



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.

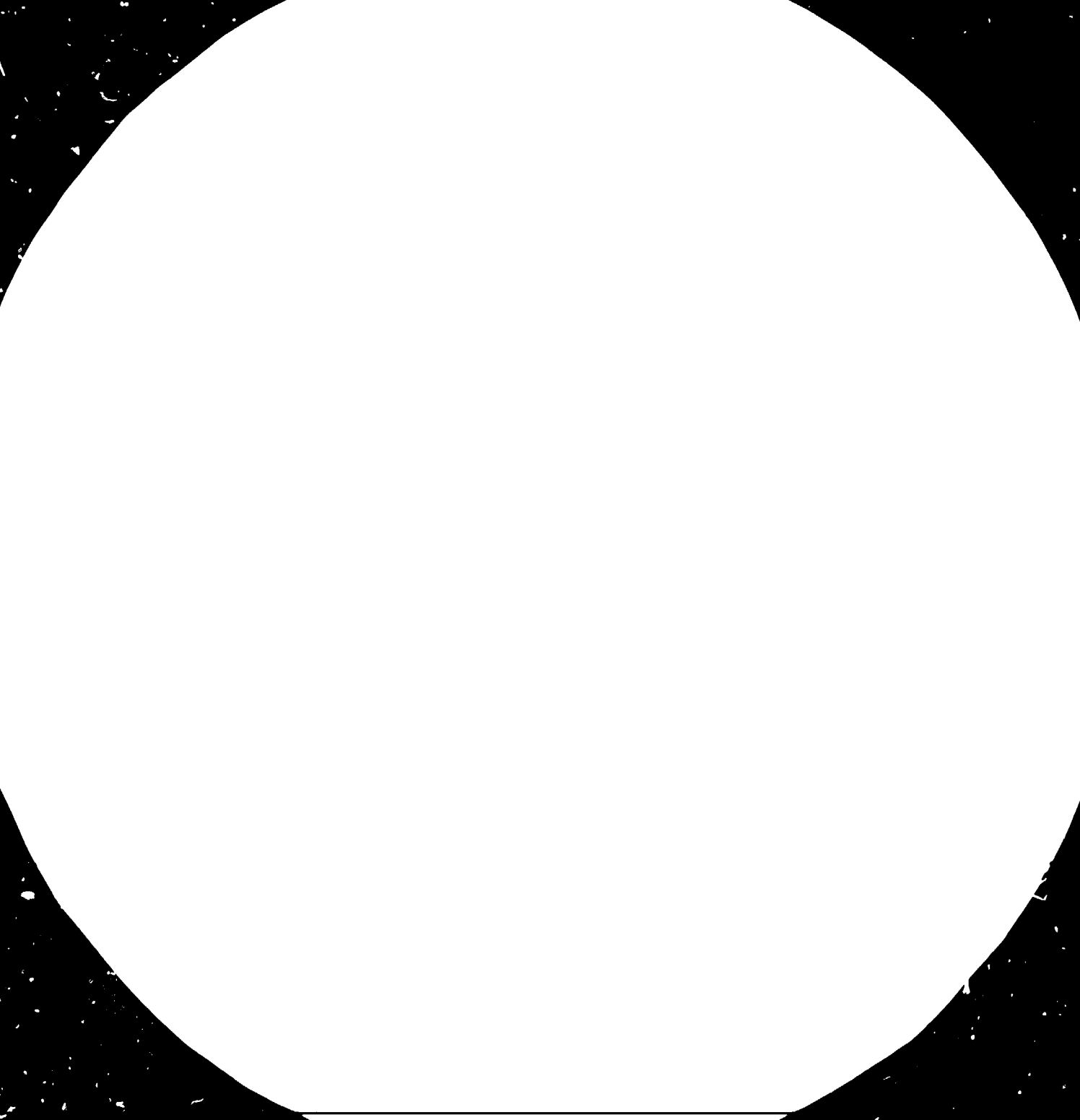
FAIR USE POLICY

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



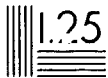


2.5

2.2



2.0



Resolution Test Chart

1.0 1.1 1.25 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Distr. LIMITADA

UNIDO/IS.481
1 agosto 1984

ESPAÑOL
Original: INGLES

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BIENES DE CAPITAL

Serie de documentos de trabajo sectoriales

Nº 21

Subdivisión de Estudios Sectoriales
División de Estudios Industriales

V.85-37825 (EX)

DOCUMENTOS DE TRABAJOS SECTORIALES

En el curso del trabajo realizado por la División de Estudios Industriales de la ONUDI en relación con los principales estudios sectoriales, la Secretaría y expertos externos redactan diversos documentos de trabajo. Entre ellos, los que se consideran de interés para un público más amplio, se presentan en la Serie de documentos de trabajo sectoriales. Estos documentos tienen un carácter más exploratorio y provisional que los estudios sectoriales, y se encuentran por lo tanto sujetos a revisión y modificación antes de su incorporación a los estudios sectoriales.

Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de nombres de empresas y productos comerciales no entraña la aprobación de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Este documento ha sido preparado por el Instituto de Investigación de Tecnología y Economía de la Ingeniería Mecánica, Praga, Checoslovaquia, como consultores de la ONUDI. Las opiniones que los autores expresan no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI.

Prefacio

El presente estudio ha sido preparado como parte del elemento de programa "Estudio sobre la industria de bienes de capital", de la División de Estudios Industriales, Subdivisión de Estudios Sectoriales.

El estudio ha sido realizado por el Instituto de Investigación de Tecnología y Economía de la Ingeniería Mecánica, Praga, Checoslovaquia.

El estudio se presenta con la esperanza de que pueda estimular un debate sobre diversos modelos de sistemas de mantenimiento preventivo. Las experiencias obtenidas de diferentes maneras de abordar el problema del mantenimiento se incluirán más tarde en un segundo estudio mundial sobre la industria de bienes de capital.

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS DE LAS DIRECTIVAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	4
2. METODOS RELATIVOS A LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO	8
2.1 Principales términos utilizados	8
2.2 Categorías básicas de mantenimiento	10
2.2.1 Mantenimiento preventivo	10
2.2.2 Reparaciones	11
2.3 Elementos del servicio de mantenimiento	12
2.4 Principios del mantenimiento metódico	13
2.4.1 Diferenciación	13
2.4.2 Medidas preventivas	16
2.4.3 Planificación	17
2.5 Desarrollo general del proceso de mantenimiento	17
3. ORGANIZACION DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO	21
3.1 Modelo de organización	22
3.2 Estructura orgánica	22
3.2.1 Estructura estándar de las funciones	23
3.2.2 Diagrama estándar de oficios y profesiones	33
3.2.3 Diagrama de organización de oficios y profesiones	34
3.3 Vínculos del departamento de mantenimiento	36
3.3.1 Departamentos de producción	38
3.3.2 Sector de producción de energía	38
3.3.3 Departamento de inversiones y desarrollo técnico	39
3.3.4 Departamento de suministros materiales y técnicos	39
3.3.5 Vínculos externos	39

INDICE (cont.)

	<u>Página</u>
4. PLANIFICACION Y CONTROL DE MANTENIMIENTO	40
4.1 Planificación del mantenimiento	40
4.1.1 Estructura temporal de los planes	40
4.1.2 Estructura formal de los planes	40
4.1.3 Plan económico del mantenimiento	44
4.1.4 Planes técnicos de mantenimiento	48
4.2 Control del mantenimiento	66
4.2.1 Características del sistema	66
4.2.2 Descripción de las actividades correspondientes	70
4.3 Revisión general de las máquinas	71
4.3.1 Decisión sobre revisiones generales	71
4.3.2 Planificación y control de las reparaciones	76
5. SISTEMA DE INFORMACION SOBRE MANTENIMIENTO	78
5.1 Información para la preparación de los planes de mantenimiento	79
5.1.1 Plan económico	79
5.1.2 Plan técnico	79
5.2 Información especial	79
5.2.1 Información presentada por el jefe de mantenimiento	80
5.2.2 Información sobre la fiabilidad de las máquinas	83
5.2.3 Información sobre repuestos	84
6. TALLERES DE MANTENIMIENTO	88
6.1 Taller de mantenimiento operativo	88
6.2 Taller de reparaciones	89
<u>Anexo</u>	
EJEMPLOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIFERENCIADO	93

	<u>Página</u>
1 Clasificación de la maquinaria	14
2 Categoría de importancia de la máquina y pérdidas de tiempo por mantenimiento	15
3 Variaciones de las actividades de mantenimiento	16
4 Valores del coeficiente $k_{(S)}$	46
5 Valores del coeficiente $k_{(n)}$	46
6 Valor del índice I_E	47
7 Características de mantenimiento	50
8 Mecanización y automatización de las máquinas	56
9 Precisión de la máquina	57
10 Características del diseño, proceso y mantenimiento de la máquina	59
11 Características de diseño y operación de la máquina	60
12 Planificación de la lubricación	65
13 Evaluación del estado técnico de la máquina	72
14 Datos sobre la planificación económica del mantenimiento	81
15 Información resumida sobre mantenimiento	82
16 Ejemplo de informe sobre reparaciones fundamentales	85
17 Análisis de la fiabilidad de la máquina	86
18 Análisis de las propiedades operativas de las máquinas	87
19 Características de diseño y proceso de la máquina	96
20 Características de la máquina	97
21 Mantenimiento de la máquina	97
22 Determinación del insumo de mano de obra de mantenimiento	99
23 Plan de inspecciones y de reparaciones en curso de producción	101
24 Datos básicos para el plan técnico de mantenimiento	110
25 Elementos del plan de mantenimiento	111
26 Secuencia de las operaciones de una cadena de matanza	113

Figuras

	<u>Página</u>
1 Relación entre los costos de mantenimiento y los tiempos de inactividad de las máquinas	6
2 Etapas del proceso de mantenimiento	19
3 Estructura estándar de las funciones de mantenimiento	24
4 Estructura estándar de las profesiones de mantenimiento	25
5 Organización del departamento de mantenimiento	35
6 La interrelación de los planes de mantenimiento	43
7 Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas	51
8 Desarrollo de los planes de mantenimiento	61
9 Organización del centro de control del mantenimiento	69
10 Taller de mantenimiento	90
11 Organización de un taller de mantenimiento	91
12 Organización del taller de reparaciones	105
13 Disposición del taller de reparaciones	108
14 Diagrama de una cadena de maquinado	120

INTRODUCCION

Los problemas económicos de los últimos años, y en especial la escasez de capital, han contribuido a disminuir el ritmo del proceso de renovación del equipo de producción mediante nuevas inversiones. Sin embargo, han comenzado a aparecer nuevas actitudes respecto de la vida útil del equipo y otras innovaciones, en particular en las actividades industriales donde la demanda de materiales ha aumentado.

Desde el punto de vista técnico, una proporción creciente de la nueva generación de máquinas se caracteriza por elevados niveles de mecanización y automatización. También aumentan los requisitos de edad y funcionamiento de las máquinas utilizadas. Estos factores se han traducido en la necesidad de mejorar la calidad y la eficiencia operativa del mantenimiento. Un análisis de las tendencias actuales en la industria mecánica ha revelado lo siguiente:

a) Si en la explotación de máquinas-herramientas y de máquinas de conformar metales se pasa del sistema de un turno al de varios turnos, este cambio se refleja, en el plazo de dos años, por un aumento aproximado del 30% en la demanda de mantenimiento;

b) Si la vida útil de las máquinas-herramientas se prolonga de 5 a 10 años, este cambio se reflejará en un aumento de hasta el 40% en la demanda de mantenimiento;

c) En una planta mecánica de tipo medio, el tiempo de inactividad de las máquinas por razón de mantenimiento de rutina representa, en promedio, del 4 al 7% del tiempo de funcionamiento de las máquinas convencionales. Sin embargo, si no se presta suficiente atención a ese mantenimiento, la capacidad de la máquina sufre una disminución considerable que llega a representar hasta el 20-25% del tiempo disponible para la producción.

Estos datos son suficientemente importantes como para justificar el interés cada vez mayor que existe por la adopción de medidas eficaces y globales destinadas a proporcionar un servicio adecuado de mantenimiento.

En los países en desarrollo los factores generales antes mencionados van acompañados de otras influencias concretas, por ejemplo, bajos niveles de servicio de las máquinas, falta de un personal calificado de mantenimiento, difíciles condiciones climáticas, emplazamiento de las plantas en zonas remotas y desconocimiento de los métodos modernos de trabajo.

Otro factor es la necesidad que tienen las plantas situadas en zonas lejanas de alcanzar un alto nivel de autosuficiencia en el mantenimiento, ya que las posibilidades de contar con un servicio rápido de los fabricantes o de otros establecimientos son muy limitadas.

La organización de servicios adecuados de mantenimiento depende de los métodos de trabajo utilizados en cada empresa. El problema fundamental es el mantenimiento de los bienes de capital. El mantenimiento, como parte de las actividades de la empresa, se desarrolla desde el punto de vista técnico, económico, de organización y personal. Desde el punto de vista formal, todos los parámetros de mantenimiento necesarios se resumen a continuación. En el estudio se definen los principios básicos del trabajo, los vínculos necesarios en materia de organización, el sistema de planificación y control, las disposiciones técnicas, etc.

El sistema moderno de un mantenimiento preventivo diferenciado descrito en este estudio se basa en los principios siguientes:

a) Las prioridades de mantenimiento se establecen de conformidad con la importancia que tienen las máquinas en el proceso de producción;

b) El mantenimiento preventivo se practica a fin de limitar la frecuencia de las averías;

c) El programa de mantenimiento se basa en el año civil, con un calendario detallado para los intervalos más cortos;

d) Por razones de economía, el trabajo administrativo se mantiene en el nivel mínimo indispensable, sobre todo mediante la limitación de la cantidad de datos y documentos;

e) El mantenimiento se incorpora en el sistema de organización del establecimiento definiendo su relación con la gestión de la planta, la producción y las inversiones.

El sistema se elabora en una versión alternativa simple de control manual, con la posibilidad de su conversión gradual a técnicas mecánicas computadorizadas. Es aplicable prácticamente a todos los sectores de la actividad industrial.

El capítulo 1 del estudio contiene una introducción a los principales problemas y leyes de mantenimiento de una planta industrial. En el capítulo 2 se describen las categorías básicas y los principios modernos del sistema de mantenimiento. El capítulo 3 describe la manera de elaborar un modelo de mantenimiento junto con otras actividades de la planta. El capítulo 4 trata del proceso de planificación del mantenimiento. En el capítulo 5 se describe el sistema de información en materia de mantenimiento. En el capítulo 6 se examinan las técnicas de los talleres de mantenimiento. Cada capítulo incluye ejemplos de sistemas de mantenimiento en diferentes condiciones, y abarca toda una serie de aplicaciones.

1. OBJETIVOS DE LAS DIRECTIVAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La maquinaria y el equipo de producción necesitan siempre un determinado volumen de mantenimiento. Los costos de mantenimiento abarcan el monto de los salarios pagados al personal de mantenimiento, el costo de los materiales y repuestos, el servicio y los gastos generales.

Los costos de mantenimiento dependen de cierto número de factores, de los cuales los más importantes son los siguientes: el carácter técnico del equipo; el número, el valor, la edad y los niveles técnicos de las instalaciones; la organización de la producción (uno o más turnos de trabajo), la calidad del servicio y el equipo de que se dispone, y el personal de mantenimiento.

Es posible evaluar los resultados del trabajo realizado por el personal de mantenimiento utilizando varios parámetros, por ejemplo, los costos de mantenimiento en su relación con el volumen del equipo y el valor de la producción. Sin embargo, desde el punto de vista de la identificación de la calidad y eficiencia del mantenimiento de las máquinas, es más conveniente adoptar como referencia el tiempo de inactividad de las máquinas. El tiempo de inactividad de las máquinas es el período necesario para realizar operaciones de mantenimiento preventivo y de emergencia. Es posible determinar con bastante precisión, para cada establecimiento, la relación óptima entre los costos de mantenimiento y el tiempo de inactividad.

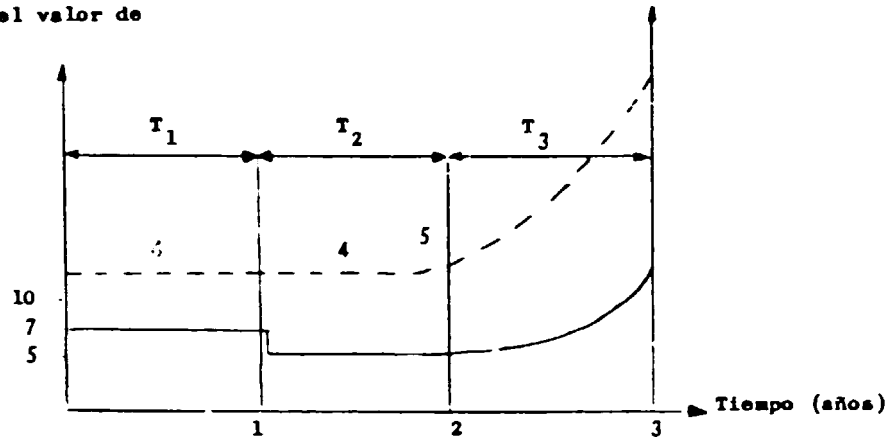
El objetivo de este estudio es describir métodos ya ensayados de trabajo de mantenimiento que permitan optimizar la relación existente entre los costos de mantenimiento y los tiempos de inactividad debidos a operaciones de mantenimiento. El hecho de lograr un mínimo de tiempos de inactividad con un mínimo de costo

de mantenimiento en un plazo relativamente corto puede ser sólo de carácter temporal. Si los costos de mantenimiento se estiman por debajo de un mínimo técnicamente indispensable, después de uno o dos años se registrará un rápido aumento en los tiempos de inactividad por causa de mantenimiento que se traducirán en pérdidas de producción. En la figura 1 se hace una representación gráfica de esta situación potencial en una planta mecánica convencional.

La figura 1 muestra una situación en que, después de un período de la llamada intensidad constante de mantenimiento (T_1), se ha procedido a una reducción técnicamente incorrecta de los costos de mantenimiento. Durante el período de lo que se llama inactividad relativa (T_2), inicialmente no se produce nada que llame la atención, hasta que en el curso de la segunda parte de este intervalo de tiempo de mantenimiento los tiempos de inactividad comienzan a aumentar como resultado de una frecuencia cada vez mayor de fallas y averías. La consecuencia de una decisión errónea de reducir los costos de mantenimiento se dejará sentir plenamente durante el siguiente período (T_3) de intensidad creciente del mantenimiento, que con frecuencia se caracteriza por un gran incremento de los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento. Los retrasos causados por la pérdida de un tiempo que podría servir para el funcionamiento de la máquina, y las deficiencias resultantes en el volumen final de la producción son, por regla general, bastante más altos que el aumento de los costos de mantenimiento.

Figura 1. Relación entre los costos de mantenimiento y los tiempos de inactividad de las máquinas

Costos de mantenimiento como porcentaje del valor de las máquinas



Tiempos de inactividad por causa de mantenimiento como porcentaje del plan de tiempo de funcionamiento de las máquinas

La finalidad de este trabajo es limitar las pérdidas de producción antes mencionadas. Se debe considerar que el estudio ofrece directivas de operación que deben ser adaptadas a las condiciones locales.

2. METODOS RELATIVOS A LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

2.1 Principales términos utilizados

El mantenimiento consiste en un conjunto de actividades realizadas para garantizar que las máquinas y los equipos se encuentran en buen estado de funcionamiento durante todo el tiempo de su empleo para la producción. Hay dos categorías principales de mantenimiento:

a) Mantenimiento preventivo: consiste en una inspección, realizada a intervalos establecidos previamente, del estado técnico de las máquinas, durante la cual se procede a corregir y eliminar los pequeños defectos a fin de prolongar el tiempo en que estas máquinas son utilizadas sin dificultades;

b) Reparaciones: sirven para eliminar los defectos importantes y restablecer las condiciones en que un equipo puede funcionar normalmente.

Estas dos categorías pueden a su vez subdividirse.

El mantenimiento preventivo diferenciado es un sistema complejo de mantenimiento, en el que se tiene en consideración la distinta importancia de cada máquina y de cada pieza del equipo en el proceso principal de producción.

La renovación basada en inversiones consiste en sustituir las máquinas inútiles o gastadas por otras nuevas.

El tiempo de funcionamiento es el período durante el cual se utiliza una máquina para efectuar ciertas operaciones. Por lo general este concepto toma la forma de un calendario o se expresa en horas, incluyéndose las pausas en el funcionamiento.

La vida útil técnica y genral de una máquina es la suma total de todos los tiempos de funcionamiento, desde el momento en que se empieza a utilizar una determinada máquina hasta el momento en que se procede a su eliminación definitiva.

Un tiempo de inactividad es un período durante el cual no funciona la máquina. El tiempo de inactividad por razones de mantenimiento -llamado tiempo de inactividad técnico- es el tiempo durante el cual no funciona una máquina mientras se realizan en ella trabajos de mantenimiento.

Un agente de mantenimiento es un trabajador que realiza cualquiera de las operaciones manuales que forman parte del servicio de mantenimiento.

Un empleado del departamento de mantenimiento es cualquier miembro del personal que se dedica a este tipo de trabajo, sin tener en cuenta si el trabajo es de carácter manual, técnico, auxiliar o consiste en alguna operación mecánica.

Los costos de mantenimiento son el volumen total de los medios financieros gastados en la labor de mantenimiento durante un determinado período. Para su uso en las labores de registro y planificación, estos costos se subdividen en distintas categorías. Por regla general, estas categorías contienen partidas relativas a sueldos y salarios, precios de materiales y repuestos, servicios de mantenimiento por abastecedores externos y gastos generales.

El insumo de mano de obra es el número de horas de trabajo dedicadas por el personal de mantenimiento a la labor de mantenimiento.

Una norma es un rubro de información que cuantifica cualquier tipo concreto de actividad en el programa de mantenimiento, en aspectos tales como el insumo de mano de obra, la urgencia, etc. Suele servir para planificar las actividades respectivas o para evaluar los resultados del trabajo.

2.2 Categorías básicas de mantenimiento

En esta sección se indican brevemente las características de las diferentes categorías. Los pormenores relativos al trabajo se tratan en los capítulos siguientes.

2.2.1 Mantenimiento preventivo

La inspección es una operación de control que sirve para verificar el estado técnico de una máquina y el grado de desgaste de sus componentes. Se hacen los reajustes necesarios y se eliminan los defectos menores que pueden reducir el tiempo planificado de funcionamiento normal. Cuando la operación siguiente es una reparación, los objetivos y el alcance de la inspección se formulan en términos más precisos. La inspección se programa estrictamente para un período determinado, y los intervalos entre las inspecciones sucesivas se estipulan en normas establecidas de conformidad con la importancia y las características técnicas de la máquina.

El diagnóstico es una operación de identificación que forma parte del servicio de mantenimiento, destinada a verificar las características básicas de una máquina y sus partes componentes, por ejemplo la precisión geométrica, la intensidad de las vibraciones, las temperaturas de los cojinetes, los niveles de esfuerzo de la máquina, la celeridad de las reacciones del sistema y los intervalos que transcurren de una avería a otra. El diagnóstico técnico utiliza mediciones especializadas e instrumentos de diagnóstico para obtener los datos necesarios. El diagnóstico administrativo obtiene datos específicos mediante un análisis de la información registrada que es normalmente accesible, la periodicidad de las averías, los tiempos de inactividad, etc.

En términos generales, el diagnóstico sirve para determinar la condición de las piezas de una máquina, detectar la existencia y las causas de desgaste y de averías, predecir el funcionamiento futuro de una máquina, etc.

La lubricación es parte del mantenimiento preventivo destinada a reducir la fricción en los sistemas mecánicos mediante la aplicación de lubricantes adecuados en las partes funcionales de las máquinas, tales como los cojinetes y las guías. Como la mayoría de los lubricantes son sustancias inflamables, y algunos de ellos son incluso dañinos para la salud, por regla general este tipo de servicio se encarga a una sección especializada del departamento de mantenimiento.

La protección contra la corrosión es un elemento importante del servicio de mantenimiento cuando se trata de determinadas clases de equipo de producción. La finalidad de esta actividad es reducir en todo lo posible el desgaste por corrosión que puede deberse a los efectos de la tecnología ambiental.

2.2.2 Reparaciones

Las reparaciones durante el proceso de producción se basan en lo siguiente: la información obtenida mediante la inspección, que revela si el grado de desgaste de una máquina ha llegado hasta tal punto que ya no es posible eliminarlo mediante trabajos rutinarios de mantenimiento; y la información pedida por cualquier otro departamento en conexión con la condición de una máquina.

Hay dos categorías de reparaciones por razones de avería, basadas en el volumen del trabajo de mantenimiento que se necesita para volver a poner en funcionamiento la máquina: defectos que exigen un insumo de mano de obra de menos de 8 horas, que se registran para un período específico, por ejemplo una semana o un mes; averías que exigen un insumo de mano de obra de más de ocho horas, que se registran separadamente.

