, desplazamiento variable
	Receptor
	Acumulador
 <p>ventilado presurizado</p>	Depósito
 <p>por encima del nivel del fluido por debajo del nivel del fluido</p>	Depósito con conductores
	Acumulador, de carga por resorte
	Acumulador, de carga por gas
 <p>completa</p>	Bomba unidireccional, desplazamiento variable, no compensada
 <p>simplificada</p>	Bomba bidireccional, desplazamiento variable, no compensada


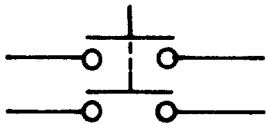


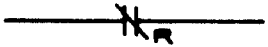


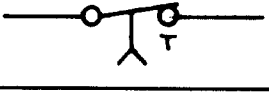
SIMBOLO	DESCRIPCION
 <p>simplificada</p>	Bomba bidireccional, desplazamiento variable, compensada por presión
 <p>simplificado</p>	Bomba de motor, unidireccional, desplazamiento fijo, no compensado
 <p>completo</p>	Bomba de motor, bidireccional, desplazamiento variable, compensado a presión
	Calentador Introducción de calor indicada por triángulos interiores
	Refrigerador Disipación de calor indicada por triángulos interiores

EQUIPO SUPLEMENTARIO

	Manómetro
	Termómetro
	Medidor de flujo
	Medidor de flujo de integración
	Interruptor por presión

INTERRUPTORES ELECTRICOS

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Interruptor de pulsador, normalmente abierto (NA)
	Interruptor de pulsador, normalmente cerrado (NC)
	Interruptor de fin de carrera por leva, NA
	Interruptor de fin de carrera por leva, NC
	Interruptor de fin de carrera térmico, NA
	Interruptor de fin de carrera térmico, NC
	Interruptor de fin de carrera neumático, NA
	Interruptor de fin de carrera neumático, NC
	Interruptor por flotador, NA
	Interruptor por flotador, NC
	Interruptor por flujo, NA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Interrupctor por flujo, NC
	Interrupctor de pulsador bipolar, unidireccional, NA
	Bobina de relé
	Contactos de relé, NA
	Contactos de relé, NC
	Relé de contador de tiempo
	Contactos accionados por contador de tiempo, NA
	Contactos accionados por contador de tiempo, NC

Anexo II

PRECIOS APROXIMADOS DE ALGUNOS COMPONENTES NEUMATICOS

En la siguiente lista pueden verse los precios medios redondeados que cobran diversos abastecedores de Europa y el Japón. Se trata de simples aproximaciones, dado que los precios varían no sólo con el tiempo sino también de un proveedor a otro y según el tipo de fabricación (los componentes de mayor resistencia o de mayor precisión resultan más caros). Estos precios servirán, sin embargo, para comparar las cotizaciones de los distintos componentes o de los distintos tamaños de un mismo componente.

Válvulas de control

	Tamaño del orificio (pulgadas)	Precio (dólares EE.UU)
<u>5-orificios, 2-posiciones</u>		
Accionador de pulsador y retorno de resorte	1/8	28,80
	1/4	41,70
Accionador de palanca y retorno de resorte	1/8	30,15
	1/4	46,60
Accionador de pedal y retorno de resorte	1/8	30,70
	1/4	46,90
	1/2	95,45
Posicionador de muesca (impulso-tracción)	1/8	28,80
	1/4	41,70
	1/2	76,80
Accionador neumático y retorno de resorte	1/8	60,35
	1/4	99,05
	1/2	198,10
	3/4	314,85