La revisión general es la operación de mantenimiento más amplia en función del insumo de mano de obra y de los gastos en que se incurre. La mayoría de las máquinas que deben ser objeto de este tipo de reparación tienen que ser detenidas durante varias semanas e incluso durante más tiempo. Con frecuencia estas máquinas son transportadas a un taller especial. Como parte de una revisión general, se suele también proceder a la reconstrucción o modernización de la máquina. El valor y la tasa de rendimiento de una máquina después de una revisión de esta índole representa del 80 al 90% de los parámetros de una nueva máquina.

Cuando se trata de máquinas complicadas, una revisión general puede realizarse en etapas sucesivas, pasando de un componente estructural al siguiente. Como estas revisiones exigen mucha mano de obra e insumo de materiales, se les debe incluir en un plan sólo después de realizar un análisis y una comparación de sus costos con el gasto que entraña la adquisición de una nueva máquina.

2.3 Elementos del servicio de mantenimiento

Para lograr resultados satisfactorios, el mantenimiento exige cierto número de actividades de carácter mecánico, administrativo, técnico y de producción; por ejemplo:

a) Gestión técnica y económica de los departamentos de mantenimiento por un personal mecánico competente. Esto exige en particular el mantenimiento de registros, planificación, preparación técnica de las reparaciones, supervisión de los trabajos en curso, etc.

b) Control del proceso de mantenimiento mediante dos tipos de intervenciones del departamento de mantenimiento: las actividades ya planificadas y las intervenciones causadas por averías;

c) La fabricación de repuestos está a cargo de un taller de producción especializado que forma parte del centro de mantenimiento. Cuando es necesario cuenta también con instalaciones para la renovación de las piezas gastadas;

d) El servicio de suministro del departamento de mantenimiento se encarga, además de la adquisición de materiales, repuestos, documentación, etc., de establecer contactos con los departamentos de servicios de los fabricantes de las máquinas que se utilizan, así como con todos los centros que cooperan dentro de la planta y con organizaciones fuera de ésta;

e) Almacenamiento de repuestos, materiales, lubricantes, instrumentos y herramientas de talleres.

2.4 Principios del mantenimiento metódico

2.4.1 Diferenciación

La diferencia de las máquinas se basa en el hecho de que cada máquina tiene una determinada importancia para la empresa donde se utiliza. Esta importancia depende de varios factores, de los cuales los más importantes son los siguientes:

a) Importancia tecnológica de la máquina, sobre todo en la medida de su capacidad tecnológica de reemplazo, la precisión de su funcionamiento y otros parámetros;

b) Características de producción, en primer lugar su productividad, la posibilidad de ser atendida junto con otras máquinas, etc.;

c) Características técnicas de la máquina, por ejemplo, el grado de automatización, de complejidad, el número de grupos de montaje, sensibilidad y resistencia a las condiciones ambientales;

d) Precio y vida útil prevista de la máquina; duración prevista de su utilidad.

e) Disponibilidad de los servicios necesarios, seguridad de su funcionamiento y otros factores.

Por razones prácticas, las máquinas se dividen en varias categorías de importancia, cada una de las cuales contiene un número limitado de máquinas. La división debe ser realizada por un trabajador calificado del sector de mantenimiento. El cuadro 1 puede ser útil para hacer la evaluación correspondiente.

Cuadro 1

Clasificación de la maquinaria

Categoría de importancia de las máquinas		Porcentaje del número total de máquinas	Criterios auxiliares de la selección
Número	Evaluación		
1	Muy importante	15	Imposibilidad tecnológica de reemplazo Elevada precisión de funcionamiento (0,001 mm - 0,005 mm) Elevada tasa de automatización Alta complejidad (8 o más grupos de montaje) Utilización a largo plazo de la máquina Máquinas que trabajan en línea o máquinas de uso continuo Máquinas que influyen en la seguridad de las operaciones Máquinas costosas Nuevas máquinas o máquinas con una utilización prevista de más de 5 años
2	Normal Convencional	55	Complejidad mediana (de 4 a 8 grupos de montaje) Promedio de utilización (hasta un turno) Máquinas mecanizadas y las de menor tasa de automatización Máquinas que son cambiables o sustituibles Máquinas que existen en grandes cantidades (más de tres)

Cuadro 1 (cont.)

Clasificación de la maquinaria (cont.)

<u>Categoría de importancia de las máquinas</u>		Porcentaje del número total de máquinas	Criterios auxiliares de la selección
Número	Evaluación		
3	Auxiliar	30	Máquinas técnicamente simples (hasta 3 grupos de montaje) Máquinas utilizadas solamente de vez en cuando Máquinas empleadas en servicios auxiliares

La inclusión de una máquina de una determinada categoría de importancia tiene mucha influencia en el grado y la estructura de las actividades de mantenimiento. En el cuadro 2 puede apreciarse la relación entre la categoría de importancia de las máquinas-herramienta y de las máquinas de conformación en una empresa mecánica convencional, cuyas máquinas trabajan prácticamente a un régimen de un solo turno de ocho horas por día.

Cuadro 2

Categoría de importancia de la máquina y pérdidas de tiempo por mantenimiento

<u>Categoría de importancia</u>		Límite de las pérdidas de tiempo causadas por el mantenimiento (porcentaje)
Número	Evaluación	
1	Muy importante	3
2	Convencional	6
3	Auxiliar	Ilimitado

2.4.2 Medidas preventivas

La mayoría de las máquinas utilizadas en la industria están sujetas a deterioro y desgaste. Si las actividades de mantenimiento están bien organizadas, es posible evitar la mayoría de las grandes averías adoptando medidas de prevención. La inspección y el diagnóstico son los aspectos fundamentales de un sistema adecuado de mantenimiento.

Al tomar una decisión sobre el grado de mantenimiento preventivo, es necesario también tener en cuenta los aspectos económicos. Las medidas de mantenimiento preventivo deberían aplicarse, en primer lugar, a las máquinas pertenecientes a la primera y segunda categoría de importancia. Incluso dentro de estas categorías es necesario tener en cuenta una cierta proporción de defectos, aunque este porcentaje no debe pasar de un determinado límite.

En el cuadro 3 se da un ejemplo de los distintos porcentajes de mantenimiento preventivo.

Cuadro 3

Variaciones de las actividades de mantenimiento

<u>Categoría de importancia</u>		<u>Proporción de mantenimiento (porcentaje)</u>	
<u>Número</u>	<u>Evaluación</u>	<u>Mantenimiento preventivo</u>	<u>Reparación de defectos</u>
1	Muy importante	80	20
2	Convencional	50	50
3	Auxiliar	20	80

2.4.3 Planificación

Las actividades de planificación son el tercer factor importante del mantenimiento moderno, que garantiza el control de los procesos de mantenimiento mediante un plan o un sistema de planes. Los planes más importantes se describen a continuación:

a) Los planes de carácter económico son de importancia fundamental y forman parte de la renovación general de la empresa;

b) Los planes relativos a los costos de mantenimiento se refieren tanto al mantenimiento externo como interno. La relación entre estos dos tipos de mantenimiento es el índice de autosuficiencia de la empresa. El plan de mantenimiento interno se establece en función de los costos de la mano de obra y los materiales y los gastos generales;

c) Los planes de carácter técnico se relacionan con los planes económicos concretos mediante las actividades desarrolladas de conformidad con las necesidades de las máquinas, necesidades que pueden ser de mantenimiento preventivo, reparaciones de rutina o revisiones generales.

Si es necesario estos planes se subdividen y completan para abarcar otros aspectos tales como la producción de repuestos.

El ámbito del trabajo de planificación debe mantenerse en un nivel óptimo. Una mayor tasa de automatización y una mejor utilización de las máquinas exigen una mejor planificación del mantenimiento.

2.5 Desarrollo general del proceso de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se componen de cierto número de acciones parciales. En la figura 2 se ofrece una visión general del proceso.

La Dirección de la empresa establece las condiciones básicas para el mantenimiento de las máquinas:

a) Durante la fase de la definición de los parámetros generales, especificando los medios financieros que se pueden dedicar a la compra de nuevas máquinas y la eliminación de las máquinas fuera de uso, y determinando el volumen de la producción final, el alcance de la explotación, etc.;

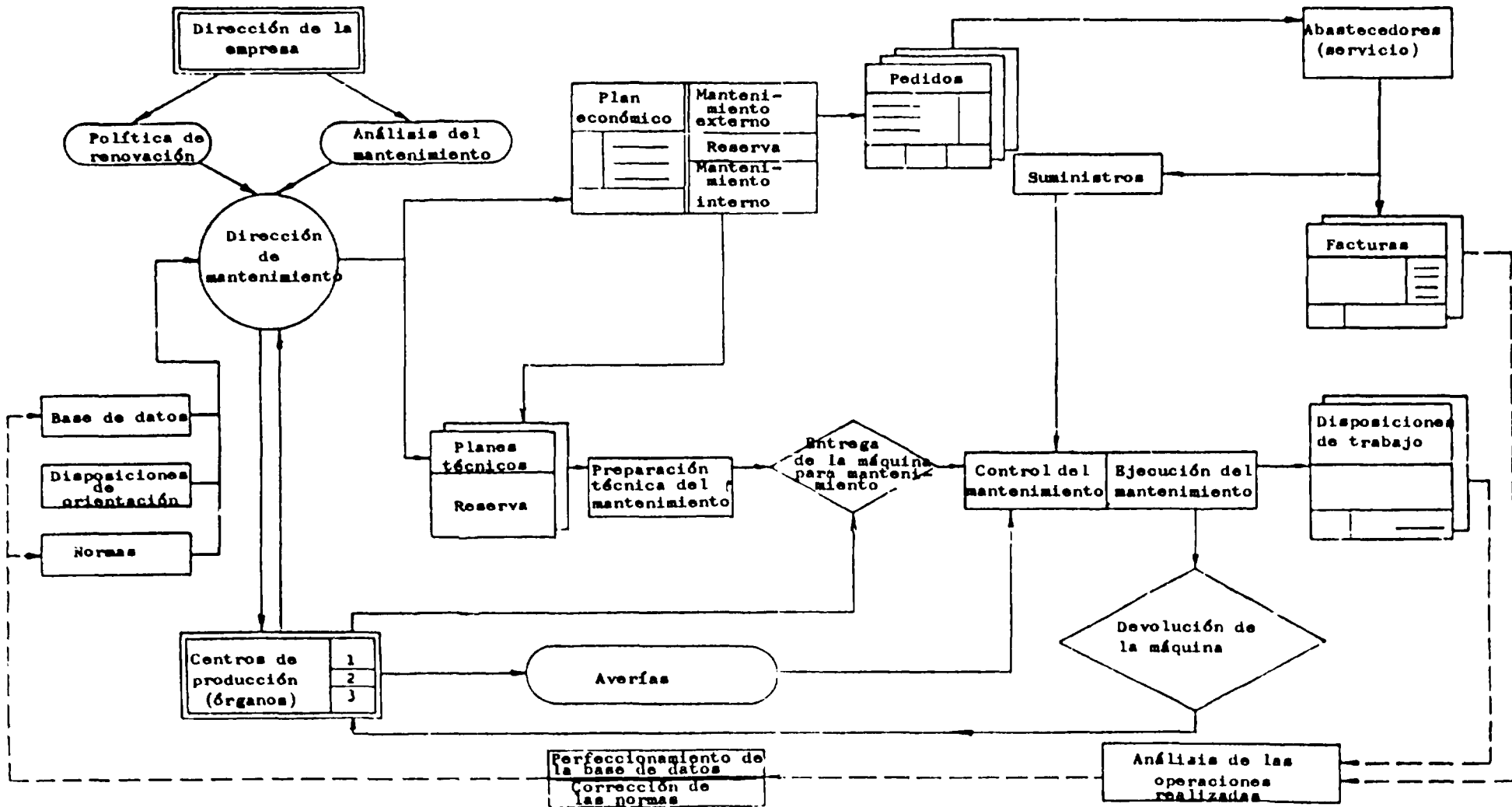
b) Durante la fase del establecimiento de condiciones necesarias para fines de mantenimiento, mediante la organización de un órgano responsable y competente y determinando su tamaño y su presupuesto, aprobando las disposiciones relativas al mantenimiento, etc.

La gestión del sector de mantenimiento es de competencia del personal encargado de establecer la base de los datos y de las normas que permiten una planificación, un control y una ejecución de alta calidad del mantenimiento preventivo y las reparaciones.

El plan económico determina los desembolsos financieros necesarios para el mantenimiento con la ayuda de modelos presupuestarios especiales. La cantidad asignada a las compras de los servicios de mantenimiento externo constituye la base para atender los pedidos hechos a abastecedores especializados. Las cantidades asignadas al mantenimiento interno limita el ámbito de las operaciones realizadas por los agentes de mantenimiento de la empresa.

En el plan técnico se especifican los rubros individuales del mantenimiento preventivo, el servicio de rutina y las revisiones generales. Al establecer planes concretos debe prestarse especial atención a las normas básicas y a las demandas de los centros de producción. En todos los aspectos de los planes de mantenimiento se hacen reservas presupuestarias destinadas a cubrir las necesidades imprevistas.

Figura 2. Etapas del proceso de mantenimiento



Con los intervalos necesarios, las medidas planificadas se transfieren a la sección de preparación del mantenimiento técnico, y después de los trámites administrativos necesarios, se les da aplicación.

La dirección de mantenimiento se encarga también de la tarea de sacar en tiempo oportuno la máquina del proceso de producción y de devolverla a los centros de producción después de haber terminado de aplicar las medidas de mantenimiento preventivo o de haber hecho las reparaciones necesarias, en caso de haberlas.

3. ORGANIZACION DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO

Un sector especializado en mantenimiento, denominado de aquí en adelante el sector, se encarga de las actividades de mantenimiento. Este sector forma parte de la estructura orgánica de la empresa y se encarga de que el equipo de producción esté en condiciones de funcionar. Este sector suele estar bajo la supervisión de la dirección técnica de la empresa o, en las instalaciones de gran envergadura, bajo la vigilancia del gerente general.

Además del mantenimiento preventivo y de las reparaciones, el sector desarrolla también actividades que son indispensables para el funcionamiento adecuado de la empresa y que no pueden ser realizadas por unidades de producción o por abastecedores externos, tales como el trabajo de desarrollo técnico, las pequeñas inversiones, etc. Sin embargo, el alcance de estas actividades tiene que ser limitado. Algunas veces el taller del sector del mantenimiento tiene la forma de un taller común que se dedica a la producción de repuestos, herramientas, diversos tipos de plantillas, etc. Este taller común es especialmente útil en las pequeñas empresas, en las que se dispone sólo de un pequeño número de trabajadores altamente calificados.

Las actividades del sector de mantenimiento están vinculadas con las de otros órganos internos y externos, por ejemplo, los talleres de servicio externos.

La descripción que se hace a continuación y las soluciones que se sugieren se basan en un determinado modelo de organización de la función o sector de mantenimiento. Hay otros modelos posibles. A continuación se describe el modelo seleccionado (centralizado).

3.1 Modelo de organización

El modelo centralizado del sector de mantenimiento ha demostrado ser el más apropiado para las operaciones normales de la industria. Este modelo tiene las características siguientes:

- a) Asume la responsabilidad de la ejecución del mantenimiento preventivo y la reparación de todos los equipos empleados en la empresa;
- b) Su director está subordinado al gerente técnico o al gerente general;
- c) Se encarga de la distribución de los fondos asignados con fines de mantenimiento.

El sector de mantenimiento centralizado concentra todas las actividades de mantenimiento necesarias para el buen funcionamiento de la empresa. Estas operaciones están a cargo de trabajadores internos o se realizan con la ayuda de empresas externas. Además, la centralización de la responsabilidad permite una vigilancia directa del sector por las autoridades competentes.

Una parte integral del sector centralizado es un taller de maquinaria y de montaje que se dedica a la fabricación de repuestos y a la ejecución de las reparaciones de las máquinas.

3.2 Estructura orgánica

La estructura orgánica interna del sector de mantenimiento depende de las funciones que deba realizar. Una serie completa de tales funciones representa una estructura orgánica estándar. Se logra una estructura orgánica individual mediante una adaptación a las condiciones locales específicas.

Estructura estándar

La estructura estándar de las funciones se representa en la figura 3 y la estructura estándar de las profesiones individuales aparece en la figura 4.

3.2.1 Estructura estándar de las funciones

La estructura estándar es un instrumento operativo que ayuda a resolver los problemas de organización que entraña el mantenimiento. Disminuye las posibilidades de que se omita una función al definir el alcance de las tareas del sector. Las posiciones funcionales individuales de la estructura estándar se definen con arreglo a la serie de operaciones que se indican a continuación.

Dirección del sector de mantenimiento. Este es el órgano máximo del sector que está directamente subordinado al gerente o vicegerente. La dirección se encarga de transferir de manera apropiada determinadas tareas a la estructura interna del sector, para su ejecución y verificación.

Se ocupa de transmitir a los órganos superiores información, completa y no deformada, acerca de la actividad del sector. Se hace cargo de la relación con otras unidades de la empresa. Incorpora las disposiciones básicas de orientación de la empresa a la actividad del sector. Es responsable del cumplimiento de los reglamentos internos de la empresa que tengan validez general. Dirige el desarrollo del sector como una unidad completa. Controla la política de personal del sector. Cooperera en la elaboración y ejecución del programa de renovación de la empresa. Toma decisiones sobre la utilización de la capacidad del sector y distribuye los recursos financieros asignados al mantenimiento. Propone y justifica ante la dirección de la empresa las actividades básicas del sector.

Figura 3. Estructura estándar de las funciones de mantenimiento

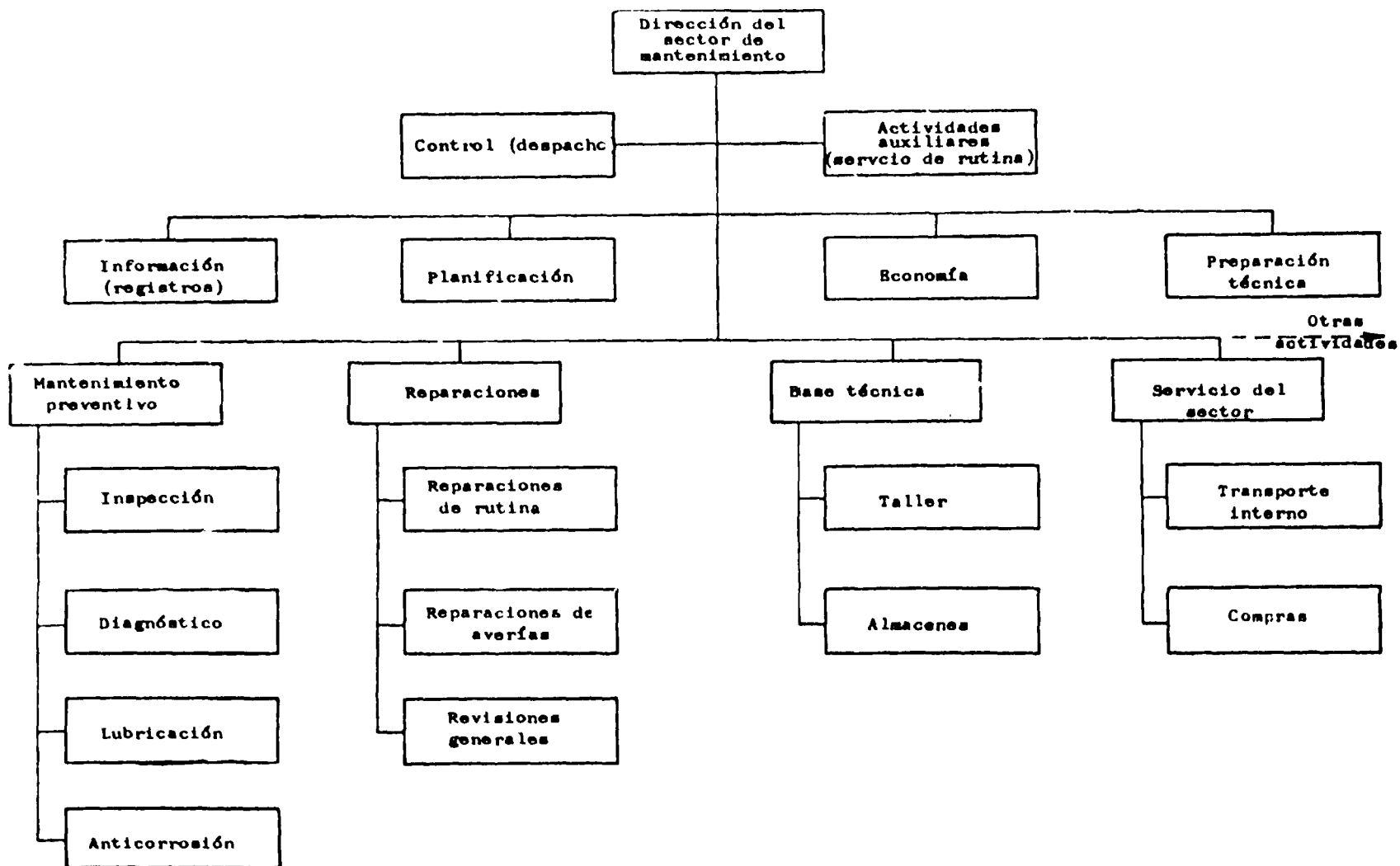
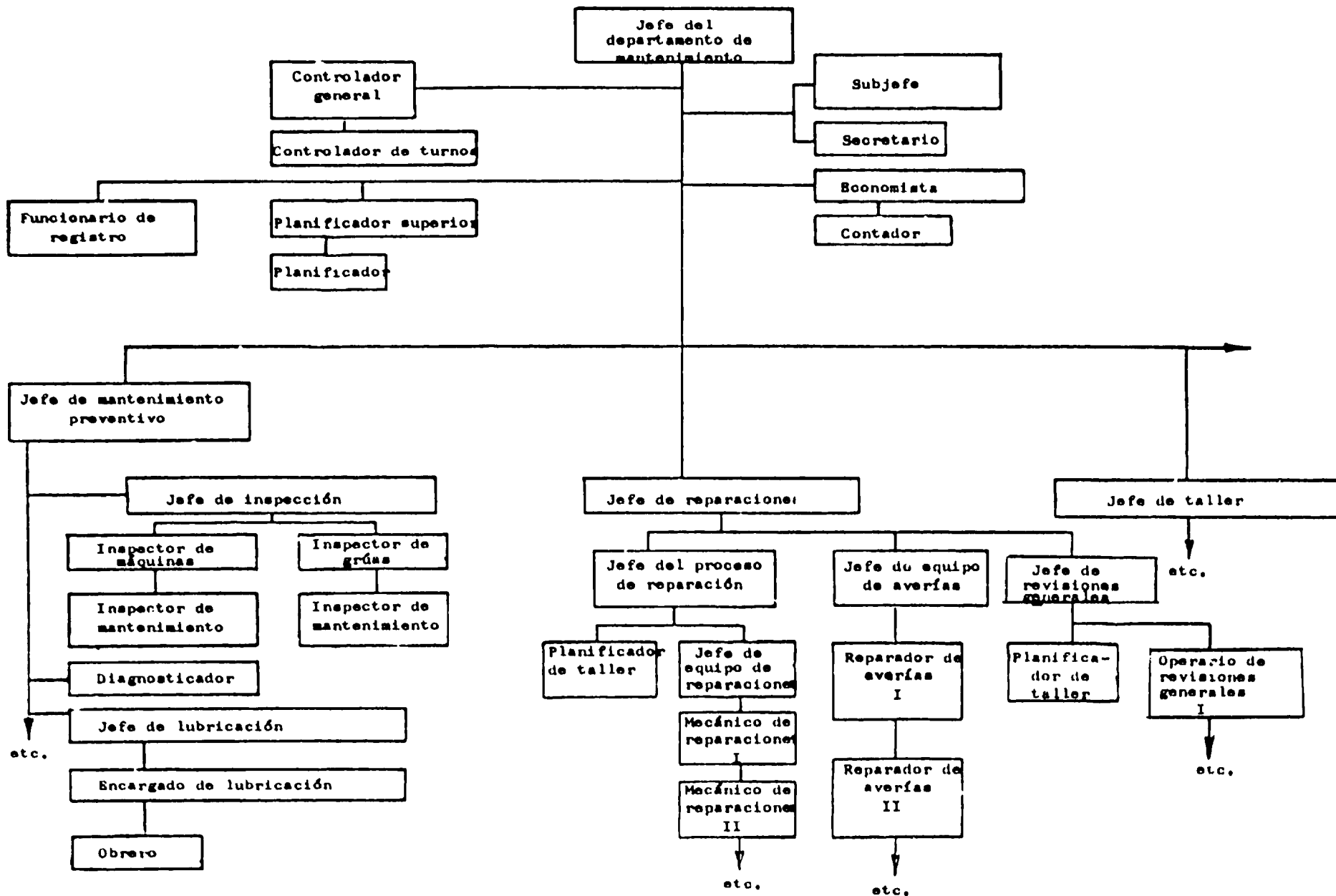


Figura 4. Estructura estándar de las profesiones de mantenimiento



Actividades auxiliares. Estas actividades son un componente operativo auxiliar de la dirección del sector.

Control (despacho). Esta es una función operativa relacionada con todo el sector. Interviene si se produce alguna desviación en el programa del sector y si surgen demandas no previstas de trabajo para el sector. Mantiene vínculos de comunicación con otros órganos del sector de mantenimiento y, si es necesario, puede estar conectado con la dependencia general de control de la empresa. Está autorizado a informar a la dirección del sector acerca de la situación existente en el campo de actividades bajo control. Prepara informes semanales para la dirección del sector sobre las reparaciones más importantes.

Información. Se trata de una función básica cuyos propósitos se indican a continuación:

- a) Proporcionar información acerca de todo el equipo de la empresa;
- b) Instalar en el equipo las marcas de identificación necesarias;
- c) Efectuar el inventario;
- d) Ocuparse de completar la documentación técnica acerca del equipo;
- e) Proporcionar la información necesaria sobre planificación;
- f) Resumir los resultados del funcionamiento del sector y registrar la documentación respectiva;
- g) Mantener registros -durante un determinado tiempo- de todos los documentos relativos al sector;

- h) Mantener registros relativos al personal empleado en el sector y al programa de actividades del sector;
- i) Cooperar con todo el sistema de la empresa.

Planificación. El departamento de planificación es una dependencia central encargada de la ejecución de todos los planes, excepto algunos planes económicos y operativos de las dependencias internas del sector. Además, su tarea fundamental consiste en elaborar planes técnicos y preparar proyectos de planes de mantenimiento preventivo, el plan que abarca las reparaciones de rutina y las revisiones generales, así como el plan de todas las necesidades en materia de repuestos.

Sus demás funciones son:

- a) Si no hay otros órganos de planificación de menor categoría, elaborar planes operativos en cooperación con el departamento de inspección;
- b) Analizar lo que representan las demandas de las demás unidades de la empresa en las actividades del sector e incorporarlas en planes adecuados;
- c) Asumir la coordinación fundamental de las necesidades del sector de mantenimiento y de los centros de producción en lo que se refiere a la disponibilidad y estado de las máquinas para funcionar;
- d) Suministrar la documentación que debe acompañar a cada actividad individual del sector;
- e) Cooperar con la dependencia de control si es necesario resolver problemas creados por desviaciones del programa de actividades;

f) Hacer comparaciones entre las operaciones planificadas del sector y las efectivamente realizadas;

g) Cooperar con otros órganos del sector;

h) Estudiar las bases para elaborar planes técnicos.

Economía. La sección económica es el órgano central de control de los recursos financieros asignados al sector. Sus tareas son:

a) Cooperar con las dependencias de la empresa encargadas de las actividades de producción y renovación;

b) Analizar los presupuestos generales y los planes de gastos con fines de mantenimiento;

c) Proponer la estructuración de los recursos financieros de mantenimiento en el marco interno de la empresa;

d) Verificar los fondos asignados;

e) Analizar propuestas para imponer sanciones en caso de deficiencias causadas por actos indebidos o por una manipulación incompetente;

f) Elaborar procedimientos de valoración económica;

g) Revisar la estructura de la planificación económica;

h) Proponer a la dirección del sector los métodos necesarios para establecer índices económicos del sector.

Departamento de preparación técnica. En la esfera de la construcción las tareas de este departamento son:

a) Programar los informes técnicos sobre los daños incurridos y determinar la causa de los daños sufridos por las máquinas;

b) Determinar la forma técnica de reparación;

- c) Determinar la vida útil de las distintas piezas;
- d) Seleccionar y determinar las piezas gastadas que deben ser reparadas;
- e) Analizar las propuestas de reconstrucción y modernización;
- f) Elaborar especificaciones para los componentes que son objeto de reparaciones repetidas.

Dentro del marco de la preparación técnica, procedimientos, descripción de medidas preventivas y reparaciones, sus tareas son:

- a) Elaborar la tecnología de la producción y renovación de repuestos;
- b) Calcular los gastos correspondientes;
- c) Tomar parte en las decisiones relativas a la existencia de componentes que deben ser almacenados;
- d) Hacer pedidos para completar las existencias de producción en el propio taller;
- e) Verificar que al hacerse las reparaciones se respete la disciplina tecnológica;
- f) Introducir tecnologías mejoradas.

En la esfera de la documentación se encarga de registrar y mantener documentos importantes.

Mantenimiento preventivo. Este órgano coopera con otras dependencias del sector, especialmente con el grupo de planificación. En el ámbito de la sección de inspección, se hace cargo y selecciona los planes de operaciones individuales y tiene las siguientes tareas:

a) Verificar periódicamente la condición técnica de las máquinas;

b) En caso de necesidad, transmitir la información necesaria para precisar y actualizar el plan de reparaciones de rutina del servicio normal;

c) Cooperar en la determinación de las causas de las deficiencias y averías;

d) Cooperar en la formulación de las normas de planificación.

En lo que se refiere al diagnóstico, hace las mediciones necesarias y se encarga de:

a) Evaluar los datos comprobados;

b) Prever la vida útil de cada unidad del equipo para rectificar los planes;

c) Verificar y mantener la condición técnica adecuada de los instrumentos empleados;

d) Reunir, en cooperación con la sección de inspección, los informes acerca de la condición de los lugares de trabajo fundamentales.

En lo que se refiere a la lubricación y a la protección contra la corrosión se encarga de:

a) Organizar y controlar la lubricación y adoptar las medidas de protección contra la corrosión;

b) Hacer los pedidos necesarios para la asignación de cantidades y tipos adecuados de lubricantes, materiales protectores, instrumentos y herramientas de trabajo;

c) Verificar la condición de los lubricantes;

- d) Preparación de calendarios gráficos de diversas operaciones;
- e) Verificar los procedimientos de lubricación utilizados por el personal correspondiente;
- f) Adoptar métodos modernos de trabajo, tales como la medición sin contacto de los revestimientos de protección;
- g) Cooperar con el grupo de inspección en el análisis de la evolución y las causas de deficiencias y averías que son resultado de una lubricación inadecuada.

Reparaciones. La sección de reparaciones es el principal órgano ejecutivo del sector y se encarga de la mayor parte de las actividades de mantenimiento. En la esfera de las reparaciones de rutina y de las revisiones generales, las tareas de la sección de reparaciones son:

- a) Obtener calendarios de reparaciones del grupo de planificación y recibir la documentación relativa al trabajo procedente de la sección de preparación técnica;
- b) Organizar y controlar la realización de los trabajos;
- c) Cooperar con la sección de diagnóstico para determinar los parámetros técnicos necesarios de las máquinas y sus distintas piezas;
- d) Trasladar las máquinas reparadas a los centros de producción;
- e) Participar en la labor encaminada a completar la documentación técnica de cada máquina.

En lo que se refiere a las reparaciones por averías, sus tareas son las siguientes:

- a) Recibir informes sobre averías de los centros de producción;
- b) Tomar una decisión acerca del método de reparación;
- c) Corregir los defectos existentes y las averías que se producen;
- d) Cooperar en la determinación de sus causas y preparar las medidas de protección adecuadas.

Base técnica. Este sector abarca los talleres, almacenes, etc. La función de los talleres es:

- a) Producir y reparar los repuestos necesarios para el mantenimiento preventivo y las reparaciones;
- b) Producir las piezas para otros tipos de manufactura, tales como herramientas, instrumentos, plantillas, etc.;
- c) Efectuar los trabajos de desmontaje y montaje que exigen las actividades de reparación, incluidas todas las tareas auxiliares tales como limpieza, pintura, revestimiento, etc.;
- d) Realizar inspecciones interoperativas y de producción de las máquinas y sus piezas.

En el ámbito del almacenamiento sus objetivos son:

- a) Disponer lo necesario para el almacenamiento de las máquinas y sus piezas;
- b) Proporcionar las cantidades y los tipos necesarios de repuestos, materiales, lubricantes, etc.;
- c) Mantener depósitos para el almacenamiento de productos en curso de fabricación;
- d) Seguir el movimiento de los artículos almacenados, mantener una existencia mínima de reserva y cooperar en la eliminación de las piezas inútiles y fuera de servicio.

Atención del sector. El sector cuenta con servicios auxiliares y de rutina necesarios para desempeñar su función de corrección. El servicio de transporte interno se ocupa de la transferencia de las máquinas, las piezas y los materiales dentro de la empresa, y en cooperación con la sección de compras se hace cargo de las entregas procedentes de abastecedores externos. La sección de compras adquiere las piezas, materiales y otros artículos necesarios para el funcionamiento del sector.

Otras actividades, por ejemplo la organización del sector de mantenimiento, suelen incluir cierto número de otras operaciones, por ejemplo el mantenimiento de partes estructurales, instalaciones eléctricas, etc.

3.2.2 Diagrama estándar de oficios y profesiones

El diagrama estándar de funciones, tal como figura en el capítulo anterior, constituye una especie de sistema modular universal a partir del cual es posible elaborar cualquier tipo de diagrama necesario para las condiciones locales de cada instalación. Sin embargo, por lo general toda aplicación se obtiene mediante una organización más detallada, lo que se suele llamar el diagrama de oficios y profesiones. En la figura 4 se da un ejemplo parcial de las profesiones más importantes.

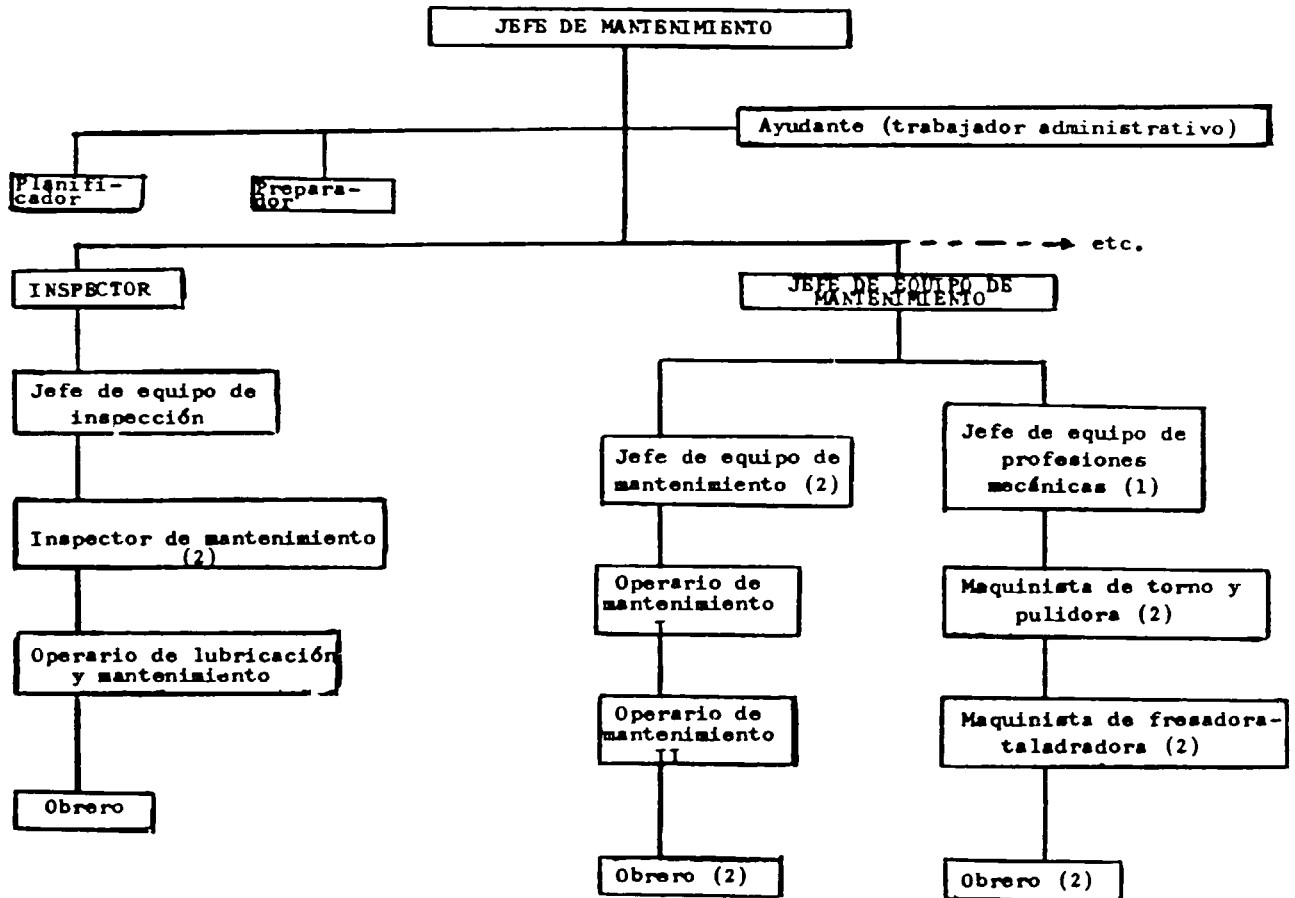
En el ejemplo utilizado en este caso, el diagrama de un departamento de mantenimiento correspondería a una planta relativamente grande, es decir una empresa que en el sector de la mecánica emplea más de 2.000 trabajadores.

En el caso de empresas más pequeñas, este diagrama estándar debe reducirse a lo que se llama un dispositivo de aplicación.

3.2.3 Diagrama de organización de oficios y profesiones

Para dar un ejemplo de un tipo de organización, la figura 5 contiene un diagrama del departamento de mantenimiento de una planta mecánica que emplea 500 trabajadores. El procedimiento consiste esencialmente en conservar todas las funciones asignadas al departamento y acumular las funciones sobre la base del volumen de trabajo necesario para su conservación, la afinidad profesional de cada función y el número de trabajadores del departamento de mantenimiento.

Figura 5. Organización del departamento de mantenimiento



El diagrama gira en torno del mantenimiento de las máquinas y el equipo. Como ejemplos de la acumulación de funciones pueden citarse los siguientes:

- a) El jefe de mantenimiento, además de sus funciones normales, se encarga del funcionamiento del sistema de control;
- b) Un funcionario administrativo realiza el trabajo de secretaria y se ocupa también de las actividades de orientación;
- c) El planificador tiene a su cargo la planificación y la economía;
- d) El preparador cumple las funciones de preparación técnica, algunas de las funciones de asistencia y las que corresponden a los almacenes para uso inmediato;
- e) Además de sus funciones de inspección, el inspector supervisa el sistema de lubricación y la adopción de medidas contra la corrosión;
- f) El jefe de equipo de mantenimiento se hace cargo de las actividades de reparación y supervisa y controla a los trabajadores con la ayuda de los jefes de equipo.

3.3 Vínculos del departamento de mantenimiento

Por vínculos del departamento de mantenimiento se entienden las relaciones que éste mantiene con otros elementos de la organización, tanto dentro como fuera de la planta. Esta vinculación consiste sobre todo en una corriente de información, por ejemplo órdenes y datos, y rara vez en una corriente de materiales, por ejemplo repuestos y materiales de producción.

A continuación se describen los vínculos más importantes entre el departamento de mantenimiento y los demás elementos de la planta:

a) El gerente de la planta controla el funcionamiento del departamento de mantenimiento, nombra a su jefe y establece el reglamento correspondiente. El departamento de mantenimiento es responsable ante la dirección de la planta del funcionamiento del servicio de mantenimiento y de que la maquinaria y el equipo de producción estén en condiciones de funcionar adecuadamente;

b) El departamento de personal coopera con el departamento de mantenimiento en todo lo relativo al suministro de los trabajadores necesarios. Toma disposiciones para mejorar los conocimientos y la capacidad profesional de los trabajadores del departamento de mantenimiento mediante diversas formas de instrucción y formación;

c) El departamento de mantenimiento establece un nivel viable de tiempos de inactividad técnicos para elaborar los planes de capacidad. El departamento de planificación de la capacidad tiene en cuenta los datos cuando elabora los planes para la utilización de la capacidad disponible;

d) El departamento de mantenimiento comunica al departamento de planificación de la producción un proyecto de mantenimiento preventivo y un plan de reparaciones de rutina y de revisiones generales, con un calendario específico de las operaciones previstas en el plan. A continuación el departamento de planificación de la producción compara el proyecto de plan de mantenimiento con las necesidades del plan de producción. Los comentarios y observaciones correspondientes se discuten entonces con el departamento de mantenimiento. Una vez que se han tenido debidamente en cuenta los comentarios justificados, el departamento de mantenimiento prepara un plan definitivo de operaciones.

e) El departamento encargado del control operativo de la producción coopera con el departamento de mantenimiento, sobre todo en lo que se refiere a las averías y a los tiempos de inactividad;

f) El departamento de economía de la planta establece los costos de producción y los índices económicos básicos del departamento de mantenimiento;

g) El departamento de contabilidad de costos coopera con el departamento de mantenimiento en la tramitación de los programas normales de contabilidad, la elaboración de programas de datos, control de documentos, etc. Cuando se trata de departamentos de mantenimiento suficientemente grandes, por lo general estos departamentos cumplen estas tareas utilizando su propio personal.

3.3.1 Departamentos de producción

El departamento de producción influye en el trabajo del departamento de mantenimiento ya que es en este nivel donde se produce el desgaste de las máquinas. Los trabajadores del departamento de producción deben seguir las instrucciones del departamento de mantenimiento en las tareas diarias de cuidado y servicios de las máquinas. El departamento de mantenimiento señala todo manejo descuidado o erróneo de las máquinas, sugiere mejoras y aplica sanciones. El departamento de producción solicita también reparaciones o intervenciones de urgencia no relacionadas directamente con las reparaciones.

3.3.2 Sector de producción de energía

El sector de producción de energía, a menos que esté directamente asociado con el departamento de mantenimiento, suministra el tipo y la cantidad necesaria de energía de todas clases. El departamento de mantenimiento presta servicios al equipo y a las instalaciones de producción de energía.

3.3.3 Departamento de inversiones y desarrollo técnico

El departamento de mantenimiento coopera con el departamento de inversiones y desarrollo técnicos en la selección del equipo y se hace cargo de sus operaciones iniciales. Prepara, para el departamento de desarrollo técnico, especificaciones acerca de las máquinas anticuadas y realiza actividades de producción no asociadas directamente con las reparaciones.

Para una elaboración de proyectos más precisa, el departamento de inversiones y desarrollo técnico aprovecha la información proporcionada por el departamento de mantenimiento.

3.3.4 Departamento de suministros materiales y técnicos

El departamento de suministros materiales y técnicos proporciona todos los materiales, repuestos, documentación, etc. que necesita el departamento de mantenimiento.

3.3.5 Vínculos externos

En el caso de las plantas de grandes dimensiones, en las que el departamento de mantenimiento posee su propio personal e instalaciones para el suministro de materiales y servicios técnicos, este departamento mantiene vínculos externos relativamente autónomos. Estas relaciones se refieren sobre todo a los contactos con estaciones de servicios, fabricantes de máquinas, etc. y pueden relacionarse sobre todo con la información o con los suministros de carácter material.

4. PLANIFICACION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

Esta parte del estudio del mantenimiento preventivo se basa en las consideraciones siguientes:

- a) Un plan es un instrumento básico de control;
- b) El mantenimiento depende esencialmente de un sistema especializado de métodos de planificación;
- c) Existe un sistema específico de planes que permite planificar distintas categorías de mantenimiento.

4.1 Planificación del mantenimiento

4.1.1 Estructura temporal de los planes

El intervalo básico de tiempo utilizado para la planificación del mantenimiento es un año. En una etapa subsiguiente, el plan anual de mantenimiento se desglosa en intervalos más cortos, por lo general meses, sólo de manera excepcional en semanas o días. Si se trata de sistemas de planificación sumamente desarrollados, la estructura temporal de los planes entraña un desglose de las labores por meses, semanas, días y horas.

El plan anual se prepara desde dos puntos de vista: el económico y el técnico. Los planes mensuales y de menos de un mes son de carácter fundamentalmente técnico.

4.1.2 Estructura formal de los planes

Los planes de mantenimiento básicos tienen su origen en las tres categorías formales descritas a continuación:

- a) Proyecto de planes de mantenimiento. Estos se elaboran sobre la base de normas de aplicación general o de aplicación limitada a la planta, y sirven de base para la discusión de los planes. En el proyecto de plan de mantenimiento económico anual se estipula

el volumen de los costos de mantenimiento para el año de que trata el plan. Se discute con el departamento económico de la planta y se trata de que el proceso de renovación de máquinas, inversiones y mantenimiento sea equilibrado.

El proyecto de plan de mantenimiento técnico anual establece una planificación detallada de mantenimiento de cada máquina. Este proyecto de plan se discute con los centros de producción y se asegura la atención individual de cada máquina según su importancia relativa.

Como ambos proyectos se elaboran de diferentes maneras, permiten detectar pronto y corregir cualquier defecto de la planificación.

b) Planes de mantenimiento. Estos planes se elaboran después de examinarse los proyectos de planes así como las observaciones o peticiones hechas por los departamentos correspondientes.

El plan de mantenimiento económico anual puede ser desglosado en actividades mensuales, teniendo en cuenta las revisiones generales, las ausencias al nivel de toda la planta, las paradas tecnológicas de las máquinas como consecuencias de reparaciones importantes, etc.

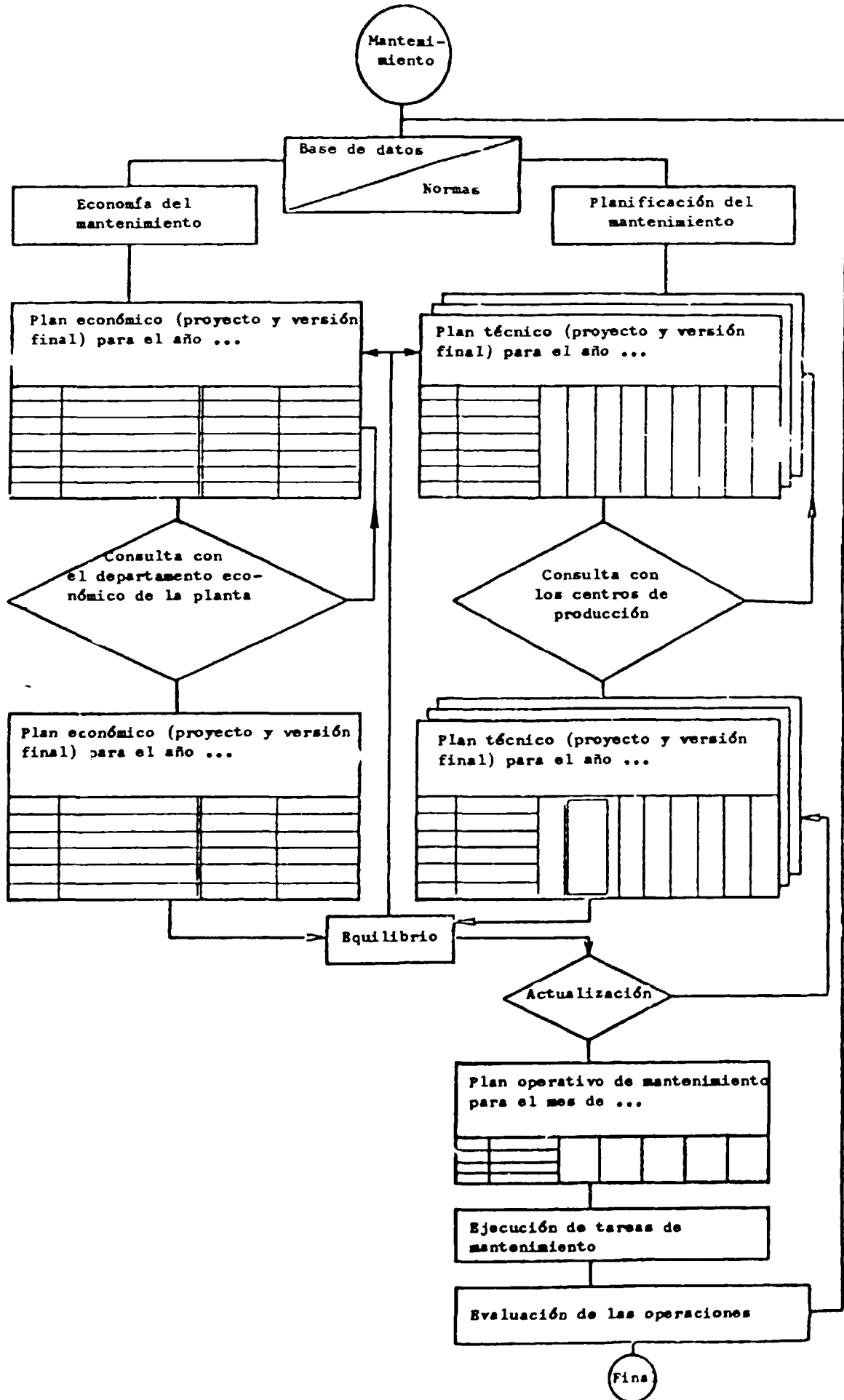
El plan de mantenimiento técnico anual se desglosa siempre en intervalos mensuales para reflejar las cargas impuestas a la capacidad de la máquina y asegurar una utilización equilibrada del personal de mantenimiento.

c) Planes de mantenimiento operativo. Estos planes se establecen actualizando los planes de mantenimiento técnico mensuales. La actualización efectuada sobre la base de la situación concreta que existe inmediatamente antes del comienzo del período del plan corre a cargo del departamento de inspección en cooperación con los centros de producción.