	<u>Tamaño del orificio (pulgadas)</u>	<u>Precio (dólares EE.UU)</u>
Accionador y retorno neumáticos	1/8	54,40
	1/4	90,65
	1/2	181,35
	3/4	287,70
Accionador de solenoide y retorno de resorte	1/8	61,30
	1/4	102,65
	1/2	158,90
	3/4	193,40
Accionador y retorno de solenoide	1/8	124,75
	1/4	146,45
	1/2	216,85
<u>5-orificios, 3-posiciones</u>	1/8	122,15
	1/4	183,20
	1/2	412,35
<u>3-orificios, 2-posiciones</u>		
Accionador de pulsador y retorno de resorte	1/8	52,40
	1/4	84,85
	1/2	154,70
Accionador de palanca (leva) y retorno de resorte	1/8	42,20
Posicionador de muesca (impulso-tracción)	1/8	52,35
	1/4	76,55
	1/2	140,82
Accionador neumático y retorno de resorte	1/8	46,85
	1/4	80,20
	1/2	128,35
Accionador y retorno neumáticos	1/8	54,40
	1/4	98,35
	1/2	166,59
Accionador de solenoide y retorno de resorte	1/8	81,90
	1/4	108,15
	1/2	152,00
Accionador y retorno de solenoide	1/8	102,40
	1/4	154,90
	1/2	199,85

	Tamaño (pulgadas)	Precio (dólares EE.UU)
Reguladores de aire		
Regulador de aire unidireccional	1/8	12,45
	1/4	16,70
	1/2	36,10
	3/4	82,40
Válvula sin retroceso (de retención de bola)	1/8	11,40
	1/4	15,70
	1/2	22,00
	3/4	46,75
Válvula de movimiento alternativo	1/8	16,50
	1/4	19,65

Filtro-regulador de presión-lubricador (unidades trío)

1/2	103,95
3/4	149,55

Cilindros de aires

	Tamaño (pulgadas)		Precio (dólares EE.UU)
	Calibre	Carrera	
De acción simple	3/4	1	16,50
	3/4	2	17,50
	1-1/4	1-1/4	25,00
	1-1/4	2-1/4	26,25
	1-3/4	2	41,50
	2-1/2	2	55,00
	De acción doble (sin amortiguador)	1-1/4	1-1/2
1-1/4		3	34,30
1-1/4		4-1/2	36,90
1-1/4		6	38,85
2-1/2		3	65,00
2-1/2		6	71,15
2-1/2		9	77,35
2-1/2		12	83,25
De acción doble (con amortiguador)	1-1/4	1-1/2	40,00
	1-1/4	3	42,00
	1-1/4	4-1/2	46,00
	1-1/4	6	48,00
	2-1/2	3	80,00
	2-1/2	6	88,00
	2-1/2	9	96,00
	2-1/2	12	103,00

	Tamaño (pulgadas)		Precio (dólares EE.UU)
	Calibre	Carrera	
De acción doble y gran resistencia	4	4	162,00
	5	4	193,00
	6	4	258,00
	8	4	392,00
	10	4	827,00
	12	4	998,00