La actualización tiene por finalidad eliminar las inexactitudes en la estructura del plan.

En la figura 6 se indican las interrelaciones de las estructuras formales de los planes de mantenimiento.

Figura 6. La interrelación de los planes de mantenimiento



4.1.3 Plan económico del mantenimiento

La determinación del total de las exigencias económicas del mantenimiento de las máquinas, expresado como costos de mantenimiento de las máquinas NU_S , se basa en variaciones de la demanda de mantenimiento tal como está determinada por la diferencia de edad, la estructura técnica y la utilización de la maquinaria. Este proceso puede ilustrarse de la manera siguiente.

Al comienzo del período de planificación se instala y utiliza un determinado número de máquinas. Este número puede caracterizarse también con arreglo a los precios de las máquinas. El grupo de máquinas está constituido por lo que se llama máquinas originales o iniciales ($S_{(V)}$).

Hacia el final del período de planificación, la base inicial habrá experimentado algunos cambios. En primer lugar, por regla general se habrán instalado nuevas máquinas ($S_{(n)}$).

Además, algunas máquinas, llamadas máquinas eliminadas ($S_{(L)}$), habrán sido puestas fuera de servicio por varias razones.

Al final del período de planificación, las máquinas objetivo ($S_{(S)}$), es decir, las que se han mantenido en funcionamiento desde el comienzo del período de planificación de un año, y las nuevas máquinas ($S_{(n)}$) instaladas durante ese período se encontraban en funcionamiento, tal como puede apreciarse en la ecuación siguiente:

$$S_{(C)} = S_{(S)} + S_{(n)} = S_{(V)} - S_{(n)} - S_{(L)}$$

Además de los cambios ya citados, que tienen su origen en la adquisición y liquidación de alguna de las máquinas, cabe prever algunos cambios en el nivel de utilización para la producción y, por consiguiente, en la tasa de deterioro de su condición técnica.

De estas consideraciones se desprende claramente que existe una aplicación especial del principio de diferenciación. La variabilidad del mantenimiento no se define sobre la base de la importancia de la producción en un sentido técnico, sino en relación con otros parámetros.

Para estos datos, es posible determinar, de una forma relativamente simple, el valor de los costos de mantenimiento correspondientes a partir del año anterior de planificación, o de un promedio de datos correspondientes a un período más largo.

A partir de estos valores es posible entonces elaborar un proyecto de plan de mantenimiento económico para un determinado período de planificación. Una ventaja de este procedimiento es que se utilizan datos de que dispone el departamento económico de la planta o los demás sectores de la empresa.

En condiciones convencionales, en especial cuando los cambios de las máquinas originales son lentos, puede suponerse que los costos de mantenimiento ($NU_{(C)}$) varían en función de:

a) El estado técnico de las máquinas iniciales ($S_{(V)}$) caracterizado por los costos de mantenimiento relativos de las máquinas iniciales indicados como un promedio de los últimos tres períodos ($NU_{(V)}$);

b) El aumento de los costos de mantenimiento de las máquinas antiguas ($S_{(S)}$), expresados mediante un coeficiente $k_{(S)}$. Este coeficiente indica un incremento medio de los costos de mantenimiento correspondiente a la edad de las máquinas, tal como se aprecia en el cuadro 4, infra. En el caso de otras categorías, el valor $k_{(S)}$ tendrá que obtenerse por interpolación.

Cuadro 4
Valores del coeficiente $k_{(S)}$

Promedio de edad de las máquinas	Aumento de la edad de las máquinas (años)	Valores de $k_{(S)}$
5	1	1.025
10	1	1.047
15	1	1.085

c) El aumento de la demanda de mantenimiento como consecuencia de la complejidad técnica cada vez mayor de las nuevas máquinas adquiridas durante el período de planificación se expresará con la ayuda de un coeficiente $k_{(n)}$. El coeficiente indica un aumento de los costos de mantenimiento después de que los costos de mecanización y automatización han aumentado en un grado, como se indica en el cuadro 5. Para el grado de automatización véase el capítulo 4.1.4.

Cuadro 5
Valores del coeficiente $k_{(n)}$

Promedio del grado de automatización	Aumento en el grado de automatización (años)	Valores de $k_{(n)}$
1	1	1.032
2	1	1.056
3	1	1.079

d) El aumento de la intensidad de la utilización de la máquina durante el período de planificación y su repercusión sobre el mantenimiento se cuantifica mediante cambios en el promedio de la rotación de turnos de trabajo. La consecuencia concreta de los cambios en la rotación de los turnos de trabajo se expresa por un índice de explotación (I_E), tal como se indica en el cuadro 6.

Cuadro 6
Valor del índice I_E

Promedio de rotación de turnos de trabajo	I_E
1,00	1,00
1,25	1,05
1,50	1,11
1,75	1,15
2,00	1,19

A continuación se calculan los costos totales de mantenimiento (NU_C) de conformidad con la fórmula siguiente:

$$NU_{(C)} = \frac{NU_{(V)} \cdot I_E (S_{(S)} \cdot k_{(S)} + S_{(n)} \cdot k_{(n)})}{100 \cdot I_{PU}}$$

en la que:

$NU_{(V)}$ = Costos de mantenimiento como porcentajes del precio de adquisición de las máquinas en el curso de los últimos tres períodos (costos relativos).

I_E = Índice de explotación de las máquinas.

$S_{(S)}$ = Precio (en moneda local) de la adquisición de máquinas antiguas.

$S_{(n)}$ = Precio (en moneda local) de la adquisición de máquinas nuevas.

$k_{(S)}$ = Coeficiente de aumento de los costos de mantenimiento, dependiendo de la edad de las máquinas.

$k_{(n)}$ = Coeficiente de la complejidad técnica de las nuevas máquinas.

I_{PU} = Índice de aumento de la productividad del mantenimiento desde el último período.

Esta forma de cálculo es una posibilidad básica simple. Existen alternativas más complejas, por ejemplo, con una subdivisión más detallada de $S_{(v)}$ y $S_{(n)}$ en categorías de importancia, estableciéndose grupos de edad más detallado de las máquinas.

El sistema alternativo básico puede utilizarse para la preparación de un plan de mantenimiento económico para un período superior a un año, en cuyo caso con frecuencia da resultados incluso más exactos.

4.1.4 Planes técnicos de mantenimiento

Se preparan planes de mantenimiento individual para determinadas máquinas cuando existen las siguientes necesidades:

- a) Determinar el volumen del insumo de mano de obra en el mantenimiento para calcular el número de trabajadores que se necesita;
- b) Distribuir las tareas a lo largo del tiempo a fin de hacer el mejor uso posible del personal de mantenimiento de que se dispone;
- c) Informar a los centros de producción a fin de que éstos conozcan las fechas y la duración de las paradas técnicas de las máquinas y, de esta manera, puedan adaptar sus planes de producción;
- d) Constituir una reserva para averías imprevistas.

Los planes se elaboran con la ayuda de normas basadas principalmente en datos sobre necesidades de mantenimiento, determinados estadísticamente o de otra forma. En esta categoría de planes de mantenimiento los más importantes son: un plan de inspección y de reparaciones en el proceso de producción, y un plan de lubricación y de actividades para disminuir la corrosión.

a) Plan de inspecciones y reparaciones en el proceso de producción

Este plan es de importancia fundamental porque abarca la mayor parte de las operaciones y del trabajo de mantenimiento, aproximadamente el 50%. El plan se basa en el hecho de que cada máquina necesita, a lo largo de un año, un cierto volumen de trabajo de mantenimiento.

El índice principal del volumen del trabajo de mantenimiento es el llamado grado de insumo de mano de obra en una máquina (S_p). Este se determina a partir del llamado grado básico de insumo de mano de obra (S_{p-z}) establecido mediante características de diseño y de proceso y, más exactamente, mediante características de mantenimiento.

Características de diseño y de proceso. Estas características evalúan objetivamente las propiedades efectivas de cada máquina, en particular su complejidad, su nivel técnico, su peso y su grado de perfección. La complejidad se evalúa mediante el número de características estructurales y de diseño^{1/}. En la figura 7 se dan ejemplos al respecto. El nivel tecnológico se evalúa mediante cuatro grados de mecanización y automatización. En el cuadro 8 se ofrece su definición. El peso se evalúa en toneladas. El grado de precisión se define mediante la precisión del trabajo que puede alcanzar la máquina (véase cuadro 9).

^{1/} La ONUDI ha presentado un sistema más elaborado de análisis de complejidad en First global study on the capital goods industry: Strategies for development, ID/WG.342/3.

A los valores absolutos de las características se asignan valores en puntos, cuya suma total sirve de parámetro para determinar el grado básico de insumo de mano de obra (S_{p-z}). En el cuadro 11 figura un examen de la complejidad.

Características de mantenimiento. Como una máquina evaluada en la forma antes indicada, puede funcionar en condiciones diferentes, es necesario corregir el grado básico de insumo de mano de obra mediante las características de mantenimiento (véase cuadro 7). Estas características se determinan sobre la base de la autosuficiencia de mantenimiento, es decir, por el grado en que los propios recursos del establecimiento pueden hacerse cargo de la labor de mantenimiento.

Cuadro 7
Características de mantenimiento

Autosuficiencia de mantenimiento (porcentaje)	Coefficiente de corrección
40 - 50	1,30
51 - 70	1,15
71 - 80	1,00
81 -100	0,85

Nota: Para determinar las características de la complejidad de una máquina por el número de subconjuntos es posible utilizar los siguientes ejemplos modelo. Las máquinas se evalúan con arreglo a lo que se denomina su equipo básico. Otros equipos especiales posibles de cada máquina, tales como:

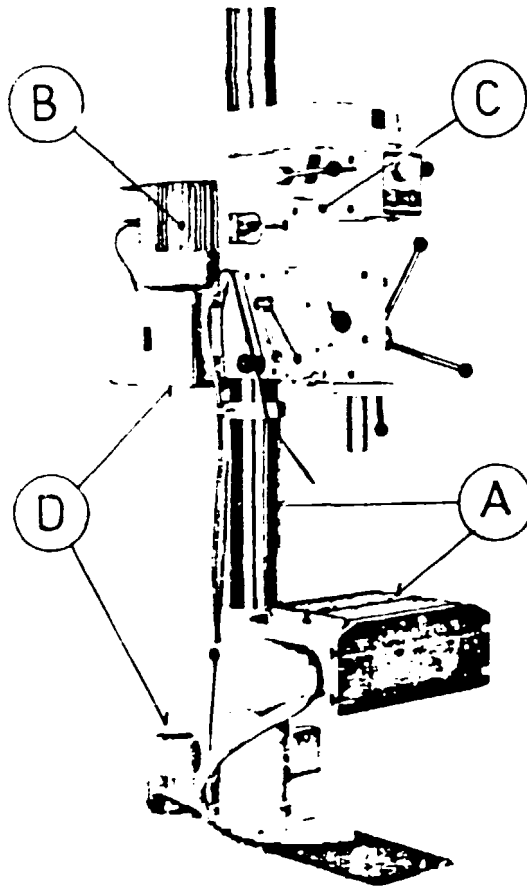
- accesorios de copiar
- portaherramientas
- dispositivos de colocación, sujeción, etc.
- depósitos de alimentación, alimentadores, eyectores, etc.
- unidades conformadoras, pulidoras, fresadoras, etc.
- enfriamiento centralizado o sistemas de lubricación, etc.

deberían evaluarse adicionalmente, en su suma total, como subconjuntos autónomos.

Figura 7. Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas

	Número de subconjuntos
a) Taladradora monohusillo de columna	

Máximo $\phi = 32$ mm; profundidad = 200 mm; Morse 4; 2,2 kW;
peso = 650 kg

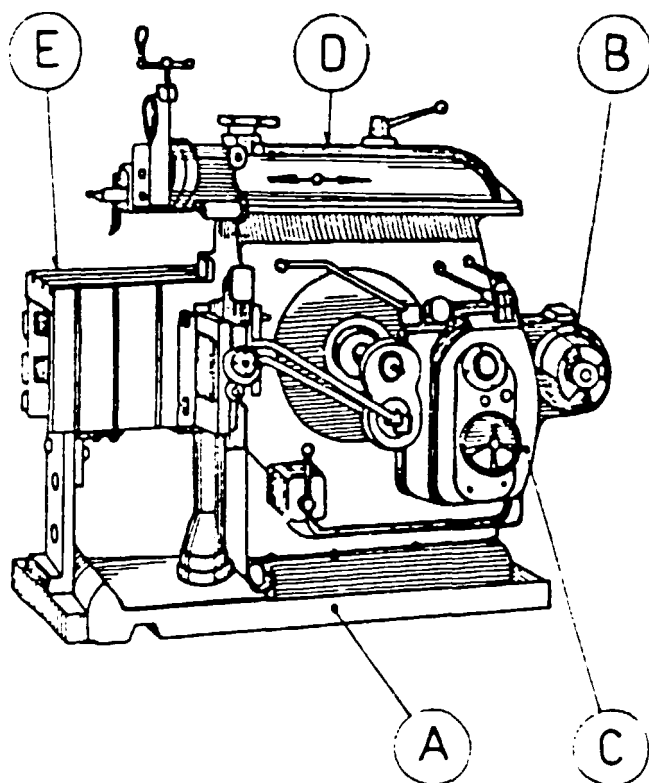


- A - Columna con consola 1
- B - Motor eléctrico e instalación eléctrica 1
- C - Cabezal 1
- Equipo básico
- D - Sistema de enfriamiento 1
- Complejidad total

Figura 7. Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas (cont.)

b) Prensa de embutir Número de subconjuntos

Carrera = 280 mm; dimensiones máximas de la pieza trabajada = 300 mm x 250 mm x 200 mm; 1,5 kW; peso = 500 kg

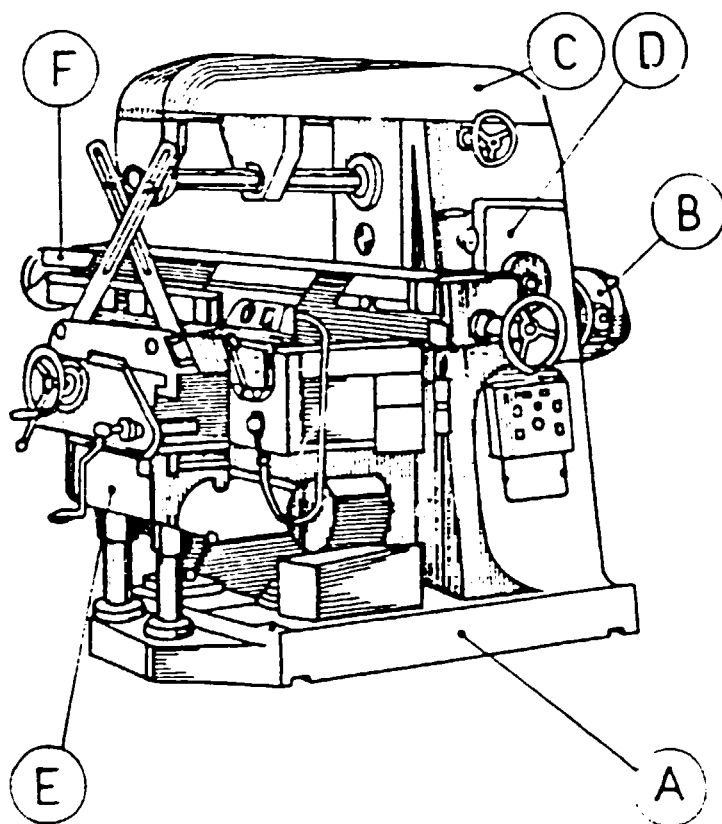


A - Bastidor	1
B - Motor eléctrico con instalación eléctrica	1
C - Transmisiones-brazo oscilante	1
D - Brazo	1
E - Mesa de sujeción con correderas	1
<u>Complejidad total</u>	5

Figura 7. Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas (cont.)

c) Fresadora de rótula universal número de subconjuntos

Superficie de sujeción de la mesa = 350 mm x 1.600 mm;
 dimensiones de trabajo = 300 mm x 1.250 mm x 400 mm;
 Morse 5; 15 kW; peso = 3.800 kg

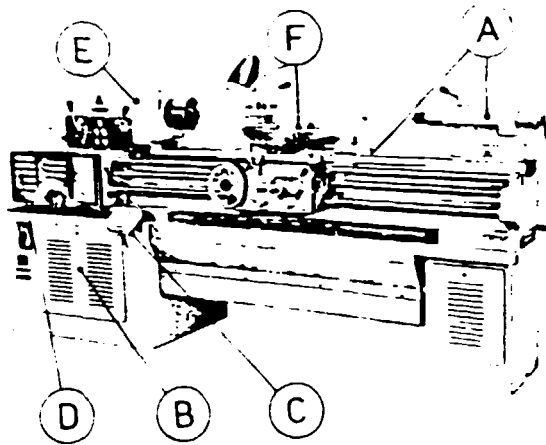


A - Columna	1
B - Motor eléctrico con instalación eléctrica	1
C - Fresadoras V x H	2
D - Caja de engranajes y mecanismos de distribución	1
E - Mesa portapieza de rótula	1
F - Correderas	1
<u>Equipo básico</u>	<u>7</u>
G - Cabezal divisor	1
H - Mesa rotatoria	1
CH- Sistema de enfriamiento	1
I - Cabezal limador	1
<u>Complejidad total</u>	<u>11</u>

Figura 7. Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas (cont.)

d) Torno de puntos universal Número de subconjuntos

Diámetro máximo admisible = 380 mm/215 mm; recorrido del torneado = 1.250 mm; Morse 4; 6 kW; peso = 1.850 kg

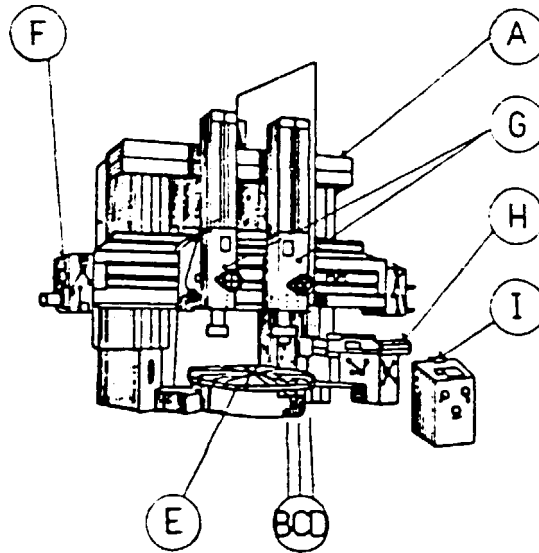


A - Bancada con contrapunto	1
B - Motor eléctrico con instalación eléctrica	1
C - Caja de engranajes	1
D - Caja de alimentación y roscado	1
E - Cabezal contrapunto	1
F - Correderas	1
<u>Equipo básico</u>	6
G - Sistema de enfriamiento	1
H - Accesorio de copiado IKS	1
<u>Complejidad total</u>	8

Figura 7. Ejemplos de definición de la complejidad de las máquinas (cont.)

e) Torno de plato horizontal de doble columna Número de subconjuntos

Máximo ϕ = 4.000 mm; espacio debajo de las correderas = 2.550 mm; 80-180 kW; peso = 100.000 kg



A - Bastidor de doble columna	1
B - Grupo Ward-Leonard	1
C - Motor eléctrico e instalación eléctrica	1
D - Caja de engranajes	1
E - Mesa giratoria-cabezal	1
F - Resbaladera transversal movable	1
G - Correderas verticales	2
H - Cabezal lateral	1
<u>Equipo básico</u>	9
CH- Sistema de enfriamiento	1
I - Panel de control	1
J - Embutidora	1
K - Pulidora	1
<u>Complejidad total</u>	13

El coeficiente de corrección, que en una organización compleja expresa la influencia de la autosuficiencia del mantenimiento en el insumo de mano de obra, o más precisamente en el insumo de gastos. En este caso, el insumo de mano de obra aumenta o reduce el número de puntos determinado mediante las características de diseño y proceso, aproximadamente en un grado de insumo de mano de obra.

Cuadro 8

Mecanización y automatización de las máquinas

Grado de nivel técnico	Características de la máquina
1	<p><u>Máquinas accionadas manualmente</u> El operario de la máquina realiza todas las operaciones de mando, fijación, extracción del material, medición, etc. Ejemplo: Máquinas de doblar accionadas a mano o por pedal, cizallas de nivelar, cilindros de curvar, etc.</p>
2	<p><u>Máquinas mecanizadas</u> Por lo menos una de las funciones de la máquina está mecanizada (por lo general el motor eléctrico, el sistema hidráulico, etc.). Ejemplo: Máquinas-herramientas simples, máquinas de conformar metales, bombas, etc.</p>
3	<p><u>Máquinas semiautomáticas</u> Más de una función está controlada por acción eléctrica, hidráulica o neumática; por lo menos una función es automática (movimiento del cabezal, algunas de las operaciones de funcionamiento, etc.). Ejemplo: Torno revólver, máquinas copiadoras, telares mecánicos.</p>
4	<p><u>Máquinas automáticas</u> La mayor parte de las funciones están automatizadas mediante mecanismos de control (levas, chavetas, tarjetas perforadas, etc.) o mediante sistemas parciales (control numérico). Ejemplo: Máquinas de control numérico, máquinas textiles neumáticas e hidráulicas, etc.</p>

Cuadro 9

Precisión de la máquina

Nivel de precisión	Características de la máquina
3 Muy precisa	Las máquinas funcionan con tolerancias que van de 0,001 mm a 0,005 mm. La lectura de valores es en su mayor parte electrónica u óptica. Ejemplos: Máquinas de medición, taladradoras de plantillas, etc.
2 Precisa	La máquina funciona con una tolerancia de 0,01 mm a 0,05 mm. Por lo general la lectura de valores se dispone en escalas metálicas. Ejemplos: Máquinas-herramienta, máquinas de conformar metales, etc.
1 Menos precisa	La máquina funciona con tolerancias de aproximadamente 0,1 mm. Ejemplos: Máquinas de trabajar madera, máquinas de acción manual, equipo elevador, bombas, mezcladoras, etc.

El grado del insumo de mano de obra (S_p) se determina de conformidad con el procedimiento indicado en el cuadro 10.

Para la preparación de un plan técnico de mantenimiento se utiliza un sistema de planificación de seis etapas para tres categorías de importancia de la máquina.

Para determinar un régimen de mantenimiento se emplean cuadros de planificación de mantenimiento. Los cuadros se establecen con arreglo a criterios específicos para las diferentes categorías de importancia de la máquina. En los cuadros sólo se calcula el insumo de mano de obra básico, es decir, la mano de obra utilizada en las inspecciones y las reparaciones efectuadas en el curso de producción, con los tiempos necesarios para el diagnóstico, lubricación y protección contra la corrosión incluidos en ambas categorías.

El insumo de mano de obra total en el mantenimiento se determina a partir del insumo de mano de obra básica y de la reserva prevista para las reparaciones de emergencia. La reserva no se suma a grados individuales de insumo de mano de obra, sino siempre a toda la categoría de importancia.

En la figura 8 se indica la preparación general del plan técnico de inspección y de reparaciones en curso de producción.

Cuadro 10

Características del diseño, proceso y mantenimiento de la máquina

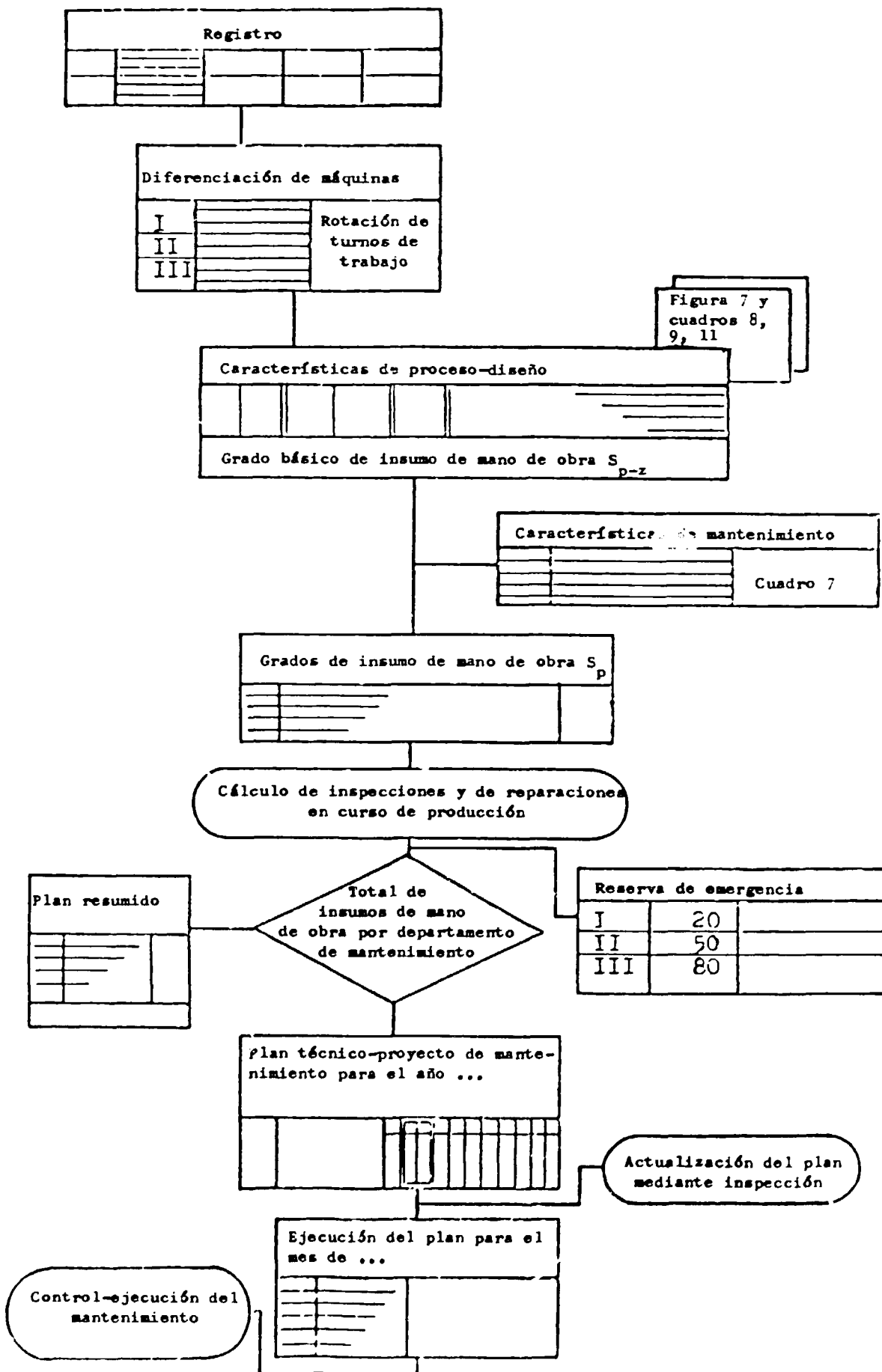
Número de la operación	Descripción de la operación	Fuente de datos	Insumo de mano de obra
1	Selección de la máquina	Registros de la máquina	
2	<u>Determinación de las características de diseño y proceso</u>		
	Complejidad Desglose en subconjuntos	Figura 7	
	Nivel técnico Clasificación en grados de mecanización y automatización	Cuadro 5	
	Peso Obtención de la información necesaria	Documentación técnica	
	Precisión Clasificación de grupos de precisión	Cuadro 6	
3	Asignación de valores por puntos Suma total de puntos	Figura 7	Grado básico de insumo de mano de obra (S_{p-z})
4	<u>Determinación de la característica de mantenimiento</u>	Cuadro 4	
5	Corrección del valor total de los puntos de la operación 3		
6	Asignación de un grado de insumo de mano de obra S_p		Grado de insumo de mano de obra S_p

Cuadro 11

Características de diseño y operación de la máquina

Criterios de evaluación						Evaluación total		
Complejidad	Grado de mecanización y automatización		Peso y tamaño	Grado de precisión		Total de puntos	Grado básico de insumo de mano de obra	
	Nivel técnico	Puntos		Precisión requerida	Puntos			
1	1	6	1	1	Décimos	8- 60	1	
2	4		1,5	8	de un	5		
3	9	24	2	11	milímetro		2	
4	16		2,5	13	Centésimos			
5	25	72	3	15	de un		3	
6	36		3,5	17	milímetro	50		
7	49	144	4	18			4	
8	64		5	21	Milésimos			
9	81		6	23	de un		5	
10	100		7	25	milímetro	100		
11	121		8	27				
12	144		9	29			6	
13	169		10	31				
14	196		11	33				
15	225		12	34				
			13	36				
			14	37				
			15	38				
			20	45				
			30	55				
			40	63				
			50	71				
			60	78				
			70	84				
			80	90				
			90	95				
			100	100				

Figura 8. Desarrollo de los planes de mantenimiento



Un plan resumido es un documento que contiene definiciones simplificadas de partidas individuales del plan técnico anual.

El inspector de máquinas procede a actualizar los planes para el proyecto de plan anual tres meses antes de que comience el período de planificación, y en el caso de los planes mensuales, diez días antes del comienzo del mes de que se trate.

Del procedimiento de trabajo antes indicado se desprende lógicamente que la inspección se realiza en el proceso de mantenimiento en dos fases: como actividades de supervisión del mantenimiento, y como una función de actualización entre el plan de inspección y las reparaciones en curso de producción y el plan operativo. Ambas fases dependen una de otra, ya que la inspección no sólo tiene una función de mantenimiento sino también una función de actualización.

El objetivo de la primera fase es determinar el estado técnico de la máquina sometida a revisión y tomar las disposiciones para su funcionamiento. El objetivo de la segunda fase es prever el desarrollo del estado técnico hasta la próxima inspección o reparación en curso de producción. Si se produce el desarrollo previsto por los datos sobre normas, las subsiguientes operaciones planificadas no se modifican. En caso contrario, especialmente cuando se necesitan reparaciones en curso de producción, un funcionario adecuado se hace cargo de las modificaciones y revisiones necesarias del plan, determina el alcance, la fecha límite y el carácter de la próxima operación de mantenimiento, y a continuación transmite los datos revisados al departamento de planificación de reparaciones, bajo la vigilancia del departamento de control del mantenimiento.

b) Plan de lubricación de la máquina

La lubricación consiste en introducir la cantidad y el tipo de lubricantes necesarios entre las superficies de fricción de las máquinas. Esta actividad forma parte del mantenimiento preventivo y es una intervención extremadamente efectiva ya que a un costo relativamente bajo, de aproximadamente el 5% del total de los costos de mantenimiento, influye considerablemente en la capacidad de funcionamiento, la vida útil y la precisión de las máquinas. Por razones prácticas, la lubricación se subdivide en lubricación durante el proceso de producción para la conservación y lubricación funcional.

La lubricación en el proceso de producción con fines de conservación está a cargo por lo general de los operarios de las máquinas, por ejemplo, como parte de la preparación de la máquina para el turno de trabajo de la mañana y su limpieza y cuidado al término del turno de trabajo. Estas operaciones auxiliares de lubricación suelen estar registradas en una placa de instrucciones adherida a la máquina que contiene las instrucciones básicas para el operario de la máquina (véase ejemplo a continuación). Es conveniente poner estas placas de instrucciones en todas las máquinas, o por lo menos en las máquinas que se encuentran en el nivel máximo de las categorías de importancia. En la práctica se considera útil marcar con color azul los puntos de la máquina que deben ser lubricados por el maquinista. La aplicación y el funcionamiento del sistema de lubricación para conservación en el proceso de producción no figuran en el plan, pero están sujetas a inspecciones realizadas por técnicos a cargo de la lubricación o por el inspector de máquinas.

Instrucciones para el maquinista

Antes de comenzar el trabajo:

Cerciórese de que la máquina está limpia;

Ponga aceite en los puntos de lubricación marcados con color azul;

Verifique el correcto funcionamiento de los mandos de la máquina;

Ponga en marcha la máquina.

Al terminar el trabajo

Desconecte la máquina;

Limpie la máquina;

Aplique el inhibidor de corrosión a las partes de la máquina marcadas con este fin;

Comunique al jefe de equipo cualquier anomalía que haya comprobado en el funcionamiento de la máquina (ruido, vibraciones, imprecisión).

La lubricación funcional es una actividad de mantenimiento especializada que está a cargo del personal de mantenimiento. Su objetivo principal es introducir en el sistema de lubricación de la máquina las cantidades y el tipo de lubricantes necesarios, por ejemplo cuando se trata de la lubricación periódica de determinados puntos de las máquinas. Los puntos previstos para la lubricación funcional por trabajadores especializados deben ser marcados con color rojo para impedir toda confusión. Es conveniente planificar las operaciones de lubricación funcional, en especial cuando se trata de máquinas de las dos categorías de importancia más alta. El plan correspondiente deberá ser preparado por el técnico a cargo de la lubricación. Una ventaja de este plan es su disposición de tipo estándar, ya que, por regla general, sólo se cambian los tiempos de las actividades correspondientes. En el cuadro 12 figuran los datos básicos para la planificación de la lubricación funcional.

Cuadro 12
Planificación de la lubricación

<u>Máquina o pieza</u>	<u>Reconstitución de la carga (horas de funcionamiento)</u>	<u>Sustitución de la carga (horas o años de funcionamiento)</u>
Rodamientos	90	1.200
Cojinetes antifricción		
Lubricados con aceite	90	1.200
Lubricados con grasa	-	4.800
Cajas de engranajes y sistemas hidráulicos		
Cargas de hasta 50 kg de lubricante	90	2.400
Cargas superiores a 50 kg de lubricante	180	4.800
Sistema centralizado de alimentación de aceite	180	8.600 y más
Turbinas	-	20.000 y más
Transformadores	-	5-10 años
Interruptores	-	3-5 años

Quando existen condiciones de funcionamiento difíciles, tales como las causadas por el polvo, la humedad y las temperaturas elevadas, los plazos se acortan hasta en un 50%.

La disposición formal de los planes de lubricación puede variar considerablemente. Por lo general, en el plan se deben especificar la máquina y el tipo de operación de lubricación, el número del centro de producción, el tiempo dedicado a la operación, el tipo y cantidad de lubricantes y otras instrucciones especiales. En el caso de máquinas importantes, se suele añadir al plan de lubricación instrucciones en esta materia, con un diseño de la máquina en que se indican los puntos de lubricación, así como detalles sobre el tipo y la cantidad de lubricante, la periodicidad de la lubricación, etc.

En el ámbito de las actividades de lubricación se suele incluir el servicio de los circuitos hidráulicos y de los grupos de medios hidráulicos. Se prevén disposiciones similares para la protección contra la corrosión.

Un tipo específico de plan de lubricación es el llamado plan de trabajo de rondas de lubricación. Por lo general se prepara para las categorías de máxima importancia, pero con frecuencia se les utiliza también en las máquinas de segunda categoría. Un plan de ruta de trabajo puede contener también instrucciones técnicas de lubricación y, cuando es necesario, se le complementa con la documentación correspondiente. Su objetivo es hacer posible la parada precisa de una máquina y mejorar en todo lo posible los intervalos entre cada operación. Sirve también para controlar las operaciones de lubricación.

4.2 Control del mantenimiento

4.2.1 Características del sistema

En lo que respecta al control del mantenimiento, nos ocuparemos solamente del componente de este sistema que está vinculado con la planificación técnica, es decir, no con lo que se suele llamar control del valor económico, que puede realizarse mediante el rubro correspondiente del plan económico, sino el control de las operaciones.

Los objetivos del control operativo son los siguientes: en el mantenimiento preventivo y en las reparaciones en curso de producción, vigilar su aplicación dentro de las fechas límites establecidas, incluida su sincronización con las necesidades de los centros de producción; en lo que respecta a las situaciones de urgencia y a las averías, reducir en todo lo posible las pausas imprescindibles en el proceso de producción.

De manera más específica, el control de mantenimiento protege la ejecución de una determinada operación de mantenimiento, mientras que en un sentido más amplio, protege la ejecución de toda una serie de operaciones de mantenimiento, incluidas sus vinculaciones con otras actividades. En primer lugar, prevalece lo que se llama un control de despacho, que interviene sobre todo cuando se trata de hacer frente a actividades que se apartan del plan. Por esta razón, su función es esencialmente pasiva, pues se espera que se produzca una situación indeseable para contribuir a resolverla. En segundo lugar, el control entra en juego como una continuación activa de la función de planificación y mantiene un registro sistemático de cada momento durante el desarrollo del trabajo de mantenimiento. Incluye desgloses del programa de trabajo de la misma forma que el sistema de despacho.

En la práctica este método de control del mantenimiento no puede utilizarse sin ciertos dispositivos técnicos. No se trata solamente de una cuestión de vínculos de comunicación, en la misma forma que los centros de control, sino también de un equipo que permite ver en cualquier momento la evolución del proceso de mantenimiento. Los sistemas de categoría más elevada utilizan computadoras. En el caso de las necesidades convencionales de mantenimiento, suele ser suficiente un sistema de un centro de control dispuesto de forma mecánica.

En la figura 9 se muestra este sistema simple que consiste de los siguientes elementos:

1. Elementos técnicos del centro de control (elementos materiales)

Fichero de documentos de trabajo;

Elemento de planificación consistente en un registro de trabajos y un distribuidor central;

Distribuidores periféricos del trabajo en los lugares de trabajo en grupo. Por lo general se elaboran para talleres individuales, pero pueden también tener más aplicaciones generales;

Conexiones y medios de señalización (líneas telefónicas, señales luminosas, señales acústicas, etc.);

Elementos de memoria (ficheros, etc.);

2. Documentos de trabajo del sistema (elementos de programación)

Planes operativos;

Tarjetas de averías y de paralización de las actividades;

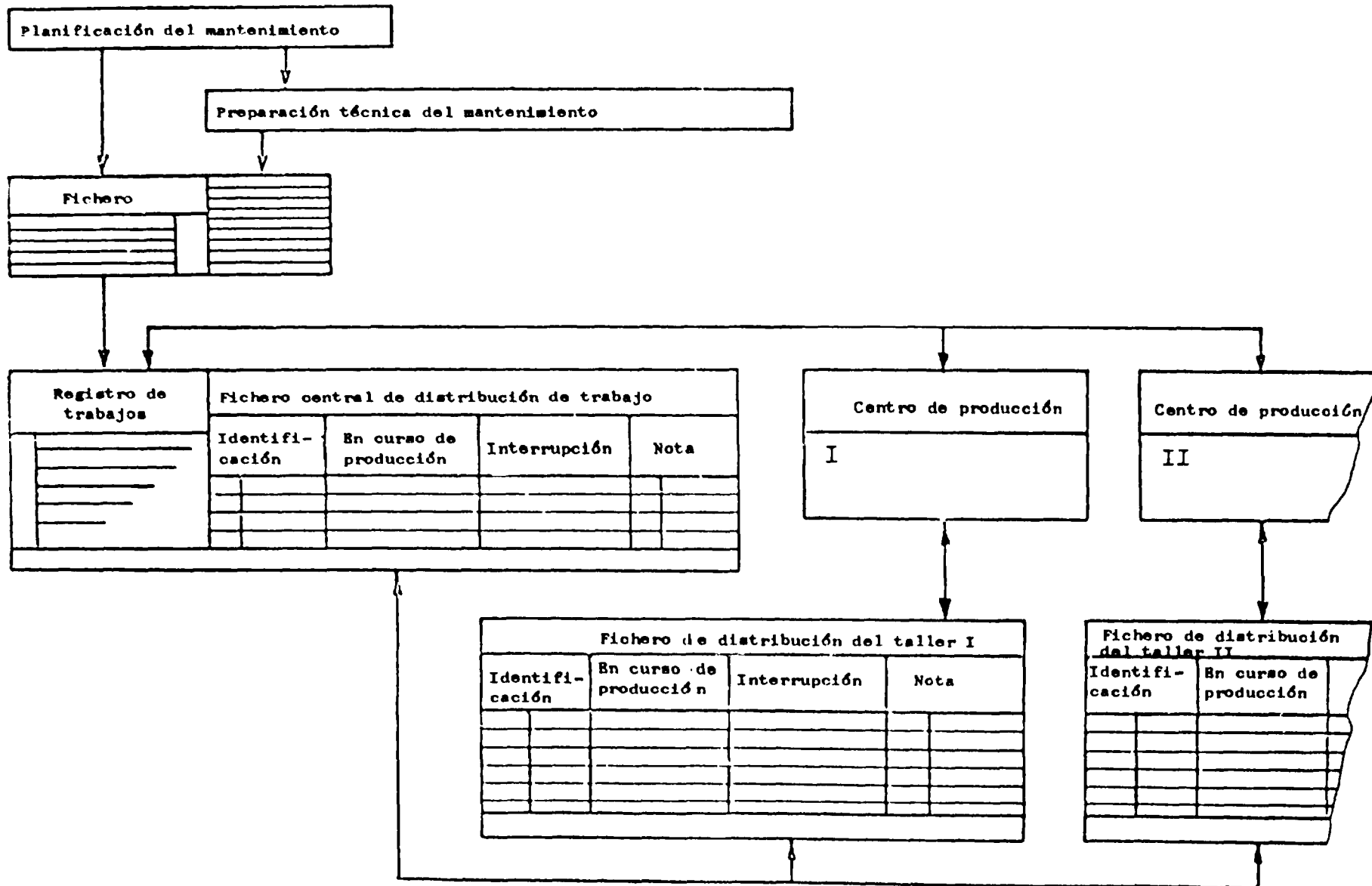
Reglamento de inspección o tarjetas de instrucciones para efectuar reparaciones;

Documentación tecnológica de las reparaciones;

Tarjetas de trabajos de reparación;

Otros documentos, según sea necesario.

Figura 9. Organización del centro de control del mantenimiento



4.2.2 Descripción de las actividades correspondientes

El proceso de mantenimiento comienza con la preparación de planes de mantenimiento, la documentación correspondiente y una tarjeta de averías. Los documentos relacionados con las distintas operaciones realizadas se depositan en sobres transparentes. Se utilizan sobres blancos para los casos de mantenimiento preventivo y de reparaciones en proceso de producción, y rojos cuando se trata de fallas o averías. El sistema de colores puede ampliarse para actividades tales PROCEDER, LUBRICACION, etc.

Los documentos relacionados con el plan de mantenimiento se guardan en un fichero. Las tarjetas sobre averías pasan directamente al registro de trabajos.

Los documentos relativos a las operaciones planificadas que han de realizarse se pasan al registro de trabajos en orden cronológico tal como se estipule en el plan, pero en un orden en que el operario de mantenimiento, o el equipo de operarios de mantenimiento, respectivo, tenga una operación en curso de ejecución y otra lista en el registro de trabajos. Sólo excepcionalmente hay más operaciones preparadas para su ejecución.

La decisión de sacar a una operación del registro de trabajos o de corregir una avería corresponde al jefe de taller o al jefe del equipo de mantenimiento, junto con el funcionario a cargo del centro de control.

En el distribuidor central la situación del trabajo en curso de realización se conoce por la ubicación del sobre con la documentación correspondiente. Los originales, junto con los materiales de trabajo, se registran en los índices de distribución del taller o se transfieren al lugar donde debe ejecutarse la operación de mantenimiento. Una vez terminado el trabajo, el jefe de equipo verifica los datos, devuelve el sobre al índice de distribución central y, de ser necesario, hace los cambios adecuados en los distribuidores.

El agente a cargo del control recibe la documentación de una operación ya terminada, la complementa con los materiales archivados, saca a dicha operación de la distribución y la comunica al departamento de contabilidad. Al mismo tiempo, pone en marcha la siguiente operación para su ejecución.

De esta manera, el centro de control mantiene un registro permanente y complejo de los movimientos de los trabajadores y de la capacidad de funcionamiento del equipo.

4.3 Revisión general de las máquinas

Las revisiones generales de las máquinas son las operaciones de mayor envergadura realizadas por los operarios de mantenimiento. Durante esas revisiones se practican intervenciones importantes en la estructura técnica de las máquinas reparadas.

4.3.1 Decisión sobre revisiones generales

El gran número de revisiones generales, como sucede en el caso de las máquinas-herramienta en las que algunas veces se cambia hasta el 80% de todos los componentes, exige un considerable conocimiento técnico y económico. Una revisión general entraña una decisión en lo que se refiere a determinar si vale todavía la pena reparar una máquina o si debe ser descartada y sustituida por otra nueva.

Las decisiones acerca de las revisiones generales se toman siempre después de evaluar cierto número de hechos, en particular los siguientes: la magnitud de la revisión general prevista; la previsión de los costos de la revisión; el tiempo durante el cual la máquina no funcionará, y la disponibilidad de una máquina de sustitución en caso de que sea necesario eliminar la máquina original.

Es posible también utilizar un sistema de evaluación como el que se indica en el cuadro 13. El cuadro muestra que, a partir de la categoría 5, debe preverse una revisión general cuando el grado de desgaste es aproximadamente del 50%. La decisión sobre si se debe efectuar o no la revisión general depende también de la estrategia adoptada, o de una de las dos estrategias básicas.

Cuadro 13
Evaluación del estado técnico de la máquina

Categoría (porcentaje)	Desgaste material	Condición de la máquina en relación con el desgaste	Característica
1	0- 10	Nueva	Hasta 1 año después de su entrada en funcionamiento
2	11- 20	En perfecto estado	Como nueva, en perfecto estado o hasta un año después de la revisión general
3	21- 30	En buen estado	Funciona sin defectos; las deficiencias pueden corregirse mediante reparaciones hechas en proceso de producción
4	31- 40	En bastante buen estado	Funciona con un rendimiento y exactitud aceptables, dentro de límites tolerables; las deficiencias pueden ser corregidas por reparaciones en proceso de producción
5	41- 50	Gastada	Funciona con un rendimiento y precisión disminuidos y con fallas que en parte superan los límites normales; las deficiencias pueden corregirse mediante una revisión general (en el plazo de 2 años)

Cuadro 13 (cont.)

Evaluación del estado técnico de la máquina (cont.)

<u>Categoría (porcentaje)</u>	<u>Desgaste material</u>	<u>Condición de la máquina en relación con el desgaste</u>	<u>Características</u>
6	51- 60	Bastante gastada	Funciona con un rendimiento y precisión considerablemente limitados y con fallas que superan los límites normales; las deficiencias pueden ser corregidas mediante una revisión general (en el plazo de 1 año)
7	61- 70	Muy gastada	Funciona con un rendimiento muy disminuido, con poca precisión y con una alta frecuencia de averías; necesita una revisión general inmediata
8	71- 80	Sumamente gastada	Funciona con un rendimiento muy bajo, con suma imprecisión, con un elevado nivel de averías; después de haber encontrado una máquina de sustitución, esta máquina debe ser eliminada
9	81- 90	Gravemente gastada, parcialmente dañada	Prácticamente no funciona y debe ser eliminada sin pérdida de tiempo
10	91-100	Completamente gastada	Prácticamente no puede funcionar y, por consiguiente, debe ser eliminada

a) Revisiones generales convencionales

Estas revisiones son las utilizadas con más frecuencia. Consisten esencialmente en un desmantelamiento general de la máquina, la sustitución o reparación de la mayor parte de sus componentes, después de lo cual se vuelve a armar la máquina.

Una ventaja de esta estrategia es la renovación de la mayoría de los componentes, lográndose de esta manera un mejoramiento considerable de las condiciones técnicas de la máquina. Los aspectos negativos son los elevados costos de estas revisiones y el tiempo generalmente largo de inmovilización de la máquina, lo cual obliga a veces a restablecer temporalmente la correspondiente capacidad de producción.

b) Revisiones generales progresivas

Estas revisiones son conocidas a veces con el nombre de revisiones en diversas etapas. Esta estrategia consiste esencialmente en la reparación progresiva de los subconjuntos individuales, tales como el cabezal y la caja de engranajes. Con arreglo a este sistema, entre las etapas sucesivas de las revisiones hay intervalos en que la máquina puede ser utilizada para la producción. La estrategia reduce las dificultades causadas por la inmovilización prolongada de una máquina que se produce cuando se utiliza la estrategia convencional. Por el hecho de realizarse en el lugar que ocupa la máquina, esta revisión representa también un trabajo menos exigente para los talleres de reparación. Sin embargo, el uso de este sistema depende hasta cierto punto de la manera como están colocadas las máquinas en los talleres.

La estrategia de las revisiones generales progresivas es similar a un sistema sin revisiones generales, en el que se mantiene a la máquina en condiciones de funcionar recurriendo sólo al mantenimiento preventivo y a las reparaciones en curso de producción y en casos de urgencia.

Las dos estrategias básicas de las revisiones generales pueden modificarse por diversos medios; los más importantes son los que se describen a continuación:

a) Proceso de reparación por sustitución. Este método consiste en sustituir en el lugar de trabajo una máquina gastada por una ya reparada. Posteriormente se efectúa una revisión general. Este método de reparaciones está condicionado por la disponibilidad de equipo de sustitución, es decir que haya por lo menos una máquina adicional que pueda utilizarse para efectuar esta sustitución. Este procedimiento resulta práctico cuando la instalación consiste de algunas máquinas del mismo tipo o de tipo similar, como sucede en la industria textil.

b) Revisión general con modernización. Este es un método muy conveniente de reparación. Se trata de un sistema por el cual la reparación de la máquina no se lleva hasta el extremo de devolverla a su nivel técnico original, sino que se complementa con otros equipos que sirven para mejorar sus propiedades originales, por ejemplo dispositivos mecánicos de alimentación o de fijación de las piezas que deben ser maquinadas y sistemas auxiliares de control.

Las revisiones generales exigen cierto número de etapas y operaciones sucesivas, ordenadas en series y otras veces de forma paralela. Por consiguiente, es importante prestar atención no solamente a la tecnología de las reparaciones, sino también a su planificación y control.