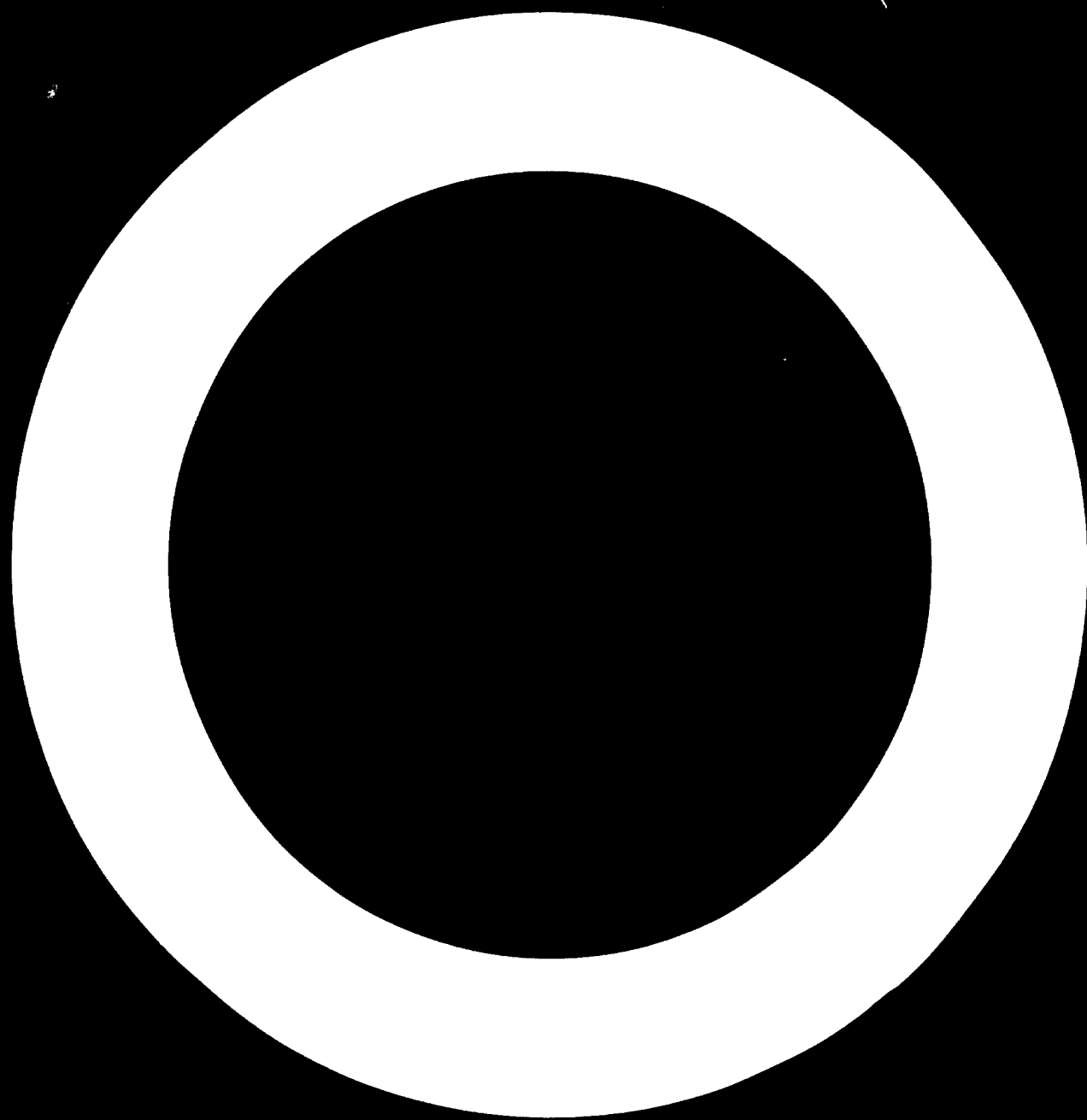
	Nivel de energía (pulgadas- toneladas a 80 lpc)		Precio (dólares EE.UU)
Impacto	1/10		80,00
	1/4		125,00
	1/2		170,00
	1		355,00
	2		560,00

Varios

Elemento	Precio (dólares EE.UU)
Mesa divisoria giratoria diámetro 10 pulgadas, con 4, 6, 8, 12 ó 23 posiciones	1.060,00