4.3.2 Planificación y control de las reparaciones

En lo que respecta al control, las etapas y operaciones principales de una revisión general que deben sincronizarse, tanto en lo relativo al momento de su ejecución como a la materia de que tratan, son las siguientes:

a) Etapa preparatoria

- Indicar en el libro de operaciones la justificación de la revisión general;
- Incorporarla en el plan después de consultar con los centros de producción;
- Tomar las disposiciones necesarias para obtener suministros de proveedores externos;
- Preparar la documentación técnica y el suministro de materiales.

b) Etapa de realización

- Limpiar y desconectar la máquina y transferirla al lugar previsto para la reparación;
- Desmantelamiento de la máquina en sus subconjuntos estructurales;
- Proceder al desmantelamiento progresivo de las distintas piezas;
- Limpiar completamente las piezas;
- Efectuar una inspección técnica de las piezas, verificar su estado de desgaste y clasificarlas en las que pueden ser utilizadas de nuevo sin reacondicionarlas, las que se pueden reparar y las que deben ser eliminadas;
- Especificar la forma en que se efectuarán las reparaciones;
- Obtener repuestos del almacén, adquiriéndolos de proveedores externos o fabricándolos en los talleres de la planta, a fin de sustituir las piezas eliminadas;
- Volver a armar los subconjuntos estructurales;

- Volver a armar toda la máquina;
 - Proceder al acabado de superficie;
 - Poner en marcha la máquina.
- c) Etapa de devolución de la máquina
- Verificar detenidamente los parámetros de la máquina en presencia del usuario futuro, medir su precisión, rendimiento, etc.;
 - Entregar la máquina al usuario;
 - Poner punto final a los aspectos técnicos y económicos de la reparación, liquidación de costos, archivo de documentos, etc.

Los detalles de la preparación y subdivisión de las revisiones generales difieren según el número de factores que intervienen, y en particular según se trate de una reparación individual o de una serie de reparaciones.

5. SISTEMA DE INFORMACION SOBRE MANTENIMIENTO

Un sistema de información sobre mantenimiento incluye los elementos siguientes: un conjunto de datos y de información verbal; un conjunto de vectores de esta información (documentos, cintas magnéticas, discos, etc.), y procedimientos para la transmisión o la transferencia de los datos.

El objetivo de un sistema de información es permitir la planificación, control, realización y evaluación eficaces del mantenimiento. El sistema de información debe garantizar no sólo la transmisión de la información dentro del departamento de mantenimiento, sino también sus relaciones con otras actividades dentro de la planta y fuera de ésta.

Un sistema complejo de información sobre mantenimiento puede subdividirse en varios componentes básicos:

- a) Información sobre la planta. Esta información permite conocer la estructura del programa de producción y otras características de la planta relacionadas con el mantenimiento;
- b) Información contenida en un registro. Esta información resume las principales características técnicas, económicas y legales de las máquinas;
- c) Información sobre el funcionamiento de la máquina. Este componente especifica los datos importantes sobre los cambios que se producen en la edad y estructura técnica de las máquinas y su utilización en la producción;
- d) Información especial. Este componente incluye la información especializada que se necesita para precisar cuestiones tales como la frecuencia de averías de las máquinas, los costos del mantenimiento y la clasificación de las máquinas en categorías específicas de importancia, nivel técnico, etc.

El análisis detallado de un sistema de información sobre mantenimiento está fuera del ámbito de este estudio. Por consiguiente, la atención se concentrará en determinados subsistemas de mantenimiento que tienen una posibilidad de aplicación relativamente general.

5.1 Información para la preparación de los planes de mantenimiento

Como la mayor parte de las informaciones necesarias han sido ya especificadas en capítulos anteriores, en esta sección se tratará sobre todo de la ordenación de los datos en los documentos durante su uso práctico en establecimientos industriales.

5.1.1 Plan económico

En el cuadro 14 figura una organización práctica de los tipos de información que se necesitan; este cuadro es en realidad un formulario en blanco de un plan de mantenimiento económico. Este formulario puede utilizarse también como una exposición de la ejecución del plan, lo que permite hacer una comparación directa entre los valores planificados y los realizados.

5.1.2 Plan técnico

La información necesaria para elaborar planes de mantenimiento técnico es muy amplia. Esta información se ha definido ya al hablar de los métodos de planificación de las inspecciones y de las reparaciones en curso de producción, incluida la difusión necesaria de la información. En el anexo se da un ejemplo del conjunto de informaciones que se precisan.

5.2 Información especial

En el cuadro 14 se ofrecen ejemplos seleccionados de información especial de mantenimiento.

5.2.1 Información presentada por el jefe de mantenimiento

a) Información de mantenimiento resumida

La información resumida constituye una exposición de actividades para un determinado período. Permite efectuar un análisis de la situación en el departamento de mantenimiento como parte de la planta. En el cuadro 15 figuran los datos necesarios que sirven fundamentalmente para la transmisión de informaciones a otros sectores de la planta y como base para una discusión acerca del servicio de mantenimiento. Los espacios en blanco al final del cuadro se reservan para cualquier otro dato que pueda necesitarse.

Cuadro 14

Datos sobre la planificación económica del mantenimiento

Proyecto - Plan - Exposición*		Año:	Unidad de organización		
Rubro		Desig- nación	Plan	Situación actual	Notas
1	Precio de adquisición de las máquinas instaladas hasta el 1º de enero	PC			
2	Adición de maquinaria hasta el 31 de diciembre	S		(n)	
3	Máquinas sacadas de la planta hasta el 31 de diciembre	S		(U)	
4	Costos del mantenimiento de las máquinas como promedio de 3 años	NU		(V)	
5	Determinados			k	(s)
6				k	(n)
7				I	PU
8				I	(E)
9	Costos planificados del mantenimiento de máquinas, con inclusión de:	NU		(C)	
10	Internos	NU		I	
11	Externos	NU		EX	
12	Reserva	NU		R	

* Eliminar lo que no es aplicable

Aprobado por:

Preparado por:

Fecha:

Fecha:

Cuadro 15

Información resumida sobre mantenimiento

Información resumida del departamento
de mantenimiento

Plan - Exposición*

Unidad de organización:

Rubro	Descripción	Designación	Período
1	Costos totales de adquisición de bienes básicos, con inclusión de:	PC	
2	Máquinas	PC	
3	Adición de máquinas hasta ...	S _(n)	
4	Máquinas sacadas hasta ...	S _(U)	
5	Producción total de la planta	V	
6	Número total de empleados de la planta	P _p	
7	Costo total del mantenimiento, con inclusión de:	NU	
8	Mantenimiento de las máquinas	NU _S	
9	Reparaciones de emergencia	NU _P	
10	Costos externos	NU _{EX}	
11	Número de empleados del departamento de mantenimiento, con inclusión de:	P _U	
12	Ingenieros y técnicos	P _{IT}	
13	Superficie de los talleres de mantenimiento	m ²	
14	Producción total del departamento de mantenimiento	PU	

* Eliminar lo que no es aplicable

Aprobado por:

Preparado por:

Fecha:

Fecha:

b) Informes sobre reparaciones fundamentales. Los informes sobre reparaciones fundamentales se consideran como información operativa presentada en la conferencia semanal de la dirección de la planta. En el cuadro 16 se ofrece un ejemplo de este tipo de informe.

5.2.2 Información sobre la fiabilidad de las máquinas

Las máquinas de la primera categoría de importancia influyen mucho en la capacidad de producción de la planta. Puesto que, por lo general, su importancia no se modifica durante largos períodos, es necesario mantener una información sobre sus parámetros de fiabilidad. Los conocimientos adquiridos de esta manera permiten mejorar en todo lo posible el sistema de mantenimiento y, de esta manera, el mantenimiento de la capacidad operativa del equipo. En el cuadro 17 se da un ejemplo de la información necesaria para poder definir el grado de fiabilidad de las máquinas de la primera categoría de importancia. Este documento sirve de comprobación manual de la información requerida cuando el número de máquinas de que se trata es limitado. Grupos más grandes de máquinas necesitan procedimientos diferentes.

En la parte superior del documento se registran las operaciones individuales realizadas por el departamento de mantenimiento, mientras que las características de mantenimiento necesarias se indican en la parte inferior.

Los cálculos, aunque no son teóricamente perfectos, son útiles debido a su significación práctica.

Los datos se establecen para un determinado período (un mes o un año). Para períodos más largos es necesario establecer una secuencia temporal que permita analizar la situación pasada y prever el comportamiento futuro de las máquinas (véase cuadro 18).

5.2.3 Información sobre repuestos

Los repuestos son de importancia fundamental para el mantenimiento. Con frecuencia la disponibilidad, la cantidad y los tipos de repuestos constituyen factores que limitan el proceso de mantenimiento. Se suele considerar que el suministro de repuestos es un subsistema relativamente autónomo del mantenimiento que entraña sobre todo la planificación, el registro, el almacenamiento, la compra, renovación y utilización de los repuestos.

Un conjunto tan amplio de operaciones exige mucho de un sistema de información. El elemento básico de un sistema de información de repuestos especializado es la carta de registro de repuestos, que por regla general incluye lo siguiente: número de repuestos, nombre, abastecedor, relación con una máquina (o sus posibilidades de aplicación general), dimensiones, peso, precio, designación del material básico, número del diseño del taller, número de la hoja de ruta, cantidad mínima (reserva) mantenida en almacenamiento, identificación del lugar de almacenamiento y número de artículos en los registros de almacenamiento, duración en almacenaje del repuesto, en horas, y otros datos cuando son necesarios.

Otros documentos indispensables para el suministro de repuestos son: catálogos y listas de repuestos, planes de fabricación de repuestos, tarjetas de información sobre daño de repuestos, etc.

La información básica necesaria para el suministro de repuestos es uno de los aspectos más complicados del sistema de información de mantenimiento en su conjunto.

Cuadro 16

Ejemplo de informe sobre reparaciones fundamentales

Reparaciones fundamentales		Semana:	Unidad de organización:
Número del depar-	Número de la máquina	Causas (número del código)	Descripción
1	621	Horno capilar 01-836-21	2 Sustitución de elementos térmicos
2	385	RC 63 torno revólver 04-251-13	3 El repuesto de la broca no se fabricó a tiempo. La parte original, templada de manera deficiente, fue fabricada por segunda vez
3	243	BPH 20 pulidora 03-581-16	1 Modernización del tablero de mandos eléctricos
4	243	BUA 20 pulidora 03-593-02	1 Modernización del tablero de mandos eléctricos
5	218	Camión del taller 02-561-24	3 Incumplimiento de la fecha límite para la entrega de repuestos por el proveedor externo

<p>Notas: La producción del rubro 2 está en peligro</p> <p>En el caso del rubro 2 se ha procedido a sustitución temporal</p>	<p>Clave del código de causas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exceso del tiempo de reparación planificado 2. Exceso de los costos planificados 3. No se tomaron disposiciones para la reparación
--	--

Preparado por:	Fecha:
----------------	--------

Cuadro 17

Análisis de la fiabilidad de la máquina

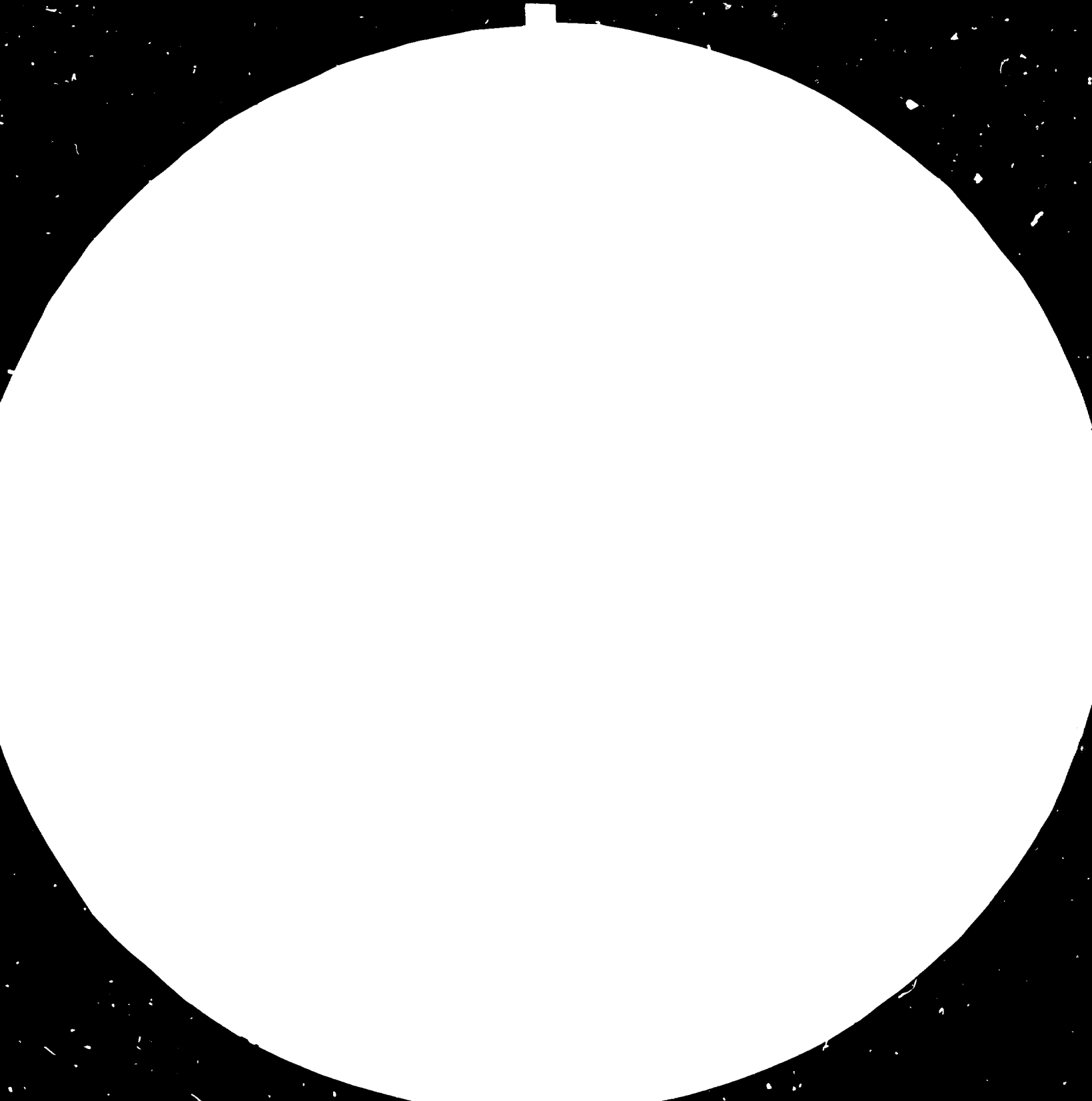
		Máquina:				Departamento:		Categoría de importancia:			
Número del caso	Naturaleza del caso	Tiempo (de-a)	Inactividad	Datos de identificación			Datos de reparación ¹		Trabajo realizado		Costo (1)
				Lugar	Número del repuesto	Causa	Forma de liquidación	Insumo de mano de obra	NU (costo)	Desde la última reparación	
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09	Reparaciones menores										
Total			(2)				(3)	(4)		(5)	
Promedio de tiempo entre reparaciones		$T_{media} = \frac{\text{máquina 5}}{\text{número del caso}}$				Costos específicos de mantenimiento		$N \% = \frac{\text{máquina 4} \cdot 100}{\text{máquina 1}}$			
Intensidad de las reparaciones		$L = \frac{1}{T_{media}}$				Tiempos de inactividad de los equipos de reparación		$K \% = \frac{\text{máquina 2} \cdot 100}{\text{máquina 5}}$			
Promedio de tiempo de las reparaciones		$F_{media} = \frac{\text{máquina 3}}{\text{número del caso}}$				Costo de 1 hora de operación		$K_n = \frac{\text{máquina 4}}{\text{máquina 5}}$			
Preparado por:										Fecha:	

Cuadro 18

Análisis de las propiedades operativas de las máquinas

Rubro		Período (años, meses, semanas)				Indice	Notas
1.	Capacidad técnica						
2.	Parada de máquinas para reparaciones planificadas						
3.	Paradas por averías						
4.	Total de paradas por reparaciones						
5.	Número de reparaciones						
6.	Proporción de averías (basada en horas)						
7.	Proporción total de las paradas por reparación (sobre la base de la capacidad técnica)						
8.	Proporción de las reparaciones de inspección						
9.	Capacidad real						
10.	Costo total de las reparaciones						
11.	T_{media}^a						
12.	$L \cdot 100^a$						
13.	F_{media}^a						
Preparado por:					Fecha:		

a/ Véase cuadro 17.





1.8

2.5

3.2



MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

100 YEARS OF MICROSCOPY, 1859-1959

U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE

6. TALLERES DE MANTENIMIENTO

Una actividad de mantenimiento rápida y racional depende en gran medida del equipo técnico de que dispone el personal de mantenimiento. Esto significa no sólo herramientas, útiles de trabajo y pequeños instrumentos utilizados por cada reparador. Un elemento importante del equipo técnico del personal de mantenimiento es contar con un lugar especializado de trabajo, o taller de mantenimiento. Estos talleres pueden dividirse en dos categorías básicas.

6.1 Taller de mantenimiento operativo

El taller de mantenimiento operativo es una dependencia básica de las instalaciones de mantenimiento. Esencialmente consiste en un lugar de trabajo auxiliar que atiende a una determinada parte de la planta. Por lo general está dispuesto de tal manera que la distancia a las máquinas más alejadas que debe atender no excede de 25 a 30 metros, y que la serie de máquinas a las que se debe prestar servicios formen una unidad orgánica integrada (centro), un complejo tecnológico autónomo de máquinas (por ejemplo, un grupo de fresadoras), y una parte materialmente delimitada de la planta (una sala de producción, etc.).

Un taller operativo de reparaciones sirve fundamentalmente de base para almacenar herramientas e instrumentos de uso personal, para desmontar, reparar y ensayar distintos subconjuntos de las máquinas y para almacenar repuestos pequeños. Este taller está equipado también de máquinas auxiliares, lugares de trabajo, lugares de almacenamiento y una habitación de descanso y aseo. En los talleres operativos más grandes (10-15 trabajadores), es conveniente ampliar la dotación del taller añadiendo otros equipos y servicios técnicos, en particular una máquina pulidora, un torno

simple y un equipo de soldar. La superficie de este taller debería representar aproximadamente 8 m^2 por trabajador del departamento de mantenimiento. En la figura 10 se da un ejemplo de un taller de mantenimiento operativo previsto para tres trabajadores de un turno por día.

6.2 Taller de reparaciones

Prácticamente todas las plantas deben estar equipadas con un taller operativo de mantenimiento y un taller central de reparaciones. En los talleres se realiza también una parte considerable de las labores de mantenimiento preventivo.

Los talleres forman una unidad orgánica con el personal técnico y administrativo necesario (véase figura 11) y con las secciones de fabricación y montaje.

La sección de manufactura se dedica a fabricar y renovar algunos de los repuestos, por lo general los más simples y los de tamaño y peso limitados. Los trabajadores de esta parte del taller están especializados sólo para realizar trabajos en máquinas. En su mayor parte se trata de especialistas que han recibido formación en varios oficios, tales como el torneado y pulido y el manejo de fresadoras y taladradoras.

El montaje y desmantelamiento de los subconjunto de la máquina se realizan en la sección de montaje. Los trabajadores de esta sección suelen moverse entre un lugar de trabajo en el taller y las máquinas que están en proceso de reparación en los centros de producción.

En muchos establecimientos estos talleres constituyen las unidades de mantenimiento técnico más grandes y pueden contener cierto número de instalaciones especiales, tales como un taller de hojalatería y un taller de trabajos de construcción. En la figura 13 se muestra una de las posibles disposiciones convencionales de este tipo de taller.

Figura 10. Taller de mantenimiento

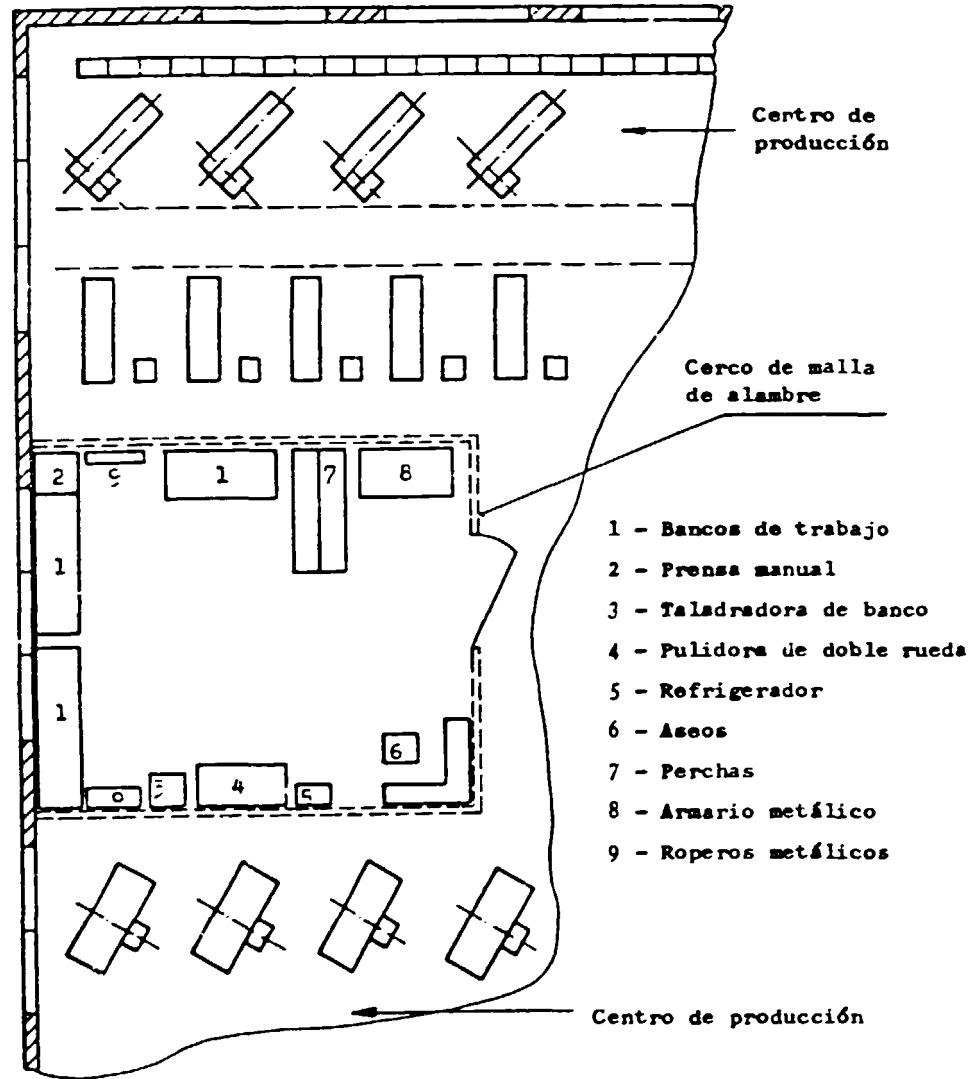
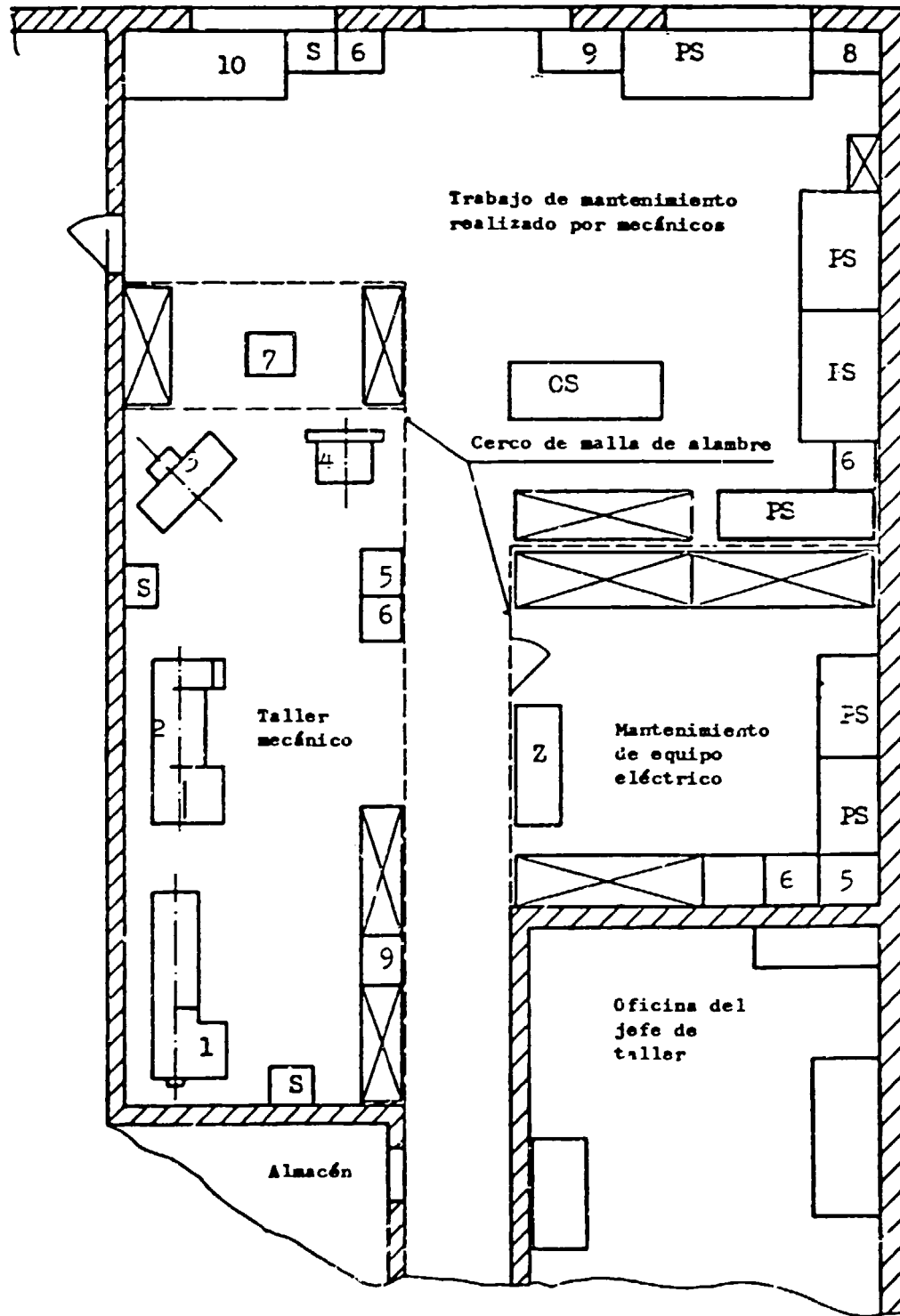


Figura 11. Organización de un taller de mantenimiento



<u>Nota:</u>	1 - Torno universal	S - Armarios para guardar instrumentos
	2 - Pulidora universal	PS - Secciones de trabajo
	3 - Fresadora universal	CS - Mesa
	4 - Taladradora radial	Perchas
	5 - Prensa de banco	Z - Armarios con llave
	6 - Pulidora de doble rueda	
	7 - Mesa para marcado	
	8 - Taladradora de banco	
	9 - Limpiadora de aceite	
	10 - Lavadora de piezas	

Estos talleres suelen dedicar una parte de su capacidad a trabajos no asociados directamente con el mantenimiento, por ejemplo, la fabricación en pequeña escala de máquinas especiales.

Normalmente en los talleres de este tipo no es posible efectuar reparaciones importantes y que exigen un gran dominio técnico, en particular las revisiones generales. Un obstáculo en este sentido es no sólo la limitada capacidad del taller, sino también las limitaciones tecnológicas debido a la imposibilidad de tomar las medidas necesarias para trabajar con tecnologías de mantenimiento complicadas. En situaciones excepcionales es posible hacer reparaciones importantes mediante la cooperación con otras dependencias de la planta o con los abastecedores externos de repuestos más perfeccionados.

Establecimientos más grandes, o los que tienen un alto nivel de autosuficiencia, normalmente tienen que realizar un mayor número de operaciones de mantenimiento importantes, incluidas las revisiones generales. En tales casos es necesario aumentar el número de trabajadores y la capacidad técnica de los talleres de reparación. Se construyen talleres especiales para algunas de las revisiones generales. Con frecuencia estos talleres son dependencias de usos múltiples, que producen también equipo. Cuando se trata de talleres realmente grandes, son establecimientos relativamente autónomos y pueden ser establecidos sobre una base estrictamente comercial. En el anexo se describe un taller de este tipo.

Anexo

EJEMPLOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIFERENCIADO

En este capítulo se dan algunos ejemplos de la aplicación práctica de las instrucciones generales en materia de organización, planificación y control del mantenimiento preventivo y las reparaciones. Estos ejemplos se basan en la práctica de establecimientos industriales de Checoslovaquia y abarcan el mayor número posible de problemas relacionados con el mantenimiento preventivo.

El primer ejemplo se refiere a la metodología utilizada en la preparación de un plan de inspección y de reparaciones en proceso de producción en un establecimiento mecánico convencional, en el cual una parte del equipo de producción está automatizado. El segundo ejemplo se refiere a un taller de reparación de un establecimiento grande que está en condiciones de efectuar reparaciones más amplias así como las revisiones generales de las máquinas. Por consiguiente, complementa la dimensión de los talleres de reparación tratados en el capítulo 6. En el tercer ejemplo se muestra la organización de servicios de mantenimiento en una fábrica textil, y el cuarto constituye un ejemplo de organización de mantenimiento en la industria de la elaboración de alimentos básicos.

Plan de reparaciones en curso de producción en un establecimiento de ingeniería mecánica

Se ha seleccionado, a título de ejemplo, el taller de un establecimiento de ingeniería mecánica que se dedica a la fabricación de máquinas agrícolas y tractores ligeros, es decir una producción realizada en series pequeñas y medianas para atender la demanda media. Las series de producción media se fabrican en máquinas con un alto nivel de automatización, por ejemplo hornos revólver y tornos automáticos. Gran parte de estas máquinas pertenecen a la primera categoría de importancia.

El establecimiento cuenta con un equipo mecánico de complejidad diversa y necesita un insumo de mano de obra practicado por el personal de mantenimiento. Las máquinas principales se utilizan para la producción en dos turnos diarios; las máquinas que se dedican a una producción auxiliar se utilizan en un turno por día. Las máquinas se dividen según sus respectivas categorías de importancia en el programa de producción y se las organiza en tablas de trabajo basadas en los documentos de aplicación general descritos en el capítulo 4. Las tablas abarcan los siguientes aspectos del mantenimiento preventivo para los diversos tipos de equipo utilizado (véanse cuadros 19-23).

- Insumo anual de mano de obra para el mantenimiento en proceso de producción;
- Número de operaciones realizadas por el personal de mantenimiento;
- Tipo de operaciones realizadas por el personal de mantenimiento;
- Exigencias en materia de tiempo;
- Cálculo de la capacidad;
- Tipo de oficios de que se trata;
- Capacidad total de los trabajadores.

Los datos se utilizan para la preparación anual de un plan de inspecciones y de reparaciones en curso de producción (véase el cuadro 23).

Taller especializado en revisiones generales

Un taller especializado que puede efectuar revisiones generales, de aquí en adelante denominado taller de reparaciones, es una instalación más amplia y compleja que el taller estudiado en el capítulo 6. Además, funciona según un sistema distinto. A diferencia del taller de reparaciones en curso de producción, es prácticamente independiente del sistema de centros de producción.

El siguiente ejemplo de un taller de reparaciones relativamente pequeño sirve de modelo básico para el establecimiento de talleres de reparación de prácticamente cualquier tamaño. El ejemplo mencionado es un resumen de un estudio para un proyecto.

Programa de producción de un taller de reparaciones

El programa de producción del taller de reparaciones abarca cierto número de actividades que contribuyen de diversa manera a la producción total:

	<u>Porcentaje</u>
Revisiones generales de máquinas	65
Fabricación y renovación de repuestos	20
Otra producción	<u>15</u>
	100

Cuadro 19

Características de diseño y proceso de la máquina

Máquina	Complejidad		Mecanización		Peso		Precisión		Evaluación general	
	Subcon- junto	Puntos	Grado	Puntos	Tono- ladas	Puntos	Cate- goría	Puntos	Puntos	Nivel de insumo de mano de obra
AN 35 torno de cinco brocas	8	64	3	72	3	15	3	100	239	4
VZB 6 máquina monobloque	9	81	3	72	4	18	3	100	271	5
ANK 135 torno automático	7	49	3	72	3,5	17	3	100	238	4
A40 torno automático	6	36	3	72	3	15	2	50	173	3
AE 80 torno automático	7	49	3	72	3	15	3	100	236	4
AN40 torno automático de seis brocas	10	100	3	72	3,5	17	2	50	239	4
DAMPF6x160 torno semiautomático	11	121	3	72	5	21	2	50	264	5
VR 6 taladradora radial	7	49	2	24	2	11	2m	50	134	3
FA3AV fresadora universal	6	36	2	24	2	11	2	50	121	3
FVS MZ fresadora vertical	7	49	2	24	2,5	13	3	100	186	4
V20/2 taladradora	5	25	1	6	1,5	8	2	50	89	2
ZM16 máquina de roscar	4	16	1	6	1	1	1	5	28	1
PYE 25 prensa hidráulica	4	16	1	6	2	11	1	5	38	1
VS 32 taladradora	4	16	1	6	1	1	1	5	28	1
VR 4A taladradora radial	5	25	2	72	1,5	8	1	5	110	2
VR 2 taladradora radial	5	25	1	6	1,5	8	1	5	24	1
P6320 prensa hidráulica	7	49	1	6	7	25	1	5	85	2
SV 18RA torno central	5	25	1	6	2	11	2	50	92	2
S 32 torno central	6	36	1	6	2	11	2	50	103	2
1 K 341 torno	8	64	2	24	3	15	2	50	153	3
VS 32 A taladradora	5	25	1	6	1,5	8	1	5	44	1

Cuadro 20

Características de la máquina

<u>Categoría de importancia</u>	<u>Autosuficiencia de mantenimiento (porcentaje)</u>	<u>Coefficiente de corrección</u>
I	60	1,15
II	75	1,00
III	80	1,00

Cuadro 21

Mantenimiento de máquinas

<u>Nombre</u>	<u>Tipo</u>	<u>Grado de insumo de mano de obra (Nh)</u>	<u>Insumo de mano de obra (Nh)</u>	<u>Operaciones de mantenimiento</u>	
				<u>Número de (inspecciones) x (horas)</u>	<u>Número de (reparaciones) en curso de producción x (horas)</u>
<u>Máquinas de la categoría de importancia I (utilización en dos turnos diarios)</u>					
Torno automático de cinco brocas	AN 35	4	500	6 x 20 = 120	2 x 190 = 380
Máquina monobloque	VZB 6	5	600	6 x 25 = 150	2 x 225 = 450
Torno automático	ANK135	4	500	6 x 20 = 120	2 x 190 = 380
Torno automático	A 40	3	400	6 x 15 = 90	2 x 155 = 310
Torno automático	AB 80	4	500	6 x 20 = 120	2 x 190 = 380
Máquina monobloque	VZB 6	5	600	6 x 25 = 150	2 x 225 = 450
Torno automático de seis brocas	AN 40	4	500	6 x 20 = 120	2 x 190 = 380
Torno semiautomático	DAMF6x160	5	600	6 x 25 = 150	2 x 225 = 450
Taladradora radial	VR 6	3	400	6 x 15 = 90	2 x 155 = 310
Fresadora universal	FA 3 AV	3	400	6 x 15 = 90	2 x 155 = 310
Fresadora vertical	FV 5 MZ	4	500	6 x 20 = 120	2 x 190 = 380

Cuadro 21 (cont.)

Mantenimiento de máquinas (cont.)

Nombre	Tipo	Operaciones de mantenimiento			
		Grado de Insumo insumo de mano de mano de obra (Nh)	Número de inspecciones) x (horas)	Número de reparaciones) en curso de producción x (horas)	
<u>Máquinas de categoría de importancia II (utilización en dos turnos diarios)</u>					
Taladradora	V20/2	2	225	4 x 10 = 40	1 x 185 = 185
Máquina de roscar	ZM 16	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora	V20/4	3	300	4 x 15 = 60	1 x 240 = 240
Prensa hidráulica	PYE 25	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora	VS 32	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora	VS 32	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora	VS 32	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora radial	VR 2	1	100	4 x 5 = 20	1 x 80 = 80
Taladradora radial	VR 4A	2	225	4 x 10 = 40	1 x 185 = 185
Prensa hidráulica	P 6320	2	225	4 x 10 = 40	1 x 185 = 185
Torno central	SV 18RA	2	225	4 x 10 = 40	1 x 185 = 185
Torno	RN 36	2	225	4 x 10 = 40	1 x 185 = 185
<u>Máquinas de categoría de importancia III (utilización de un turno por día)</u>					
Torno central	S 32	2	40	4 x 10 = 40	
Torno	1 K 341	3	60	4 x 15 = 60	
Taladradora	VS 32	1	20	4 x 5 = 20	
Taladradora	VS 32 A	1	20	4 x 5 = 20	

Cuadro 22

Determinación del insumo de mano de obra de mantenimiento

Grado de insumo de mano de obra	Número de máquinas	Operaciones de mantenimiento en horas-hombre de producción	
		Inspección	Reparaciones en proceso de producción
<u>Categoría de importancia I</u>			
3	3	270	930
4	5	600	1.900
5	3	<u>450</u>	<u>1.350</u>
	Total	1.320	4.180
Corrección basada en la característica de mantenimiento x 1,15		1.518	4.807
<u>Categoría de importancia II</u>			
1	6	120	480
2	5	200	925
3	1	<u>60</u>	<u>240</u>
	Total	380	1.645
Corrección basada en la característica de mantenimiento x 1,00		380	1.645
<u>Categoría de importancia III</u>			
1	2	40	
2	1	40	
3	1	<u>60</u>	
	Total	140	
Corrección basada en la característica de mantenimiento x 1,00		140	

Cuadro 22 (cont.)

Insumo de mano de obra de mantenimiento en operaciones preventivas

	<u>Producción horas-hombre</u>
Inspecciones	2.038
Reparaciones en proceso de producción	<u>5.965</u>
Total	8.003

Insumo de mano de obra de mantenimiento - eliminación de averías
(mantenimiento complementario)

	<u>Producción horas-hombre</u>
Categoría de importancia I 20% de 6.325 Phm	1.265
Categoría de importancia II 50% de 2.025 Phm	1.013
Categoría de importancia III 80% de 140 Phm	<u>112</u>
Total	2.390

Total de insumo de mano de obra por el personal de mantenimiento

	<u>Producción horas-hombre</u>
Mantenimiento preventivo	8.003
Mantenimiento complementario	<u>2.390</u>
Total	10.393

Determinación de la capacidad de trabajo del personal de mantenimiento

Total de mantenimiento planificado	10.393 producción horas-hombre
Tiempo de trabajo anual programado	1.870 horas

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{10.393}{1.870} = 5,55 = 6 \text{ trabajadores}$$

Trabajadores de inspección de las máquinas	1
Trabajadores de reparaciones en proceso de producción y corrección de averías	<u>5</u>
Total de trabajadores de mantenimiento	6
Trabajadores calificados	6
4 mecánicos	
2 electrotécnicos	
Técnicos	1
Obreros	<u>1</u>
Total	8

Cuadro 23

Plan de inspecciones y de reparaciones en curso de producción

Nombre de la máquina	Tipo	Categoría de importancia	Período de planificación (mes, semana)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Torno automático de cinco brocas	AN 35	I	I		I	PO	I		I		I	PO	I	
2 Torno automático	ANK 135	I	I	PO	I		I		I	PO	I		I	
3 Torno automático	A 40	I		I	PO	I		I		I	PO	I	I	
4 Máquina monobloque	VZB 6	I	PO	I		I		I	PO	I		I	I	
5 Fresadora universal	VR 6	I	I		I		I	PO	I		I		I	PO
6 Taladradora	V20/4	II			I		PO	I			I			I
7 Torno central	SV18RA	II		I		PO	I			I				I
8 Torno	RN 36	II	I			I		PO	I			I		
9 Taladradora	VS 32	III		I				I			I			I
10 Torno	IK341	III	I			I				I			I	

Nota: I - Inspección

PO - Reparación en proceso de producción

La parte principal del programa de producción, es decir las revisiones generales, representa aproximadamente 30 reparaciones del tipo medio de máquinas-herramienta en la categoría 4 de insumo de mano de obra. El suministro de repuestos debe atender también la demanda de otros departamentos de mantenimiento. El rubro de otra producción consiste de un conjunto de varios tipos de operaciones, por ejemplo contratos de producción para otros establecimientos, etc.

Mano de obra y capacidades

Tiempo de trabajo programado para un trabajador en un solo turno	1.965 horas por año
Tiempo de trabajo programado para una máquina de producción en dos turnos	3.920 horas por año
Ocupación media del turno	1,35
Número total de empleados	27
Ingenieros y técnicos	4
Personal administrativo	1
Obreros	2
Trabajadores de producción	20
Profesiones mecánicas	7
Profesiones eléctricas	3
Profesiones manuales	10 mecánicos
Capacidad del taller de reparación	
Insumo de mano de obra por trabajadores de producción	38.880 horas por año
Con inclusión de:	
Profesiones mecánicas	13.335 horas por año
Profesiones eléctricas	5.895 horas por año

En el caso de las profesiones mecánicas se supone que tres trabajadores están calificados para dos profesiones, por ejemplo: maquinista de torno y pulidora (2); y maquinista de fresadora y taladradora (1).

Número y estructura de la disposición de las máquinas

El taller de reparaciones tiene ocho máquinas de producción.

Tornos centrales	2
Taladradora radial	1
Fresadoras	2
Cepilladora	1
Barrenadora horizontal	1
Pulidora universal	1

Tiene también tres máquinas auxiliares (máquina de lavar, máquina de rectificado y sierra hidráulica) y un grupo de máquinas menores y otro equipo, por ejemplo pulidoras de ruedas dobles, taladradoras de banco, máquinas de soldadura, una forja, un horno de templar y una prensa de montaje.

El tamaño y el carácter del taller de reparación no son adecuados para ciertas operaciones, por ejemplo la fabricación de engranajes y otras piezas sumamente grandes, de alta precisión o complicadas (brocas, etc.). El total de la autosuficiencia de producción se fija en un 65%, y el 35% restante se obtiene de proveedores externos mediante la adquisición de repuestos y mediante contratos de cooperación.

Superficie del taller

Las necesidades del taller en materia de superficie son las siguientes:

	Superficie (m ²)
Preparación de materiales	20
Lavado, desgrasado	20
Taller de maquinado	120
Taller eléctrico	30
Montaje	100
Inspección	20
Labrado	25
Forja y soldadura	30
Almacenes intermedios	60
Otros locales	<u>35</u>
Total de zonas de producción	460
Zonas administrativas y de control	<u>35</u>
Total	495

Las zonas reservadas para las actividades sociales de los empleados se incluyen en el establecimiento en su conjunto.

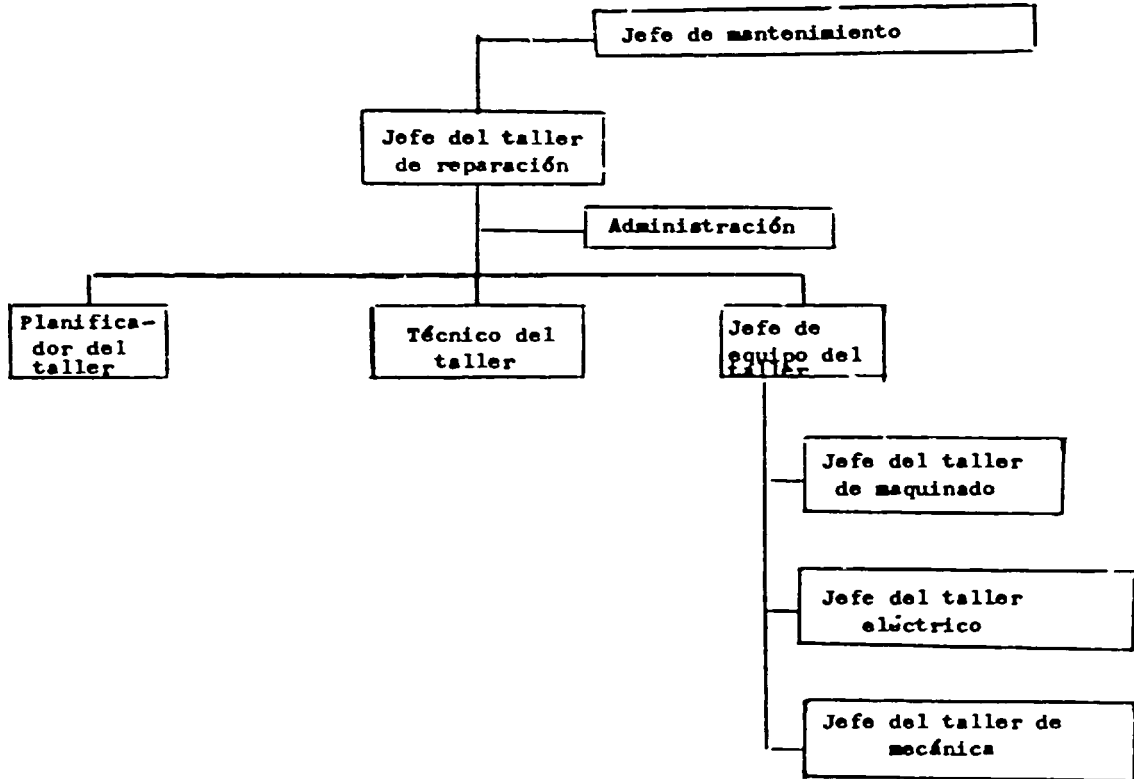
Lugar que ocupa el taller de reparación en la organización

Por regla general el taller de reparación forma parte del departamento de mantenimiento. Sólo en casos excepcionales los grandes talleres de reparación pueden ser una dependencia autosuficiente y autónoma de la empresa. En la figura 12 se indica la estructura orgánica del taller de reparación.

La organización se basa en la cooperación con el departamento de mantenimiento, fundamentalmente en lo que se refiere a la planificación y preparación técnica de las reparaciones y del mantenimiento del equipo del taller, y en la acumulación de funciones, con arreglo a la cual, en particular:

- a) El planificador del taller no sólo se ocupa de la planificación, sino que verifica el trabajo realizado y cumple funciones en los almacenes;
- b) El técnico del taller evalúa el estado de las piezas después del desmantelamiento, realiza inspecciones de carácter técnico y se ocupa de los pedidos hechos a abastecedores externos a la empresa;
- c) El jefe del taller coopera en la evaluación del estado de las piezas y coordina el trabajo realizado por los diferentes talleres;
- d) El jefe de equipo actúa como vínculo de control operativo.

Figura 12. Organización del taller de reparaciones



Tecnología de producción en un taller de reparaciones

La tecnología de producción en los talleres de reparaciones se basa en la secuencia convencional de las operaciones en el caso de las reparaciones importantes: desconexión de la máquina y su transferencia al taller de reparaciones; desmantelamiento progresivo en subconjuntos estructurales y piezas individuales; limpieza y desgrasado; evaluación técnica de las piezas que no pueden ser utilizadas inmediatamente y su envío para su renovación o su fabricación; disposiciones para obtener cooperación en operaciones que superan la capacidad del taller; planificación operativa del taller y control de la producción; preparación de las piezas para volver a montar la máquina; montaje progresivo de los subconjuntos estructurales y de la máquina en su totalidad; acabado de superficie; ensayo y puesta en marcha, y devolución de la máquina a los centros de producción y su puesta en funcionamiento en el lugar de trabajo.

Planificación y control de la producción en el taller de reparaciones

La planificación y control de la producción en el taller de reparaciones se orienta de la manera siguiente: un plan de reparaciones y otras actividades emprendidas por las principales unidades de mantenimiento, y el procedimiento tecnológico normal en el taller de reparaciones. Se trata esencialmente de una forma de planificación del taller que entraña la incorporación a la producción de piezas no previstas, en particular la manufactura de piezas previstas para otros tipos de uso que para las revisiones generales.

Las principales tareas de la planificación y del control son mantener en su nivel mínimo el tiempo de las reparaciones y las actividades de producción, y tomar disposiciones para la utilización de la capacidad del taller.

El sistema de planificación y control suele estar equipado por lo menos con los elementos mínimos de control técnico.