Bibliografía

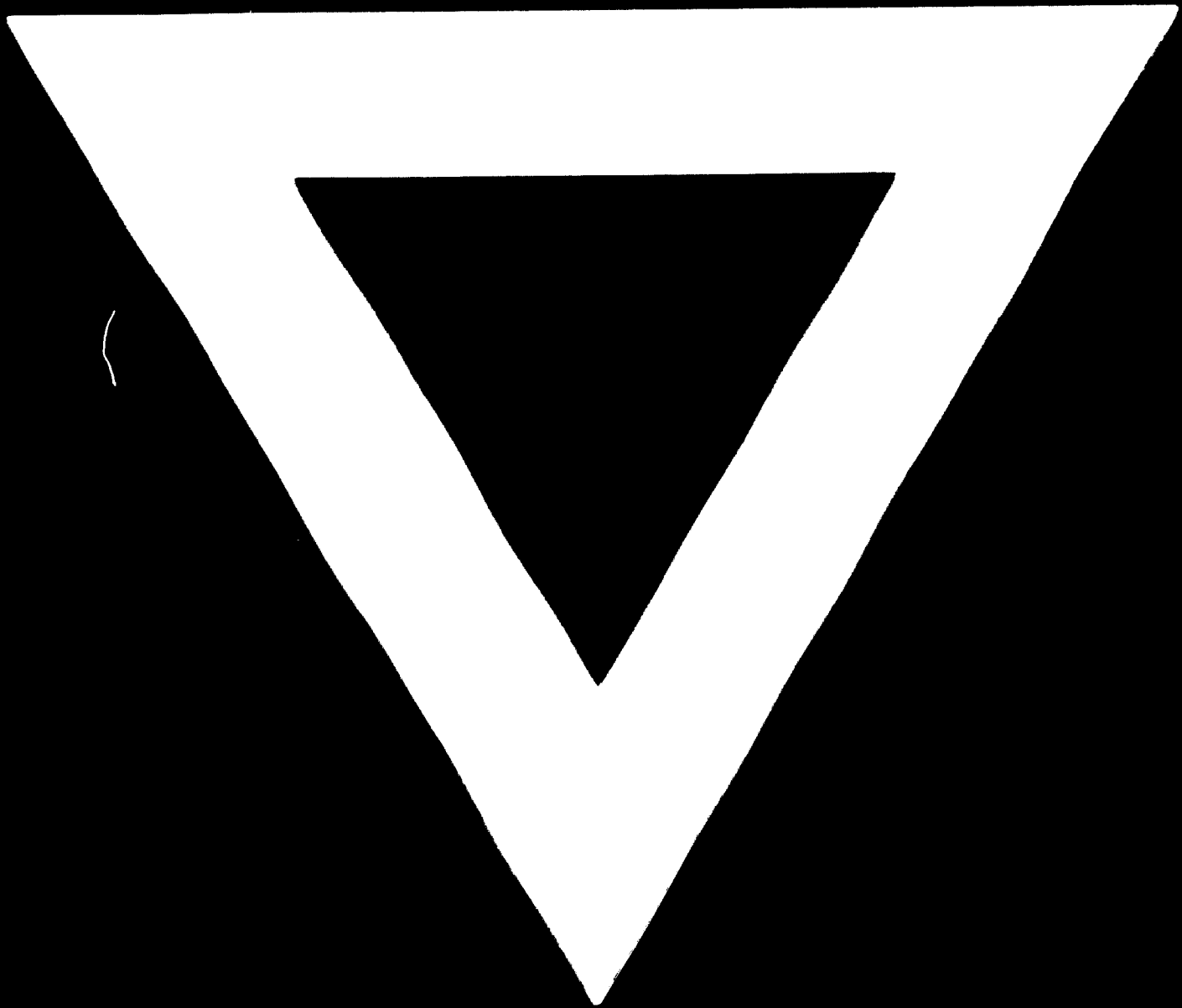
- Atlas Copco Tools, Automatic Systems Group. Automation technique. Estocolmo, 1971.
- Compressed air engineering. Estocolmo, 1971, 361 págs.
- Caldwell, Samuel H. Switching circuits and logical design. Londres, Wiley, 1958.
- Chronis, Nicolas P. Machine devices and instrumentation; mechanical electrochemical, hydraulic, thermal, pneumatic, pyrotechnica, photoelectric, pyrotechnica, photoelectric, optical. Nueva York, McGraw Hill, 1966.
- Compressed Air and Gas Institute. Compressed air and gas handbook. Nueva York, McGraw Hill, 1973.
- Deppert, W. y K. Stoll. Pneumatic application. República Federal de Alemania, Vogel-Verlag, 1976 y 1979.
- Festo Didactic. Introduction to pneumatics. República Federal de Alemania, 1978.
- Groot, Rijn de. Automation in developing countries. Ciudad de Quezon, Filipinas, Institute for Small-scale Industries, University of the Philippines, 1969. 69 págs.
- Hedges, C.S. y R.C. Womack. Industrial fluid power. Dallas, Texas, Womack Machine Supply, 1965. 144 págs. (v. 1).
- Industrial fluid power. Dallas, Texas, Womack Machine Supply, 1966. 184 págs. (v.2).
- Fluid power in plant and field. Dallas, Texas, Womack Machine Supply, 1968. 176 págs.
- Hydraulica and Pneumatica Limited. Advanced pneumatic circuitry. Wolverhampton, Inglaterra.
- Solve your automation problems. Wolverhampton, Inglaterra.
- Jordan Controls, Inc. Industrial static switching handbook. Milwaukee, Wisconsin. 66 págs.
- Packard, Charles A. Relay engineering. Filadelfia, Struthers-Dunn, 1945.
- Santiano, W.J. Low-cost automation electricity. Ciudad de Quezon, Filipinas, Institute for Small-scale Industries, University of the Philippines, 1969.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Calculation of penumatic systems for furniture and joinery industries. [Por M. Kock y F. Leatuvkel] 1979. (ID/WG.296/2)
- Furniture industry technology. [Por P. Paavola] 1973. (ID/WG.105/35/Rev.1)
- Low cost automation in the woodworking industria. Por Juha Haakava] 1973. (ID/WG.105/45]
- Preliminary considerations in planning case good manufacturing industria. [Por H. Reuter] 1979. (ID/WG.296/14)



Otros estudios de la ONUDI sobre diversos usos de la madera

- ID/10 Técnicas para la utilización de la madera como material de construcción de viviendas en los países en desarrollo. Informe de un Grupo de Estudio, Viena, 17-21 de noviembre de 1969.
Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.70.II.B.32
- ID/61 Producción de casas de madera prefabricadas
Keijo M.E. Tiisanen
Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.71.II.B.13
- ID/72 Función de la madera como material de embalaje en los países en desarrollo
B. Hochart
Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.72.II.B.12
- ID/79 Producción de paneles a partir de residuos agrícolas. Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo de Expertos, Viena, 14-18 de diciembre de 1970
Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.72.II.B.4
- ID/108/Rev.1 y Corr.1 Industria del mueble y de la abanistería para países en desarrollo
Primera parte: Insumos de materias primas
Segunda parte: Tecnología de elaboración
Tercera parte: Consideraciones sobre gestión
- ID/133 Selección de maquinaria para trabajar la madera. Informe de una Reunión Técnica, Viena, 19-23 de noviembre de 1973.
- ID/154/Rev.1 Automatización de bajo costo para las industrias del mueble y de la abanistería
- ID/180 Elaboración de la madera para países en desarrollo. Informe de un Curso Práctico, Viena, 3-7 de noviembre de 1975
- ID/223 Adhesivos utilizados en las industrias de elaboración de la madera. Informe de un Curso Práctico, Viena, 31 de octubre - 4 de noviembre de 1977
- ID/247 Technical Criteria for the Selection of Woodworking Machines
- ID.265 Manual of Jigs for the Furniture Industry
- ID/275 Manual de Técnicas de Tapicería
- ID/188
UNIDO/LIB/SER.D/4/Rev.1 UNIDO Guides to Information Sources N° 4: Information Sources on the Furniture and Joinery Industry
- UNIDO/LIB/SER.D/9 UNIDO Guides to Information Sources N° 9: Information Sources on Building Boards from Wood and other Fibrous Materials
- ID/214
UNIDO/LIB/SER.D/31 UNIDO Guides to Information Sources N° 31: Information Sources on Woodworking Machinery
- UNIDO/LIB/SER.D/36 UNIDO Guides to Information Sources N° 36: Industrial Maintenance and Repair

G-373



84.03.30

AD. 85.03

ILL 5.5