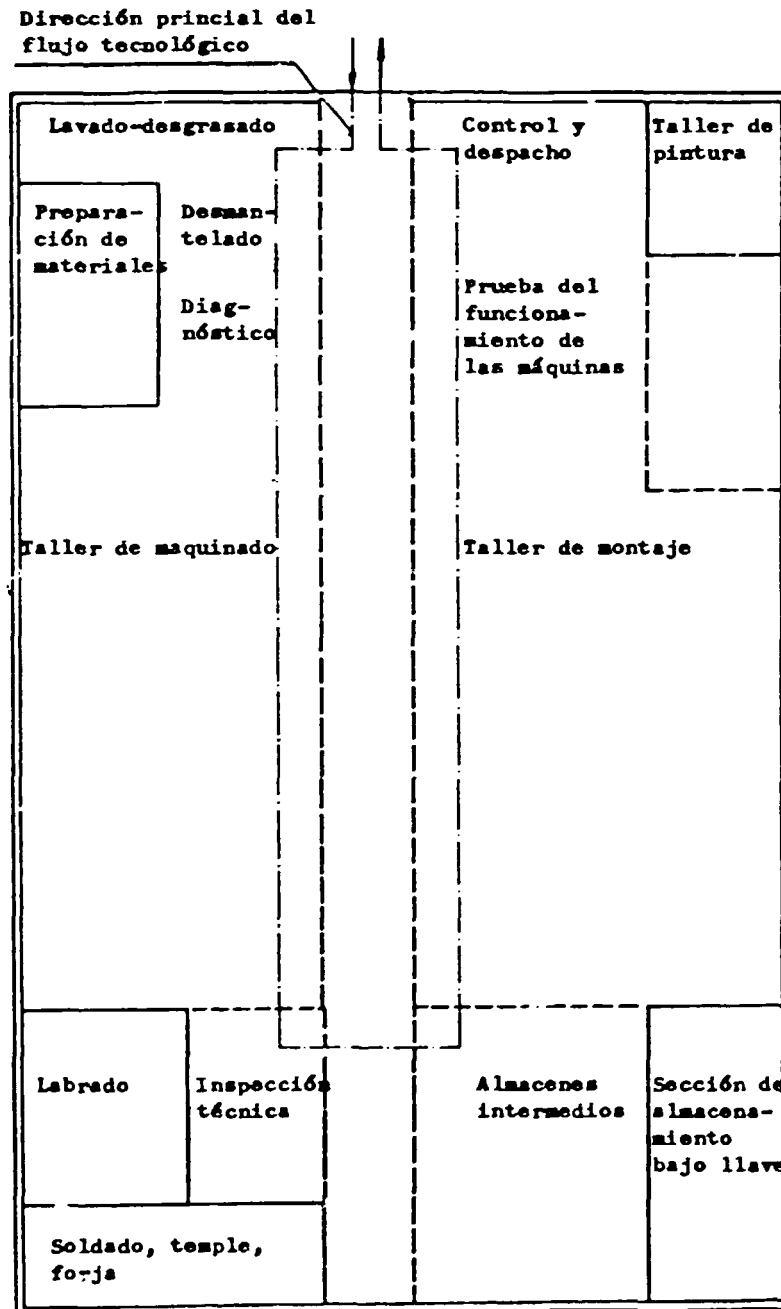
En la figura 13 se muestra la disposición de los distintos sectores del taller de reparaciones, junto con la representación del principal flujo tecnológico. Es mejor instalar las zona de trabajo técnico y administrativo en el piso situado encima del local del taller, o en un edificio anexo a la sala principal del taller de reparaciones. Esta disposición contribuye a una utilización eficaz de las zonas de operaciones.

Los talleres de reparaciones de mayor capacidad se caracterizan por un aumento de la autosuficiencia desde el punto de vista tecnológico y del peso de las piezas manipuladas. Pueden abarcar también los llamados oficios periféricos, tales como talleres de carpintería y de hojalatería y los equipos dedicados a la construcción. En los establecimientos modernos suele ser también necesario contar con servicios para la reparación de los instrumentos y los elementos de automatización.

Mantenimiento en los talleres de la industria textil

La industria textil es uno de los sectores industriales más comunes en los países en desarrollo. En los establecimientos de esta industria el mantenimiento depende de los principales procesos tecnológicos utilizados y de las máquinas de producción correspondientes. Uno de los aspectos característicos es la existencia de grandes grupos de máquinas que funcionan simultáneamente la mayor parte del tiempo, y el hecho de que las funciones de los maquinistas y de los agentes de mantenimiento están estrechamente vinculadas.

Figura 13. Disposición del taller de reparaciones



Para ilustrar los métodos del mantenimiento preventivo diferenciado se ha escogido el ejemplo de una fábrica de tejidos de algodón que se dedica a la complicada elaboración del algodón en los siguientes sectores de producción: hilandería (hilado de fibras discontinuas); taller de doblado (torzal); tejeduría (prendas de vestir); taller de hilatura; taller de acabado (tinte y procedimientos de acabado); tejidos para neumáticos y productos acabados (ropa de cama, etc.).

Preparación del plan de mantenimiento

El cuadro 24 contiene los datos básicos necesarios para la preparación de un plan de mantenimiento técnico.

El equipo de producción se enumera con arreglo a la secuencia del paso del material en el proceso de producción.

El cuadro 25 permite la elaboración directa del plan, incluido su aspecto económico y el cálculo de las capacidades requeridas.

<u>Cálculo de las capacidades</u>	<u>Horas por año</u>
Insumo total de mano de obra del departamento de mantenimiento	29.846
Con inclusión de:	
15% de servicios externos	<u>4.476</u>
Insumo interno de mano de obra	25.370
Capacidad de un agente de mantenimiento	<u>1.950</u>
Número de agentes de mantenimiento: 13	
Con inclusión de 2 obreros para ocuparse de casos urgentes	

Cuadro 24

Datos básicos para el plan técnico de mantenimiento

Nombre de la máquina	Parámetros técnicos	Utilización (turnos)	Grado de insumo de mano de obra
1 Limpiadora de algodón	1 m de ancho	1,76	4
2 Máquina de cardado	1 m de ancho	1,88	3
3 Estiradora	7-8 cabezas	1,69	2
4 Continua de aletas	120 husos	1,72	3
5 Dobladora continua de retorcer	20-24 torcedoras	1,69	2
6 Dobladora especial	5-5 alimentadores	1,69	2
7 Máquina peinadora unilateral	6-8 cabezas	1,88	3
8 Hiladora	450 husos	1,88	3
9 Dobladora	90 husos	1,59	2
10 Torcedora	350 husos	1,59	3
11 Devanadora	120 husos	1,40	2
12 Devanadera	40 husos	1,53	1

Cuadro 25

Elementos del plan de mantenimiento

Nombre de la máquina	Grado de insumo de mano de obra	Categoría de importancia	Insumo básico de mano de obra (horas/año)	Coefficiente de averías	Conversión del insumo de mano de obra (horas/año)	Número de máquinas en la planta	Total de insumo de mano de obra por el mantenimiento (horas/año)	Estructura de mantenimiento
1 Limpiadora de algodón	4	I	450	1,05	472	2	944	6xI; 2xPO
2 Cardadora	3	II	250	1,15	287	44	12.628	4xI; 1xPO
3 Estiradora	2	III	50	1,30	65	10	650	4xI
4 Continua de aletas	3	II	250	1,15	287	7	2.009	4xI; 1xPO
5 Dobladora continua de retorcer	2	II	150	1,15	172	2	344	4xI; 1xPO
6 Dobladora especial	2	I	180	1,05	190	2	380	6xI; 2xPO
7 Peinadora unilateral	3	I	250	1,05	262	7	1.834	6xI; 2xPO
8 Hiladora	3	II	250	1,15	287	33	9.471	4xI; 1xPO
9 Dobladora	2	III	40	1,30	52	8	416	4xI
10 Torcedora	3	III	60	1,30	78	12	936	4xI
11 Devanadora	2	III	40	1,30	52	3	156	4xI
12 Devanadera	1	III	20	1,30	26	3	78	4xI
Mantenimiento preventivo							29.846	
Incluida reserva para errores							3.816	

Nota: I - Inspección
PO - Reparación en proceso de producción

Las condiciones específicas del mantenimiento en el sector de los textiles permiten una división más exacta de la capacidad de mantenimiento:

Categoría de la inspección (con inclusión de la instalación de la máquina): 4 trabajadores

Categoría de las reparaciones en proceso de producción:
7 trabajadores

Mantenimiento en la industria de elaboración de alimentos

En comparación con otros sectores industriales, la industria de elaboración de alimentos presenta algunos problemas específicos. El primero de estos problemas es resultado de los estrictos requisitos de higiene; otros tienen su origen en el uso de materiales que son difíciles de someter a maquinado (principalmente los aceros inoxidable) así como de la orientación profesional absolutamente diferente del personal operativo. También son causa de graves problemas los distintos tipos de ordenación de la programación temporal de la utilización de las máquinas: operación ininterrumpida durante varios períodos, con fases de trabajo que duran varios meses.

Como ejemplo se ha seleccionado una sección de una cadena de matanza de tamaño mediano que forma parte de un establecimiento de elaboración de carne integrado. Esta planta cuenta con un sistema de mantenimiento en dos etapas, concentrado en un departamento de mantenimiento centralizado.

Los talleres centrales se dedican a la producción y renovación de determinadas piezas y a la reparación del equipo fijo. Están equipados también de un equipo de servicio móvil que, cuando es necesario, colabora con los servicios de mantenimiento destacados a los diferentes sectores de la planta integrada.

Los departamentos de mantenimiento destacados representan la segunda etapa del mantenimiento de un mayor carácter operativo. Están situados en los distintos sectores de producción de la planta y se ocupan principalmente de:

a) Mantenimiento preventivo en su sentido lato, es decir, inspección, diagnóstico, lubricación y protección contra la corrosión;

b) Reparaciones de averías que pueden ser realizadas por el personal del departamento;

c) Cooperación con el servicio central de mantenimiento o con los servicios externos en el caso de las reparaciones más importantes.

En su conjunto la planta integrada incluye los siguientes sectores de producción:

- Cadena de matanza de animales pequeños (conejos);
- Cadenas de matanza de animales de tamaño mediano I (cerdos), II (ganado ovino) y III (terneros);
- Cadena de matanza de animales grandes (ganado vacuno);
- Producción de carne elaborada (cerdo y carne de vacuno);
- Producción de carne enlatada;
- Departamentos e instalaciones auxiliares y de servicio (rampa de recepción, corrales de espera, servicios de establo, mantenimiento, etc.).

El ejemplo se concentra en la cadena de matanza de animales de tamaño mediano I (matanza de cerdos).

Especificaciones del equipo técnico de la cadena

La cadena está concebida para sacrificar 800 cerdos por turno. En el cuadro 26 se indica la secuencia de las operaciones.

Cuadro 26

Secuencia de las operaciones de una cadena de matanza

Nombre del equipo	Grado de insumo de obra de obra	Categoría de importancia	Insumo de mano de obra básica	Coeficiente de averías	Conversión del insumo de mano de obra
1 Corrales de espera	2	III	40	1,30	52
2 Balanza	2	I	250	1,02	235
3 Callejón de salida, duchas	2	I	230	1,02	235
4 Trampa de sacrificio inclinable	3	II	250	1,10	275
5 Elevador y transportador	3	I	330	1,02	335
6 Conducto de sangramiento	2	I	230	1,02	235
7 Rampa de caída por gravedad	2	II	175	1,10	192
8 Mesa de volteado	2	II	175	1,10	192
9 Cuba de escaldar con estirador	5	I	530	1,02	540
10 Mando con unidad de conversión	3	I	330	1,02	335
11 Depilador	4	I	430	1,02	437
12 Mesa de rodillos corta	2	II	175	1,10	192
13 Depilador II	4	II	300	1,10	330
14 Mesa de rodillos larga	3	II	250	1,10	275
15 Eliminador de topes	2	II	175	1,10	192
16 Elevador	3	II	250	1,10	275
17 Transportador estirador	3	II	250	1,10	275
18 Transportador de cuchara	4	I	430	1,02	437
19 Rampas	3	II	250	1,10	275
20 Unidades de mando	4	I	430	1,02	437
21 Instalaciones auxiliares, mecanismos, bombas	5	III	100	1,30	130
22 Instalaciones eléctricas	4	I	430	1,02	437
23 Instalación de agua (fría)	5	I	530	1,02	540
24 Instalación de agua (caliente)	4	I	430	1,02	438
25 Sistema de distribución de gas	2	I	235	1,02	240
26 Plantas de refrigeración rápida (-18°)	2	I	235	1,02	240
27 Plantas de refrigeración (-5°)	3	II	250	1,10	275
28 Eliminación de desperdicios, sumideros, etc.	3	II	250	1,10	275
			7.920		8.326

Como resultado de las elevadas exigencias operativas de la cadena, se redujo su dependencia del trabajo realizado por el mantenimiento centralizado y por los servicios externos, y se aumentó su autosuficiencia en un 85%.

Especificación de capacidades

Capacidades internas = $0,85 \cdot 8.326 = 7.077$ horas por año

Capacidad de un agente de mantenimiento = 1.950 horas por año

Número de trabajadores = $\frac{7.077}{1.950} = 3,62 = 4$ trabajadores

Este total incluye: 1 trabajador de mantenimiento del equipo eléctrico
2 trabajadores mecánicos de mantenimiento
1 trabajador de mantenimiento a cargo de la lubricación y del equipo auxiliar

Las principales operaciones de mantenimiento se realizan durante el segundo turno. El primer turno tiene como función corregir las fallas durante las operaciones. Las reparaciones principales se efectúan durante los días feriados.

Mantenimiento de una cadena automática

El mantenimiento de cadenas automáticas de producción constituye para el personal de mantenimiento un problema relativamente autónomo. Esto se debe fundamentalmente:

a) A las peculiaridades estructurales y de diseño de las cadenas automáticas, incluida la complejidad del diseño y construcción y la interdependencia de los diferentes componentes de las cadenas;

b) A la forma en que las cadenas automáticas se utilizan en la producción, incluido el aprovechamiento del tiempo disponible y de una operación frecuente y no interrumpida.

En general se trata de reducir al mínimo el tiempo no utilizado, es decir el tiempo de inactividad causado por el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. Este objetivo se logra mediante:

a) Un diseño racional de las cadenas de producción, a través de la unificación del proceso, la homogeneización de los períodos de trabajo de los componentes individuales de la cadena, reservas de emergencia disponibles para atender puntos críticos de la cadena, etc.;

b) Organización del mantenimiento, por ejemplo la transferencia de las principales actividades a fin de programar su realización en horas distintas de los turnos regulares de trabajo, la aplicación de diagnósticos técnicos, la utilización de un mantenimiento secundario basado en reparaciones en el taller de componentes modulares de la cadena, orientación y extradimensi n del sistema de mantenimiento en su capacidad, en sus aspectos técnicos, etc.

Tipos de cadenas automáticas

En la práctica industrial de hoy se utilizan dos sistemas básicos estructurales y técnicos de las cadenas automáticas.

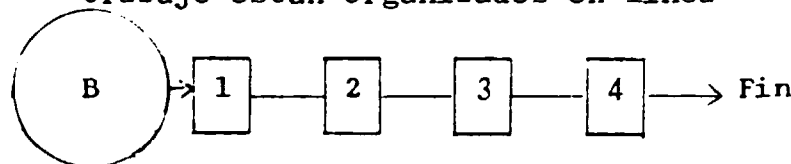
Cadenas flexibles. El establecimiento de cadenas flexibles se basa en máquinas de control numérico y su interconexión en el ámbito de lo que se denomina sectores de producción integrados y complejos de producción similares.

Las cadenas flexibles están compuestas en su mayor parte de lugares de trabajo intercambiables en el caso de reparaciones. El  nico elemento no intercambiable del sistema es el elemento integrante, un almacén utilizado entre las operaciones y equipado con un pequeño transportador. Es indispensable en las cadenas

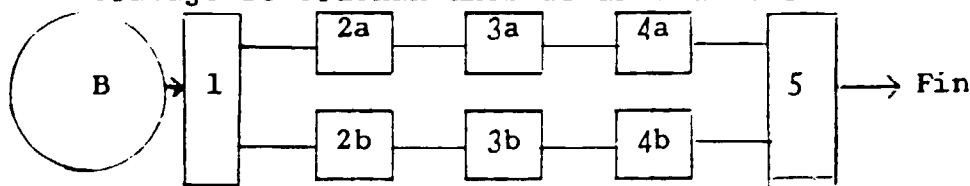
flexibles. Si se produce un mayor número de averías que exigen tiempo, se mantiene la corriente de materiales con otros servicios de transporte. En vista de la capacidad relativamente grande para intercambiar componentes individuales de las cadenas flexibles, por lo general estas cadenas necesitan menos intervenciones del sistema de mantenimiento que otros tipos de cadenas automáticas.

Cádenas rígidas. La mayoría de las veces estas cadenas se utilizan como unidades de producción con fines específicos y con una gran variedad de usos. Se les suele encontrar en las industrias mecánicas, de elaboración de alimentos y textiles, en la producción de materiales de construcción, etc. De la amplitud de sus aplicaciones específicas se desprende también su organización estructural y de diseño que es sumamente heterogénea:

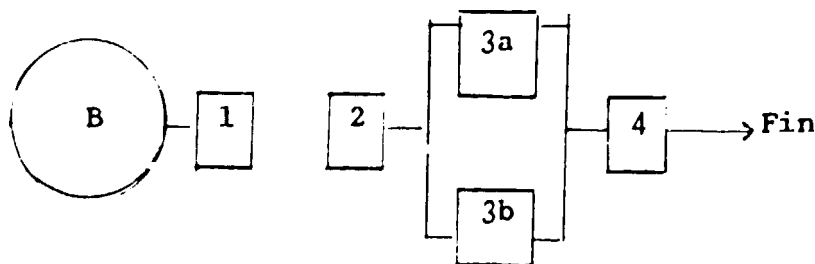
1. Cadenas en serie en las que los diferentes lugares de trabajo están organizados en línea



2. Líneas paralelas, en las que los diferentes lugares de trabajo se ordenan unos delante de otros



3. Cadenas combinadas formadas por una combinación de los tipos básicos anteriores



Las actividades de mantenimiento sufren también una considerable influencia a causa de otros elementos estructurales utilizados en las cadenas automáticas rígidas, tales como:

- a) Si la operación es sincrónica (en una cadencia) o asincrónica;
- b) Si hay almacenes utilizados entre las operaciones que permitan superar ciertos períodos de inactividad mediante suministros dispuestos allí de manera anticipada;
- c) Si existen reservas previstas para puntos críticos con la posibilidad de superar el punto de avería (con una paralización temporal de la capacidad de producción), o lo que se llama suministro de reservas plenas y equivalentes de capacidad equivalente, etc.

Desde el punto de vista del mantenimiento, las cadenas que exigen más trabajo son las sincronizadas dispuestas en series y sin reservas. En este ejemplo, la avería de uno cualquiera de los miembros prácticamente inmoviliza a toda la cadena. En otras palabras, las reservas de tiempo necesario para realizar una reparación es equivalente, en el caso máximo, al tiempo operativo de la cadena por pieza, siempre que la reparación pueda efectuarse manteniéndose en funcionamiento a la cadena en su conjunto.

El siguiente ejemplo de la disposición de un sistema de mantenimiento gira en torno de esta posibilidad, que es una de las menos deseables pero que, sin embargo, es bastante frecuente.

Ejemplo de un sistema de mantenimiento en una cadena automática

El ejemplo consiste en una cadena automática de propósitos específicos, dispuesta para el maquinado de cajas de engranajes (cuyas dimensiones son 250 mm x 200 mm x 350 mm), que funciona con una determinada cadencia y sin depósitos de almacenamiento entre las operaciones, con una capacidad práctica anual de 14.800 cajas de engranajes (aproximadamente 4 piezas por hora).

La cadena consiste de cinco estaciones de maquinado, una estación de trabajo auxiliar (lavado-desgrasado), una estación de medición, dos manipuladores y un sistema de transporte entre operaciones. El transporte de las piezas se realiza mediante paletas tecnológicas que se colocan en paletas de gran capacidad para su transporte entre el departamento de preparación de la producción, la cadena y el departamento de montaje. La figura 14 muestra un diagrama de la cadena.

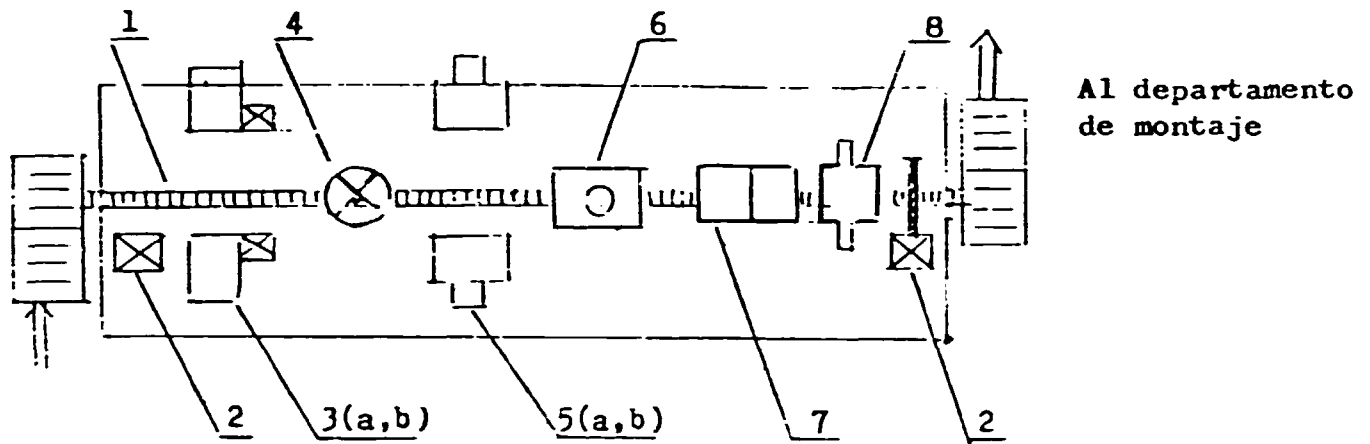
Funcionamiento de la cadena

La cadena funciona en dos turnos. Para el servicio se designa un operario en cada turno (transporte de paletas, supervisión de la operación).

Sistema de mantenimiento

- | | |
|------------------------|--|
| Base técnica | - Taller de mantenimiento con autoridad departamental para el centro de maquinado. Esto incluye también la capacidad disponible para dicha cadena. Los trabajadores son parcialmente especializados. |
| Modo preventivo | - Antes de comenzar una jornada (con una hora de anticipación) se procede a una revisión de conformidad con un programa prescrito, incluido un servicio tribotécnico (lubricación). |
| Inspección | - Una vez al mes en un día feriado (por ejemplo sábado o domingo). |
| Reparaciones de rutina | - Una vez al año en un momento en que la planta no está en funcionamiento (día feriado de toda la fábrica). |

Figura 14. Diagrama de una cadena de maquinado



- 0 Paletas de transporte
- 1 Transportador entre operaciones
- 2 Manipuladores
- 3 Unidades fresadoras
- 4 Mesa rotatoria
- 5 Unidades taladradoras
- 6 Unidad vertical de maquinado
- 7 Máquina de lavado y túnel de chorro de aire
- 8 Máquina de control

- Reparaciones secundarias - Se proporcionan reservas para las unidades de maquinado y algunos otros elementos de montaje. En el caso de una avería o de un desgaste importante, los elementos desmontados se reparan en el taller.
- Corrección de averías - Si es necesario se pide el servicio de un reparador competente del taller.

Las reparaciones que exceden de la capacidad del servicio de mantenimiento se realizan como parte del servicio de mantenimiento del centro para la producción de cajas de engranajes, es decir, dentro de un sistema de categoría más alta.

Capacidad del sistema de mantenimiento

<u>Categoría I</u>	<u>Grado de insumo de mano de obra</u>	<u>Horas</u>
Unidad vertical	3	400
Máquina y túnel de lavado	3	400
Máquina de control	4	500
Transporte entre operaciones	4	500
Mesa rotatoria	2	<u>300</u>
		2.100
	Reserva para averías (20%)	<u>420</u>
	Total I	2.520

<u>Categoría II</u>	<u>Grado de insumo de mano de obra</u>	<u>Horas</u>
Manipuladores	2	450
Unidades fresadoras	3	600
Unidades taladradoras	3	<u>600</u>
		1.650
	Reserva para averías (50%)	<u>825</u>
	Total II	2.475
	Resumen del grado de insumo de mano de obra	
<u>Categoría III</u>		<u>Horas</u>
Eliminación de virutas, circuitos de lubricación e hidráulicos, otro equipo	5	100
	Reserva para averías (80%)	<u>80</u>
	Total III	180

Insumo total de mano de obra en la cadena de
mantenimiento - 5.175 horas

Autosuficiencia - 80%

Insumo de mano de obra interna en manteni-
miento - 4.140 horas

20% de ese total (828 horas) para el equipo eléctrico

El mantenimiento de la línea exige una capacidad teórica durante todo el año de 2,17 trabajadores. En la práctica, esta capacidad se distribuye naturalmente en un sistema de operaciones de mantenimiento breves, tanto de carácter preventivo como de emergencia.

Para orientación de nuestro programa de publicaciones, a fin de tomar parte en nuestras actividades de publicación, agradeceríamos que se completara este cuestionario y se remitiera a UNIDO, Division for Industrial Studies, P.O. Box 300, A-1400 Vienna, Austria

C U E S T I O N A R I O

Sistema de mantenimiento preventivo de bienes de capital

(por favor, marque en el recuadro apropiado)

- | | Sí | No |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) ¿Le han resultado útiles los datos contenidos en el estudio? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) ¿Le pareció acertado el análisis? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) ¿Ha sido nueva para usted la información ofrecida? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) ¿Está de acuerdo con la conclusión? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) ¿Le han parecido acertadas las recomendaciones? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) ¿Le han resultado de fácil lectura la presentación y el estilo? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) ¿Desea ser incluido en nuestra lista de personas a quienes se envían documentos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

En caso afirmativo, especifique por favor los temas de su interés

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 8) ¿Desea recibir el último catálogo de documentos preparados por la División de Estudios Industriales? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) ¿Desea hacer algún otro comentario? | | |

Nombre:
(en mayúsculas)

Institución:
(con la dirección completa)

Fecha:

