

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

**Facultad:** CIENCIAS

**Titulación:** INGENIERÍA QUÍMICA

**Título:** Diagnóstico y propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento en la planta de AIRBUS ESPAÑA de Puerto Real

**Autor:** Jorge MONTES CONEJERO

**Fecha:** Febrero 2005





## *Resumen del proyecto.*

El mantenimiento de las instalaciones productivas, además de suponer unos costes directos considerables para las empresas, afecta a la disponibilidad de las instalaciones, a la calidad de los productos y servicios, a la seguridad de las personas y bienes y al medio ambiente. Estas circunstancias hacen del mantenimiento un factor importante y aplicar una correcta gestión del mantenimiento no es solo rentable sino necesaria para mantener la competitividad de las empresas.

El presente proyecto titulado “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE AIRBUS ESPAÑA DE PUERTO REAL”, intenta poner de manifiesto la necesidad de mejorar la gestión del mantenimiento en la planta de AIRBUS ESPAÑA S.L. Puerto Real, así como asistir a los responsables de mantenimiento en la comprensión de la función de mantenimiento y de las técnicas disponibles para su control y organización.

En una primera parte se pretende hacer un diagnóstico de la situación en la que se encuentra la planta de Airbus Puerto Real en lo relativo a la gestión del mantenimiento, prestando especial interés a sus carencias con el fin de proponer una serie de actuaciones que mejorarían dicha gestión. Además, se intenta sacar a la luz aquellas “buenas prácticas” que si se extrapolaran al resto de la organización, supondrían una mejora en el mantenimiento o facilitarían de alguna una manera el trabajo.

Los principales puntos susceptibles de mejora que se desprenden del diagnóstico realizado, se pueden resumir en los siguientes cuatro puntos:

- ❖ No se realizan mediciones de cuestiones relacionadas con el mantenimiento, ni se recogen todos los datos importantes en la documentación utilizada. Debido a ello no se tiene conciencia de la eficiencia de los trabajos de mantenimiento realizados, ni se pueden proponer objetivos a alcanzar por no poder cuantificarlos.
- ❖ No se tiene un adecuado plan de mantenimiento preventivo, con lo que la mayoría de las veces se actúa con carácter urgente debido a las averías.
- ❖ No se lleva una adecuada gestión ni un control de stock en el almacén de repuestos.

- ❖ Se pasan por alto las ventajas proporcionadas por la informática, existiendo una necesidad de implantación de un programa de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

Los medios productivos de los que se compone la planta de Airbus Puerto Real, cuya gestión del mantenimiento es el objeto del presente proyecto se pueden dividir en:

- Gradas convencionales o manuales.
- Gradas automáticas.
- Células de producción integradas o CPI's.
- Otros equipos.

Otra de las partes en las que se divide el proyecto tiene como objetivo estudiar las diferentes técnicas y herramientas en la gestión del mantenimiento que existen hasta el momento, desde el mantenimiento correctivo hasta el Mantenimiento Productivo Total (TPM), que al ser hoy día el instrumento más eficaz en lo relativo al mantenimiento de los sistemas productivos, es al que se le presta un mayor interés.

Con la adaptación de la metodología del TPM a la planta de Airbus Puerto Real y teniendo en cuenta los puntos susceptibles de mejora que se obtuvieron en el diagnóstico previo, se proponen una serie de mejoras que si se llevaran a cabo supondrían beneficios, ya sean económicos, de calidad del trabajo o simplemente faciliten las tareas al personal de mantenimiento. Las mejoras más importantes que se plantean en el proyecto, se pueden resumir en los siguientes seis puntos:

- **Mantenimiento correctivo.** En la planificación de este tipo de mantenimiento se destaca la necesidad de *preparación de los trabajos* a realizar, con el objeto de que las tareas de reparación duren el menor tiempo posible.

Por otra parte se destaca la necesidad de *recoger todos los datos* relativos a las averías en la documentación propuesta para este fin.

Dicha documentación debería cumplimentarse obligatoriamente por el personal correspondiente en los plazos indicados y serían:

- Solicitud de trabajo a mantenimiento.
- Parte de reparación de avería.

- Historial de averías.
- **Mantenimiento preventivo.** En un primer momento es necesario *realizar un inventario* de los equipos existentes en la factoría, además de *codificar* cada uno de ellos, para posteriormente pasar a realizar un *plan de mantenimiento preventivo*. Dicho plan se compone de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación, que se deben *planificar y programar* adecuadamente con el objeto de interrumpir lo menos posible la función de producción.
- **Gestión de recursos humanos.** Ante todo será imprescindible la *formación de los recursos humanos*, tanto de los operarios de mantenimiento, como de los operarios de producción, a los que habrá que adiestrar para que realicen operaciones simples de mantenimiento (automantenimiento).
- **Gestión de equipos.** Uno de los puntos más importantes es la necesidad de hacer *mediciones de parámetros* de mantenimiento (tiempos, costes, averías, etc.), con el fin de poder *calcular índices* que reflejen la efectividad de las operaciones de mantenimiento, así como permitir fijar objetivos cuantitativos.
- **Gestión de stock.** Es necesario *gestionar y controlar los repuestos* salientes y entrantes en el almacén, así como los costes que éstos suponen. Para ello sería conveniente la implantación de un programa informático que facilite dicho trabajo.
- **GMAO.** Por último, se resalta la importancia de la adopción de un sistema de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), con el fin de facilitar y mejorar las tareas de la función de Mantenimiento.

El resultado final de la implantación de los puntos comentados anteriormente y de un sistema de gestión basado en el Mantenimiento Productivo Total es la consecución de un conjunto de equipos e instalaciones productivas *más eficaces, con cero despilfarros, cero defectos, cero averías y cero problemas de seguridad.*

### ***Justificación, objeto y viabilidad del proyecto.***

Los países miembros de la Unión Europea dedican anualmente un 10% del PIB al mantenimiento de sus instalaciones productivas, de sus servicios e infraestructuras así como de los bienes y enseres familiares. Ello significa que España gastó en 2003 unos 57.000 millones de euros, de los que más del 50% se destinaron a Mantenimiento Industrial y de los Servicios. Además de estos costes directos, el mantenimiento afecta a la disponibilidad de las instalaciones, a la calidad de los productos y servicios, a la seguridad de las personas y bienes y al medio ambiente. Éstas circunstancias hacen del mantenimiento un factor importante dentro de cualquier empresa y aplicar una correcta gestión del mantenimiento no es solo rentable sino necesaria para mantener la competitividad de las empresas.

Debido a estos factores, el presente proyecto intentará con ayuda de las últimas teorías relacionadas con el tema, identificar los principales problemas a los que se enfrenta la función de mantenimiento en la planta de Airbus España S.L. (Puerto Real), y de proponer, en la medida de lo posible, mejoras que hagan más fácil el día a día de las operaciones de mantenimiento que allí se realizan.

## INDICE.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Presentación de la empresa.....	2
1.1.1. Airbus en Europa.....	4
1.1.2. Aviones Airbus.....	6
1.1.3. Airbus España.....	7
1.2. Airbus Puerto Real.....	9
1.2.1. Descripción de la factoría.....	9
1.2.2. Listado de productos de Airbus Puerto Real .....	11
1.3. Resumen del proyecto.....	14
1.4. Trabajo desempeñado en la factoría de Airbus Puerto Real.....	15
<b>2. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.</b>	
2.1. Introducción.....	16
2.2. Organización de la planta de Airbus Puerto Real.....	17
2.3. Clasificación del mantenimiento en Airbus España S.L. (Puerto Real).....	20
2.4. Mantenimiento correctivo. (Averías).....	21
2.4.1. Mantenimiento correctivo por sustitución de elementos.....	24
2.4.2. Mantenimiento de reparación propiamente dicha.....	24
2.4.3. Documentos relacionados con el mantenimiento correctivo.....	25
2.5. Reparación o sustitución a intervalo fijo, antes de fallo.....	29
2.6. Mantenimiento preventivo.....	31
2.7. Mantenimiento predictivo.....	38
2.8. Mantenimiento conductivo y modificativo.....	39
2.8.1. Mantenimiento conductivo.....	39
2.8.2. Mantenimiento modificativo.....	39
2.9. Mantenimiento autónomo.....	41
2.10. Gestión de repuestos y almacén.....	42
2.11. Mantenimiento asistido por ordenador.....	43
2.12. Costes de mantenimiento.....	44
2.12.1. Costes fijos.....	44
2.12.2. Costes variables.....	45
2.12.3. Costes financieros.....	45
2.12.4. Costes de fallo.....	46

2.12.5. Coste integral.....	46
2.13. Parámetros de la función de mantenimiento.....	47
2.14. Conclusiones.....	48
<b>3. MEDIOS PRODUCTIVOS AIRBUS ESPAÑA S.L. (PUERTO REAL)</b>	
3.1. Introducción.....	50
3.2. Listado de medios productivos.....	50
3.3. Codificación de los medios productivos.....	55
3.4. Breve descripción de los medios productivos.....	55
3.4.1. Gradas convencionales o manuales.....	56
3.4.2. Gradas automáticas.....	57
3.4.3. CPI's.....	58
<b>4. PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.</b>	
4.1. Introducción.....	60
4.2. Conceptos generales.....	63
4.2.1. Etapas en la producción industrial.....	63
4.2.2. Mantenimiento y rentabilidad.....	65
4.2.3. Evolución del mantenimiento.....	68
4.2.4. Gestión del mantenimiento.....	73
4.3. Organización y políticas de mantenimiento.....	91
4.3.1. Introducción.....	91
4.3.2. Factores para planificar el organigrama de la empresa en relación al mantenimiento.....	91
4.3.3. Organigrama de la empresa.....	96
4.3.4. Política de mantenimiento.....	97
4.4. Planificación del mantenimiento correctivo.....	98
4.4.1. Introducción.....	98
4.4.2. Preparación de los trabajos de mantenimiento correctivo.....	99
4.4.3. Factores del mantenimiento correctivo.....	102
4.5. Planificación del mantenimiento preventivo.....	106
4.5.1. Introducción.....	106
4.5.2. Plan de mantenimiento preventivo.....	107
4.6. Gestión de los recursos humanos.....	115
4.6.1. Introducción.....	115
4.6.2. Formación de los recursos humanos.....	116

4.6.3. Mantenimiento contratado.....	118
4.7. Gestión de máquinas y equipos.....	125
4.7.1. Introducción.....	125
4.7.2. Distribución de tiempos de una instalación.....	126
4.7.3. Parámetros de la instalación.....	129
4.7.4. Matriz de criticidad – fiabilidad.....	136
4.8. Gestión de repuestos.....	139
4.8.1. Introducción.....	139
4.8.2. Definición y clasificación de los repuestos.....	140
4.8.3. Identificación, codificación y normalización.....	144
4.8.4. Fijación de los stocks.....	147
4.8.5. Gestión de stock.....	149
4.8.6. Control de la gestión de stock.....	152
4.9. Control de la gestión del mantenimiento.....	154
4.9.1. Introducción.....	154
4.9.2. Control de la eficacia, eficiencia y efectividad.....	154
4.9.3. Indicadores.....	157
<b>5. DESARROLLO DEL TPM.</b>	
5.1. Introducción.....	164
5.1.1. Conceptos y características.....	166
5.2. Implantación de un programa TPM.....	170
5.2.1. Etapas en la implantación del TPM.....	171
5.3. Las seis grandes pérdidas de los equipos.....	177
5.3.1. Introducción.....	177
5.3.2. Pérdidas por averías.....	179
5.3.3. Pérdidas debidas a preparaciones.....	183
5.3.4. Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas.....	184
5.3.5. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida.....	186
5.3.6. Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesados.....	187
5.3.7. Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo.....	188
5.4. Mantenimiento autónomo.....	189
5.4.1. Introducción.....	189
5.4.2. Mantenimiento autónomo basado en las 5S.....	191

5.4.3. Etapas de implantación del mantenimiento autónomo.....	194
5.4.4. Nivel básico.....	196
5.4.5. Nivel de eficiencia.....	200
5.4.6. Nivel de plena implantación.....	202
5.4.7. Resumen de la implantación del mantenimiento autónomo.....	203
<b>6. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR.</b>	
6.1. Introducción.....	205
6.2. Etapas en la introducción de un GMAO.....	207
6.3. Codificación de los equipos.....	211
6.4. Codificación de las averías.....	211
<b>7. CONCLUSIONES.</b>	<b>212</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>215</b>
<b>9. GLOSARIO DE TÉRMINOS.</b>	<b>216</b>
<b>10. ANEXO I: Documentación de mantenimiento.</b>	
10.1. Mantenimiento correctivo.....	222
10.2. Planificación del mantenimiento preventivo.....	223
10.2.1. Taladradora de la costilla uno HTP.....	226
10.2.2. Taladradora largueros Nave 1.....	228
10.2.3. Remachadora borde de salida Nave 1.....	230
10.2.4. Remachadora borde de salida Nave 2.....	233
10.2.5. Tricepts A380 (nave 1).....	236
10.2.6. Tricepts A340-600 (nave 2).....	239
10.2.7. Proyecto 10.....	242
10.2.8. Taladradora de costillas del A380.....	243
<b>10.3. Mantenimiento autónomo.....</b>	<b>245</b>
10.3.1. Taladradora costilla uno HTP.....	245
10.3.2. Taladradora largueros Nave 1.....	246
10.3.3. Remachadora borde de salida Nave 1.....	247
10.3.4. Remachadora borde de salida Nave 2.....	248
10.3.5. Tricepts A380 (nave 1).....	249
10.3.6. Tricepts A340-600 (nave 2).....	250

<b>11. ANEXO II: Herramientas útiles en la gestión del mantenimiento.</b>	
11.1. Ciclo PDCA o círculo de Deming.....	251
11.2. Diagrama de Pareto.....	252
11.2.1. Ventajas que ofrece el diagrama de Pareto.....	252
11.2.2. Utilidades que ofrece el diagrama de Pareto.....	252
11.3. Árbol de fallos.....	253
11.3.1. Desarrollo del árbol de fallos.....	255
11.4. Las 3 Y.....	256
11.5. Análisis P-M para el tratamiento de pérdidas crónicas.....	258
<b>12. ANEXO III: Mantenimiento y seguridad.</b>	
12.1. Mantenimiento preventivo.....	261

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Las plantas industriales son ahora más grandes, automatizadas y mucho más caras de mantener que nunca. Ejemplo de ello puede ser la factoría de Airbus en Puerto Real, que ha pasado en relativamente pocos años de una producción basada principalmente en procesos manuales, a una situación en la que las operaciones son llevadas a cabo por células flexibles automatizadas, en las cuales se aplican las últimas tecnologías.

Debido a esta automatización creciente, el esfuerzo de mantenimiento se ha convertido en un factor crítico para la rentabilidad de las empresas a causa del alto coste de los recursos necesarios para mantener una adecuada disponibilidad de los elementos productivos de la planta, además, debido a esta progresiva sofisticación y el aumento del contenido tecnológico del trabajo de mantenimiento, la gestión del mismo se ha hecho todavía más difícil.

Todo ello ha supuesto la sucesiva aparición de nuevos sistemas de gestión de mantenimiento que con sus técnicas han permitido una eficiencia progresiva de los sistemas productivos, y que han culminado con la incorporación de la gestión de los equipos y medios de producción orientada a la obtención de la máxima eficiencia, a través del TPM o Mantenimiento Productivo Total.

La meta del TPM es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. Debido a ello la metodología del TPM será la que servirá de base en los planteamientos de mejora que se intentarán aplicar en el presente proyecto a la planta de Airbus Puerto Real.

## 1.1. Presentación de la empresa.

AIRBUS se funda en 1970 como un consorcio europeo de compañías francesas, alemanas y más tarde de España y del Reino Unido, teniendo claro que solamente con su colaboración podrían ser eficientemente competitivos frente al gigante norteamericano.



La cooperación entre las diferentes entidades que forman Airbus hoy día, se remonta a los años veinte, cuando Construcciones Aeronáuticas S.A. (CASA) de España, construye hidroaviones bajo licencia de la compañía alemana Dornier y trabaja con los franceses en Bréguet XIX (modelo biplano). En los cincuenta, un número importante de proyectos franco-alemanes sale a la luz. Los sesenta vieron los primeros esfuerzos reales de cooperación entre las compañías aeronáuticas francesas y alemanas en el Transall, seguido por el Concorde entre los franceses y británicos.

En 1970 se crea una agrupación de interés económico (GIE, del francés *Groupement d'intérêt économique*) que integraba a las empresas asociadas. La primera cartera de pedidos se reducía a una sola línea: seis aviones para Air France. Es entonces cuando nace oficialmente Airbus como un consorcio bajo las leyes francesas y con sede inicial en París, pero en 1974 ésta se traslada a Toulouse. En ese año se seguían fabricando solamente cuatro aviones anuales.

En 1976, una compañía californiana, Western Airlines, lanza una licitación para diez aviones. Airbus responde y llega a la fase final de la negociación. En marzo de 1977, Eastern Airlines, uno de los mayores transportistas de vuelos nacionales de Estados Unidos, compra, tras una ardua batalla competitiva, veintitrés aviones europeos. A finales de 1979, Airbus había vendido 256 aparatos a 32 clientes.



Dos prestigiosas compañías, la alemana Lufthansa y la suiza Swissair, encargan el modelo A310 antes de que haya sido lanzado. Para imponerse, evidentemente hay que ofrecer productos que respondan a la demanda de los usuarios, pero con más prestaciones que los de la competencia y el triunfo de Airbus se debe a una revolución en las cabinas. Se sustituyeron los antiguos diales electromecánicos por tubos catódicos, más ligeros y fiables. En cuanto al nuevo A320, aportó una transformación tecnológica aún más espectacular ya que se mejoró la cabina electrónica y el sistema de mando.

Aparece toda una gama, A321 y A319, de la que se venden 1.300 aparatos, así como también nuevos modelos, el birreactor A330, el cuatrirreactor A340, aviones de larga distancia que permiten transportar de doscientos cincuenta a cuatrocientos cuarenta pasajeros a lo largo de doce o quince mil kilómetros.

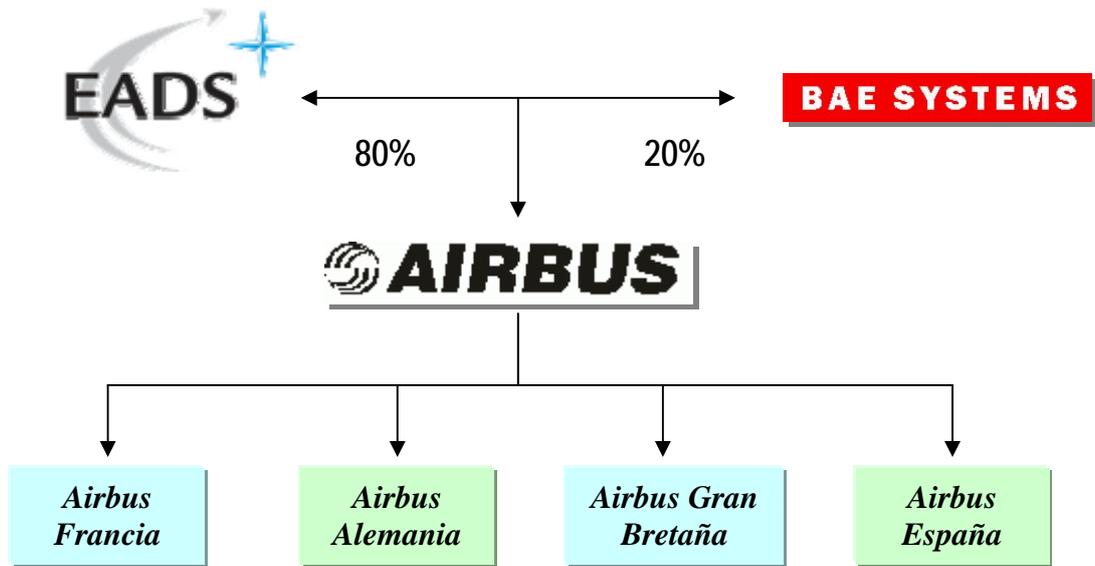
En 1989 la Messerschmidt-Bölkow-Blohm (MBB) pasa a ser el núcleo de la Daimler Chrysler Aerospace A.G. (DASA).

En 2000 surge la European Aeronautic Defense and Space Company (EADS) como resultado de la fusión entre la Daimler Chrysler Aerospace A.G. alemana, Aerospatiale Matra S.A. de Francia y de la Construcciones Aeronáuticas S.A. española.

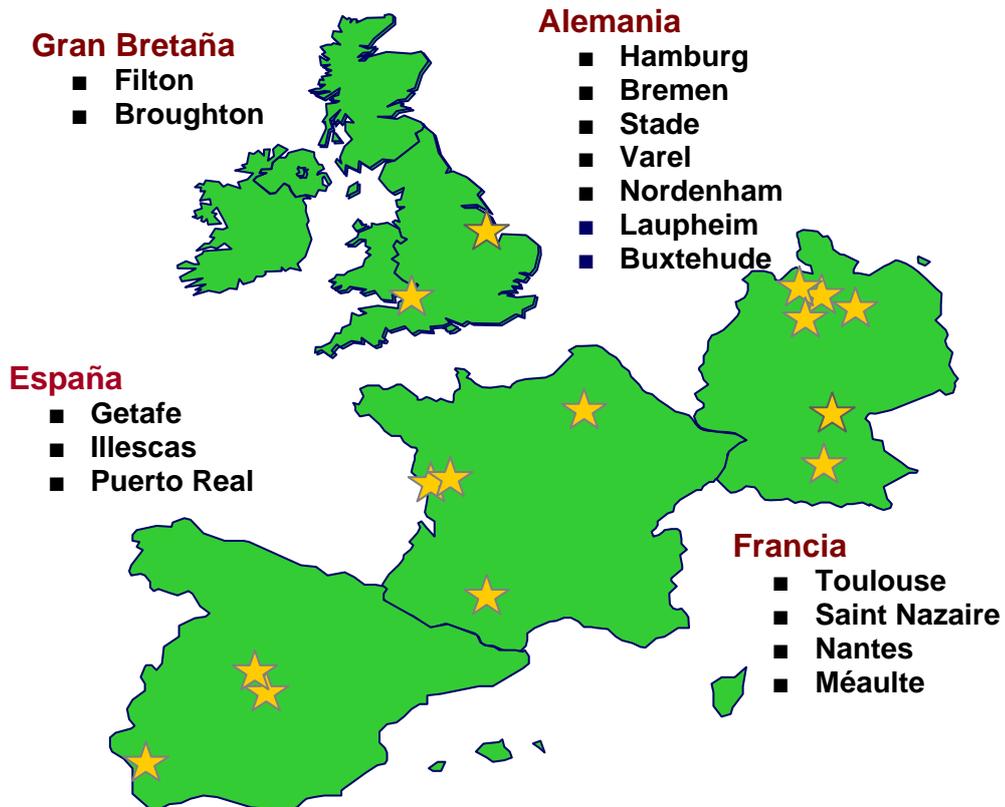


En 2001, treinta años después de su fundación, Airbus creada en un principio simplemente como un consorcio de cooperación entre compañías, entra en uno de los momentos más importantes de su historia cuando la European Aeronautic Defense and Space Company (EADS) y BAE SYSTEMS del Reino Unido, transfieren todos sus activos relacionados con Airbus a la nueva compañía, convirtiéndose a cambio en accionistas con el 80% y 20% respectivamente.

En la actualidad, Airbus cuenta con 50.000 empleados de treinta y tres nacionalidades diferentes, y proporciona trabajo mediante la subcontratación a treinta mil personas más en las empresas asociadas. Sus proveedores generan gracias a ella otros cien mil empleos.



### 1.1.1. Airbus en Europa.



### Cuadro resumen

Fundada	Diciembre de 1970.
Sede	Toulouse, Francia.
Empleos	50.000
Facturación	19,3 billones de euros.
Accionistas	EADS (80%), BAE SYSTEMS (20%).
Centros europeos	<b>Francia:</b> Toulouse, St. Nazaire, Nantes y Méaulte. <b>Alemania:</b> Hamburgo, Bremen, Nordenham, Stade, Varel, Laupheim (Aircabin) y Buxtehude (KID Systeme). <b>España:</b> Getafe, Illescas y Puerto Real. <b>Reino Unido:</b> Filton y Broughton.
Principales subsidiarios	Airbus North America Airbus China Airbus Japan Airbus Transport International
Otros centros	Hamburgo (Alemania) Frankfurt (Alemania) Ashburn, Virginia (USA) Beijing (China) Singapur
Centros de formación	Toulouse (Francia) Miami, Florida (USA) Beijing (China)
Oficinas	120
Clientes	192
Flota Airbus en servicio	Mas de 3.300 aviones.



Con un número de pedidos superior a los 4.900 aviones, Airbus se ha convertido en el líder indiscutible del mercado de aviones de transporte civil.

<b>Pedidos, entregas, operadores y clientes (30 de Junio de 2004)</b>					
	<b>A318/319/320/321</b>	<b>A300/310</b>	<b>A330/340</b>	<b>A380</b>	<b>TOTAL</b>
Pedidos totales	3184	849	824	129	4986
Entregas totales	2226	785	582		3593
Aviones funcionando	2213	649	577		3439
Números operadores	138	83	74		223
Número clientes	122	86	64	11	192

### 1.1.2. Aviones Airbus.

Un avión Airbus es realmente fruto de un esfuerzo común, de una unión total. Las alas de los aparatos se fabrican en Gran Bretaña, algunas partes del cuerpo del aparato en Hamburgo o Bremen (Alemania), la cabina en Toulouse, sede del grupo, en Nantes o en Saint-Nazaire (Francia) y *el empenaje* en España. Todas las piezas de los A319 y A321 se envían a Daimler Benz en Hamburgo para el ensamblaje final, las de los A320, A300, A330 y A340 a las instalaciones de Aerospatiale en Toulouse.

El proceso total de fabricación de cada modelo precisa más o menos un año. Durante ese tiempo, los pilotos pueden ir a formarse durante cinco semanas a los centros de Toulouse, Miami y Pekín. Los mecánicos, por su parte, reciben una formación de cuatro mil horas. El colosal coste de la formación de la tripulación representa hasta el 20% del precio final de los aviones, pero es un argumento de peso a la hora de vender.

Los aviones que fabrica Airbus hoy día, podría resumirse en el siguiente esquema:



### **1.1.3. Airbus España S.L.**

En España, Airbus tiene tres plantas que se encuentran localizados en Getafe (Madrid), Illescas (Toledo) y Puerto Real (Cádiz).

- ✓ *Airbus Getafe*: Centro especializado en ingeniería, diseño / cálculo y montaje de grandes componentes en fibra de carbono.
- ✓ *Airbus Illescas*: Centro de excelencia en fabricación de materiales compuestos elementales (revestimientos, largueros, costillas, etc.)
- ✓ *Airbus Puerto Real*: Centro de excelencia en montajes automatizados.

#### **Airbus Getafe.**

Getafe es el centro de entregas a las líneas de montaje final de Toulouse y Hamburgo para todos los programas excepto el A380, en el que comparte esa responsabilidad con la planta de Puerto Real.

Por otro lado, en Getafe se encuentra la Dirección General de Airbus en España, albergando además las instalaciones de:

- ✓ Ingeniería de Diseño y Cálculo de componentes aeronáuticos.
- ✓ Diseño y fabricación de útiles.
- ✓ Montajes estructurales y equipamiento de estabilizadores horizontales.
- ✓ Ingeniería de Fabricación y Asistencia al producto.

En Getafe se dispone a su vez de instalaciones de composites para procesos con tejidos y cintas impregnadas por procesos manuales y con tejidos y cintas secas inyectadas e impregnadas “in situ”.

#### **Airbus Illescas.**

La planta de Illescas se ha especializado en la automatización de los procesos de producción de materiales compuestos avanzados, así como en la fabricación de grandes superficies sustentadoras. Cuenta con los más modernos procesos de diseño, fabricación, inspección y reparación de todo tipo de estructuras de materiales compuestos.

Los procesos más importantes de la planta de Illescas son:

- ✓ *Encintado automático.* Es una de las áreas tecnológicas implicadas en el proceso de producción automatizada de composites que se aplican en la fabricación de grandes superficies sustentadoras para aviación civil.
- ✓ *Fiber placement.* El uso de esta tecnología permite fabricar paneles de gran curvatura, como complemento a la tecnología ya desarrollada con las máquinas de encintado automático. El proceso garantiza una gran fiabilidad, repetitividad y una alta productividad.
- ✓ *Sistema de corte automático y etiquetado.* Para el corte de material gestionado por control numérico.
- ✓ *Sistema de curado.* Mediante autoclaves construidas de acuerdo a las especificaciones de Airbus España.
- ✓ *Sistema de inspección por ultrasonidos.* Desarrollado según las especificaciones de Airbus España.

### **Airbus Puerto real.**

Puerto Real es Centro de Excelencia en Montajes Automatizados. La planta está especializada en montajes estructurales de superficies sustentadoras y otros componentes estructurales en materiales metálicos y fibra de carbono, aportando elementos a todos los aviones de la familia Airbus, incluyendo el A380. Cabe destacar las células flexibles de montaje de superficies móviles (timones de altura y dirección).

## 1.2. Airbus Puerto Real.

### 1.2.1. Descripción de la factoría.

La factoría se ubica en el Polígono Industrial de Trocadero en Puerto Real (Cádiz), a 35 kilómetros del aeropuerto internacional de Jerez de la Frontera, y con



acceso directo a transporte aéreo, ferroviario, marítimo y por carretera, la factoría de Airbus Puerto Real es Centro de Excelencia en Montaje Automatizados y Centro de Excelencia de Entregas a la FAL en Toulouse.

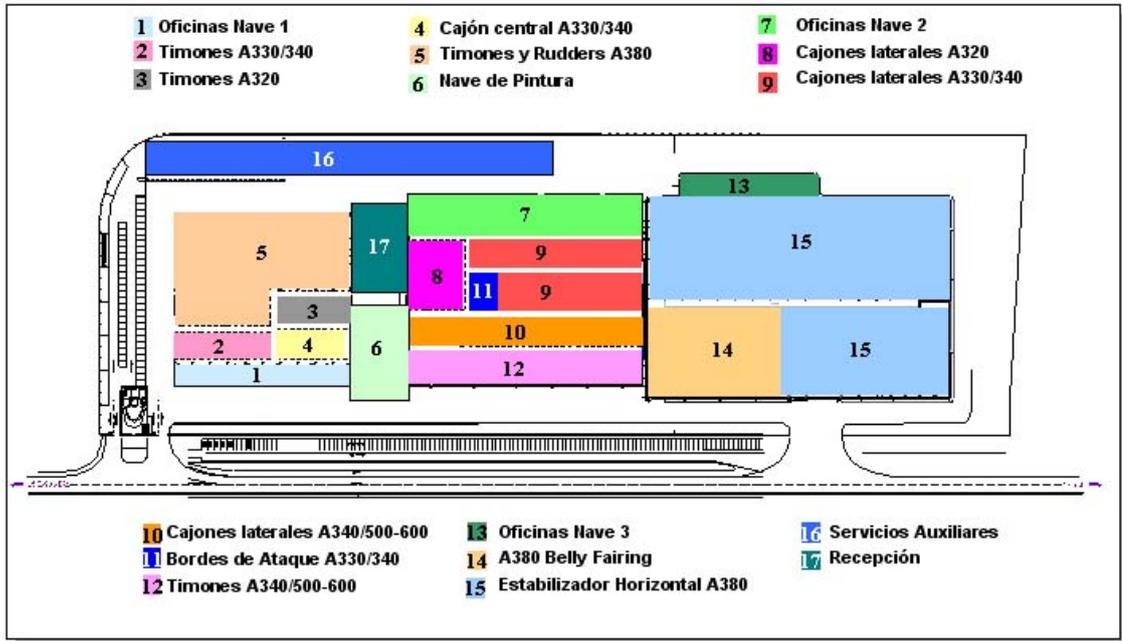
Está especializada en montaje estructural de superficies sustentadoras como son los timones de altura y de dirección. Para ello dispone de un gran número de células flexibles automáticas donde se aplican las

últimas tecnologías.

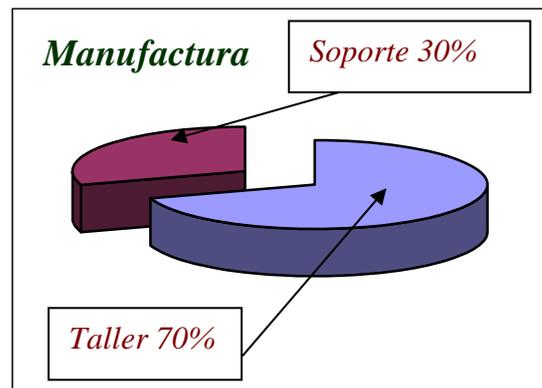
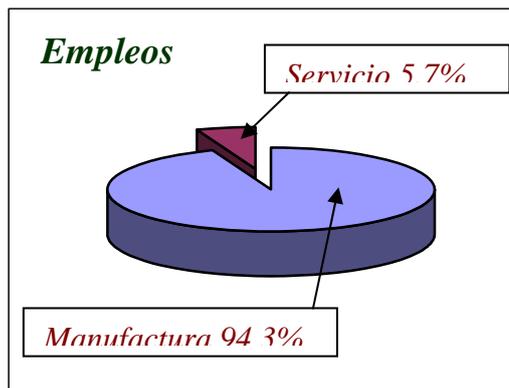
La factoría se encuentra dividida en cuatro naves, tres de manufactura y otra de pintura, además de una zona de recepción de materiales, con un área de más de 68.000 m<sup>2</sup>.



A continuación se muestra la distribución de la producción dentro de la factoría:



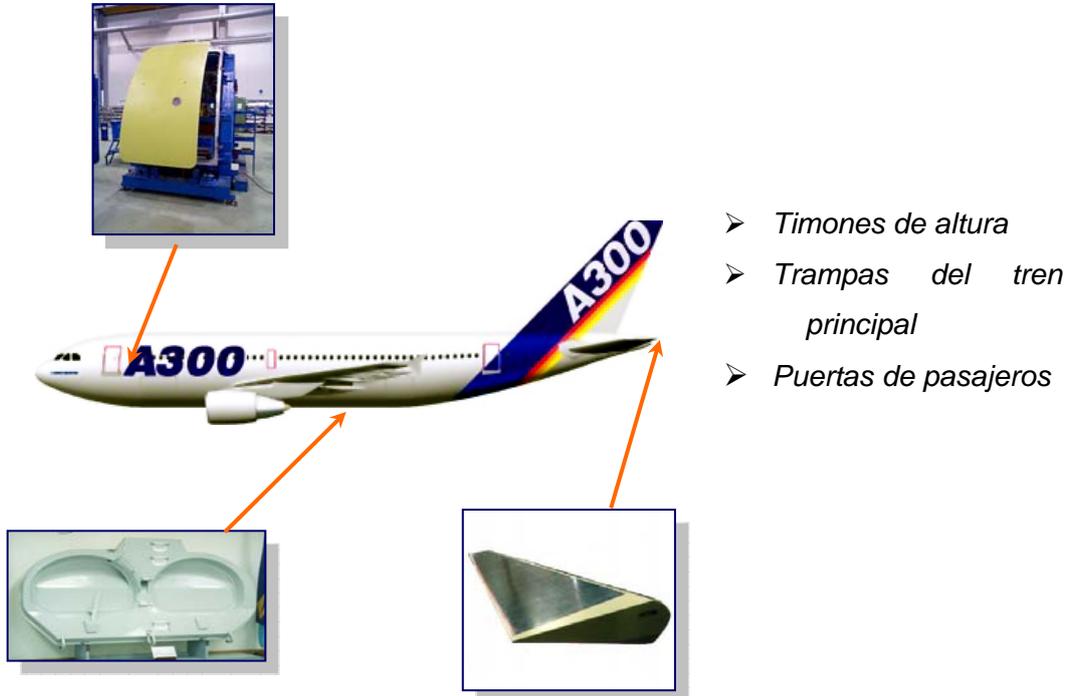
En la actualidad la plantilla Airbus Puerto Real la integran cerca de 500 empleados distribuidos entre operarios de planta y personal de servicio.



De esos 500 empleados, el 5,7% es personal de servicio y el 94,3% operarios dedicados a la manufactura de los productos; de los cuales, el 70% son personal de taller y el 30% de soporte.

### 1.2.2. Listado de productos de Airbus Puerto Real.

#### ● A300/310



#### ● A318/319/320/321



### ● A330/340



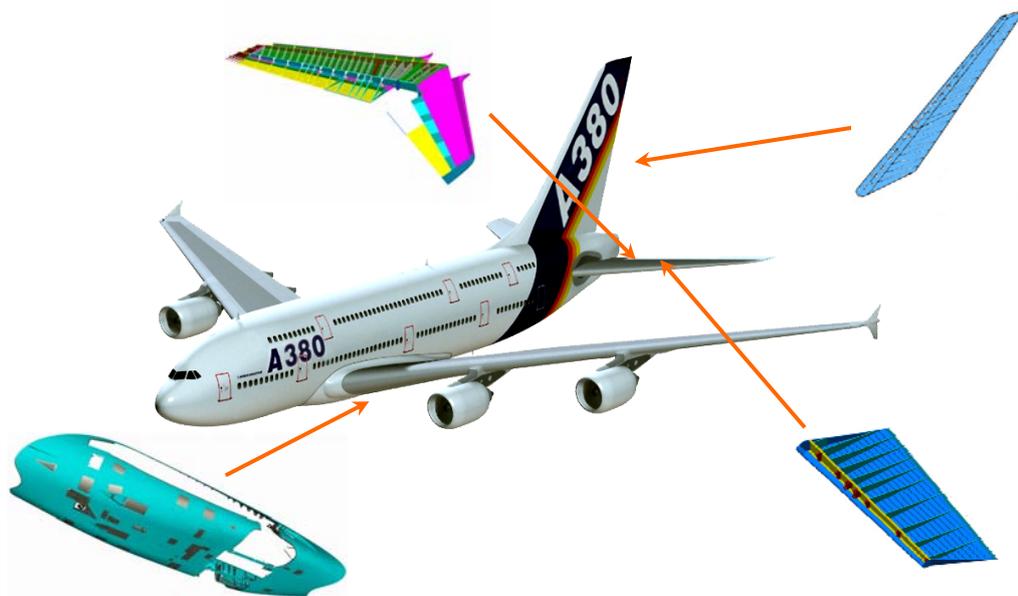
- Bordes de ataque
- Cajones laterales del estabilizador horizontal
- Puertas de pasajeros
- Timones de altura
- Cajón central del estabilizador horizontal

### ● A340-500/600



- Cajones laterales del estabilizador horizontal
- Timones de altura
- Puertas de pasajeros

● **A380**



- *Montaje y pruebas finales del estabilizador horizontal (HTP)*
- *Timón de dirección*
- *Timón de altura*
- *Sección Belly Fairing (carena ventral ala/fuselaje)*

### **1.3. Resumen del proyecto.**

El presente proyecto titulado “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE AIRBUS ESPAÑA DE PUERTO REAL”, intenta poner de manifiesto la necesidad de mejorar la gestión del mantenimiento en la planta de AIRBUS ESPAÑA S.L. Puerto Real , así como asistir a los responsables de mantenimiento en la comprensión de la función de mantenimiento y de las técnicas disponibles para su control y organización.

Para ello se procederá a hacer un diagnóstico de la situación en la que se encuentra la planta de Airbus Puerto Real en lo relativo a la gestión del mantenimiento (*2. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento*), prestando especial interés a sus carencias con el fin de proponer una serie de actuaciones que mejorarían dicha gestión. Además, se intentará sacar a la luz aquellas “buenas prácticas” que si se extrapolaran al resto de la organización, supondrían una mejora en el mantenimiento o facilitarían de alguna una manera el trabajo.

Se hace una descripción de los medios productivos de los que se compone la planta de Airbus Puerto Real, cuya gestión del mantenimiento es el objeto del presente proyecto (*3. Medios productivos de Airbus España S.L. Puerto real*).

En el apartado *4. Propuesta de gestión y organización del mantenimiento*, se estudian y aplican las diferentes técnicas y herramientas en la gestión del mantenimiento que existen hasta el momento, desde el Mantenimiento correctivo hasta el Mantenimiento Productivo Total (TPM), que al ser hoy día el instrumento más eficaz en lo relativo al mantenimiento de los sistemas productivos, será al que se le preste un mayor interés.

La adaptación de la metodología del TPM a la planta de Airbus Puerto Real será a la que se le dedique el apartado *5. Desarrollo del TPM*, donde también se propondrán una serie de mejoras que si se llevan a cabo supondrían beneficios, ya sean económicos, de calidad del trabajo de mantenimiento o simplemente faciliten el trabajo al personal de mantenimiento.

Por último, en el apartado *6. Gestión del mantenimiento asistido por ordenador*, se abordará la importancia de la adopción de un sistema de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), con el fin de facilitar y mejorar las tareas de la función de Mantenimiento.

#### **1.4. Trabajo desempeñado en la factoría de Airbus Puerto Real..**

Durante los seis meses de prácticas realizadas en el Departamento de mantenimiento de la planta de Airbus España S.L. (Puerto Real), el trabajo desempeñado por el autor del presente proyecto consistió en la ayuda al personal del propio departamento en diversas cuestiones que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Realización de un plan de mantenimiento preventivo para las gradas convencionales, gradas automáticas y las células de producción integradas (CPI's).
- Realización en formato electrónico y posterior cumplimentación de las fichas de mantenimiento preventivo de diversos medios productivos.
- Realización de un inventario del stock existente en el almacén de repuestos.
- Realización de un listado de elementos comerciales de las gradas convencionales, gradas automáticas y células de producción integradas (CPI's).
- Selección de repuestos necesarios para cada uno de los medios productivos.

## **2. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

### **2.1. Introducción.**

Este apartado se centra en el diagnóstico de la gestión del mantenimiento usado para controlar la disponibilidad de los equipos de la planta de Airbus España S.L. (Puerto Real), con el fin de sacar a la luz los principales puntos susceptibles de mejora de dicha gestión. El objeto final de la identificación de dichos puntos es la búsqueda de soluciones apropiadas, las cuales se estudiarán en los capítulos posteriores.

En Airbus Puerto Real se trabaja, hoy día, a dos turnos. Debido a dicho horario de trabajo, las operaciones de mantenimiento (correctivo planificado, preventivo y modificativo) se intentan realizar, en la medida de lo posible, en el turno de tarde-noche.

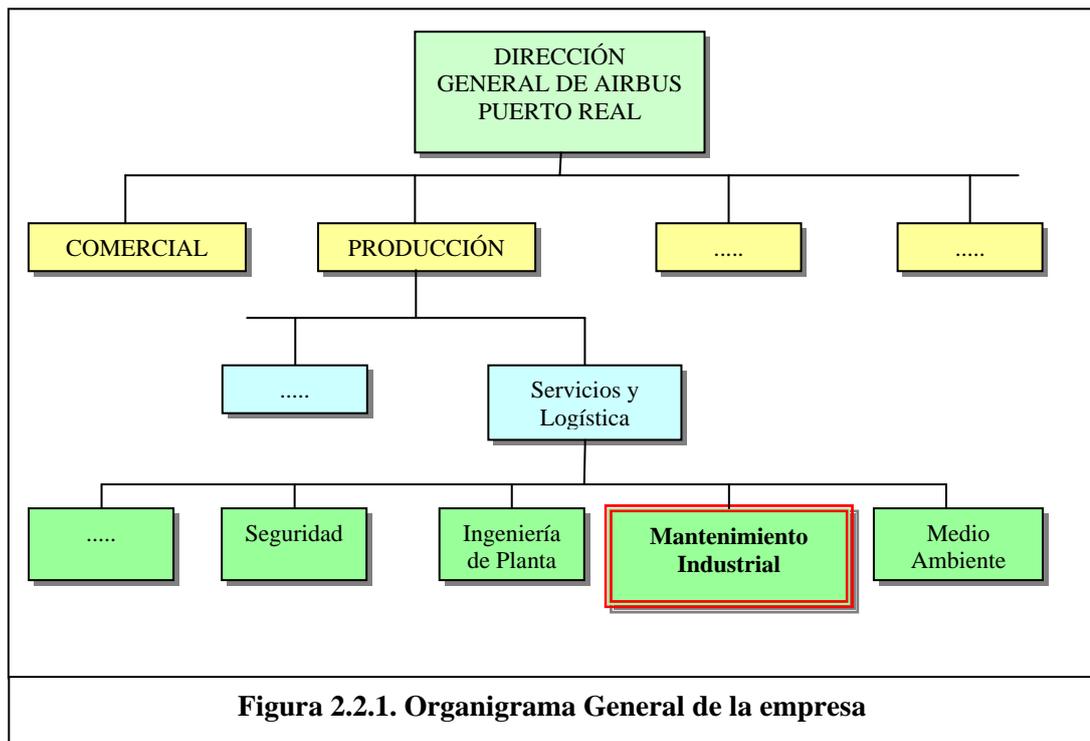
Si no fuese posible realizar las operaciones en dicho turno, la función de producción buscaría una ventana en la cual el equipo no se encontrase trabajando, esto en el caso de que la operación de mantenimiento requiera que el equipo esté inoperativo.

Para la realización de las operaciones de mantenimiento preventivo que requieran que la máquina se encuentre parada en un largo margen de tiempo, Airbus puede efectuar una parada de producción coincidiendo con uno de los períodos vacacionales que tienen lugar a lo largo del año. Aprovechando esta parada, la función de mantenimiento puede realizar, además de dichas intervenciones preventivas, las posibles modificaciones en los equipos que requieran que la máquina o equipo esté largo tiempo en estado de parada.

## 2.2. Organización de la planta de AIRBUS Puerto Real.

La organización del mantenimiento dentro de la empresa da una idea de su importancia y de sus funciones. Conviene distinguir dos aspectos en la Organización del Mantenimiento:

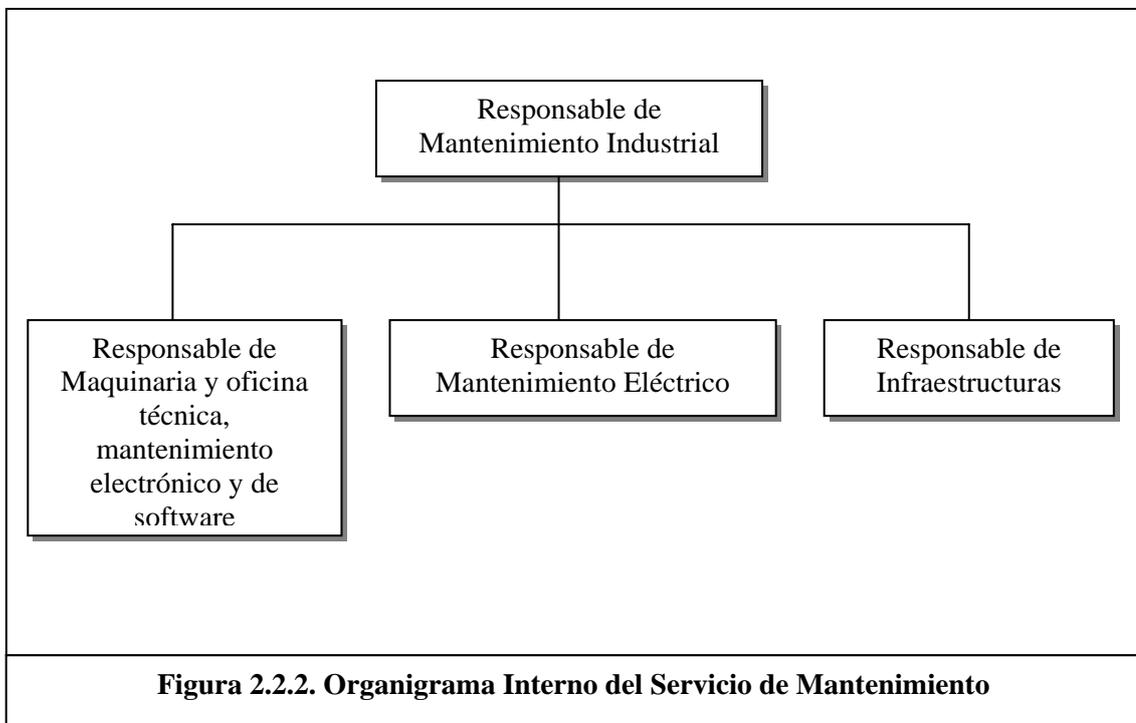
1. La situación que ocupa el Servicio de Mantenimiento dentro del organigrama general de la empresa. En la figura 2.3.1 se muestra el lugar que corresponde a la función de mantenimiento dentro de Airbus Puerto Real, estando ligada a la función principal de producción, formando ésta, junto con el resto de funciones, las actividades propias de toda organización industrial clásica.
2. El propio organigrama interno del servicio de mantenimiento.



Como se aprecia en la figura anterior, el servicio de Mantenimiento depende de Servicios y Logística que define los objetivos, los métodos, el programa y el presupuesto de mantenimiento. Este tipo de organización supone una política de mantenimiento a corto plazo y resulta apropiado para industrias con bajos coste de mantenimiento y en las que la complejidad de la función de mantenimiento no justifica mayores desarrollos organizacionales.

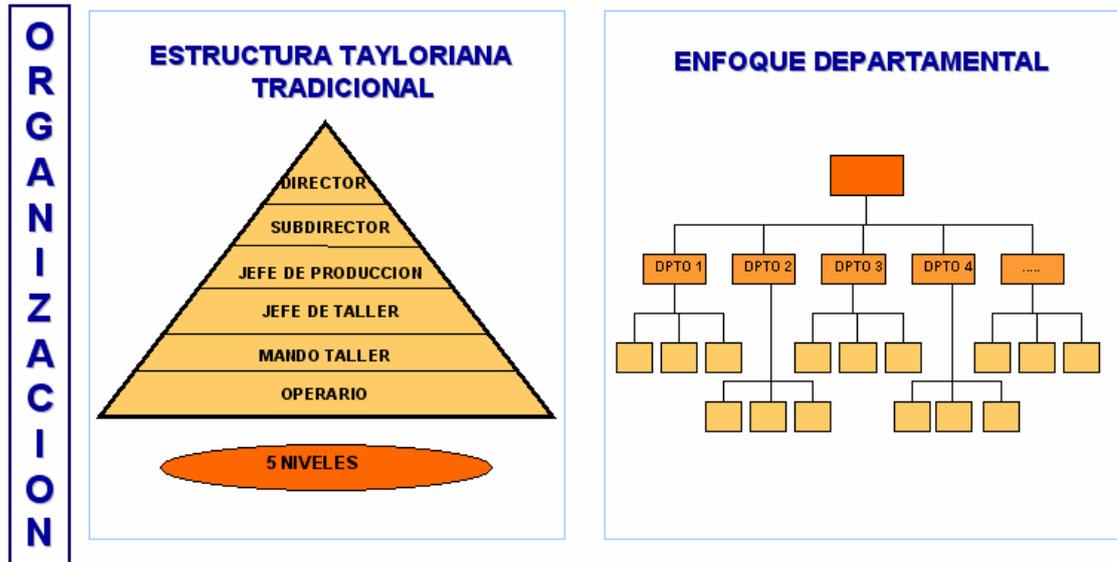
En la siguiente tabla se pueden apreciar las ventajas y los inconvenientes de dicha organización dependiente de producción.

<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
Mayor sensibilidad a los problemas de producción.	No existe un criterio centralizado en la forma de actuar ante fallos.
Establecimiento de objetivos de urgencia. Rapidez de respuesta.	Se pierde la tendencia hacia la normalización que ha de presidir todas las intervenciones efectuadas en los equipos.
Menos problemas de coordinación.	Apenas existe planificación de los trabajos y las reparaciones se abordan casi siempre como urgencias.



Aunque el organigrama presentado en la Figura 2.2.2 es el oficial de la organización, en la realidad se observa que los responsables del departamento de mantenimiento se encargan indistintamente de cualquier tarea a realizar relacionada con el mantenimiento industrial.

El organigrama funcional existente en la compañía está basado en las clásicas concepciones Tayloristas.



Debido a los problemas que presenta una organización de este tipo, en los capítulos posteriores se propondrá una nueva forma de organizar el mantenimiento (Mantenimiento Total Integrado en la Producción) para que los resultados sean mejores que los que se tienen actualmente.

### **2.3. Clasificación del mantenimiento en Airbus España S.L. (Puerto Real).**

- ✓ **MANTENIMIENTO DE UTILLAJE.**
  - *Revisiones periódicas. Informe Verificación Utillaje (IVU).*
  - *Acciones correctoras. Derivadas de las inspecciones, etc.*
- ✓ **MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**
  - *Mantenimiento de planta. Aire acondicionado. Puentes grúa, etc.*
  - **Mantenimiento de los medios productivos.**
    - *Gradas convencionales.*
      - a) Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces).
      - b) Mantenimiento modificativo.
    - *Gradas automáticas.*
      - a) Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces)
      - b) Mantenimiento modificativo.
      - c) Mantenimiento preventivo. (recomendaciones del fabricante, modificaciones según la experiencia, etc.)
    - *CPI's.*
      - a) Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces)
      - b) Mantenimiento modificativo.
      - c) Mantenimiento preventivo. (recomendaciones del fabricante, modificaciones según la experiencia, etc.)

El Mantenimiento de Utillaje queda fuera del alcance del presente proyecto, que se centrará exclusivamente a la gestión del mantenimiento industrial y dentro de éste, en el mantenimiento de los medios productivos que se lleva a cabo en la planta de Airbus España S.L. (Puerto Real).

## **2.4. Mantenimiento correctivo (averías).**

Como se aprecia en el esquema anterior, el mantenimiento correctivo es el que se aplica a todos los medios productivos, principalmente por dos razones:

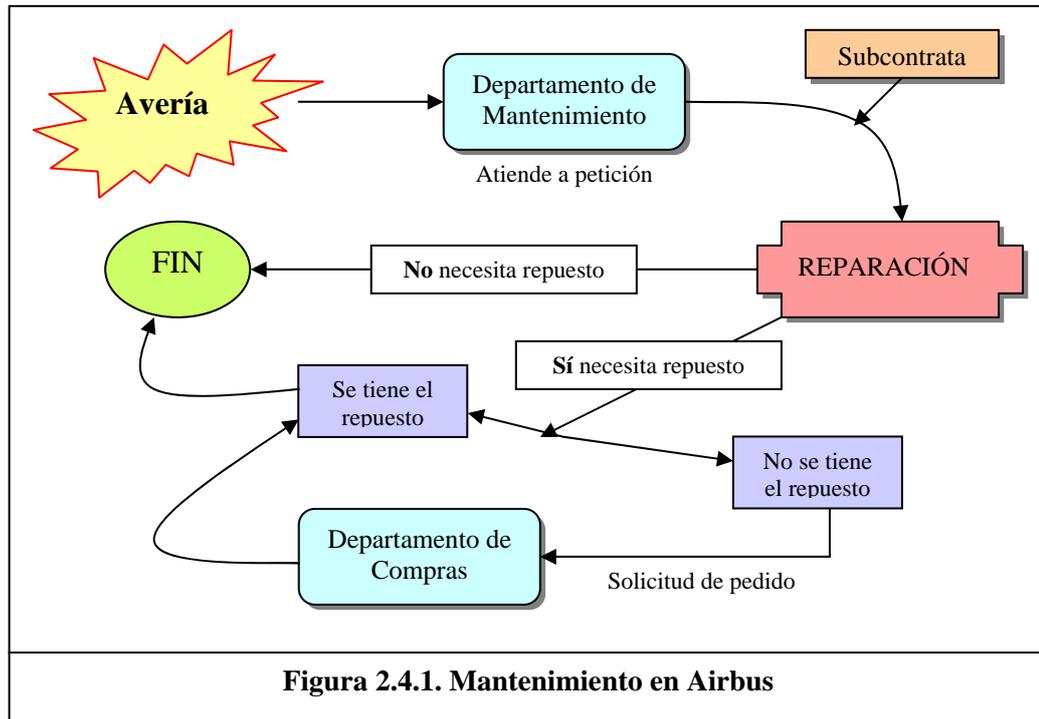
- Debido a que la mayoría de las averías son imprevisibles y pueden aparecer en cualquier momento y en cualquier equipo.
- Debido a que la poca complejidad de algunos de los medios productivos hacen que económicamente hablando no interese aplicar otro tipo de mantenimiento. Esto ocurre en el caso de las gradas convencionales que, debido a su simplicidad, otro tipo de mantenimiento que no sea el correctivo, aumentaría los costes de mantenimiento de forma innecesaria.

El mantenimiento correctivo consiste en reparar las averías a medida que se producen, debiéndose además analizar las causas que producen la misma con el objeto de evitar, en la medida de lo posible, el que se vuelva a producir una avería de similares características. Los responsables encargados de avisar de las averías son los propios usuarios de los equipos y el encargado de las reparaciones es el personal de mantenimiento.

El principal inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización. En muchos casos, con el fin de obtener un mayor rendimiento del equipo, el usuario no dará parte de la avería hasta que esta impida continuar trabajando. Si se añade que el personal encargado de producción no es experto en averías, pasará por alto ruidos y anomalías que pueden preceder al fallo. Llevar al equipo al límite de su funcionamiento puede agravar el fallo inicial o degenerar en otros de mayor importancia.

La rapidez con la que obliga a actuar para poner el equipo en funcionamiento hará que el análisis de la causa de la avería pase a un segundo plano.

Dado que la avería puede producirse en cualquier instante, se puede llegar a la situación de no tener personal disponible para afrontar la reparación en ese momento, y el tiempo de no disponibilidad del equipo aumentará. El caso contrario, tener personal suficiente para afrontar cualquier avería imprevista, supone un aumento considerable en los gastos directos de mantenimiento.



Muchos son los factores que influyen en la elección reparación-sustitución. Los más importantes son el coste de la indisponibilidad, el tiempo de reparación comparado con el de sustitución, la disponibilidad y el coste de los recursos. Todos estos factores están en continuo cambio, y esto, junto con las múltiples causas posibles del defecto y las múltiples posibilidades de reparación, hacen que el plan de mantenimiento sólo pueda proporcionar una guía para ayudar a la toma de decisión.

CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO
No se practica mantenimiento hasta que aparece una avería.
Los equipos están en servicio hasta que se presenta la avería.
El mantenimiento actúa en ese momento, parando el equipo y desmontando sus piezas afectadas para localizar el origen de la avería.

INCONVENIENTES DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Las averías aparecen en momentos imprevisibles e inoportunos, causando grandes pérdidas de producción.
Incrementa el consumo de repuestos.
Reduce la vida útil de los elementos del equipo.
Riesgo de no disponer de repuestos.
Riesgos de emergencias e incluso de siniestro en la planta.
Riesgos de averías importantes.
No permite planificar ni programar los trabajos.
Con frecuencia obliga a imponer turnos y jornadas extraordinarias para realizar los trabajos.
Debido a que muchas veces las intervenciones se plantean con urgencias, se hacen reparaciones de baja calidad y poco fiables.
La rapidez con la que se actúa no permite conocer la causa de avería en un primer momento. El análisis se hace a posteriori.
Cuando aparece la avería se puede dar el caso de que no se tenga personal.

Aunque los inconvenientes del mantenimiento correctivo son mayores que sus ventajas, es imposible prescindir de él. Siempre habrá averías que se escapen a cualquier predicción y que sea necesario reparar inmediatamente.

Las averías y paradas motivadas por ellas son, en parte, difíciles de evitar aún en plantas con un mantenimiento preventivo-predictivo eficaces. Se pueden considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

- De sustitución de elementos o conjuntos.
- De reparación propiamente dicha.

#### **2.4.1. Mantenimiento correctivo por sustitución de elementos.**

Consiste en un mantenimiento correctivo aplicado a una máquina o equipo de producción, en el cual las intervenciones de reparación se basan fundamentalmente en el desmontaje de piezas o conjuntos y su sustitución por repuestos ya preparados o estándar.

Este es el tipo de mantenimiento más utilizado en la planta y se caracteriza por la gran simplicidad y rapidez en la propia intervención, por lo que sus características son:

- Rapidez en la respuesta al fallo.
- Bajo coste en la mano de obra aplicada en la reparación.
- Costes elevados en material y repuestos empleados.

#### **2.4.2. Mantenimiento de reparación propiamente dicha.**

Consiste en un Mantenimiento Correctivo aplicado a una máquina o equipo productivo, en el cual las actuaciones incluyen todo tipo de operaciones de reparación, como son desmontajes-sustitución de piezas, ajustes, reconstrucción de componentes, etc.

Se caracteriza por la complejidad de las intervenciones y los tiempos empleados en las mismas, por los que los aspectos más destacados son:

- Difícil planificación del tiempo de intervención.
- Elevado coste de la mano de obra empleada.
- Costes bajos en material y repuestos empleados.

### 2.4.3. Documentos relacionados con el mantenimiento correctivo.

Para llevar a efecto un mantenimiento correctivo y relacionarlo con la fabricación, así como para informar de los trabajos efectuados y calcular un coste de reparación y de repercusión en la parada de los sistemas de producción, formando todo ello un banco de datos e históricos de los equipos, Airbus se ayuda de una serie de documentos que se comentan a continuación:

#### **Solicitud de Trabajo a Mantenimiento.**

Este documento es emitido por el mando responsable de fabricación y cubre datos como:

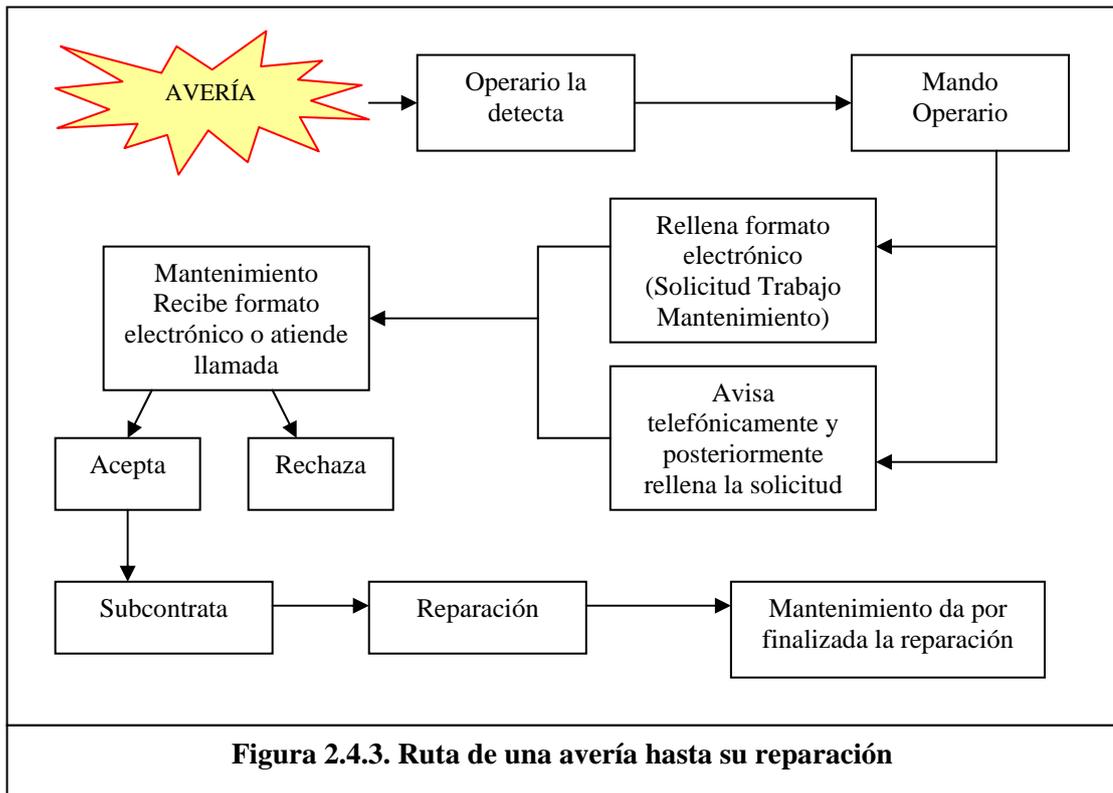
- ✓ Máquina y nave en la que se encuentra.
- ✓ Tipo de avería o diagnóstico.
- ✓ Fecha y hora de emisión.
- ✓ Código de urgencia.

A continuación se describe el código de urgencia que se utiliza en Airbus para priorizar los trabajos de reparación.

Urgencia	Descripción
Otros Trabajos	El trabajo puede esperar al fin de semana
Fugas o Problemas de Fabricación sin paro	El trabajo debe realizarse durante la semana
Disminución fabricación o Riesgo Accidente Leve	El trabajo debe realizarse en la mayor brevedad posible
Parada Fabricación o Riesgo Accidente Grave	El trabajo debe realizarse inmediatamente

**Figura 2.4.2. Grado de urgencia de los trabajos**

Cuando uno de los operarios de producción detecta una avería, lo comunica a uno de los mandos que se encuentran en la nave, éste mando rellena *Solicitud de Trabajo a Mantenimiento* (en formato electrónico) y lo comunica a Mantenimiento que se pondrá en contacto con la empresa subcontratada para que realice el trabajo de reparación. Una vez se ha llevado a cabo la operación de reparación, Mantenimiento da por finalizada la Reparación.



**Figura 2.4.3. Ruta de una avería hasta su reparación**

Hay que destacar que la solicitud de trabajo a mantenimiento no se utiliza exclusivamente para el caso de una reparación de una avería (Mantenimiento correctivo), sino que se utiliza (como se puede apreciar en la figura 2.4.4.) para todo tipo de trabajo en el que intervenga el departamento de mantenimiento.

En la solicitud de trabajo a mantenimiento, además se especifica la causa por la cual se solicita dicho trabajo:

- Avería (A).
- Modificaciones (M).
- Mantenimiento Preventivo (MP).
- Nuevas Instalaciones (NI).
- Traslados (T).

<b>CASA</b> 	<b>Solicitud de Trabajo a Mantenimiento</b>	Nº Solicitud 1025114101
Dpto. Mantenimiento General		25/10/2004 12:41

Centro de Trabajo  
UTT-Mantenimiento

Estado ACEPTADA

Dpto. ó Sección

Instalación / Nº Máq.

Persona de Contacto

Apellidos y Nombre

Turnos de la Máquina

Descripción de la Avería

Tipo de Trabajo:

- Avería (A)
- Modificaciones (M)
- Mto. Preventivo (MP)
- Nuevas Instalaciones (NI)
- Traslados (T)

Prioridad de la Solicitud:

- Parada Fabricación ó Riesgo Accidente Grave.
- Dismin. Fabricación ó Riesgo Accidente Leve.
- Fugas o Problemas Fabricación sin Paro.
- Otros Trabajos.

Especialidad Mto.: **ELECTRÓNICO. (Máquinas)**

Comentarios:

**Figura 2.4.4. Formato de la Solicitud de Trabajo a Mantenimiento**

### **Historial de averías.**

En Airbus, el historial de averías lo realiza la empresa subcontratada encargada de las operaciones de mantenimiento y de las reparaciones de las averías que se llevan a cabo en la planta.

En el mismo figuran los datos técnicos de las diferentes intervenciones realizadas para reparar averías de cada máquina o equipo, así como los repuestos que se han ido utilizando en todas las intervenciones. Debería aparecer igualmente datos económicos, pero no es el caso.

En dicho historial de averías se recogen datos como:

- Fecha y número del parte de averías.
- Órgano donde estuvo localizada la avería.
- Detalle de los trabajos realizados.

Pero faltan datos tan importante como:

- Horas de parada de la máquina o instalación.
- Horas que duró la intervención.

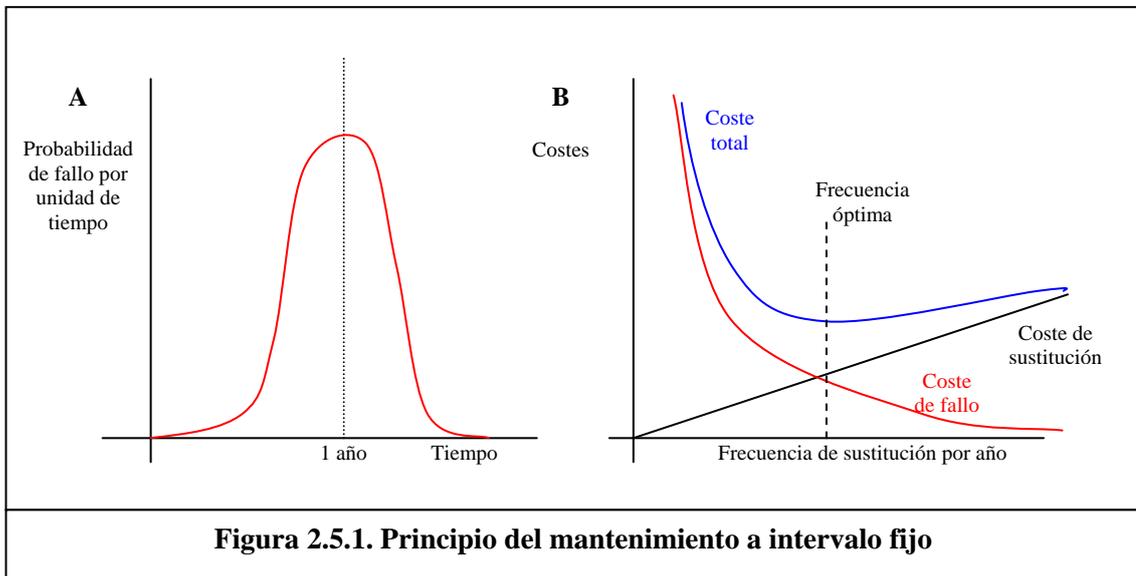
Estos datos serían importantes en el caso de que se calcularan índices o parámetros para controlar la función de mantenimiento.

El problema es que éste historial de averías (que además incluye las operaciones de mantenimiento preventivo realizadas en ese mes), es redactado por la empresa subcontratada con un retraso considerable.

Por otra parte, uno de los encargados del departamento de mantenimiento realiza un historial con todos los partes de avería en formato papel.

## 2.5. Reparación o sustitución a intervalo fijo, antes de fallo.

En Airbus se utiliza un tipo de mantenimiento que pretende evitar una avería, sustituyendo o reparando una pieza o elemento del equipo antes de que el desgaste sea tal que se produzca la avería. Esta política será efectiva sólo cuando el modelo de fallo del elemento dependa claramente del tiempo, esperándose que dicho elemento se agote en el intervalo de vida de la unidad y cuando los costes totales (directos e indirectos) de su sustitución sean mucho menores que los de fallo y reparación, o sea, que el elemento pueda ser clasificado como de fácil sustitución.



El principio de la sustitución a intervalo fijo se ilustra en la figura 2.5.1. Ésta muestra la distribución de fallo de un elemento, que depende claramente del tiempo. El problema es encontrar el período de sustitución a intervalo fijo que minimice la suma de los costes de sustitución a intervalo fijo y los de sustitución por fallo.

Los datos de la figura 2.5.1.A se usan en el cálculo de la tasa de fallo probable como una función del período de sustitución. Esto se combina entonces con los datos de costes para obtener el costo total esperado en función del período de sustitución (figura 2.5.2.B). El punto indicado de frecuencia óptima de sustitución será la mejor política de mantenimiento sólo si su coste es menor que el de las otras políticas alternativas listadas en la figura.

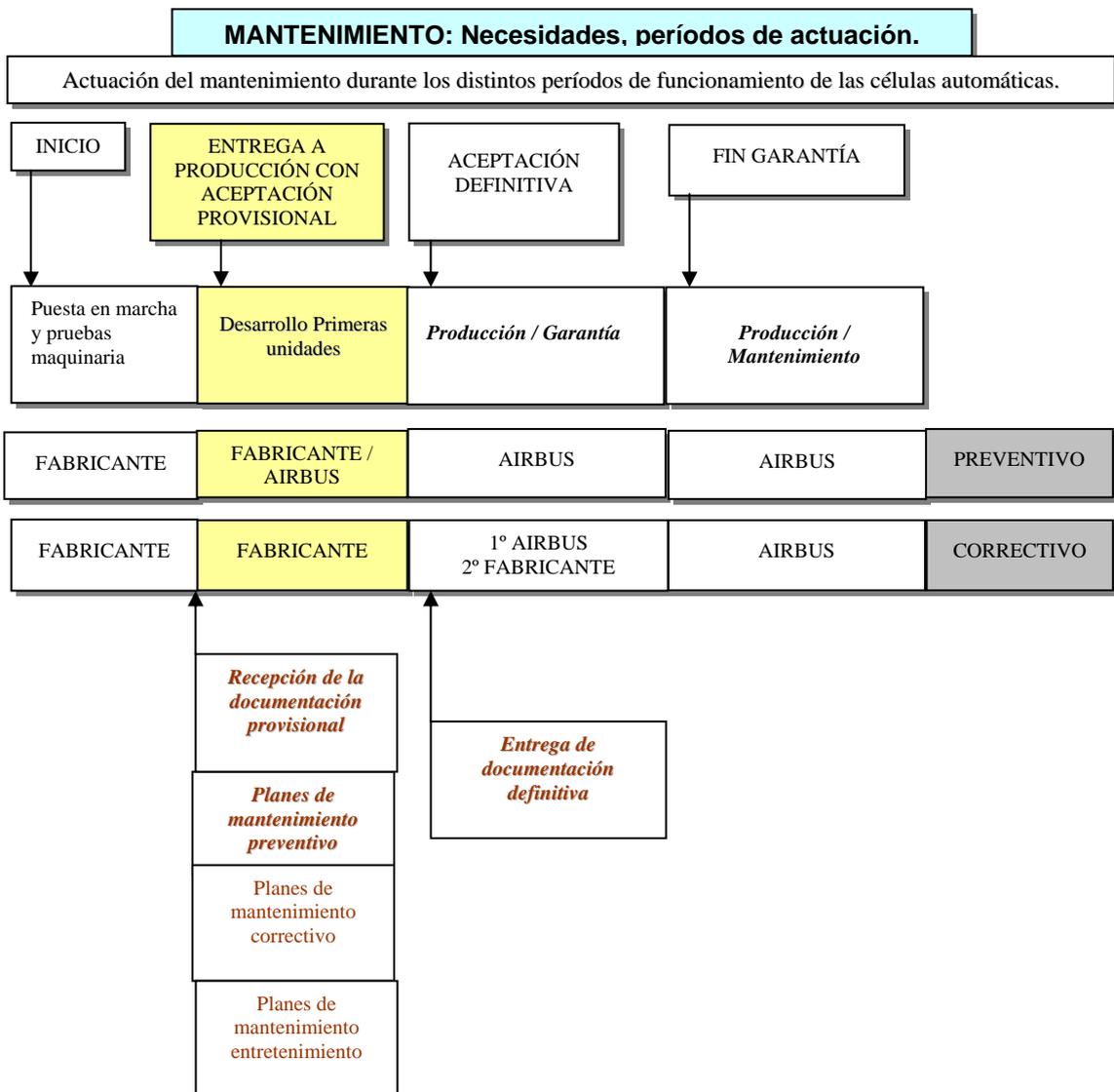
Existen dos razones principales por las que una política de este tipo es inapropiada para equipos de difícil sustitución. En primer lugar, cuanto más complicado sea el elemento, menor posibilidad habrá de que muestre un patrón de fallo que sea claramente dependiente del tiempo. En segundo lugar, los elementos complejos son caros de sustituir o de reparar.

Un ejemplo de la aplicación de este tipo de mantenimiento en Airbus, podría ser el cambio de aceite de los equipos, que se realiza a un cierto intervalo fijo aunque dicho aceite se encuentre en buenas condiciones.

Además de engrase de equipos o elementos (en el caso de que no posean autoengrase), verificación de equipos de protección de maquinaria, como alarmas, paros, etc.

## 2.6. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en la realización de ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo, o según determinados criterios prefijados para tratar de reducir la posibilidad de avería o pérdida de rendimiento de un equipo o instalación. Este tipo de mantenimiento está totalmente planificado, pudiendo basarse en períodos fijos o en número de operaciones de un determinado componente.



**Figura 2.6.1. Períodos de actuación de las células automáticas**

Las revisiones se programan de acuerdo con las necesidades de fabricación y la periodicidad con la que han de realizarse dichas operaciones de mantenimiento, vienen establecidas en el manual de mantenimiento que facilita el fabricante del equipo o máquina.

En la figura 2.6.1 puede verse en la situación en la que se encuentran las células automáticas de la planta (etapa de *Desarrollo de primeras unidades*).

Uno de los manuales de la documentación provisional es el manual de mantenimiento, donde el fabricante del equipo aconseja unas pautas a seguir en relación al Mantenimiento Preventivo, además de aconsejar los repuestos que él cree necesario adquirir para el stock de la planta.

Según dicho manual de mantenimiento, las operaciones de mantenimiento sólo pueden ser llevadas a cabo por:

- Técnicos de la empresa fabricante del equipo.
- Técnicos autorizados de los representantes o distribuidores de la empresa fabricante del equipo.
- Técnicos de Airbus con la adecuada capacitación, y que hayan sido autorizados por la empresa fabricante del equipo.

Con objeto de llevar un control de las operaciones de mantenimiento preventivo, que se llevan a cabo en cada uno de los equipos, y para tener constancia de la fecha, material utilizado, etc. En la planta se está empezando a utilizar, unas fichas que se muestran en las páginas siguientes. Estas fichas se pueden considerar como una de las mejoras que el autor del presente proyecto está introduciendo en la planta durante el período de prácticas en la misma.

La primera de las fichas (Figura 2.6.2.) se utiliza para conocer los detalles de la intervención por mantenimiento preventivo en algún equipo o máquina, cumplimentando datos como:

- ✓ Equipo
- ✓ Tarea
- ✓ Frecuencia con la que está aconsejado llevar a cabo la intervención
- ✓ Operarios que realizan las operaciones de mantenimiento
- ✓ Fecha
- ✓ Material utilizado

Con la segunda ficha (Figura 2.6.3.) se pretende hacer un seguimiento de las operaciones de mantenimiento que se van realizando semanalmente, con objeto de controlar que se hacen con la frecuencia planeada o aconsejada por el fabricante.





El éxito de éste tipo de mantenimiento se apoya en elegir bien el período de la inspección, de forma que no se lleguen a producir averías entre dichas inspecciones, pero sin acortarlas mucho, ya que esto lo encarecería considerablemente. Hay que buscar un equilibrio en el binomio costos-efectividad, para lograr este fin.

<i>VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i>
Planifica y programa los trabajos de forma racional.
Obtiene en general mayor calidad en las revisiones o reparaciones realizadas.
Tiende a reducir el número de averías, emergencias y siniestros.
Mejora la producción y la calidad. Consigue una mayor fiabilidad.
No existen urgencias en las reparaciones.
Permite una mejor organización y rentabilidad del personal disponible.
Reduce trabajos extraordinarios.
Mayor conocimiento y previsión de los gastos de mantenimiento.
Permite un estricto control de los repuestos.
La vida de la máquina se alarga considerablemente.

Pero el mantenimiento preventivo presenta varios inconvenientes, todos ellos relacionados con un solo factor: los costes. Las revisiones implican un alto coste ya que hay que revisar el equipo que está funcionando correctamente, buscando alguna deficiencia que, por lo tanto, obliga a emplear mucho tiempo en dichas comprobaciones.

<i>INCONVENIENTES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i>
Se efectúan reparaciones y sustituciones de elementos que no serían totalmente necesarios, pero que por aprovechar la parada y apertura del equipo, se realizan. Esto lleva consigo, que la vida útil de los órganos de las máquinas se reduzcan sensiblemente.
Para atender a éstas revisiones se precisa una gran cantidad de repuestos, ya que se desconocen los que será necesario sustituir.
En algunos casos la revisión resulta estéril, ya que no se encuentran anomalías.

Se corre el riesgo de que al ser revisada una máquina que no presentaba ninguna anomalía y su funcionamiento era correcto antes de su intervención, después de realizada ésta, el equipo presente problemas y se deje en peores condiciones de funcionamiento.

En general, se puede decir que no existen métodos rigurosos que permitan determinar la periodicidad con la que deben realizarse o repararse los equipos.

## **2.7. Mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento según condición o más comúnmente llamado mantenimiento predictivo se basa en la medida del deterioro significativo de un equipo o parte de éste, por la variación de un parámetro controlado e indicativo del funcionamiento o rendimiento de dicho equipo.

En estos momentos, en la planta no se lleva a cabo ningún tipo de mantenimiento predictivo. La causa de ello es que en estos momentos no existe ningún equipo o instalación susceptible a dicho mantenimiento, o bien, que no se ha estudiado con el suficiente detenimiento las posibilidades que éste mantenimiento puede ofrecer.

## **2.8. Mantenimiento conductivo y modificativo.**

El mantenimiento conductivo tiene como objeto planificar los trabajos de mantenimiento según criterios, normas y rutas de conductivo.

Por otra parte existe otro tipo de mantenimiento que surge de la necesidad de modificar alguno de los equipos de los que consta la planta, éste se denomina mantenimiento modificativo.

### **2.8.1. Mantenimiento Conductivo.**

Las actividades a desarrollar son las correspondientes a aquellas acciones encaminadas a velar por el buen funcionamiento y la adecuación al servicio o proceso productivo, en base a puestas en marcha, paradas, controles, seguridad, fiabilidad, toma de parámetros y cualquier otra tarea relacionada con el servicio y los equipos e instalaciones necesarias para la su conservación.

### **2.8.2. Mantenimiento modificativo.**

En contraste con las políticas precedentes, cuyo objetivo es minimizar los efectos del fallo, el mantenimiento modificativo intenta eliminar la causa del fallo. Claramente, esto implica una acción de ingeniería en vez de mantenimiento pero habitualmente es parte de las responsabilidades del departamento de mantenimiento. Este mantenimiento puede aparecer en tres etapas de la vida de una instalación.

La primera oportunidad es cuando la adquisición del equipo, este es durante el proyecto. Los equipos estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sean por razones del producto o bien por ajustar el coste o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista del mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Se estaría ante un mantenimiento de Proyecto.

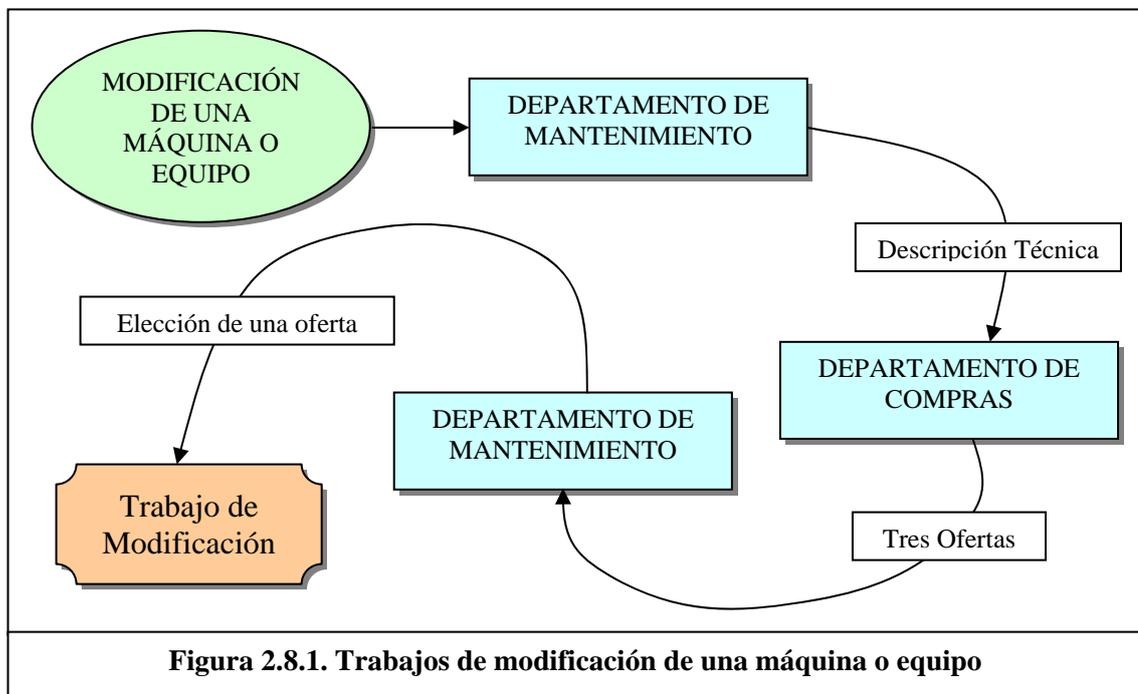
La segunda etapa en la que aparece el mantenimiento modificativo es durante su vida útil. Se trata de modificar los equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallos. El análisis de las causas de las averías es el origen de este tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertos fallos;

prevención del mantenimiento. En esta etapa también se busca una mejora de la mantenibilidad del equipo.

Por último, este mantenimiento se utiliza cuando el equipo entra en la etapa de vejez. En esta ocasión se trata de reconstruir el equipo para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. En este momento se aprovecha para introducir todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Es una política usual en áreas de alto coste de mantenimiento que existen debido a su mal diseño o porque el equipamiento está siendo utilizado fuera de sus especificaciones de diseño. Un sistema de control del estado de la planta permitirá identificar esas áreas y entonces la elección se planteará entre el coste de rediseñar o el coste de un mantenimiento recurrente.

En la planta, se consideran actuaciones de mantenimiento modificativo aquellas en las que sea necesario realizar cambios o modificaciones de acometidas o instalaciones neumáticas, hidráulicas, eléctricas y electrónicas, de aspiración por vacío, de aire comprimido, red informática (voz y datos) en los diferentes medios productivos.



## 2.9. Mantenimiento autónomo.

La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento.

En la planta, el único mantenimiento autónomo que se realiza, se limita a algunas operaciones verificación, de limpieza, de llenado de algunos depósitos de agua destilada o aceite, etc. Pero dichas actividades están todavía muy lejos de a lo que se refiere el mantenimiento autónomo.

En la tabla siguiente se puede observar las operaciones que son llevadas a cabo por los operarios y las que son llevadas a cabo por el personal de mantenimiento.

ACTIVIDAD	MANT./MEJORA	PERSONAL PROD.	PERSONAL MANT.
<i>Producción</i>	Preparación y ajuste	●	
	Operación	●	
<i>Mantenimiento Autónomo</i>	Limpieza	●	
	Engrase		●
	Aprietes mecánicos		●
	Otros diarios		●
<i>Mantenimiento Preventivo</i>	Inspecciones y comprobaciones	●	●
	Actividades periódicas de mantenimiento		●
<i>Mantenimiento Correctivo</i>	Averías reparables desde el puesto de trabajo		●
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		●
<i>Mejoras</i>	Operativas		●
	Automatización y calidad		●
	Chequeos y concepción global		●

Figura 2.8.1. Relación de actividades y responsabilidades en el MA

## **2.10. Gestión de repuestos y almacén.**

El objetivo principal de la gestión de repuestos es minimizar la suma de los costes asociados directos e indirectos. Los costes directos se pueden reducir a cero mediante la total eliminación del inmovilizado de repuestos, sin embargo resultan evidentes las consecuencias en la disponibilidad de la planta y por tanto los costes indirectos que se generarán. De lo contrario, la disponibilidad de la planta aumentaría mucho si siempre existieran disponibles grandes cantidades de cada uno de los posibles repuestos, pero entonces los costes directos resultarían prohibitivos. La búsqueda del término medio, es decir, el nivel óptimo de inmovilizado por repuestos, y su almacenamiento de forma económica, son los objetivos básicos del control del stock de repuestos.

En el momento en el que se escriben estas líneas, Airbus Puerto Real casi no lleva a cabo ningún tipo de gestión de repuestos, limitándose a poseer un pequeño stock en un almacén, pero sin ningún tipo de control. Con la salvedad de ciertos repuestos los cuales sí se controla su cantidad y se avisa con antelación cuando su cantidad desciende de un límite. Estos repuestos son grasas y aceites, o algunos repuestos simples como mangueras de aspiración, algunos cables, etc.

Es decir, cuando aparece una avería y se tiene que sustituir algún componente de la máquina o equipo, se manda a pedir dicho repuesto. Con lo que, dependiendo del plazo de entrega, se tardará más o menos en arreglar la avería.

Es en el momento en el que aparece una avería y se pide la pieza o repuesto cuando se piensa en la necesidad de que se tengan uno o varios de ellos en el stock del almacén y, por lo tanto, en vez de hacer un pedido de una sola pieza, se piden varias de ellas. De esta forma, cuando se produzca una avería del mismo tipo, sí se dispondrá del repuesto necesario. (Aprendizaje de la máquina)

Debido a esta forma de actuar y al no tener ningún tipo de control de los repuestos de los que se dispone, aparecen tiempos muertos por la espera a la recepción de la pieza y todos los problemas que ello conlleva en la función de producción.

Por otra parte, en relación a la gestión de repuestos, no se lleva un control de los repuestos gastados. De esta forma no se pueden obtener datos de consumo de repuestos por unidad de tiempo.

### **2.11. Mantenimiento asistido por ordenador.**

La aplicación de la informática en la función de mantenimiento tiene como objetivos los de mejorar la información, la gestión y la organización de dicha función a fin de conseguir aumentar la eficiencia de la misma.

Hay que tener en cuenta que antes de la implantación de un programa de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), es necesaria la existencia de una previa y desarrollada organización para poder obtener mejoras de los resultados a corto plazo.

Como ya se ha comentado, hoy por hoy, Airbus Puerto Real no tiene implantado un GMAO.

Aún así, en el capítulo 6. *Gestión del mantenimiento asistido por ordenador* se pondrá de manifiesto la necesidad de la implantación de un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador, las mejoras o beneficios que podría suponer en la factoría de Airbus Puerto Real y los pasos necesarios a seguir para su implantación.

## **2.12. Costes de mantenimiento.**

El coste de las reparaciones es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que se debe asumir. El coste de mantenimiento es un coste que lo fija o controla la propia empresa, pudiendo destinar mayores o menores recursos, además, genera un gasto que obliga a una cierta liquidez que no se recupera.

Los costes de mantenimiento se pueden descomponer, según diferentes aspectos en:

- Costes fijos
- Costes variables
- Costes financieros
- Costes de fallo

### **2.12.1. Costes fijos.**

Su principal característica es que son independientes del volumen de la producción y de las ventas. Dentro de estos costes se pueden destacar los de la mano de obra indirecta, las amortizaciones (tanto de instalaciones productivas como de los edificios), los alquileres, seguros, etc., y los costes fijos de mantenimiento.

Estos costes fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Desde el punto de vista de mantenimiento, se trata, por tanto, de un gasto que asegura el estado de la instalación a medio y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinado a este gasto fijo, limita la cantidad de revisiones programadas y, en un primer momento, supone un ahorro para la empresa. Este ahorro implica una mayor incertidumbre sobre el estado de la instalación y, por tanto, de su capacidad productiva real.

### **2.12.2. Costes variables.**

Estos costes tienen la peculiaridad de ser proporcionales a la producción realizada. Se pueden destacar los de embalaje, portes, mano de obra directa, materias primas, energía, etc. y los costes variables de mantenimiento.

Dentro de los costes variables de mantenimiento se encuentran, básicamente, la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. Este correctivo será tanto consecuencia de las averías imprevistas como de las reparaciones que se deban hacer por indicación de otros tipos de mantenimiento.

Lógicamente, cuanto más se utilice la instalación mayor será el número de averías que aparezcan y, por tanto, la necesidad de realizar un mantenimiento correctivo.

La manera de reducir este tipo de gasto no pasa por dejar de hacer el mantenimiento correctivo sino por evitar que se produzcan las averías inesperadas.

### **2.12.3. Costes financieros.**

Los costes financieros asociados a mantenimiento se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar la producción.

El coste de todos los repuestos de almacén para realizar las reparaciones supone un desembolso para la empresa que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizados con cierta frecuencia aparecería como un mal menor dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando los repuestos tardan mucho en ser utilizados, se está incurriendo en un gasto que, en principio, no genera ningún beneficio para la empresa.

Dentro de los gastos financieros debe tenerse en cuenta el coste que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total, es necesario una máquina similar que permita la reparación de una de ellas mientras la otra está en funcionamiento. El coste de esta duplicidad debe tenerse en cuenta dado que el motivo de su presencia es el aumento de la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento.

#### **2.12.4. Costes de fallo.**

El coste de fallo se refiere al coste o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con mantenimiento y su volumen puede ser incluso superior a los gastos tradicionales (costes fijos, variables y financieros) vistos anteriormente.

Los costes de fallo son principalmente:

- Pérdidas de materias primas.
- Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción mientras se realizan las reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas.
- Rechazo de productos por falta de calidad.
- Producción perdida durante la reparación.
- Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes para la empresa.
- Averías que puedan suponer riesgo para las personas o la instalación.
- Costes indirectos, amortizaciones, etc.
- Pérdidas de imagen, ventas, etc.

A los costes que pueden generar estos hechos se debe sumar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad. Como se puede ver, en muchos casos, el coste directo de la reparación será insignificante en comparación al coste de fallo que se puede originar.

El coste de fallo en empresas productivas será tanto mayor cuanto mayor sea la automatización y la amortización de la instalación.

#### **2.12.5. Coste integral.**

Si se suman los cuatro costes estudiados anteriormente se obtiene el coste integral de mantenimiento. Este coste dará una idea mucho más global de la gestión de mantenimiento que el análisis de cualquiera de los costes que lo componen.

Con este coste integral se pretende relacionar no sólo el gasto que el mantenimiento ocasiona a la empresa sino también los posibles beneficios que puede generarle.

### **2.13. Parámetros de la función de mantenimiento.**

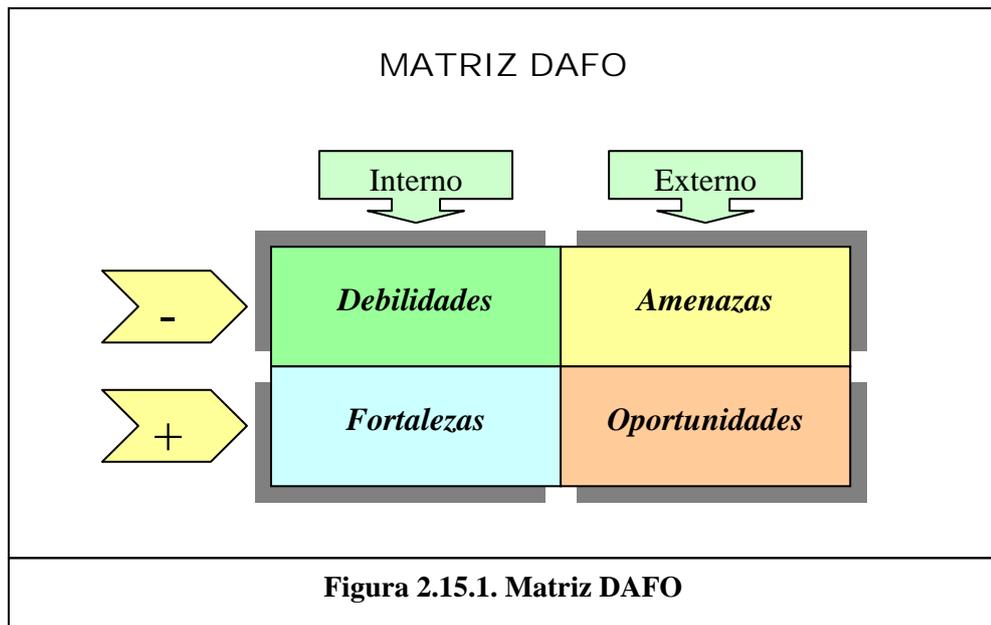
Un aspecto importante a destacar de la planta de Airbus Puerto Real, es que no se miden tiempos, índices, parámetros u otros factores indicadores de la función de mantenimiento.

Debido a ello, no se tiene conciencia de la efectividad de los trabajos de mantenimiento, ni se puede medir la evolución de la disponibilidad de los medios productivos.

Por otra parte, al no tener ningún tipo de parámetro indicador de los efectos de los trabajos de mantenimiento, no se puede establecer objetivos a cumplir a corto y largo plazo, debido a la imposibilidad de cuantificar los resultados y la situación de la que se parte.

## 2.14. Conclusiones.

A modo de resumen y para concluir este capítulo, se realiza una matriz DAFO con el objeto de recalcar las “debilidades” o carencias, así como las “fortalezas” o ventajas con las que cuenta la función de Mantenimiento de la planta de Airbus Puerto Real. Con las conclusiones obtenidas de dicha matriz, se propondrá en los apartados posteriores la estrategia más adecuada para mejorar la Gestión de la función de Mantenimiento.



### DEBILIDADES.

- ❑ No existe un límite claramente definido entre el Departamento de Mantenimiento y el Departamento de Utillaje.
- ❑ Existe una visión clásica de la función de mantenimiento.
- ❑ No se planifican lo suficiente los trabajos de mantenimiento.
- ❑ La mayoría de la veces se actúa con carácter de urgencia.
- ❑ Existe una gran necesidad de mejora en la gestión de repuestos.
- ❑ Se saca poco partido de las ventajas que los medios informáticos ofrecen hoy día.
- ❑ No se lleva a cabo ningún tipo de tratamiento de parámetros relacionados con el mantenimiento.

 FORTALEZAS.

- Se tiene un número adecuado de operarios de mantenimiento (Subcontrata).
- El personal de mantenimiento está lo suficientemente cualificado para cada una de las tareas de las que son responsables.
- Existe una buena comunicación Interdepartamental (entre el Departamento de Producción y el Departamento de Mantenimiento).
- Se tiene espacio suficiente de almacén para un adecuado stock de repuestos.

Teniendo en cuenta estas fortalezas y debilidades, será más fácil afrontar los problemas con los que se encuentra la planta, y por otro lado salen a la luz las cuestiones en las que habrá que hacer un mayor esfuerzo si se quiere obtener las mejoras deseadas en la gestión de la función de mantenimiento.

Una vez terminado el punto del diagnóstico de la situación de la función de mantenimiento de la planta de Airbus, en los apartados siguientes se proponen las mejoras oportunas en cada una de las cuestiones que atañe a dicha función.

### **3. MEDIOS PRODUCTIVOS EN AIRBUS ESPAÑA S.L. (PUERTO REAL).**

#### **3.1. Introducción.**

En éste apartado se identificarán los equipos e instalaciones que son objeto de las operaciones de mantenimiento. Estos equipos incluyen CPI's, gradas automáticas y gradas manuales. Además se hará una breve descripción de los mismos con el fin de conocer las características básicas de cada uno de ellos.

Por último se propondrá una codificación para los medios productivos que, entre otras cosas, facilitarían la gestión de los mismos a la hora de rellenar informes y partes y será imprescindible en el momento de la implantación de un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

#### **3.2. Listado de medios productivos.**

Para una mayor comodidad, los medios productivos se dividen en función de la nave en la que se encuentren, ya que existen varios equipos, con similares características pero en naves diferentes. Este problema se solventaría con la codificación de todos los medios productivos de la planta, dicha codificación se propone en el punto 3.3. *Codificación de los medios productivos.*

##### **NAVE 1.**

Célula de taladrado automático T806H/50UV.

Célula de taladrado de largueros movables A380.

Célula de taladrado y remachado de bordes de salida A320/A330/A340/A380.

Gradas automáticas de montaje de timones A380.

- Elevator inboard (2).
- Elevator outboard (2).
- Rudder upper.
- Rudder lower.

Estación de control de timones.

Gradas de timones A320.

- Grada timón derecho (2).
- Grada timón izquierdo (2).

Gradas de timones A330/340.

- Grada timón derecho (2).
- Grada timón izquierdo (2).

Almacén de revestimientos de movables A380.

Fuera grada movables A380.

Buffer A380.

## **NAVE 2.**

Gradas del cajón lateral A320 (fase I).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Gradas del cajón lateral A320 (fase II).

- Grada cajón derecho (2).
- Grada cajón izquierdo (2).

Célula automática de taladrado y remachado de borde de salida para los programas A320,A330/340 y A340-600.

Grada automática de timones de altura A340-600 (fase II, MTORRES).

- Grada timón derecho.
- Grada timón izquierdo.

Célula de taladrado automático de costillas A380.

Gradas borde de ataque A330/340.

- Grada borde de ataque derecho (4).
- Grada borde de ataque izquierdo (4).

Grada cajón lateral A340-600 (fase 0, grada de volteo).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Gradas cajón lateral A330/340 (fase I).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Grada automática cajón lateral A340-600 (fase II, HYDE).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Gradas cajón lateral A330/340. (fase II).

- Grada cajón derecho (2).
- Grada cajón izquierdo (2).

Gradas cajón lateral A330/340 (fase III).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Célula de taladrado y escariado de largueros cajón lateral A330/340.

Gradas de largueros del cajón lateral A340-600 (fase I).

- Grada cajón derecho.
- Grada cajón izquierdo.

Gradas de largueros timón A340-600 (Tegraf).

- Grada timón derecho.
- Grada timón izquierdo.

Célula de taladrado automático 2T8H/30X.

### **NAVE 3.**

Gantry de taladrado automático de la costilla 1 del http.

Estación I HTP: Equipado de cajones.

Estación II HTP: Unión de cajones.

Estación III HTP: Integración.

Estación IV HTP: Útil soporte y carro transporte.

Estación V HTP: Pruebas de estanqueidad.

Estación VI HTP: Pintura.

Estación VII HTP: Pruebas hidráulicas y eléctricas.

Útil transporte del HTP.

Grada automática Belly Fairing.

### **MÁQUINAS HERRAMIENTAS AUXILIARES:**

SIERRAS CINTA SAMUR S-650.

SIERRAS CINTA PUSKAS.

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA B50.

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA A40.

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA AX32.

TALADROS DE COLUMNA CINCINNATI FOSDICK.

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA B-70-P.

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA KL-25.

TALADROS DE SOBREMESA ANJO TSN-23 (3 Unidades).

TALADROS DE SOBREMESA MAKEL-AZCO.

TORNO CONVENCIONAL PINACHO S90/225.

FRESADORA CONVENCIONAL CORREAF2-UA.

LIJADORAS LETAG BB-1.

ESMERILADORAS LETAG (2 Unidades).

AMOLADORA LETAG.

AMOLADORA LETAG E-200.

AFILADORA LABHER RA6.

AFILADORA FLUCK UWS-1.

AFILADORA DECKEL S11.

AFILADORA STUDER.

AFILADORA MASANAS AF-32.

PRENSA HIDRÁULICA TAPISA-LBM.

CIZALLA MANUAL.

TALADRO IBARMIA B-50-P (2 Unidades).

TALADROS DE COLUMNA IBARMIA B40 (2 Unidades).

### **ASPIRACIÓN.**

MESA AUTOASPIRANTETACH PFAF-FA E-1600-700 (6 Unidades).

TACH CAV-118-H 22,6 KW III 380 V 50HZ (38 Unidades).

TECAHID TE-ASP-1100 1,5 CV 380/660 V (3 Unidades).

TACH CAV-0197-H 11KW III 380 V 50 HZ.

SIAT ADP-650 (3 Unidades).

NEDERMAN VAC 20 – 1500 22 KW 380/400 V (2 Unidades).

NEDERMAN E – PAK 500 13 KW 380/400 V.

NEDERMAN E – PAK 100 13 KW 380/400 V.

ASPIRADOR MARAN-W modelo T54 (3 Unidades).

ASPIRADOR WIRBEL MASTER modelo 4000 (2 Unidades).

### **EQUIPOS DE SELLANTES.**

Mezcladora de sellantes (Instalación Piloto para Mezcla de Selladores).

Frigorífico de sellantes CORECO (2 Unidades).

Frigorífico de sellantes DICOMETAL (2 Unidades).

Congelador de sellantes FROILABO (4 Unidades).

Congelador de sellantes NUAIRE.

Banco de gestión y descongelación de masillas FROILABO (4 Unidades).

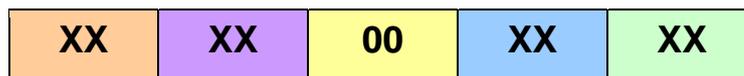
### **ARMARIOS ROTATIVOS.**

Armarios rotativos KARDEX (9 Unidades).

### 3.3. Codificación de los medios productivos.

Con el fin de facilitar el tratamiento de los datos, ya sean en formato papel o formato electrónico, será necesario codificar los medios productivos.

Los medios productivos se codificarán acorde a la siguiente expresión alfanumérica:



Donde:

XX	Indica la factoría a la que pertenece el medio productivo, por ejemplo <b>PR</b> de Puerto Real.
XX	Indica el tipo de medio productivo, por ejemplo <b>TL</b> de célula de taladrado.
00	Es un número entero entre el 01 y el 99 que sirve para distinguir los distintos medios productivos dentro del mismo tipo.
XX	Hace referencia al un subconjunto dentro del mismo medio productivo, por ejemplo <b>GR</b> de grada.
XX	Indica, cuando sea necesario, el subconjunto al que se refiere cuando el medio productivo tiene más de uno, por ejemplo <b>DR</b> de derecho.

### 3.4. Breve descripción de los medios productivos.

Con el fin de conocer los detalles que caracterizan cada una de las máquinas o equipos que son objeto de las operaciones de mantenimiento, a continuación se presenta una pequeña descripción de cada uno de los grupos en que se dividen los medios productivos en la planta de Airbus Puerto Real. Éstos se agrupan en:

- Gradadas manuales.
- Gradadas automáticas.
- CPI's.
- Otros equipos.

### 3.4.1. Gradass convencionales o manuales.

Las gradass manuales son estructuras rígidas que sirven de soporte a los elementos que compondrán el producto, por ejemplo, revestimientos, largueros, costillas, etc. con el fin de facilitar operaciones de montaje, taladrado o remachado, las cuales se realizarán manualmente y se caracterizan por la simplicidad de los equipos que la componen.

Dichos equipos o componentes de la grada se pueden resumir en los siguientes tres grupos:

- ❖ Equipos de aspiración de viruta.
- ❖ Equipos de iluminación.
- ❖ Equipos eléctricos.

Como se puede apreciar, la complejidad de los equipos que pueden ser objeto de mantenimiento no es muy elevada. De la misma manera, los trabajos de mantenimiento realizados a dicha grada manual tampoco compondrán un elevado nivel de complejidad.



1. Aspiración.
2. Grada manual de montaje del Timón del A320
3. Iluminación local.

Dichas operaciones de mantenimiento se basarían casi exclusivamente en un mantenimiento correctivo. Por ejemplo, rotura de mangueras de los equipos de aspiración, rotura o desgaste de tubos fluorescentes de la iluminación de la grada, avería de enchufes o de algún pequeño sistema eléctrico, etc.

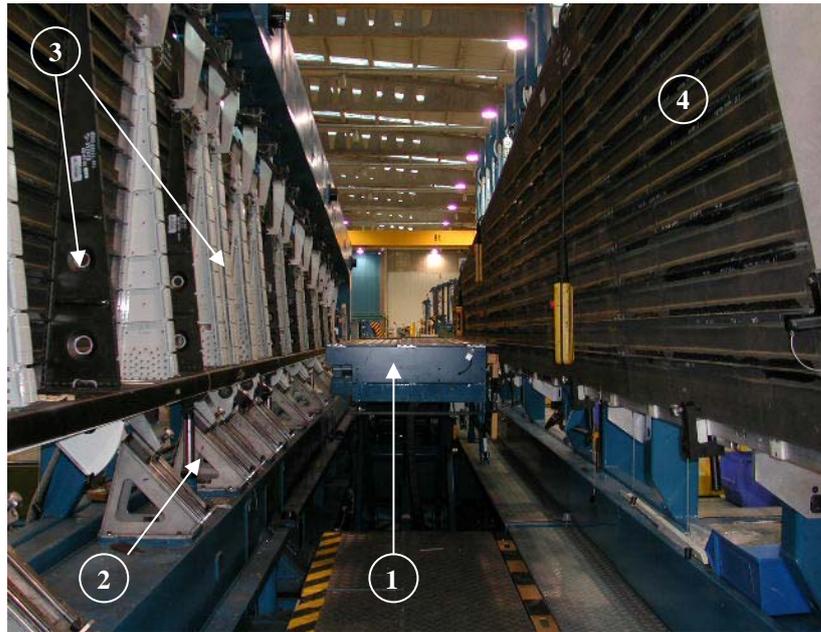
### **3.4.2. Gradass automáticas.**

Las gradass automáticas son, al igual que las gradass manuales, estructuras rígidas que van a servir de soporte al producto final o a los elementos que lo componen, pero con la diferencia de que en las gradass automáticas, el movimiento de sus partes se realiza de forma automática por control numérico y por medio de PLC's, encoders, motores y paneles de control y además se tiene un sistema de bombas de vacío para las ventosas que sujetarán los revestimientos, plataformas elevadoras para facilitar el trabajo de los operarios, equipos de aspiración de viruta, iluminación local, etc.

Debido a ello, la complejidad de los equipos que forman parte de la grada aumenta y con ello la complejidad de las operaciones de mantenimiento que a ella se realizan.

Por lo tanto, además del mantenimiento correctivo, las gradass automáticas cuyo funcionamiento depende en gran medida de sistemas eléctricos, equipos de vacío, motores, etc, deberán presentar un adecuado mantenimiento preventivo para evitar que se produzcan tiempos de parada por avería.





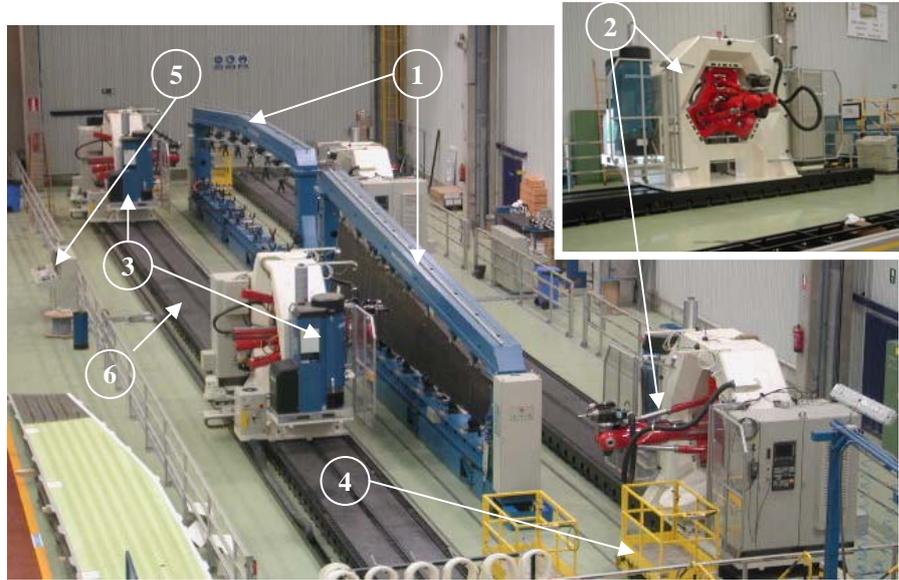
1. Plataforma elevadora.
2. Amarres.
3. Costillas del elemento a montar.
4. Revestimiento del elemento a montar.

### 3.4.3. CPI's.

Se denomina célula de producción integrada o CPI al conjunto formado por grada automática, máquina automática e instalaciones auxiliares. Es decir, una célula de producción integrada consta de una grada automática como las presentadas en el punto anterior, de una máquina automática que produce arranque de viruta (taladrado de revestimientos, largueros, costillas...) y por instalaciones auxiliares de aspiración, vacío, iluminación, etc.

Por otra parte las máquinas que realizan las operaciones de taladrado tienen un movimiento en tres ejes, además del movimiento giratorio del propio cabezal de taladrado. Estas máquinas están controladas por control numérico y la complejidad de las mismas es considerable.

Debido a ello, las células de producción integrada serán las que más dificultad presenten a la hora de realizarles un adecuado mantenimiento, ya que el personal dedicado a dicho mantenimiento deberá tener conocimientos de gran cantidad de disciplinas (mecánica, electrónica, programación, etc).



1. Gradas automáticas.
2. Máquina automática (Triceps).
3. Equipos de aspiración.
4. Plataformas elevadoras.
5. Panel de control.
6. Carril de movimiento de la máquina automática.

## **4. PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

### **4.1. Introducción.**

A partir del año 1925 se hace patente la necesidad de organizar el mantenimiento de maquinaria e instalaciones con una base científica para poder eliminar en lo posible el llamado mantenimiento por rotura o avería, pues éste siempre, por muy rápida que sea la reparación, ya ha interrumpido el proceso productivo y a veces en el peor momento.

Si esta meta fue interesante desde la citada fecha, la necesidad de llegar a ella aumentó en los primeros años de la década de los 40, cuando los países que intervinieron en la segunda guerra mundial exigían de sus industrias la continuidad de una máxima producción.

El desarrollo actual de la industria ha cambiado totalmente el concepto de la reparación. Si el mantenimiento era considerado hasta no hace mucho más de 30 años como una actividad auxiliar cuyo coste siempre parecía excesivo, ahora ha pasado a ser parte integrante del proceso productivo y su coste es ya aceptado como un concepto más de los obligados gastos de fabricación, cuyo funcionamiento continuo se debe asegurar.

Para organizar y modernizar la gestión del mantenimiento, se estudia la situación, se recopilan datos, se confeccionan estadísticas, se organiza científicamente el trabajo y todo ello va conformando un cuerpo de doctrina (ver figura 4.1.1).

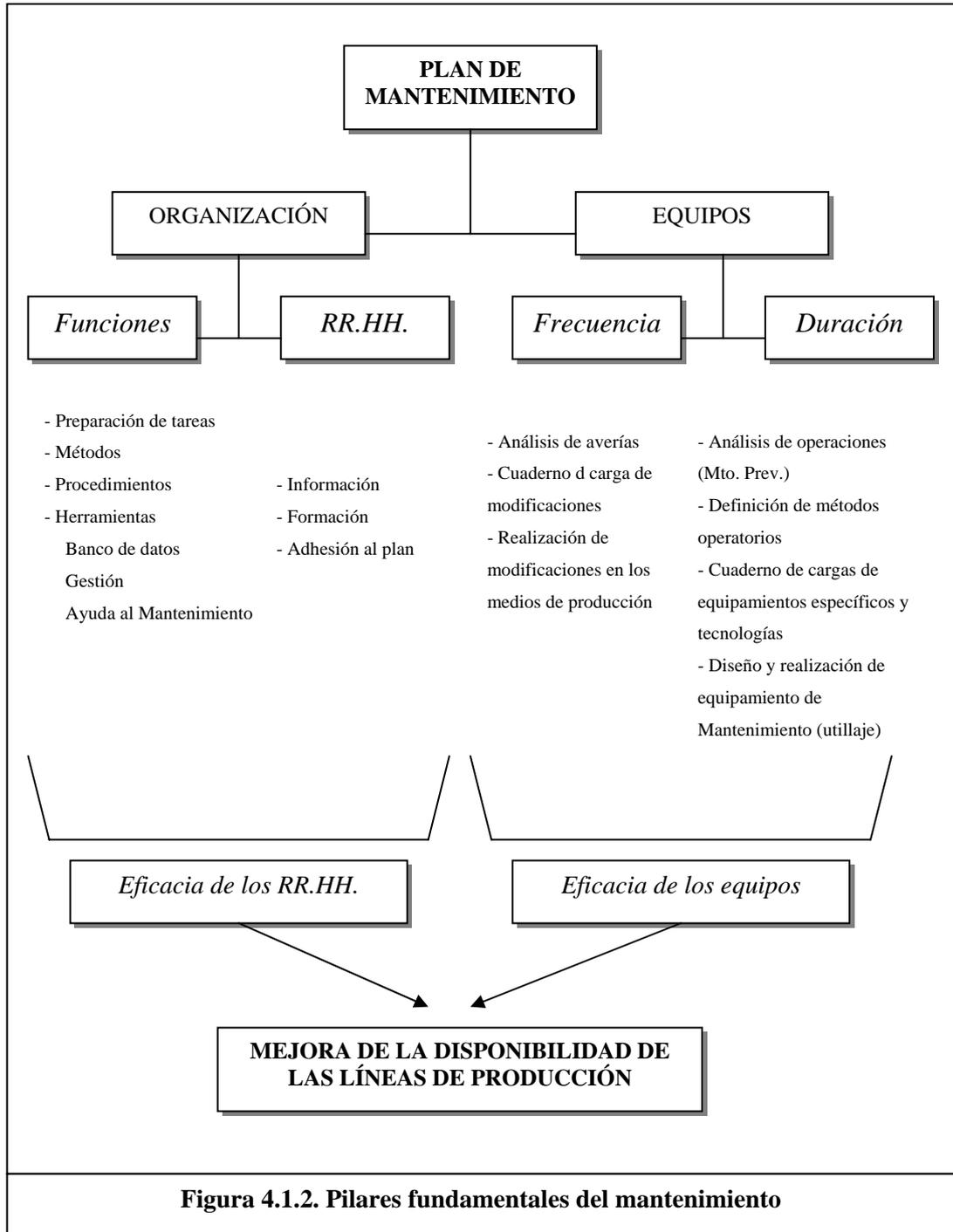
Factores que hacen necesario un mantenimiento planificado:

- ✓ Creciente mecanización, que si bien disminuye los costes de la mano de obra directa por unidad producida, exige que una parte de este beneficio conseguido sea invertido en mantener la maquinaria e instalaciones productivas.
- ✓ La existencia de procesos en cadena transferizada formando líneas automáticas, en las que la parada de una máquina o puesto de trabajo paraliza toda la instalación productiva.
- ✓ Las interrupciones en los productos terminados que pueden ser causa de incumplimientos de plazos de entrega convenidos, con graves consecuencias y posibles pérdidas de clientes.

- ✓ La corrección de las condiciones degradadas no solo hace que disminuya el coste de las reparaciones, sino que mantiene el rendimiento de la maquinaria en cuanto a cantidad y calidad.
- ✓ Racional y completo empleo del personal de mantenimiento, solo conseguido si puede planificarse su empleo durante toda la jornada de trabajo.
- ✓ La legislación y el sentir general de evitar accidentes, una de cuyas causas puede ser el deficiente estado de la maquinaria e instalaciones.
- ✓ La planificación de las operaciones de mantenimiento asegurará la existencia en almacén de las piezas de repuesto necesarias para dicha intervención.



Por otra parte, habrá que tener en cuenta los pilares fundamentales que definen el mantenimiento (Figura 4.1.2), ya que si se actúa adecuadamente sobre cada uno de ellos se obtiene la deseada mejora de la disponibilidad de los medios productivos. En los sucesivos apartados se irán estudiando cada uno de estos pilares con el fin de planificar lo mejor posible la función de Mantenimiento en la factoría de Airbus Puerto Real.



## 4.2. Conceptos generales.

### 4.2.1. Etapas en la producción industrial

Los sistemas productivos, hasta hace relativamente poco concentraban sus esfuerzos en el aumento de su capacidad de producción, pero en estos tiempos donde prima la competitividad entre las empresas, los clientes, además de determinar el precio del producto, exigen que éstos tengan la máxima calidad posible, en forma de prestaciones, plazos de entrega y de fiabilidad. Por este motivo, los sistemas productivos están evolucionando cada vez más hacia la mejora de su eficacia, que lleva a los mismos a la producción necesaria en cada momento con el mínimo empleo de recursos, los cuales serán utilizados de forma eficiente, es decir, sin despilfarros.

Para ver el cambio de mentalidad en el ámbito de la producción industrial, se muestra la figura 4.2.1. donde se representa la evolución de a lo largo del desarrollo industrial.

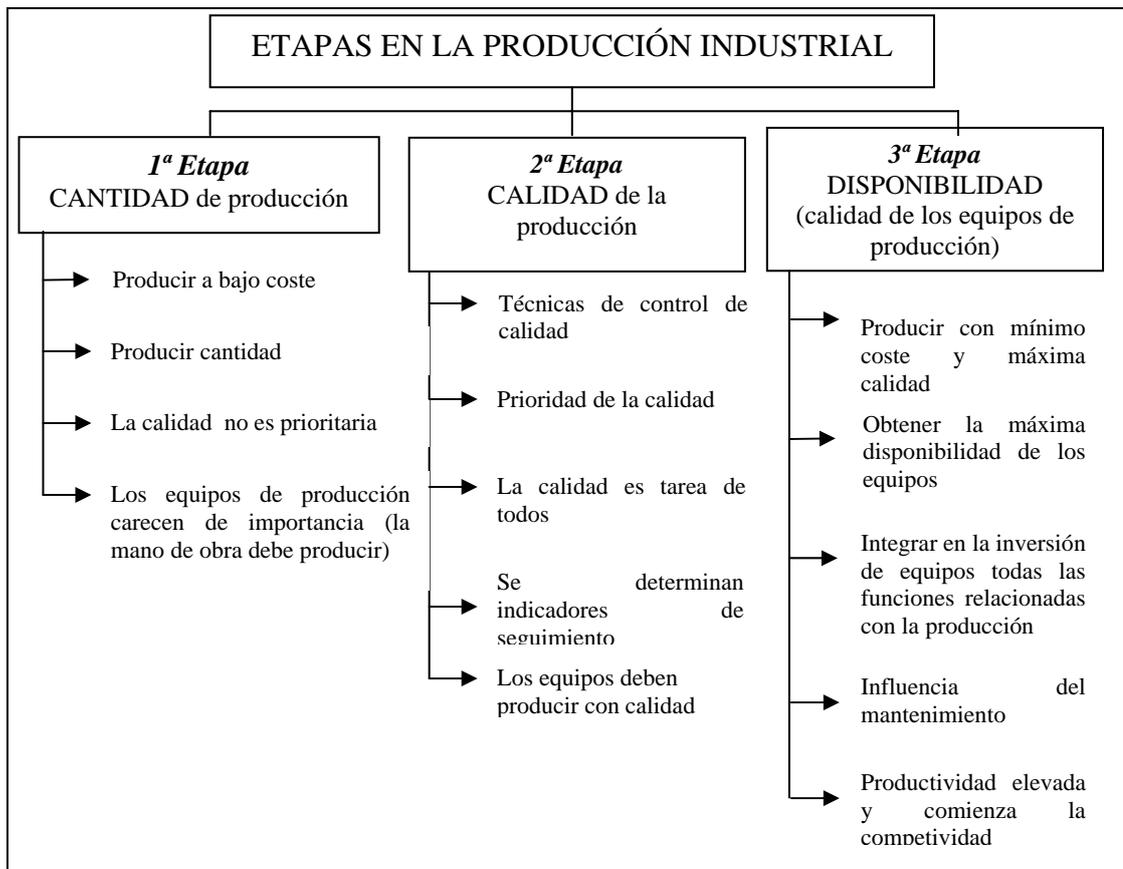


Figura 4.2.1. Etapas en la producción industrial

En la *primera etapa (Cantidad)*, es prioritario producir la máxima cantidad posible a bajo coste. Se desarrollan los métodos de trabajo y la calidad y los medios productivos carecen de importancia frente a la mano de obra.

En la *segunda etapa (Calidad)* se desarrollan técnicas para el control y la prevención de la calidad, convirtiéndose en el eje prioritario de la empresa. Los equipos de producción se renuevan y se eleva el grado tecnológico de los mismos, de acuerdo con las necesidades de producir con calidad.

Por último, en la *tercera etapa (Equipos de producción)*, lo que se intenta es producir al mínimo coste con la máxima calidad. Así, la importancia de los sistemas de producción aumenta en cuanto al nivel de inversión y complejidad, por lo que es necesario utilizarles en las mejores condiciones desde el momento de su inversión e implantación en los talleres de producción. En esta etapa, además de capacidad de producción y calidad, se busca un alto grado de utilización y fiabilidad de los equipos, o lo que es lo mismo, bajos costes de mantenimiento y de utilización. El objetivo final será disponer de sistemas de producción con pocas averías e incidencias, que se reparen y se solucionen fácilmente y que puedan mantener un nivel constante de calidad.

#### 4.2.2. Mantenimiento y rentabilidad.

En los términos más simples, el beneficio es la diferencia entre el ingreso derivado de la venta del producto y los costes de producción y venta del mismo. Los costes se pueden clasificar en fijos (por ejemplo, coste de equipos y edificios), o variables (por ejemplo, coste de las materias primas). La rentabilidad esta influenciada por muchos factores, tales como demanda y precio de producto, producción de los equipos, vida y amortización de los equipos, gastos de explotación, etc.



Figura 4.2.2. Ecuación de la economía de una empresa

El Mantenimiento esta relacionado con la rentabilidad a través de la productividad de los equipos y el gasto de explotación. Los trabajos de Mantenimiento elevan el nivel de rendimiento de los equipos y su disponibilidad, pero al mismo tiempo incrementan los gastos de explotación. El objetivo, de un departamento de mantenimiento industrial debe ser la consecución del equilibrio óptimo entre estos factores, esto es el balance que maximice la contribución del departamento a la rentabilidad.

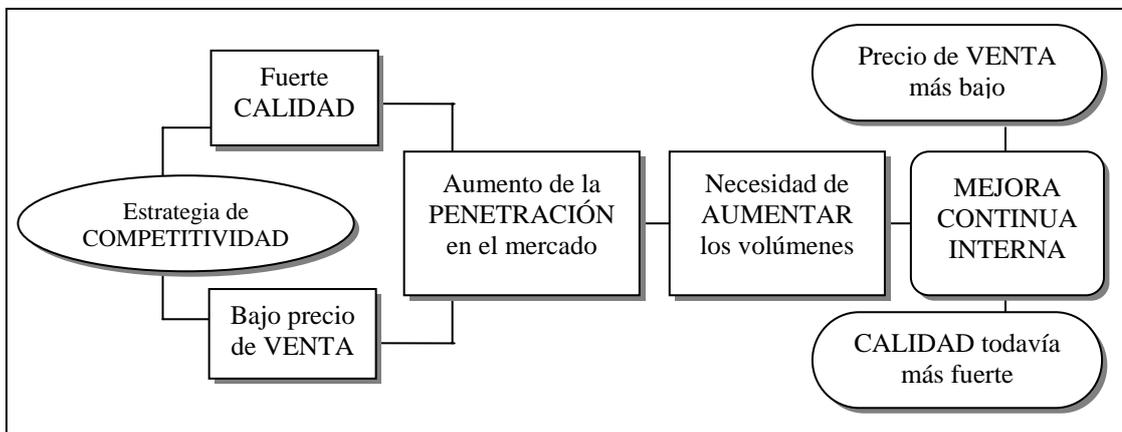
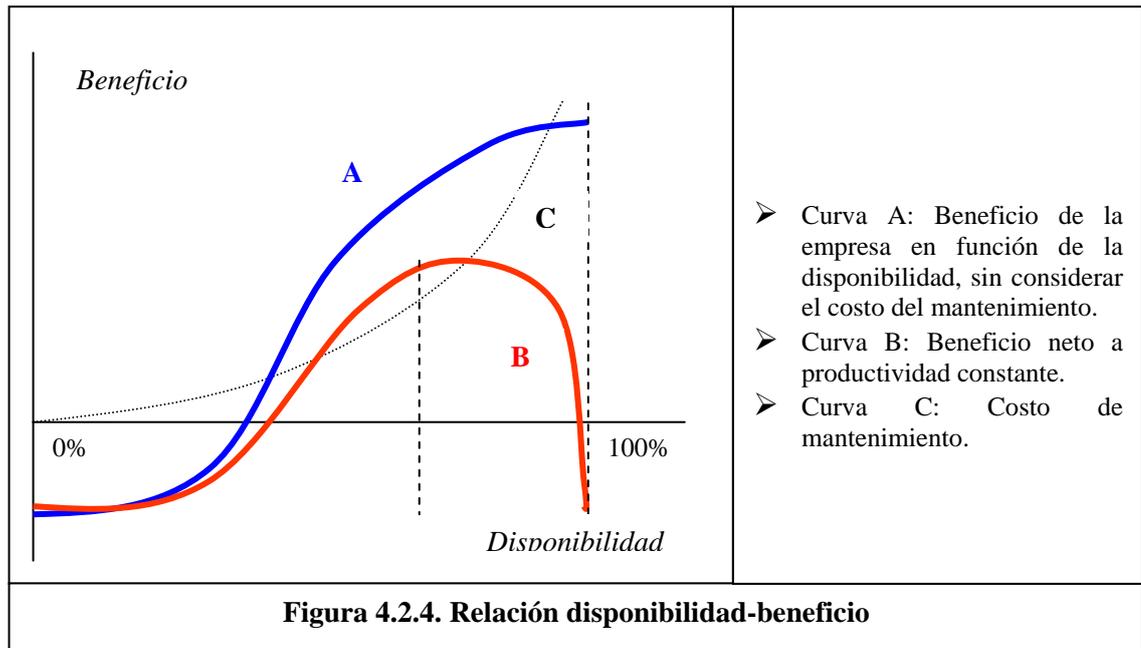


Figura 4.2.3. Estrategia de competitividad

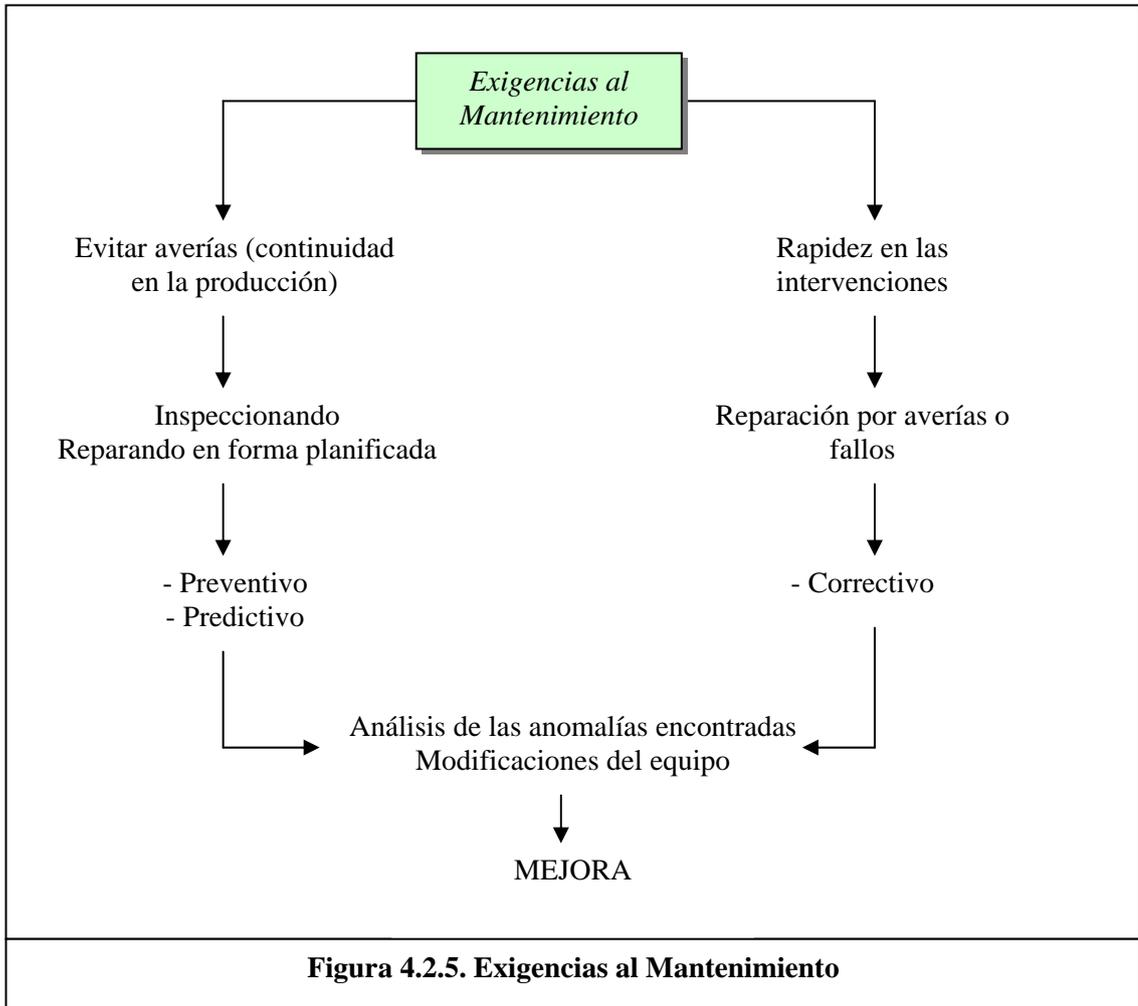
La rentabilidad del capital invertido en los medios de producción y su disponibilidad son factores que se corresponden biunívocamente hasta el punto que podría afirmarse, en la mayoría de los casos, que la rentabilidad del capital invertido será tanto mayor cuanto mayor sea el índice de disponibilidad de las instalaciones productivas (véase figura 4.2.4.), teniendo este índice un valor máximo a partir del cual no es rentable el esfuerzo por mejorarlo pues comienzan a disminuir los beneficios obtenidos, por lo que es importante conocerlo de antemano.



Esta situación exige una excelencia en el mantenimiento y en la explotación o conducción de las líneas productivas, de tal forma que las máquinas y los procesos estén disponibles siempre que se necesiten, que cada día produzcan mayor cantidad de productos con una mejora constante de la calidad y de los costes involucrados en su fabricación, para lo que es imprescindible crear nuevas organizaciones en la fabricación y el mantenimiento, de manera que sus equipos trabajen juntos y con espíritu participativo y de cooperación.

Si se observa el aspecto rentable de una máquina o instalación, se ve que su máximo rendimiento lo tendría que dar si trabajara ininterrumpidamente las horas asignadas a diario todos los días laborables del año. Y como la actividad de una empresa es el resultado de un conjunto de aportaciones que tienen su procedencia en los equipos, mano de obra, materiales, cargas indirectas, etc., se ve que la pérdida de producción provocada por una avería, vendrá sobrecargada por repercusiones económicas relacionadas con los conceptos citados.

De aquí nacen, por tanto, las primeras condiciones que se deben exigir al mantenimiento: evitar averías y que los trabajos de mantenimiento no absorban el tiempo de producción de las máquinas e instalaciones, o en todo caso, en la mínima proporción posible (ver figura 4.2.5).



### 4.2.3. Evolución del mantenimiento.

En un principio, el mantenimiento se caracteriza por su sencillez y como se vio en las etapas de la producción industrial, lo importante es producir, de tal manera que el jefe de producción absorbe las funciones de jefe de mantenimiento. El mantenimiento derivado de esta mentalidad es el **Mantenimiento Correctivo (MC)**, que consiste en reparar un equipo cuando se avería. Ello implica la aparición de imprevistos que reducen el grado de utilización de la máquina, equipo o instalación.

Es en 1925 cuando se comienza a hablar de aplicar el mantenimiento de forma preventiva a fin de evitar problemas y, en especial, averías en los equipos de producción. Pero no es hasta los años cincuenta cuando se establecen las bases del **Mantenimiento Preventivo (PM)**. Se buscaba la rentabilidad por encima de todo, en base a la máxima producción sin pérdida de calidad, y para ello se establecieron funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prever posibles fallos antes de que ocurrieran. Los planes del mantenimiento preventivo suponen un desmontaje de las máquinas y equipos para llevar un control y sustituir los elementos deteriorados sujetos a desgastes, corrosión o fatiga. Con lo que se tiene un desperdicio notable de material, además de la necesidad de mano de obra especializada y largas paradas de los equipos, por el consiguiente, se tienen pérdidas de producción y no se elimina por completo el riesgo de avería.

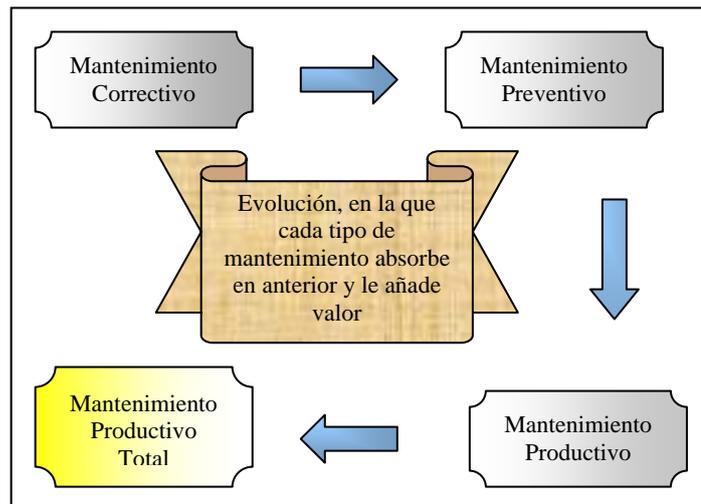


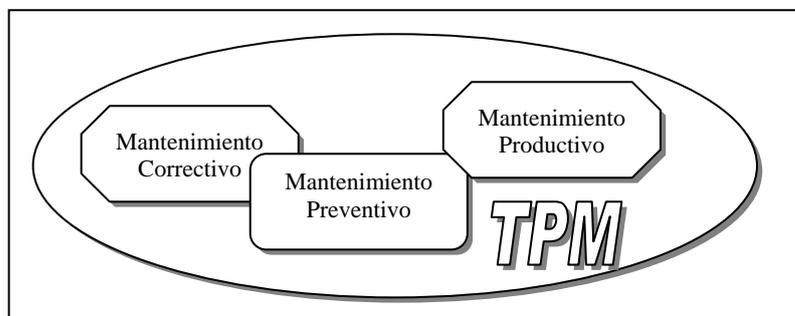
Figura 4.2.5. Evolución de la gestión del mantenimiento

Para evitar las desventajas del mantenimiento preventivo, en los últimos años se ha desarrollado el concepto de *Mantenimiento Predictivo*, que está basado en la observación continua y periódica de la máquina, medida y análisis del valor que toman sus parámetros de funcionamiento y detección de las averías en su fase inicial.

En los años sesenta se incorporó y desarrolló el **Mantenimiento Productivo** (identificado igualmente como PM). Se trataba de un paso adelante respecto al mantenimiento preventivo, ya que abarcaba los principios de aquél más unos propios. Incluye el establecimiento de un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la fiabilidad (F) y la mantenibilidad (M).

En los años setenta comienza a implantarse en Japón el **TPM** o **Mantenimiento Productivo Total**. El TPM es un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado que engloba los anteriores, tal y como se ve en la figura 4.2.6. Sus diferencias básicas son la incorporación de conceptos innovadores. Destaca entre ellos el *Mantenimiento Autónomo*, llevado a cabo por los propios operarios de producción, y la implantación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios en planta, para alcanzar los objetivos propuestos por la empresa, y la creación de una cultura propia que estimule el trabajo en equipo y eleve la moral del personal.

Se llega así a la filosofía del TPM, que adopta el concepto de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. Es en este momento, y mediante la introducción del mantenimiento autónomo como parte integrante y primordial del TPM, en el que se consigue el equilibrio total de las tareas de mantenimiento gestionadas de forma conjunta entre el personal de producción y el de mantenimiento.



**Figura 4.2.6. Mantenimiento Productivo Total**

Por último, ha de considerarse la **Prevención del Mantenimiento (MP)**, que centra su actividad fuera de la planta de producción, ya que actúa en la etapa de diseño, desarrollo y construcción de los equipos productivos, es decir, es el mantenimiento a nivel de ingeniería de desarrollo. El objetivo más importante para este tipo de mantenimiento es reducir al máximo, e incluso eliminar si es posible, la necesidad de actividades de mantenimiento del equipo cuando ya sea operativo.

De esta manera, el TPM nace como consecuencia de la implantación de distintas etapas: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo, en una evolución fundamentada en la filosofía de la mejora continua, donde cada fase se ha caracterizado por un enfoque propio que finalmente ha servido de base para la introducción y desarrollo de la siguiente etapa.

El TPM recoge también conceptos relacionados con la planificación del tiempo basado en el tiempo y las condiciones.

Así, el **Mantenimiento basado en el tiempo o sistemático (TBM)** trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado alguno de los componentes del equipo que se crea necesario, para garantizar el funcionamiento.

Por otra parte, el **Mantenimiento basado en las condiciones o condicional (CBM)** trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

A continuación se listan la evolución de los sistemas de gestión del mantenimiento, y cómo éstos son conocidos a lo largo del tiempo.

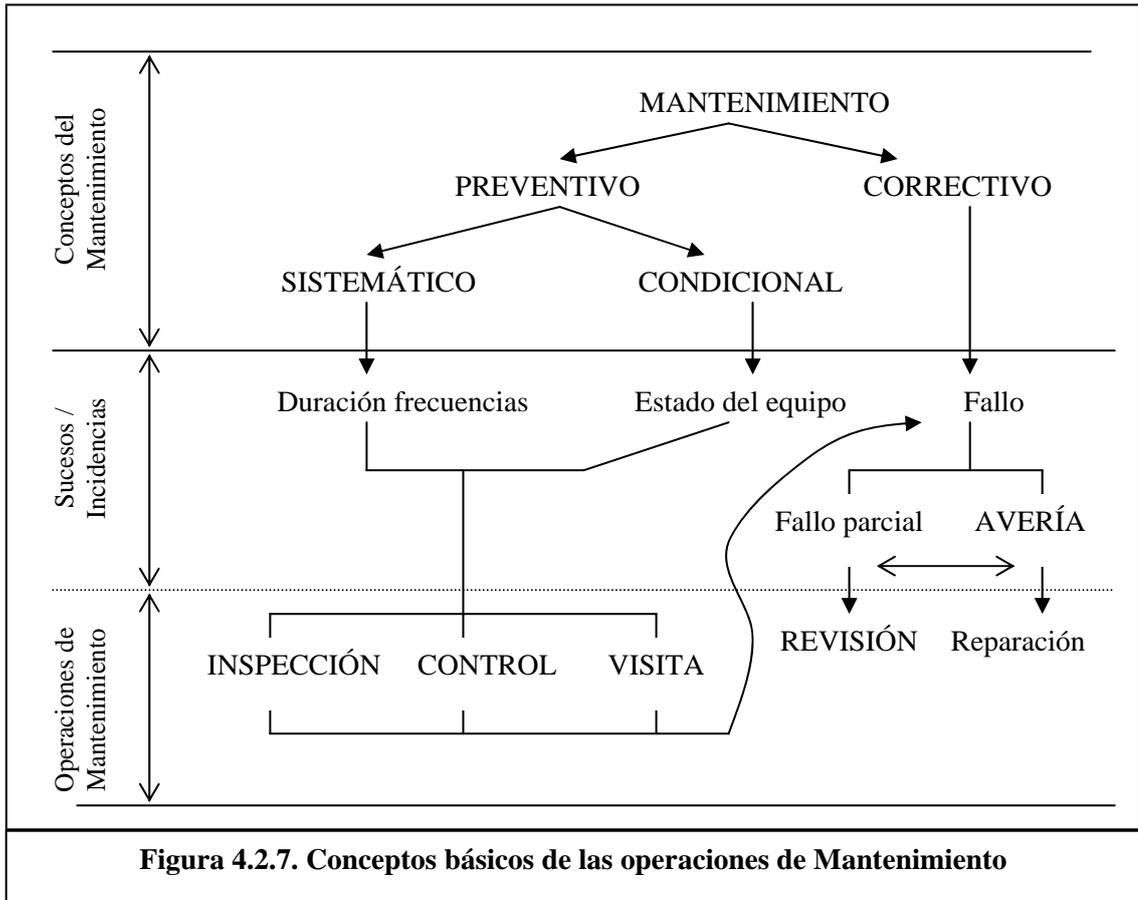
<b>EVOLUCIÓN TEMPORAL</b>	
Mantenimiento Correctivo (MC)	<i>(Inicio)</i>
Mantenimiento Preventivo (PM)	
Mantenimiento Productivo (PM)	
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	<i>(Actual)</i>

**Figura 4.2.7. Evolución Temporal**

Esta evolución del mantenimiento se relaciona con los distintos tipos de gestión que se pueden llevar a cabo incluyendo todo el ciclo de vida del equipo, desde que se diseña el mismo hasta que se utiliza y puede generar pérdidas, tratando de evitar en todo momento que éstas puedan producirse:

- *Previsión de Mantenimiento MP*: en el diseño de equipos.
- *Mejora de Mantenibilidad MI*: aplicación de mejoras a los equipos que están en producción.
- *Mantenimiento Preventivo PM*: permite prever y evitar problemas y averías.
- *Mantenimiento Autónomo MA*: llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo.

CARACTERÍSTICAS SISTEMAS GESTIÓN MANTENIMIENTO	Diseño equipos. Previsión mantenimiento (MP)	Mejora equipos. Mejora mantenibilidad (MI)	Previsión problemas. Mantenimiento Preventivo (PM)	Prevención / Mantenimiento autónomo
Mantenimiento Correctivo (CM)	No	No	No	No
Mantenimiento Preventivo (PM)	No	No	Incluido	No
Mantenimiento Productivo (PM)	No	No	Incluido	Incluido
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido
<b>Figura 4.2.8. Características de los distintos tipos de mantenimiento</b>				

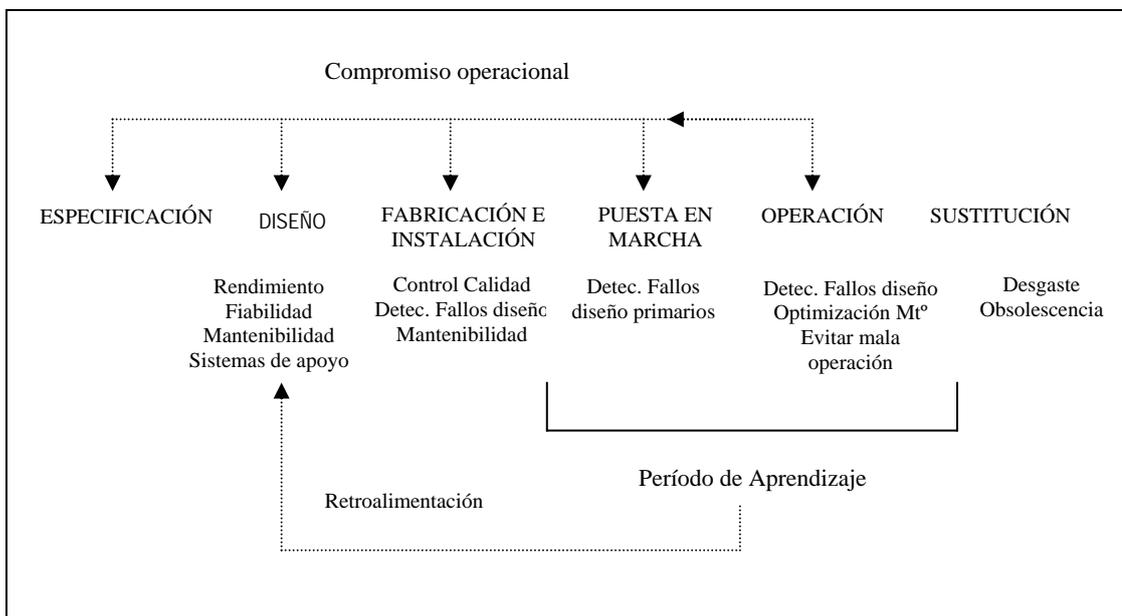


**Figura 4.2.7. Conceptos básicos de las operaciones de Mantenimiento**

#### 4.2.4. Gestión del mantenimiento

Durante su ciclo de vida, los equipos se pueden considerar que pasan a través de varias fases, siendo la primera el diseño y la última la sustitución. El nivel de mantenimiento que se requiere en la fase de operación del equipo está afectado por factores de las otras fases.

En la fase de diseño, la fiabilidad y la mantenibilidad son los factores importantes y se deben considerar en relación con el funcionamiento del equipo y los gastos de inversión y explotación.



**Figura 4.2.7. Ciclo de vida del equipo y factores que afectan a los costes de mantenimiento**

En la fase de montaje la mantenibilidad sigue siendo un factor importante, ya que es sólo entonces cuando el carácter multidimensional de muchos de los problemas de mantenimiento se clarifican. La fase de comisionado no es sólo un período para comprobar el funcionamiento técnico de la instalación, sino que también un período de aprendizaje donde se detectan y corrigen fallos primarios de diseño que pueden afectar a la disponibilidad del equipo. Finalmente, se debe continuar con un sistema apropiado de aprendizaje a lo largo de su vida operacional.

La función de un sistema de aprendizaje es recopilar y proporcionar información sobre las áreas problemáticas de mantenimiento, facilitando así la estrategia para el mantenimiento óptimo de la planta. Ya que el diseño del equipo es un proceso continuo, la información así recopilada debiera, en teoría, realimentarse continuamente al fabricante del equipo.

La Gestión del mantenimiento se puede definir como la dirección y organización de recursos para controlar la disponibilidad y el funcionamiento de la planta industrial a un nivel especificado. El responsable de mantenimiento tiene dos problemas principales:

- determinar el tamaño y naturaleza de la carga de trabajo de mantenimiento.
- organización y control del personal, repuestos y equipos necesarios para responder a ésta carga de trabajo.

Como se pudo observar en la figura 2.6.1, en el período en el que se encuentra el equipo, se recibe la documentación provisional del equipo y el mantenimiento sería llevado a cabo por personal de Airbus conjuntamente con el personal de la empresa fabricante del equipo.

Es en esta etapa donde se detectan los fallos de diseño y de operación. Además se podrían hacer modificaciones del equipo, bajo supervisión del fabricante, y se redactaría la documentación con los cambios pertinentes, asegurándose de que la documentación obsoleta sea sustituida por ésta.

Por otra parte, éste es el período en el que los fabricantes imparten cursos de mantenimiento al personal propio de la planta o a la empresa subcontratada para los trabajos de mantenimiento.

### ***Niveles de intervención.***

Para ayudar a clarificar, desde el punto de vista estructural y organizativo, el desarrollo de las nuevas organizaciones, es necesario estructurar la Función de Mantenimiento en los cinco siguientes Niveles de Intervención.

- ***Primer nivel.*** Integrado en las técnicas TPM. Este nivel es asumido por los operarios de fabricación que operan directamente en los equipos productivos (mantenimiento autónomo), los cuales, además de su propio trabajo de operarios en los distintos medios productivos de la planta:

- Aseguran los cambios y reglajes de útiles y herramientas de las máquinas así como la primera intervención ante una incidencia o parada.
- Informan, en el caso de persistir la incidencia, a los especialistas de mantenimiento ayudando a éstos en el diagnóstico y reparación.
- Asumen la función de vigilancia y observación del comportamiento de las máquinas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y de los métodos de trabajo, lo que permite actuar o avisar a mantenimiento ante cualquier anomalía en su funcionamiento para que planifique una intervención fuera del tiempo de producción.

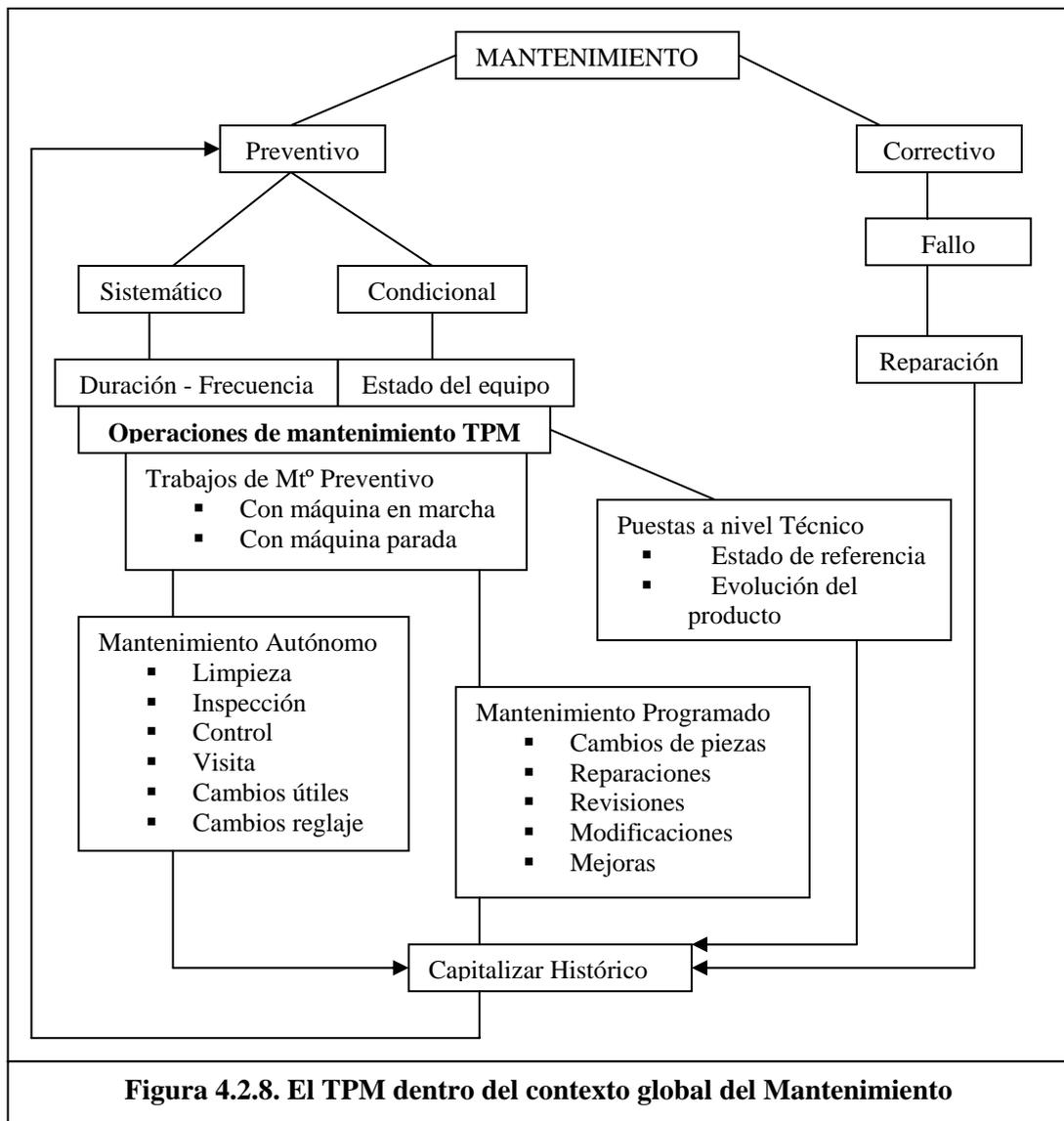


Figura 4.2.8. El TPM dentro del contexto global del Mantenimiento

- Aseguran igualmente el primer nivel de mantenimiento preventivo dentro de las técnicas TPM (ver figura 4.2.8). Este mantenimiento preventivo consiste en limpiezas, engrases, controles de diferentes parámetros de funcionamiento, etc.

En la planta, los operarios se encargarían de hacer trabajos diarios de limpieza de las gradas o cualquier otro medio productivo utilizando, por ejemplo, equipos de aspiración, sistemas de aire a presión, disolventes, etc.. además, estos operarios serían los encargados de comunicar al departamento de mantenimiento cualquier anomalía surgida en el equipo para que se actúe sobre ella lo más rápidamente posible.

Los conocimientos técnicos asumidos, así como los propios de su puesto de trabajo, confirmados y desarrollados en permanente acción formativa, prepararán a corto plazo a los verdaderos “conductores” de líneas de producción automáticas.

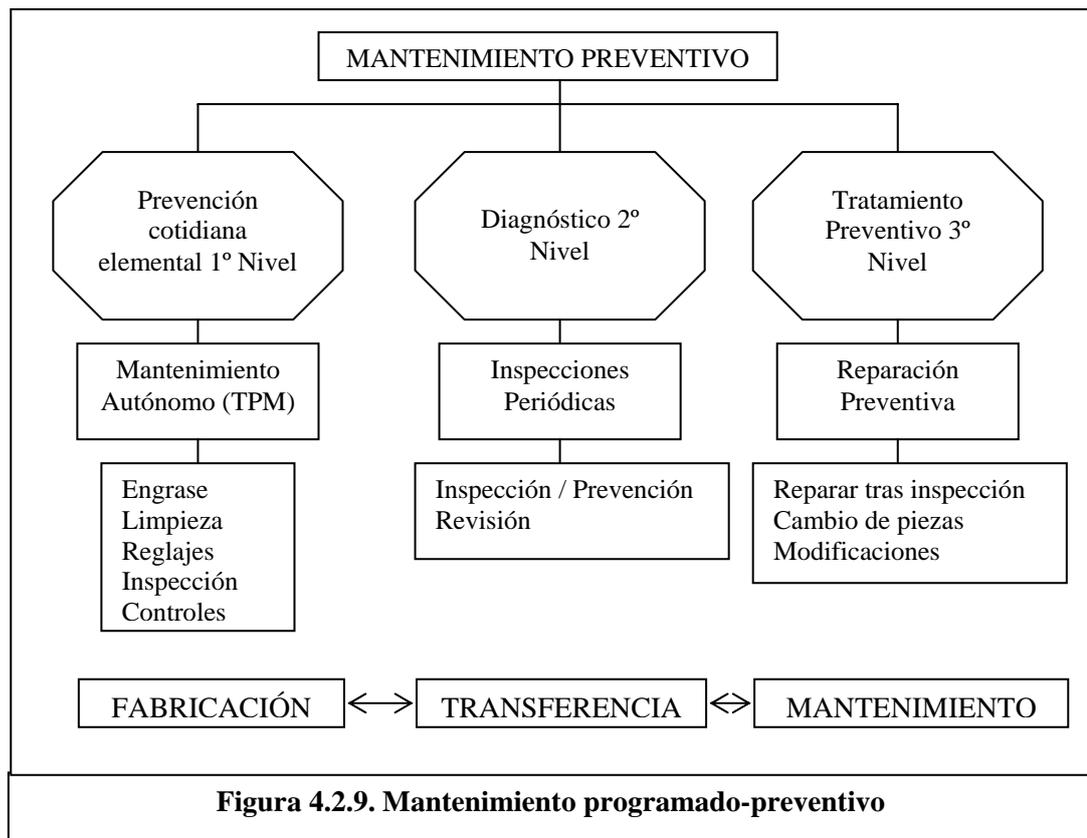


Figura 4.2.9. Mantenimiento programado-preventivo

- **Segundo nivel.** Integrado también en el desarrollo del TPM. Pertenecen a este nivel los especialistas electromecánicos e hidroneumáticos, que intervienen a petición del nivel-1 según la naturaleza y primer diagnóstico de la incidencia.

Para asegurar el funcionamiento continuo de la máquinas, estos especialistas se pueden integrar en las líneas, ligados a la dinámica de la producción, por lo que sus intervenciones y diagnósticos serán muy rápidos.

Si no pueden efectuar ellos mismos la reparación, establecen un diagnóstico lo más fino posible y avisan al taller central del servicio de mantenimiento.

Asimismo, aseguran el mantenimiento preventivo programado de nivel-2. (ver figura 4.2.9.)

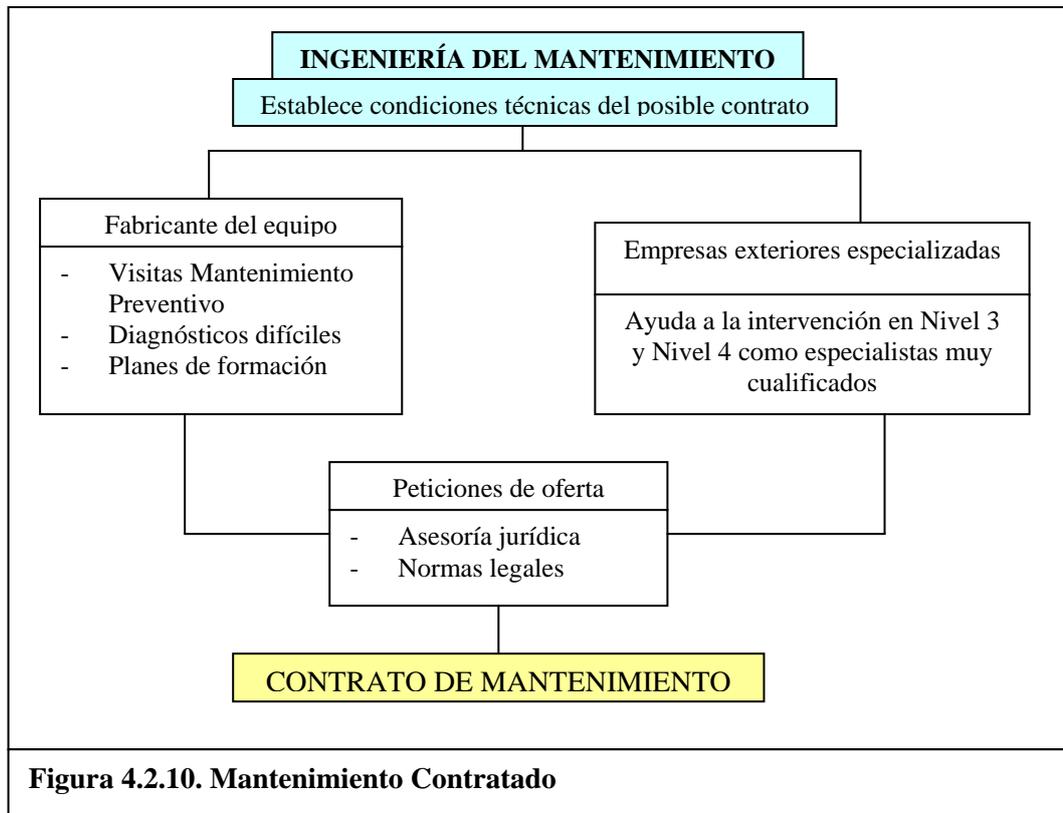
- **Tercer nivel.** Constituido por grandes profesionales del mantenimiento, teniendo como funciones:
  - El mantenimiento condicional
  - El mantenimiento programado-preventivo nivel3
  - La mejora de la mantenibilidad y la propuesta de mejoras y modificaciones de equipos y máquinas
  - La reparación de averías complejas

Para asegurar sus tareas deben estar bien informados por los operadores de 1º y 2º nivel, de ahí la importancia de la comunicación y el trabajo en equipo.

- **Cuarto nivel.** Se le puede considerar como la Ingeniería del Mantenimiento, es decir, lo conforman los técnicos de Mantenimiento, que como especialistas en la función global del mantenimiento, participan en las diferentes fases del ciclo de vida de un sistema de producción, desde su proyecto con la aceptación de nuevos equipos y tecnologías, hasta la puesta en marcha y comienzo de producción en serie del mismo, asegurando de esta manera, junto con los fabricantes de las máquinas, las mejores condiciones de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad y, por tanto, un funcionamiento continuo.
- **Quinto nivel o mantenimiento contratado.** Si bien la opinión general entre los responsables de fabricación y mantenimiento es que la gestión tecnológica de los sistemas de producción debe realizarse en la propia empresa, con el fin de evitar el perder el

“saber hacer”, eso no excluye la necesidad de desarrollar adecuadamente este nivel de intervención.

Existe un equilibrio a considerar: llamada al exterior, a los fabricantes de los equipos, para el arranque y seguimiento inicial de automatismos, equipos CNC, autómatas, informática industrial aplicada y sus programas, mantenimiento de equipos y máquinas muy especiales. En paralelo, en el interior de los talleres he de extenderse la voluntad de prepararse y de formarse para asumir las tareas de los primeros tipos de intervención del mantenimiento a nivel de operarios conductores de líneas de producción y especialistas integrados en ellas, y de una elevación de conocimientos técnicos constante en los niveles 3 y 4 para poder resolver todo tipo de incidencias y situaciones que se den en las máquinas de una línea de producción y en las automatizaciones de sus enlaces. Por lo que conviene desarrollar el mantenimiento contratado en dos vertientes (figura 4.2.10.):



**Figura 4.2.10. Mantenimiento Contratado**

1.- Visitas periódicas, programadas y acordadas ante averías con diagnósticos complejos, de los propios fabricantes de los equipos (Tricepts, taladradoras automáticas, etc.).

2.- Presencia permanente contratada de especialistas generalistas muy cualificados en tecnologías punta, autómatas, CNC, etc., como complemento al propio mantenimiento interno de la planta y a los contratos antes mencionados.

Esta organización y estrategia de Mantenimiento se ha de poner en marcha de forma progresiva y controlada por módulos y niveles (figura 4.2.11.).

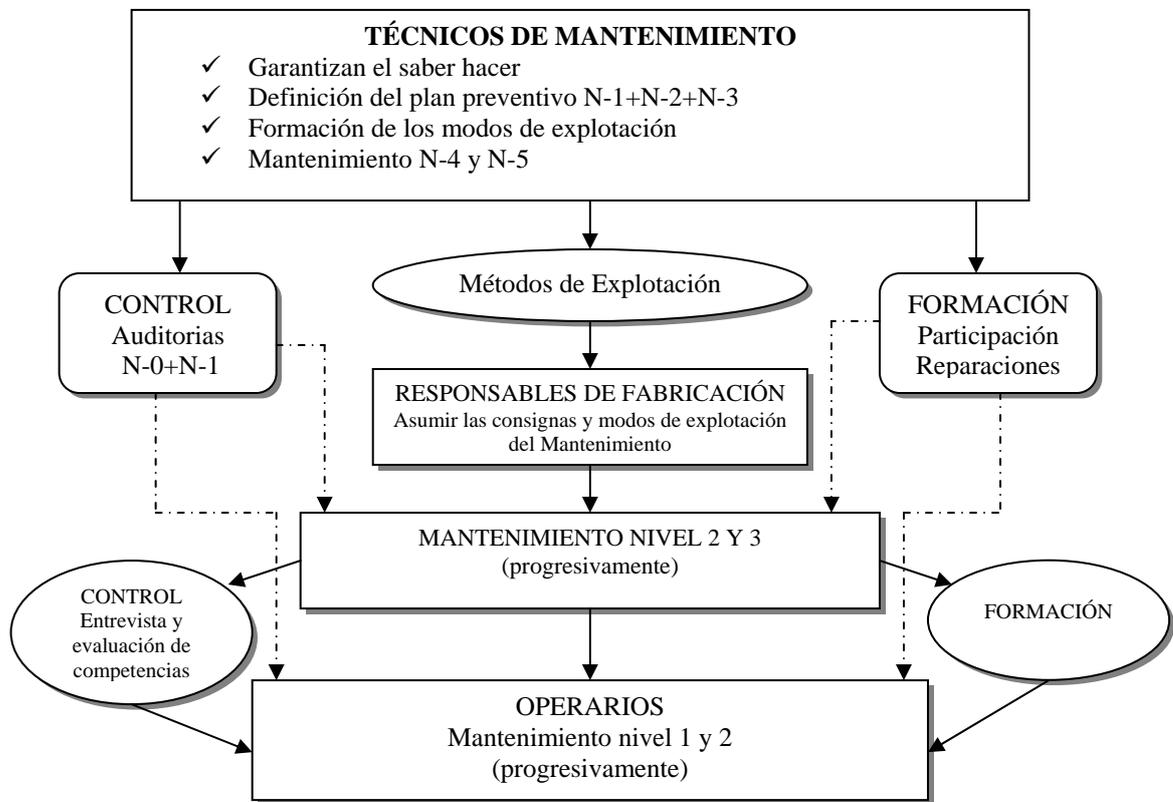


Figura 4.2.11. Evolución del mantenimiento progresiva y modulada

### **Función de Mantenimiento.**

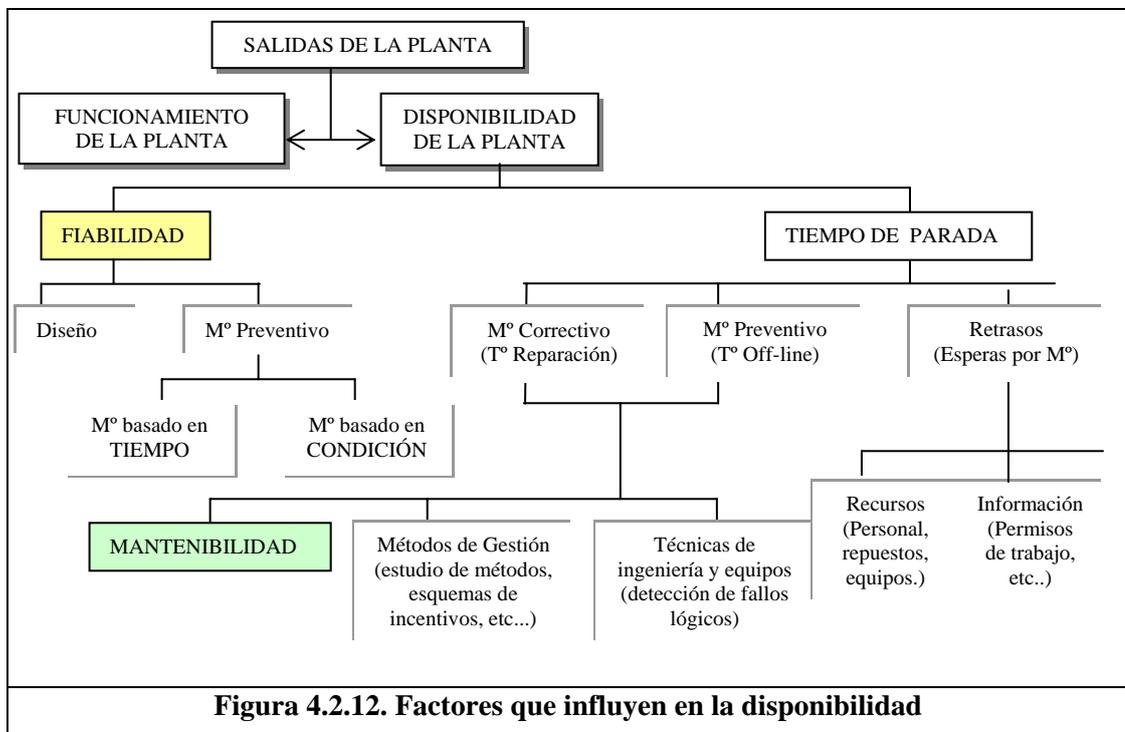
El Mantenimiento se puede considerar como una combinación de acciones llevadas a cabo para sustituir, reparar, mantener o modificar los componentes de una instalación para que continúe operando con la disponibilidad especificada durante un período de tiempo. En resumen, la función de Mantenimiento es el control de la disponibilidad de la instalación o planta.

La disponibilidad se define como:

$$Disponibilidad = \frac{T_0}{T_0 + T_p}$$

Donde:  
 T<sub>0</sub> = tiempo total de operación en condiciones de diseño  
 T<sub>p</sub> = tiempo total de parada

El responsable de mantenimiento solo puede influir sobre la disponibilidad a través de aquellas paradas en que se realizan acciones de mantenimiento. En la figura 4.2.12. se pueden observar los factores que afectan a estas paradas y la conexión existente entre éstos factores y la disponibilidad.



La función de mantenimiento se debe inscribir dentro de la filosofía de la Calidad Total y ha de ser coherente en todos los aspectos, con el desarrollo del TPM. Ello significa que el enfoque central ha de ser la mejora continua en calidad, costes, plazos sobre los servicios que ha de dar para conseguir la satisfacción del cliente, que es en este caso la función de fabricar. Esto implica un dominio de las tecnologías existentes en las líneas productivas y un esfuerzo para estar al día en la preparación técnica de todos los profesionales.

Pero el mantenimiento no significa solamente reparar las máquinas que se averían, sino que además implica adaptar los recursos a las exigencias de las instalaciones, del modo más económico posible. En muchas ocasiones, la dedicación completa del personal de mantenimiento a sus ocupaciones rutinarias, con el objetivo inmediato de garantizar la producción, no permite a los técnicos responsables dedicar el tiempo necesario a la búsqueda de la estrategia correcta del servicio.

Se entiende por estrategia correcta la formalización de todas aquellas acciones que son necesarias desarrollar para definir:

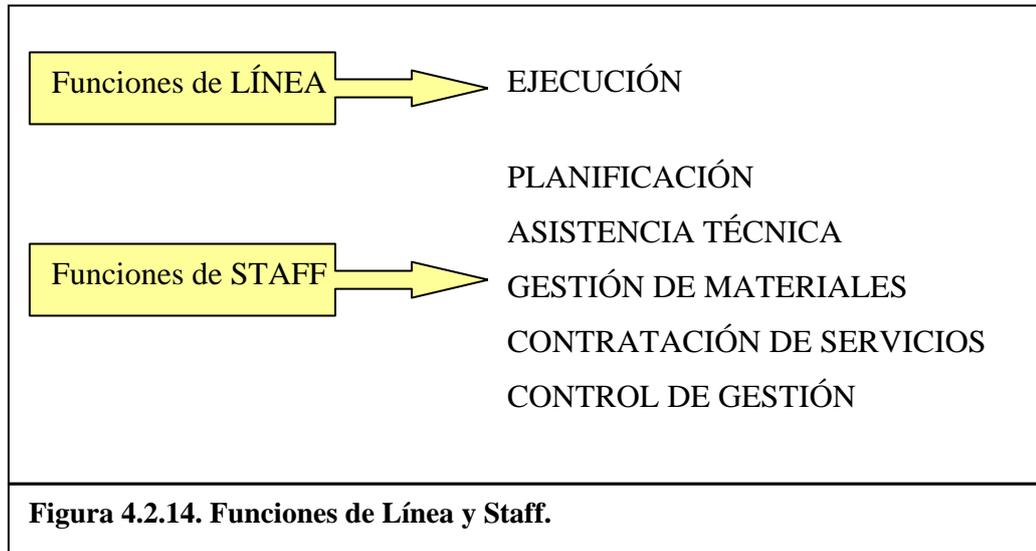
- ❖ El tipo de mantenimiento más adecuado para cada máquina.
- ❖ Los medios y métodos de trabajo más apropiados.
- ❖ Qué trabajos realizar con personal propio y cuáles confiar a empresas externas.
- ❖ Cantidad óptima de materiales y repuestos que se deben tener en stock.
- ❖ Los métodos y medios de control de las máquinas.
- ❖ Los procedimientos de recogida de datos que permitan en el transcurso del tiempo aportar mejoras a todo el servicio, etc.

El personal de mantenimiento está distribuido en las funciones principales de:

**LÍNEA.** Cuyos cometidos son de tipo operativo y de toma de decisiones.

**STAFF.** Cuyas funciones son de tipo consultivo.

Entre los grupos de línea y staff existe pues, una separación clara de cometidos, aunque como es lógico, entre ambos debe existir una estrecha comunicación e intercambio de información.



Cada una de estas funciones se definen:

► EJECUCIÓN.

Es la primera y más fundamental función de mantenimiento y consiste en la ejecución de una serie de trabajos sobre las instalaciones, para garantizar su continuidad productiva. Estas intervenciones son, básicamente, de carácter preventivo o reparaciones y éstas, a su vez, pueden ser urgentes o programables.

Esta función viene cuantificada por la carga de trabajo que genera la instalación, ya que su valor y naturaleza aportan datos para definir los medios humanos para llevarla a cabo y sus especialidades; así como las bases para definir con precisión el contenido de las restantes funciones básicas.

Cuando se trata de fijar la estructura de una instalación nueva se tiene la oportunidad de elegir los medios humanos para realizar la función, pero no se tiene el dato concreto de cuál va a ser la carga de trabajo. En el caso de estudiar una instalación en marcha, como es el caso de la factoría de Airbus Puerto Real, puede conocerse con cierta precisión la naturaleza y valor de la carga de trabajo, pero sin embargo el tamaño y composición de la plantilla nos viene dado de antemano.

## ▶ PLANIFICACIÓN.

La planificación tiene como finalidad conseguir el uso eficiente de los medios humanos y materiales de mantenimiento, en orden a conseguir su objetivo general. Dentro de esta función pueden encontrarse actividades tales como:

- ❖ Preparación previa del trabajo diario, definiendo medios, herramientas y materiales, adscribiendo las personas que lo han de ejecutar, fijando las medidas de seguridad a emplear, etc.
- ❖ Lanzar el programa de mantenimiento preventivo-predictivo de forma sistemática.
- ❖ Fijar los métodos de trabajo.
- ❖ La preparación y programación de grandes trabajos y paradas generales de la planta.
- ❖ Dimensionar las necesidades de plantilla propia y contratada, fijando las peculiaridades de trabajos continuados, a turnos, etc.
- ❖ La elaboración del presupuesto anual junto con los responsables de la ejecución.
- ❖ La revisión y puesta al día de los procedimientos en vigor.

## ▶ ASISTENCIA TÉCNICA.

El mantenimiento necesita un soporte técnico que garantice y mejore la calidad de las intervenciones durante el desarrollo de sus actividades. Dicha función ha de estudiar las averías que se presentan o que son susceptibles de presentarse, adoptando, si es posible, el criterio más adecuado para su reparación o prevención. Otras veces deducirá la necesidad de introducir modificaciones de diseño, materiales o de operación, con la finalidad de evitar que se produzcan las averías. Además hará recomendaciones para introducir instrucciones de mantenimiento preventivo o para iniciar un proceso de formación en alguna área de mantenimiento. Del mismo modo, ha de disponer de toda la información precisa para acometer intervenciones sobre cualquier tipo de instalación.

## ▶ GESTIÓN DE MATERIALES.

La función de gestión de materiales tiene por objetivo asegurar que la función de ejecución disponga del material preciso en el momento preciso y esto dentro del contexto general de optimización de mantenimiento.

Para ello, será necesario definir:

- ❑ Materiales a tener en stock
- ❑ Materiales que no se deben tener en stock
- ❑ Niveles de existencias en almacén
- ❑ Criterios de reposición
- ❑ Política de reaprovisamiento
- ❑ Etc

#### ▶ CONTRATACIÓN DE SERVICIOS.

La ejecución de los trabajos de mantenimiento puede realizarse con personal perteneciente a la plantilla propia de la empresa o con personal contratado de otra compañía especializada en trabajos de mantenimiento. La función de contratación de servicios tiene como misión evaluar los contratistas más adecuados para cada tipo de trabajo y determinar si procede o no su homologación, establecer procedimientos de contratación que se basen en el cumplimiento de las normas vigentes y en los mejores requisitos de calidad y precio, desarrollar sistemas de supervisión y control que garanticen el cumplimiento de las condiciones contractuales.

#### ▶ CONTROL DE GESTIÓN.

Esta función consiste en analizar los datos relativos a los costes y a la disponibilidad. Igualmente supone poner en manos del resto de funciones los datos precisos y necesarios para analizar los resultados que vengam influenciados por sus acciones. En este contexto se han de controlar:

- ✓ Las desviaciones del presupuesto
- ✓ La aparición de averías repetitivas
- ✓ El cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo
- ✓ La actuación de las empresas externas
- ✓ Etc.

### **Objetivos del mantenimiento. Planificación y control.**

No existe un buen mantenimiento absoluto pero para cada equipo y para cada momento dado se debe plantear llegar a una solución de compromiso entre los siguientes parámetros:

- Tiempo de servicio: máxima disponibilidad-fiabilidad del equipo productivo.
- Costes: mínimo coste directo e indirecto del mantenimiento.
- Seguridad de funcionamiento: cero retrasos en los plazos de entrega del producto por fallos en los equipos productivos y alta mantenibilidad-calidad.

Si hubiese que sintetizar en objetivo medible el grado de satisfacción a la situación determinada por los anteriores factores, se tendría que hablar, para una planta de líneas automáticas, del índice de productividad y de su crecimiento, partiendo de la expresión:

$$I_p = \frac{\text{Volumen de producción práctica (en calidad y plazo)}}{\text{Capacidad de producción teórica}}$$

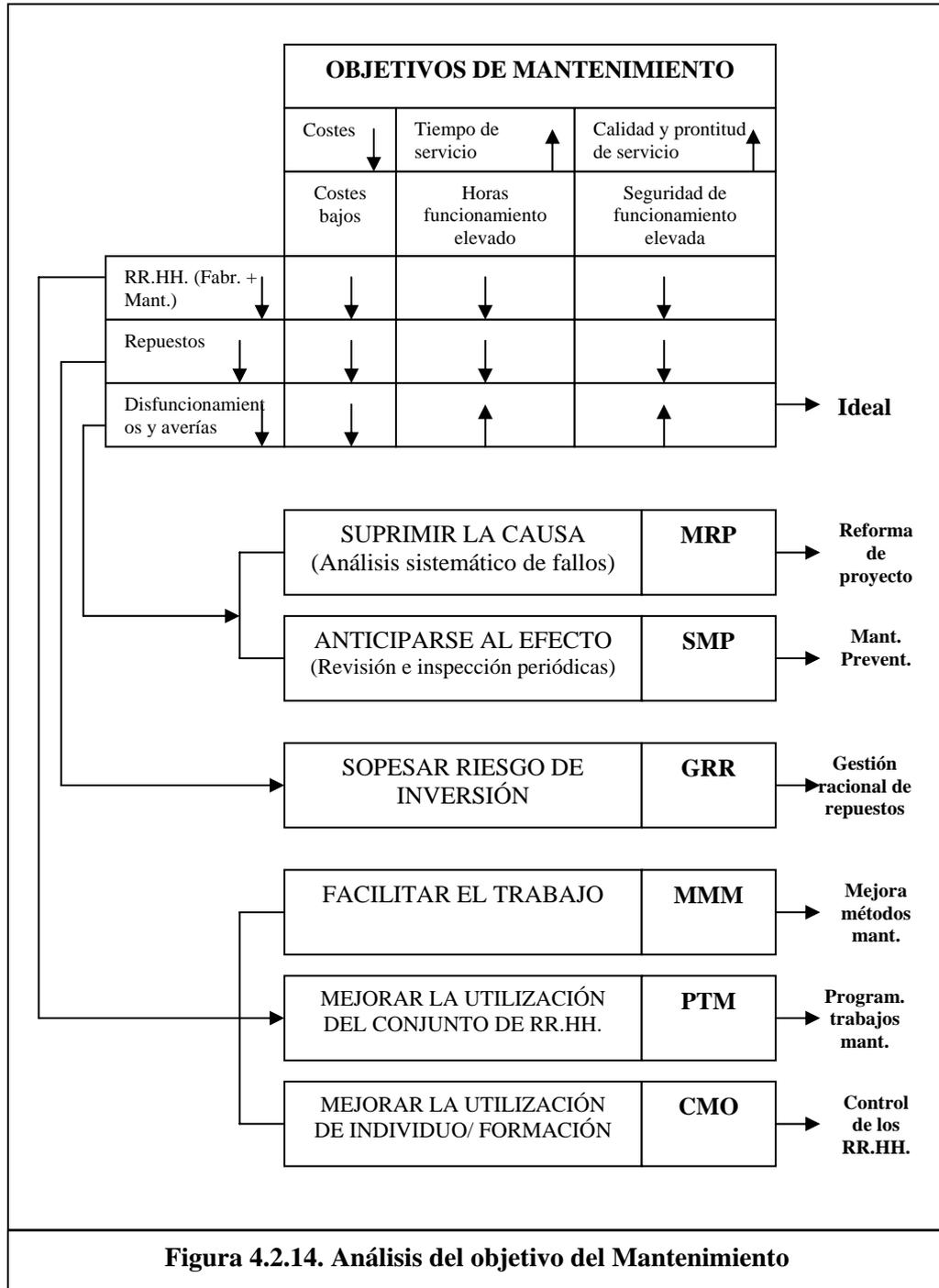
En el contexto del TPM se llama a este índice  $I_p$ : *rendimiento operacional* de una línea de producción.

Evidentemente la obtención de un  $I_p$  elevado deberá ser el objeto principal de la empresa y está en consonancia con los objetivos propios del mantenimiento:

- ❖ Mejorar los plazos de entrega (disponibilidad).
- ❖ Ganar en flexibilidad y simplificar la planificación del mantenimiento.
- ❖ Canalizar recursos improductivos hacia inversiones de mejora de procesos.
- ❖ Permitir una mejor gestión de la calidad y de los costes.

Otro de los objetivos es el de conseguir un equilibrio entre los costes de indisponibilidad y los costes de los recursos de mantenimiento que se disponen para controlar esta indisponibilidad. Estos costes se clasifican de la siguiente forma:

- **Costes de indisponibilidad.** Pérdida por indisponibilidad de materiales en servicio. Pérdida de producción durante el proceso de reparación en espera para reparación o debidas a mantenimiento preventivo.



- **Costes de recursos.** Recursos humanos asociados al mantenimiento correctivo y al mantenimiento preventivo, equipamiento de mantenimiento, consumo de repuestos y costes de espera.

El objetivo propio del mantenimiento en la mayoría de las situaciones industriales es minimizar la suma de los costes de indisponibilidad y de recursos. Y en el caso de Airbus, el coste de indisponibilidad puede variar ostensiblemente, por lo que se deberá disponer de la información de costes para que las decisiones de mantenimiento-producción se tomen con el detalle requerido y en el momento oportuno. Un *plan de mantenimiento* facilita las directrices bajo las cuales se llevarán a cabo las acciones de mantenimiento, este plan debe llevar a establecer un programa de mantenimiento preventivo y debe facilitar las directrices dentro de las cuales se pueden tomar las decisiones de mantenimiento correctivo.

La organización del mantenimiento establece el nivel, combinación y distribución de los recursos, la estructura administrativa y los sistemas de planificación de trabajos requeridos para permitir que la carga de trabajo, correctivo y preventivo, sea gestionada de la manera más eficiente.

A continuación se muestra, a modo de resumen, los seis conceptos en los cuales se pueden englobar todos los objetivos concretos de la función de Mantenimiento.

1. Producción máxima:

- Mantener la capacidad de las instalaciones.
- Asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones.
- Reparar las averías con el mínimo tiempo y coste.

2. Mínimo coste:

- Reducir al máximo las averías.
- Alargar la vida útil de las instalaciones.
- Reducir el inmovilizado de repuestos n almacén.
- Reposición de los equipos en el momento adecuado.
- Mantener unos costes anuales regulares.
- Colaborar en la optimización y puesta al día de las operaciones y los procesos.
- Mantener la plantilla en el mínimo necesario y asegurar su productividad.

3. Calidad exigida:

- Mantener una marcha regular de la fabricación sin paros ni distorsiones.
- Eliminar las averías que afecten a la calidad del producto.
- Mantener en perfecto estado los equipos que aseguran la calidad final del producto.

4. Conservación de la energía:

- Controlar el rendimiento energético de los equipos.

5. Conservación del medio ambiente:

- asegurar la estanqueidad de los elementos susceptibles de producir fugas contaminantes.
- Evitar averías que paralicen las instalaciones correctoras de posibles poluciones.

6. Higiene y seguridad en el trabajo:

- Asegurar que el funcionamiento de los equipos sea el adecuado.
- Mantener las protecciones de los equipos.
- Informar y formar al personal de los posibles riesgos de accidentes y la prevención de los mismos.

Como se puede observar tras esta lista de acciones, la misión del Mantenimiento no puede reducirse simplemente a reparar averías. Intentar conseguir todos estos objetivos simultáneamente sería lo mismo que conseguir un único objetivo: **calidad total de mantenimiento**.

Para seguir un proceso lógico de avance en los objetivos, se pueden distinguir tres períodos al final de los cuales deberían haberse conseguido unos objetivos para poder alcanzar los restantes. Los tres períodos y sus objetivos serían:

- ❖ *A corto plazo*: Reparación de averías con el mínimo tiempo, mínimo coste y calidad necesaria.
- ❖ *A medio plazo*: Marcha regular de las instalaciones con el mínimo coste.

- ❖ *A largo plazo:* Mantener en buen estado las instalaciones, alargando su vida útil con los mínimos medios humanos y materiales.

Resumiendo, se puede decir que los medios a emplear por Mantenimiento para lograr sus objetivos son tres:

- Un sistema de Mantenimiento Preventivo y de Mejora.
- Una acertada gestión de repuestos.
- Un empleo racional de los recursos humanos de fabricación y de mantenimiento, integrando éste en aquella.

Teniendo en cuenta que el problema del mantenimiento es de naturaleza compleja y cambiante, no sólo es necesario establecer un plan y una organización, sino que también hay que implantar un *sistema de control* para asegurar que dicha planificación y organización están continuamente al día. Dicho sistema tendrá tres funciones principales interrelacionadas:

*Control de la carga de trabajo.* Es función de la organización del mantenimiento el ajustar los recursos humanos, los repuestos y los equipos a la carga de trabajo del mantenimiento correctivo y preventivo. Esta función incluye la localización de los fallos de la planta, la determinación de las acciones correctivas necesarias, el establecimiento de prioridades, y la coordinación y control del personal, repuestos y equipos de mantenimiento.

*Control del estado de la planta.* Necesario para conseguir un funcionamiento óptimo de la planta a largo plazo y su función es identificar los problemas más importantes, diagnosticar causas y dar soluciones. A este respecto, la modificación de la política de mantenimiento preventivo es sólo una de las numerosas acciones alternativas que optimizarían el funcionamiento de la planta. Otras son el rediseño de los equipos y los cambios en la política de producción. En la toma de decisiones del mantenimiento correctivo es un requisito esencial para tal organización la eficaz retroalimentación, procesado y análisis de los fallos y costes asociados. Una función adicional de las investigaciones de averías y costes es la comunicación de la información al fabricante del equipo para su incorporación a futuros diseños. Aunque el control del estado de la planta debiera realizarse durante toda la vida del equipo, la mayoría de los resultados se deberían conseguir en los primeros años.

*Control de costes.* Normalmente integrado en el conjunto del sistema de control de costes de la empresa. Sus funciones en el caso de mantenimiento debieran ser:

- Identificar las áreas de alto coste de la planta.
- Monitorizar la tendencia de la efectividad del mantenimiento.
- Suministrar información para la toma de decisiones de mantenimiento.
- Facilitar la realización del presupuesto de mantenimiento.

Para recopilar la información de costes se divide la planta en áreas conocidas como centros de coste y, se asigna cada equipo a uno de ellos.

Para facilitar la identificación y el proceso de datos, se usa un código numérico del equipo (ver punto 3.3. *Codificación de los medios productivos*).

### **4.3. Organización y políticas de mantenimiento.**

#### **4.3.1. Introducción.**

La organización de los recursos de mantenimiento para una carga de trabajo variable constituye un complejo problema de gestión que implica a las tres áreas de la organización que se ocupan de establecer la toma de decisiones, esto es, aquellas relacionadas con:

- La variedad, localización y tamaño de los recursos (recursos humanos, repuestos, equipamiento) de mantenimiento.
- El tipo y la naturaleza de la estructura de Mantenimiento.
- Los sistemas de planificación y programación necesarios para ajustar los recursos a la carga de trabajo.

Las organizaciones de mantenimiento pueden adoptar infinidad de formas, siendo la mejor, para cada caso en particular, la determinada por una consideración sistemática de los factores influyentes, mucho de los cuales están interrelacionados.

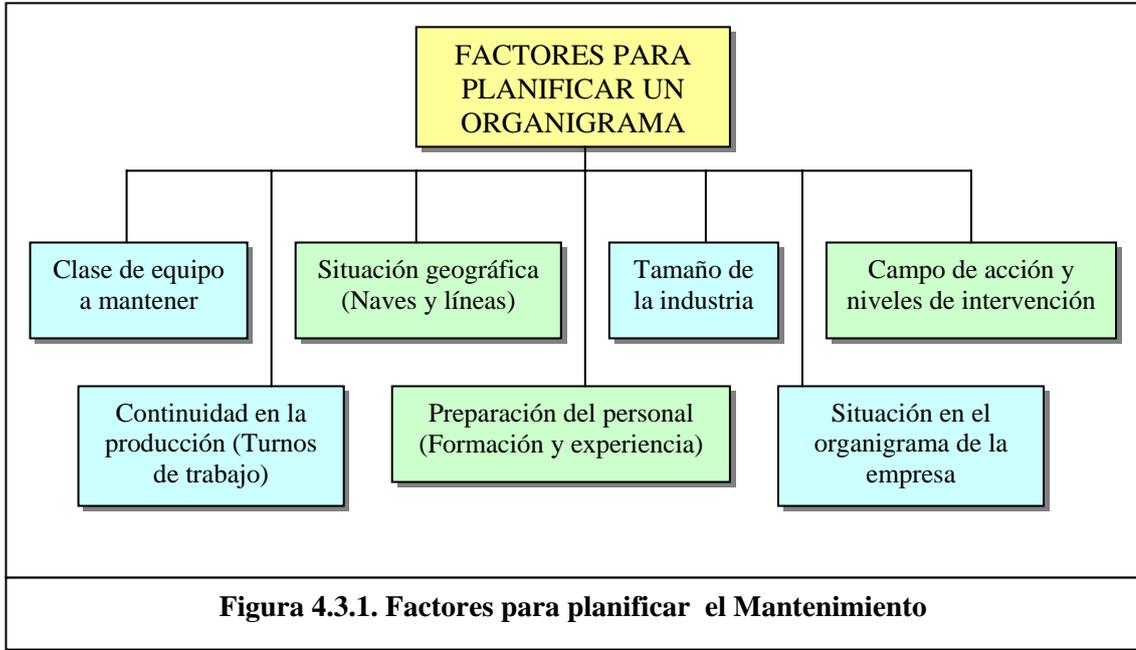
#### **4.3.2. Factores para planificar el organigrama de la empresa en relación al mantenimiento.**

Como ya se comentó en el punto 2.2. *Organización de la planta de Airbus España S.L. (Puerto Real)*, la función de Mantenimiento en el organigrama de Airbus es dependiente de la función de producción, y debido a los inconvenientes que ya se plantearon, en el presente proyecto se propone una forma distinta de organización del Mantenimiento dentro del organigrama de la empresa.

Al planificar una organización del Mantenimiento se han de considerar ciertos factores, entre los que se destacan los siguientes (Figura 4.3.1):

- clase de equipo a mantener
- turnos de trabajo
- tamaño de la industria
- situación de las naves de producción

- campo de acción asignado al mantenimiento
- nivel de formación-cualificación y experiencia del personal de fabricación y mantenimiento
- niveles de intervención



**Figura 4.3.1. Factores para planificar el Mantenimiento**

#### ● CLASE DE EQUIPO A MANTENER.

Como ya se vio en el apartado 3. *Descripción de los Medios Productivos en Airbus Puerto Real*, los equipos o instalaciones a mantener pasan de ser simples gradas manuales sin ningún tipo de complejidad, a células de producción integradas, las cuales son altamente complejas y cuyo mantenimiento debe ser planificado más concienzudamente.

#### ● TURNOS DE TRABAJO.

En el apartado 2 de *Diagnóstico de la gestión del mantenimiento*, ya se comentó que hoy día Airbus trabaja a dos turnos, con lo que las operaciones de mantenimiento que no se puedan realizar en horas de producción, se podrían realizar en el turno de noche que es cuando la planta no produce.

Ahora bien, el problema surge cuando el equipo o instalación a la que se deba llevar a cabo una operación de mantenimiento se encuentre ocupada por un elemento (timón, cajón, revestimientos...). Debido a ello será de vital importancia el

que exista una buena comunicación entre el departamento de Mantenimiento y el departamento de Producción.

#### ● SITUACIÓN DE LAS NAVES DE PRODUCCIÓN.

La factoría de Airbus Puerto Real se encuentra dividida en tres naves de montaje, dos de pintura y una de recepción. Intentándose en todo momento que todas las etapas de montaje de un mismo elemento se encuentren lo más cercanamente posible, en virtud a facilitar el flujo de materiales y con el fin de ahorrar tiempo y energía en el movimiento de las piezas. Ver figura 4.3.2.

#### ● TAMAÑO DE LA INDUSTRIA.

Como ya se comentó anteriormente, la planta cuenta con más de 500 empleados directos, además de la gran cantidad de empresas subcontratadas.

Por otra parte, hoy día, en dicha factoría se llevan a cabo multitud de procesos de montaje de las diferentes estructuras que formarán parte de los aviones Airbus (ver apartado 1. *Presentación*, para conocer los distintos productos de la empresa), por lo que posee un número importante de equipos o medios productivos a los cuales aplicar operaciones de mantenimiento.

Por lo tanto, Airbus Puerto Real se puede considerar como una gran empresa con una gran carga de trabajo y, a causa a ello con una gran cantidad de trabajos relacionados con el mantenimiento.

#### ● CAMPO DE ACCIÓN ASIGNADO AL MANTENIMIENTO.

El departamento de Mantenimiento es responsable del mantenimiento industrial de los medios productivos y, como ya se comentó en el apartado 2. *Diagnóstico de la gestión del mantenimiento*, queda excluido el mantenimiento de utillaje y el mantenimiento de planta.

Es decir, el objeto de las tareas de mantenimiento serán las gradas manuales, las gradas automáticas y las CPI's, así como algunas máquinas o instalaciones que no entran dentro de ninguna de estas clasificaciones.

#### ● NIVEL DE FORMACIÓN-CUALIFICACIÓN Y EXPERENCIA DEL PERSONAL DE FABRICACIÓN Y MANTENIMIENTO.

El personal relacionado con el mantenimiento en la planta de Airbus puede clasificarse en tres grupos:

- *Personal de mantenimiento propio de Airbus.* Con elevados conocimientos de gestión, organización y planificación del mantenimiento.

- *Personal de mantenimiento de las empresas subcontratadas.* Para los cuales Airbus exige que tengan una elevada preparación técnica en cuestiones de mantenimiento, ya sea en reparaciones de averías o para realizar operaciones de mantenimiento preventivo.
- *Personal de producción.* Los cuales tienen grandes conocimientos en cuanto a montaje de estructuras de fibra de carbono se refiere pero, sin embargo, poseen escasos conocimientos de tareas de mantenimiento. Debido a ello, si en el futuro se pretende implantar el mantenimiento autónomo o automantenimiento que predica el TPM, será de vital importancia la formación en cuestiones de mantenimiento de dichos operarios de producción.

#### ● NIVELES DE INTERVENCIÓN.

Como ya se vio en el apartado 4.2.4 *Gestión del mantenimiento*, en el presente proyecto se propondrá, dentro de la metodología del TPM, los cinco niveles de intervención:

##### **Primer Nivel TPM: Automantenimiento**

- ✓ Primera intervención ante una incidencia (vigila el comportamiento de las máquinas).
- ✓ Colabora con los especialistas de Mantenimiento.
- ✓ Cuida y maneja la instalación y su entorno.
- ✓ Realización del primer nivel de Mantenimiento Preventivo.

##### **Segundo Nivel TPM: Especialistas**

- ✓ Especialistas electromecánicos.
- ✓ Especialistas en automatismos.
- ✓ Primer diagnóstico y reparación.
- ✓ Colabora con Mantenimiento Central.
- ✓ Realiza el segundo nivel de operaciones de Mantenimiento Preventivo.

##### **Tercer Nivel: Profesionales de Mantenimiento**

- ✓ Mantenimiento Condicional.
- ✓ Mantenimiento Preventivo en tercer nivel.
- ✓ Intervención en la reparación de averías complejas.

- ✓ Realiza propuestas de mejoras de máquinas.

#### **Cuarto Nivel: Técnicos de mantenimiento**

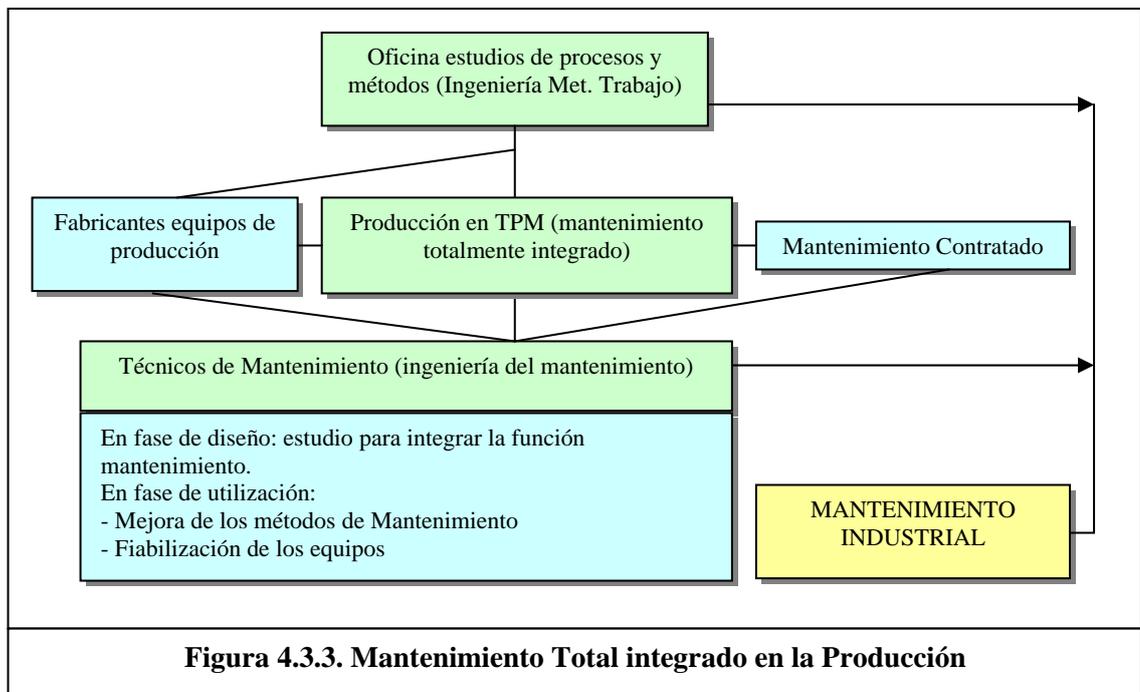
- ✓ Participa en nuevos proyectos de equipos.
- ✓ Participa en la recepción y puesta en marcha.
- ✓ Asegura el funcionamiento continuo.
- ✓ Estudia mejoras y modificaciones.
- ✓ Estudia y optimiza gamas de Mantenimiento Preventivo.
- ✓ Control de Mantenimiento Contratado.

#### **Quinto Nivel: Mantenimiento Contratado**

- ✓ Contrato de asistencia con fabricantes de equipos especiales y de alta tecnología.
- ✓ Contrato de Mantenimiento con empresas exteriores especializadas como ayuda a los niveles 3 y 4,
- ✓ Contratos de formación específica.

### 4.3.3. Organigrama de la empresa.

Como Organigrama para la planta de Airbus Puerto Real, se propone una evolución del *Mantenimiento integrado en la Producción en diferentes niveles de intervención*, que se denomina **Mantenimiento Total integrado en la Producción**, donde se incorpora la interrelación de la organización con los fabricantes de los equipos de producción y con el Mantenimiento Contratado, habiéndose integrado en la Fabricación el nivel de intervención de profesionales por un desarrollo total del TPM (Mantenimiento Productivo Total), en donde los propios operarios de la fabricación estarán capacitados para realizar las tareas de mantenimiento de sus propios equipos.



En esta forma de organizar el mantenimiento, los operarios de los equipos son los encargados de realizar los trabajos de mantenimiento rutinarios y cuando sean necesarias tareas de mantenimiento más especializadas, se recurre al personal de mantenimiento. Éste personal de mantenimiento estará formado por personal propio de Airbus y por personal de las empresas subcontratadas.

Por otra parte, para que el organigrama propuesto sea eficiente, deberá haber una continua comunicación entre el personal de Airbus con las empresas fabricantes de los equipos, de esta manera, se podrán introducir mejoras en los equipos de producción que hagan más fácil el mantenimiento de los mismos.

#### **4.3.4. Política de mantenimiento.**

En la empresa se toman decisiones constantemente. Algunas de ellas son intrascendentes, pero la mayoría tienen gran importancia y pueden condicionar el futuro de la misma. Además, estas decisiones son tomadas por variedad de personas de distintos departamentos y en momentos diferentes.

Todas las decisiones han de tener un nexo común para que el resultado de esta múltiple y continua acción lleve a la empresa hacia los objetivos que se pretenden conseguir. Este nexo no es más que la política, o la filosofía de actuación básica de la empresa, que marcada por la dirección ha de servir para conseguir unos objetivos empresariales óptimos.

El mantenimiento, como cualquier otro factor de importancia relevante, debe estar orientado hacia la consecución de los objetivos de la empresa y de acuerdo con la política general de la empresa.

El problema existe cuando falta esta política de mantenimiento y las decisiones se toman en base a razones históricas no revisadas o simplemente no se toman. En este último caso, las actuaciones de mantenimiento se realizan a instancia de los propios operarios de planta o incluso del departamento de mantenimiento, pero sin encajar en ningún plan general. Es decir, se improvisa.

Es necesario aplicar al mantenimiento una política que esté conforme a los objetivos básicos de la empresa y que permita, en cada caso, optimizar los recursos productivos existentes. De tal forma que se optimicen:

- Fiabilidad de los equipos.
- Coste derivado del mantenimiento de los equipos.
- Calidad de producción.
- Servicio al cliente (plazo adecuado).

#### **4.4. Planificación del mantenimiento correctivo.**

##### **4.4.1. Introducción.**

Cuando se habló de mantenimiento correctivo, se hacía referencia al que se utilizaba después de la avería, siendo sus principales operaciones el desmontaje y montaje de piezas o conjuntos averiados y su posterior reparación, los ajustes o reglajes, la reconstrucción de maquinaria, la ejecución del mantenimiento modificativo, etc. en resumen se puede decir que es la parte ejecutante de mantenimiento.

El correctivo puede aparecer por las averías que surgen en la instalación o bien a requerimiento de los otros tipos de mantenimiento. En el primer caso su actuación sería de manera aleatoria en función del estado de las máquinas y en la segunda aparecería de una manera programada.

Como ya se comentó anteriormente, en la planta, el mantenimiento correctivo es el que se aplica en la mayoría de los casos, bien porque las averías aparecen de forma aleatoria, en cualquier momento y en cualquier equipo, o bien porque no existe especial interés en la aplicación de otro tipo de mantenimiento debido a la simplicidad del medio productivo (como ocurre en el caso de las gradas manuales).

Además, el mantenimiento correctivo comprende las mejoras realizadas sobre el equipo o sus componentes a fin de facilitar y realizar adecuadamente el Mantenimiento Preventivo. En este tipo de mantenimiento estarían las mejoras efectuadas para solucionar los puntos débiles del equipo.

Ahora bien, el mantenimiento correctivo deberá planificarse en la medida de lo posible, con el objeto de que las tareas de reparación duren el menor tiempo posible y, por lo tanto, para la organización de este tipo de mantenimiento debe tenerse en cuenta su carácter aleatorio y el programado. En cualquiera de los dos casos, la manera de optimizarlo pasa por la *preparación de los trabajos a realizar*.

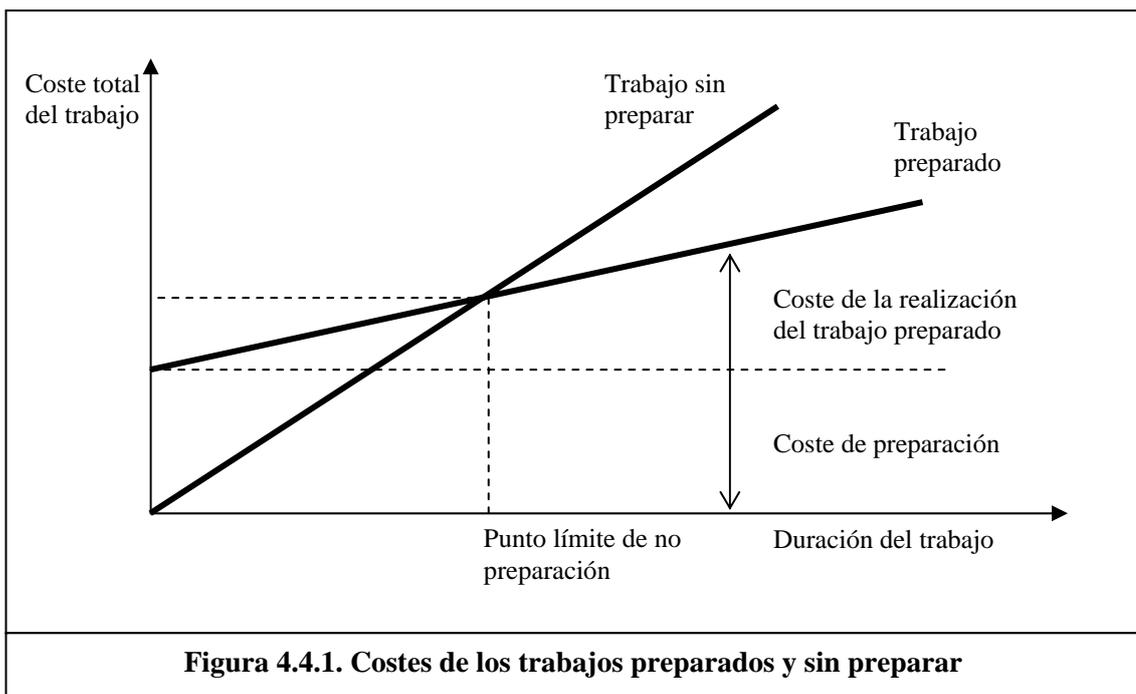
#### 4.4.2. Preparación de los trabajos de mantenimiento correctivo.

Aunque cada avería es diferente a la siguiente, las operaciones de desmontaje y montaje de la totalidad o partes de la máquina son siempre las mismas. Así mismo, existen reparaciones “tipo” que se emplean en diferentes equipos. Basándose en estas dos características, se puede realizar gamas de trabajo y procedimientos de reparación.

Las gamas de trabajo consisten en la descomposición del trabajo en las diferentes operaciones que conlleva. Para cada operación se describe la especialidad que lo realiza, los útiles y medios necesarios y los materiales de repuesto.

Los procedimientos de reparación se basan en describir las técnicas empleadas normalmente para cada tipo de avería y que pueden emplearse en varios equipos. Como ejemplos sirven los procedimientos de apriete de los tornillos de los equipos, el vaciado de los purgadores de agua de los Tricepts, etc.

La realización de las gamas de trabajo debe ser una labor en equipo entre los operarios y los técnicos, dado que unos son los que realizarán el trabajo y los otros los que lo supervisarán. En cuanto a los procedimientos, deben ser los técnicos quienes los elaboren y den a conocer a todo el personal.



Antes de comenzar un trabajo se debe coger la correspondiente gama de montaje y desmontaje así como los posibles procedimientos a utilizar. Con esta documentación se preparan las piezas de repuesto, las herramientas, etc.

La preparación requiere un tiempo adicional antes de la realización que supone un coste añadido al trabajo. En función del tipo de trabajo, este coste se compensará con una menor duración de la ejecución pero para otros trabajos o será rentable. Si se observa la gráfica 4.4.1 en la que se representa el coste de un trabajo preparado y sin preparar en función de la duración, se observa que existe una duración a partir de la cual es rentable preparar el trabajo.

Si se analiza todos estos trabajos se pueden dividir en dos grupos, los sencillos y los complejos. Los sencillos corresponden a trabajos de corta duración que pueden ser ejecutados en el propio lugar de la avería y que no precisan de varias especialidades. Estos trabajos son aproximadamente el 70% del total y su costo representa el 30%. Los trabajos complejos son aquellos que representan una duración mayor a 8 horas y en los que están involucradas varias especialidades. Este tipo de trabajo supone un 30% y su coste se eleva al 70%.

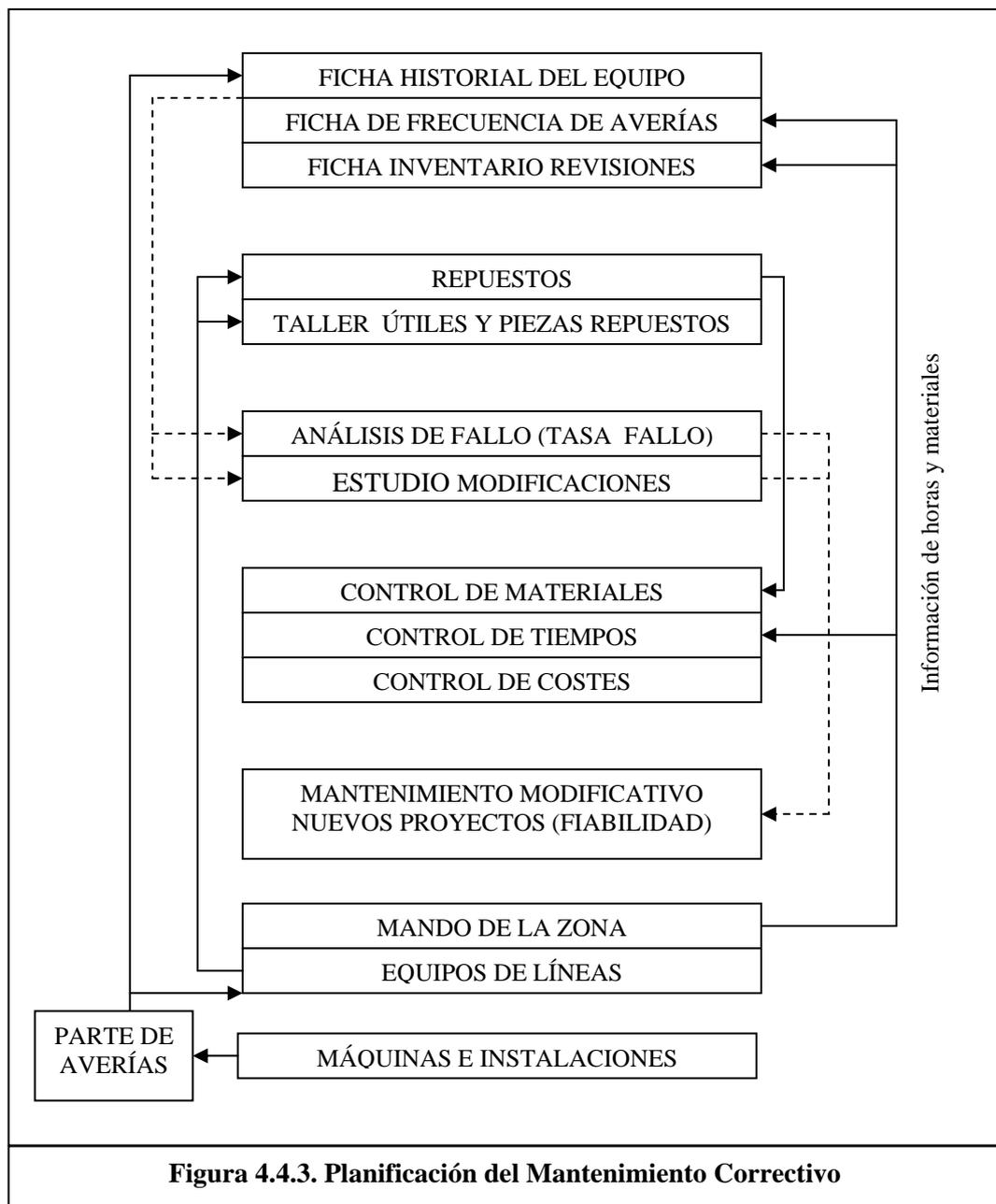
Por otra parte, como ya se ha comentado, en Airbus se diferencian los trabajos por el grado de urgencia para su realización. Se establecen las cuatro categorías que se mostraban en la figura 2.4.5.

La unión de estos dos conceptos, tipo de trabajo y urgencia, define qué trabajos se deben preparar total o parcialmente y cuáles no (Figura 4.4.2).

<b>Urgencia</b>		<b>Sencillos</b>	<b>Complejos</b>
Otros Trabajos		NO	PARCIAL
Fugas o Problemas de Fabricación sin paro		NO	PARCIAL
Disminución fabricación o Riesgo Accidente Leve		PARCIAL	COMPLETA
Parada Fabricación o Riesgo Accidente Grave		COMPLETA	COMPLETA
<b>Figura 4.4.2. Preparación de los trabajos</b>			

La preparación parcial consiste en repasar mentalmente las diferentes operaciones y analizar al menos los materiales necesarios y las especialidades que intervienen. La preparación total exige realizar por escrito el desglose de las operaciones y la lista de materiales y herramientas, así como el planning con las diferentes especialidades y la duración de las operaciones. Parte de este trabajo puede estar hecho si se han desarrollado gamas de trabajo y procedimientos.

Por otra parte, muchos de los trabajos de Mantenimiento Correctivo pueden pasarse a Mantenimiento Autónomo. Con esta política no sólo se libera de carga de trabajo al Mantenimiento Correctivo sino que se realiza un mantenimiento más eficaz.



#### 4.4.3. Factores del mantenimiento correctivo.

Como ya se vio en el segundo apartado del proyecto, en la planta hoy por hoy sólo se cumplimentan Solicitudes de trabajo a mantenimiento y el historial de averías, pero de una manera incompleta.

En el presente apartado se propondrá una serie de documentos a rellenar por el distinto personal de Airbus con el fin de mejorar la eficiencia de los trabajos de Mantenimiento Correctivo e intentar eliminar, en la medida de lo posible la aparición de averías y paradas imprevisibles.

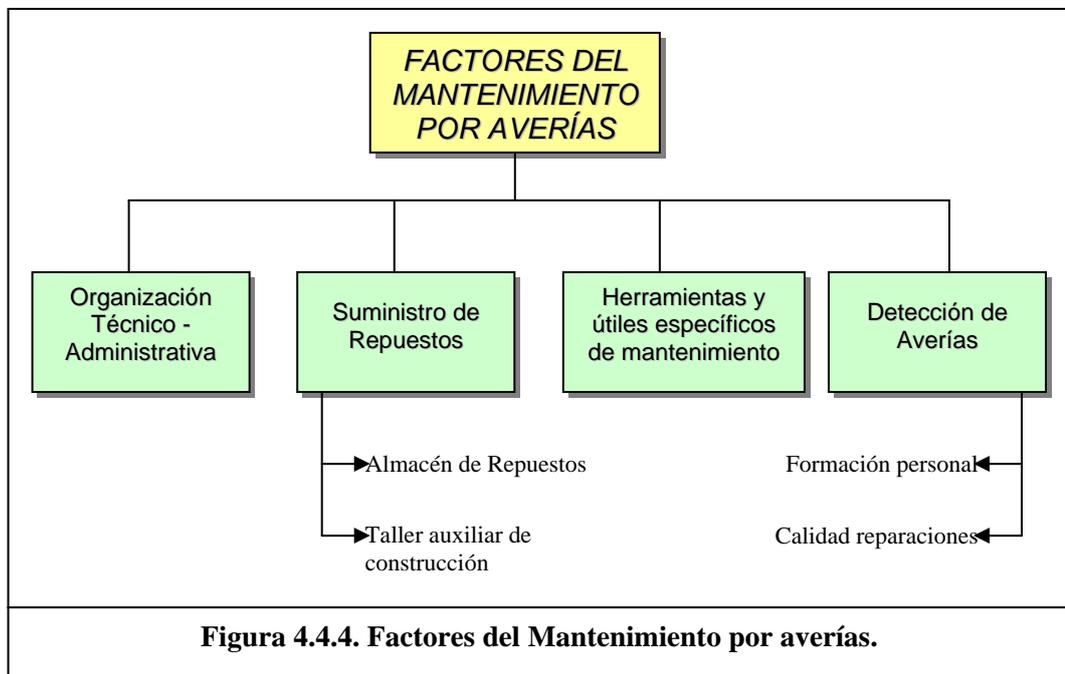


Figura 4.4.4. Factores del Mantenimiento por averías.

#### Organización técnico-administrativa.

A continuación se detallan los documentos necesarios y los datos que deben recoger cada uno de ellos para una adecuada planificación del Mantenimiento Correctivo.

##### 1. Solicitud de trabajo a mantenimiento.

La solicitud de trabajo a mantenimiento que posee Airbus y que se comentó en el segundo apartado no es necesario que sufra ningún tipo de modificación, ya que los datos que se cumplimentan bastan para conocer las características de la avería y son suficientes para realizar la reparación pertinente.

## **2. Parte de Reparación de avería.**

El parte de reparación de averías deberá ser generalizado y debe ser cumplimentado para toda reparación realizada en la planta. En dicho documento se recogerán los siguientes datos:

- Datos de la intervención.
- Mano de obra utilizada.
- Materiales y repuestos utilizados.
- Tiempo de reparación.
- Incidencias.

Posteriormente, como ya se comentó, se deberá hacer una valoración:

- En costes de mano de obra empleada en la reparación.
- De material y repuestos empleados.
- Total de la reparación.

## **3. Historial de averías.**

El historial de averías deberá realizarse tanto en formato papel como en formato electrónico y se cumplimentarán los datos que se recogen hasta ahora más datos de tiempo e importes, y serían los siguientes:

- Fecha y número del parte de averías
- Órgano donde estuvo localizada la avería
- Detalle de los trabajos realizados
- Horas de parada de la máquina o instalación
- Horas de intervención
- Importe de la mano de obra empleada
- Importe de los materiales y repuestos empleados
- Importe total de cada reparación

### **Taller auxiliar de apoyo logístico.**

Es evidente que la disponibilidad inmediata de la pieza de repuesto para sustituir en buen estado a la averiada, reducirá el tiempo de reparación de la avería y, como consecuencia, el tiempo de parada del equipo afectado.

La máxima previsión contra las paradas por averías sería, teóricamente, la existencia de un almacén con todos y cada uno de los elementos existentes en la maquinaria que se encuentra en producción. No cabe duda que conseguir este óptimo grado de seguridad es imposible y antieconómico, ya que representaría tener invertido un capital inmovilizado muy fuerte y corresponde a una teoría enfrentada a las tendencias actuales.

Debido a ello, el almacén ha de disponer de los repuestos tanto estándares como específicos de cada máquina o equipo sujetos a posibles desgastes o roturas, mientras que para los desgastes o roturas no previstas, un servicio de mantenimiento ha de disponer de un taller auxiliar propio o contratado que ayude a la construcción de los repuestos solicitados y sin existencias en el almacén.

Los talleres auxiliares de mantenimiento son una de la bases para lograr una reparación organizada o un mantenimiento preventivo bien planificado.

Los factores a considerar para la creación de taller auxiliar propio son los siguientes:

- El conjunto del taller debe producir con costes mínimos dentro de la máxima calidad.
- La maquinaria debe limitarse al mínimo necesario para una adecuada atención a los problemas de mantenimiento y ha de ser de la máxima calidad para garantizar los trabajos solicitados.
- No ha de intentarse fabricar repuestos específicos de máquinas e instalaciones, los cuales pueden ser suministrados por los propios fabricantes de dicha maquinaria.
- Los talleres auxiliares de mantenimiento deben estar ubicados junto al almacén de piezas de repuesto y de materiales en bruto, debiendo ser esta situación en posición geográfica lo más coincidente con el centro de gravedad de la maquinaria productiva.
- Deben estar preparados para efectuar grandes revisiones en los sistemas productivos.

**Suministro de repuestos.**

Hay casos en que la reparación puede consistir en un simple ajuste o puesta a punto de algún componente o conjunto de la máquina o equipo afectado, sin necesidad de sustituir dicho elemento. Pero en la mayoría de los casos, tanto si la reparación es por rotura o desgaste como si es preventiva, ha de reemplazarse el elemento averiado por uno nuevo, aunque el primero pueda ser recuperado o reconstruido. Para documentar esta utilización del elemento de repuesto se puede utilizar un vale de materiales similar al mostrado a continuación.

<b>Razón social</b>		<b>VALE DE MATERIALES</b>			<i>Nº 101080</i>	
Nº de Referencia	DENOMINACIÓN	Cantidad	Equipo	Precio Unitario		
Establecido por:	Observaciones:	Nº solicitud de trabajo		Código		
Firma:						
Fecha:		Firma		Fecha		

**Figura 4.4.5. Vale de materiales**

## 4.5. Planificación del mantenimiento preventivo.

### 4.5.1. Introducción.

Para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo en la planta, es necesario hacer un plan de seguimiento para cada equipo. En este plan se especifican las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia con las que se realizarán. Al detectar cualquier anomalía se estudia su causa y se programa para realizar las reparaciones que correspondan.

La realización de estos seguimientos implican un coste adicional; sin embargo, el número de anomalías que detectan antes de que se conviertan en averías justifica plenamente su implantación.

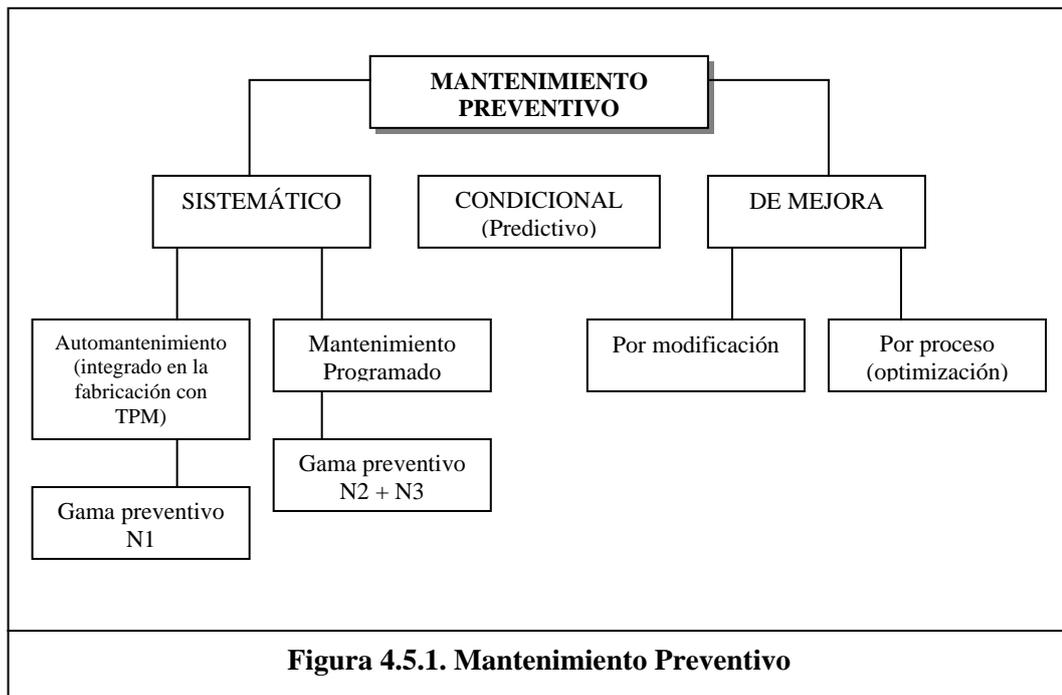


Figura 4.5.1. Mantenimiento Preventivo

#### **4.5.2. Plan de mantenimiento preventivo.**

La gestión del mantenimiento preventivo desarrollado a través del automantenimiento o mantenimiento autónomo y el mantenimiento programado está basada en la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo único para cada equipo o instalación existentes.

Un plan de mantenimiento preventivo se compone así de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación en términos de:

- Limpieza
- Control
- Visita de inspección
- Engrase
- Intervenciones de profesionales de Mantenimiento, etc.

para mantenerla en su grado de origen o de referencia.

El plan de mantenimiento preventivo permite tener una visión global y concreta de todas las acciones de preventivo previstas para una instalación determinada. Asimismo, permite hacer los enlaces esenciales entre los diferentes órganos o componentes de una máquina que deben cumplir con la misma función técnica, por lo que es un documento que permite considerar a una máquina como un conjunto de funciones que deben cumplir una misión dada y no como un conjunto de componentes, por lo que se planifican acciones de diferentes especialidades con las mismas funciones y con la misma frecuencia.

En estos momentos el autor del presente proyecto, junto con personal de Airbus, están mejorando el plan de mantenimiento preventivo de la factoría, concretamente a las gradas automáticas y a las CPI's, ya que como ya se ha comentado anteriormente, las gradas manuales apenas tienen mantenimiento preventivo.

Dicha mejora consiste en la planificación de las tareas a realizar a cada uno de los equipos, teniendo en cuenta su frecuencia, material que se utiliza, etc.

### ***Inventario de los equipos existentes.***

El inventario se realiza para conocer el número y características de los equipos o instalaciones a las cuales se les va a aplicar el Plan de Mantenimiento Preventivo. Los datos que se deben recoger de cada máquina pueden ser los siguientes:

- ✓ Número de referencia o codificación.
- ✓ Denominación usual.
- ✓ Emplazamiento o localización (nave, línea de producción...)
- ✓ Año de adquisición, recepción, instalación y puesta en marcha.
- ✓ Constructor, vendedor o representante más significativo.
- ✓ Referencia y número de serie del fabricante.
- ✓ Características básicas.
- ✓ Coste de adquisición o inversión aplicada.
- ✓ Plan de mantenimiento preventivo y normas de revisión.
- ✓ Instrucciones del fabricante.
- ✓ Consumo de diferentes energías y características de los motores eléctricos.
- ✓ Costes anuales de mantenimiento.
- ✓ Datos históricos tomados de la experiencia.

Ha de emplearse exclusivamente el método de ficha individual. La identificación de cada equipo exige una numeración o codificación (ver apartado 3.3. *Codificación de los medios productivos*).

Si el equipo contiene complementos complejos, por ejemplo: CNC, motores de C.C., brazos robotizados, etc, la ficha del equipo deberá contener la referencia de las fichas de cada uno de estos componentes complejos.

En la página siguiente se muestra una ficha de inventario tipo para cada uno de los equipos productivos.

FICHA DE INVENTARIO			
Denominación habitual del equipo:			
Codificación:		Asignada al departamento:	
Nº Equipo:		Asignada centro de coste:	
Marca:		Asignada a la línea:	
Tipo:		Asignada a la célula:	
Nº fabricación:		Localización:	
Fabricante:		Asignada a la factoría:	
Fecha adquisición:		Pérdidas:	
Fecha recepción:		Peso:	
Fecha instalación:		Color:	
Puesta en marcha:		Potencia total:	
Criticidad:		Inversión:	
Básico o Complement:		Valoración:	
Principal o reserva:		Tipo Mant.:	
Contaminante:		Histórico nº:	

**Componentes del equipo:**

Cantidad	Denominación	Marca	Tipo	Fabricante	Datos técnicos

**Consumibles precisos:**

Cantidad	Denominación	Marca	Tipo	Fabricante	Datos técnicos

**Conexiones precisas:**

Cantidad		Denominación	Tipo	Datos técnicos
	Baja tensión			
	Aire comprimido			
	Alta tensión			
	Agua			
	Vapor			

**Mejoras introducidas:**

Fecha	Descripción de la mejora	Proveedores	ST de la mejora

**Histórico de incidencias y paradas.**

Como segundo dato, se debe tener todo el historial de averías y paradas que la máquina o instalación haya tenido desde su implantación en fábrica, con su consiguiente estudio de costes, tanto en apartado de recursos humanos como de materiales utilizados.

Razón social		<b>HISTORIAL DE AVERÍAS</b>			Equipo:		
					Código:		
Fecha	Localización de la avería	Nº parte de avería	Designación de los trabajos realizados	Horas trabajadas	Importe R.R.HH.	Importe Material	Importe total

<b>LISTADO DE REPUESTOS</b>			Equipo:	Máquinas similares		A	C
			Código:			B	D
Nº Plano	Referencia comercial	Denominación	Proveedor	Nº Plano	Referencia comercial	Denominación	Proveedor

### **Documentación Técnica.**

Por último, se debe poseer toda la documentación técnica disponible en cuanto a Mantenimiento se refiere, dictadas por el propio fabricante del equipo o instalación y por la experiencia a través de normas de revisión o instrucciones de explotación internas sobre el citado equipo.

En la planta se dispone de los siguientes manuales para cada uno de los equipos de producción:

- ❖ Manual de servicio y operación.
- ❖ Manual de seguridad.
- ❖ Manual de usuario y administrador.
- ❖ Manual de mantenimiento preventivo y correctivo.
- ❖ Dibujos mecánicos y repuestos recomendados.
- ❖ Esquemas neumáticos e hidráulicos. Localización de componentes y listas de material.
- ❖ Manual de elementos comerciales.

Dichos manuales deberán estar siempre actualizados, incorporándose en cada momentos los cambios que se introduzcan en el equipo y eliminándose los que se encuentren obsoletos.

### **El Ciclo PDCA en la gestión sistemática del plan de mantenimiento preventivo.**

En el funcionamiento y gestión sistemática del Plan de Mantenimiento Preventivo se puede practicar con la herramienta de la Calidad Total: el ciclo PDCA o círculo de Deming asociado al mantenimiento global.

Siendo cada una de las fases las que se comentan en la página siguiente:

#### ***P = Planificar:***

- a) Determinar lo que hay que hacer, es decir, construir el Plan de Mantenimiento Preventivo.
- b) Determinar la forma de hacerlo, es decir, elaborar las gamas y las fichas de automantenimiento y mantenimiento programado.

**D = Hacer (Do):** Poner el plan de mantenimiento preventivo en marcha, realizando las tareas y acciones, así como situar los medios de medida:

- a) Realizar las tareas de las fichas de automantenimiento y mantenimiento programado de acuerdo a los estándares fijados sobre las gamas especificadas.
- b) Medir los indicadores de las máquinas.

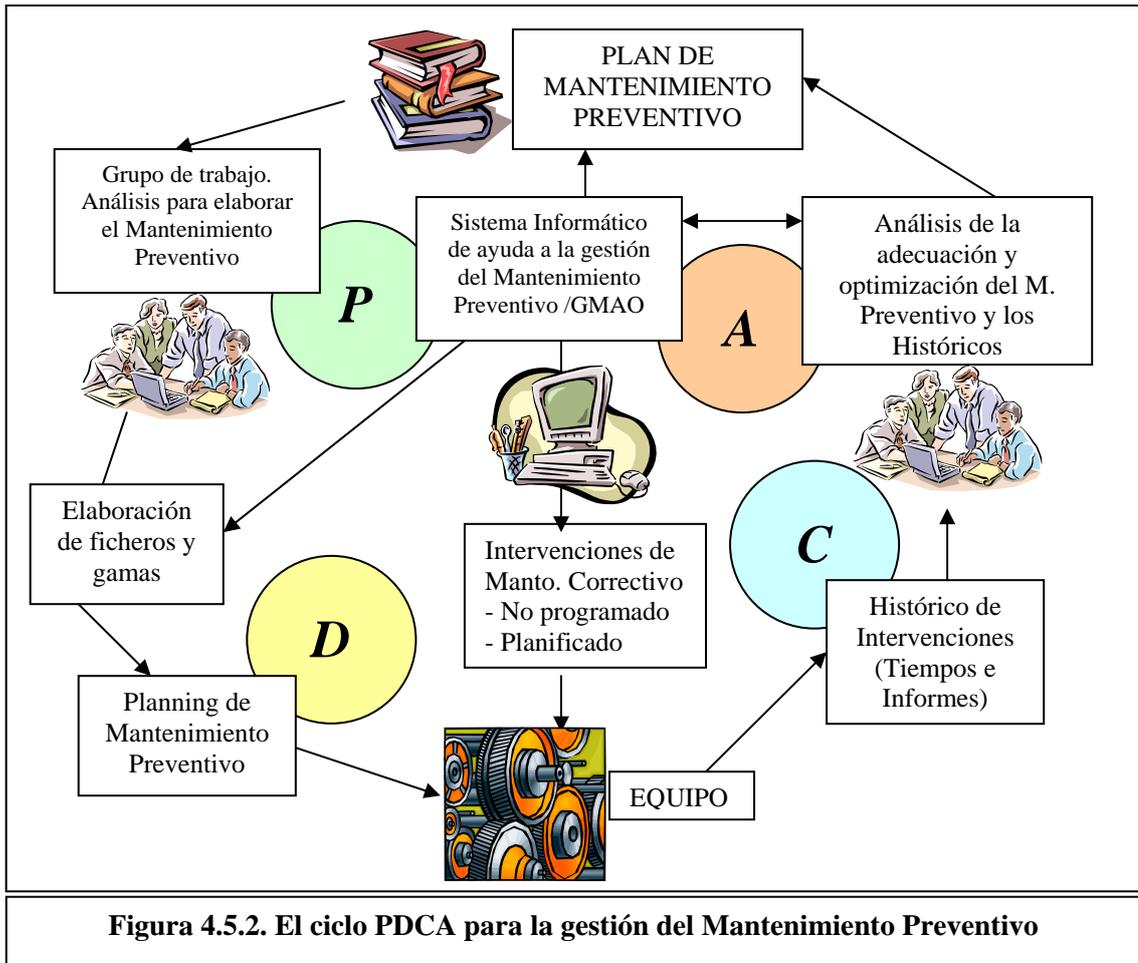


Figura 4.5.2. El ciclo PDCA para la gestión del Mantenimiento Preventivo

**C = Verificar (Check):** Evaluar los resultados y analizar las causas de las desviaciones.

- a) Seguir la evolución de los indicadores.
- b) Analizar la adecuación y coherencia entre el mantenimiento preventivo y dicha evolución.
- c) Estudiar mejoras y optimizar planes.

**A = Acción:** Implantar las mejoras y nuevos estándares así como nuevas normas de trabajo.

- a) Asentar y mantener lo que marcha bien, capitalizando experiencias para incorporar en nuevos equipos y máquinas.
- b) Hacer evolucionar lo que marcha bien y optimizar y poner al día el plan de mantenimiento preventivo para actualizar nuevos estándares o referenciales en fichas y gamas.

Toda esta tarea se puede integrar en un programa informático (GMAO) lo que facilitaría la arborescencia de los equipos (análisis de árbol de fallos) y la propia gestión del plan de mantenimiento preventivo elaborado en cada caso.

Un plan de mantenimiento preventivo exige una programación estricta, en la que no debe quedar ningún imprevisto por el cual haya de actuarse de una forma improvisada.

### **Gestión de las Operaciones de Mantenimiento Preventivo.**

Con el objeto de planificar el mantenimiento, se deben recoger todas las operaciones de mantenimiento preventivo, tanto las aconsejadas por el fabricante del equipo como las que se han añadido por la experiencia propia, en unas listas de actividades que se organizarán en función de su frecuencia y que se distribuirán en semanas. A medida que se vayan realizando dichas actividades, se deben ir recogiendo con el fin de tenerlas controladas en todo momento.

A continuación se muestra un ejemplo de lista de mantenimiento preventivo para uno de los equipos de la factoría (Remachadora y taladradora de bordes de salida de la Nave 2). Para ver todas las fichas del plan de mantenimiento preventivo de los equipos (CPI's), ver el apartado 10 Anexos I. Donde a modo de ejemplo se muestran las acciones que se han llevado a cabo en el mes de Octubre y donde se planifican las tareas a realizar en el mes de Noviembre.

Equipo:Remachadora BS (nave2)	Nave:2	Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D11	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
Bancada, cremallera, carro posicionador superior, eje remachador inferior, eje remachador inferior y pisachapas inferior. Engrase.	2M			X						
Comprobar el estado de limpieza y engrase del mecanismo de inserción de remaches.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S			X						

Donde la simbología es la siguiente:

X	Para indicar la semana exacta en la que se ha realizado la operación de Mantenimiento Preventivo.
	Un cuadro de este color indica que no se ha llevado a cabo la operación de mantenimiento Preventivo en dicho período de tiempo.
	Los cuadros de este color indican que la operación a la que hacen referencia fue realizada y el período que abarca, durante el cual no será necesario realizar de nuevo dicha operación.
	Un cuadro blanco significa que la operación no se ha realizado pero que, debido a su frecuencia, aún no es necesario realizarla.
	Este cuadro se utiliza para planificar las operaciones que serán necesarias realizar en el período de tiempo señalado.

En estas listas sólo se introducen las operaciones que deben ser llevadas a cabo por personal de mantenimiento y cuya frecuencia es semanal o mayor.

Para el caso de las operaciones de mantenimiento con una frecuencia diaria, se intentarán realizar mediante el mantenimiento autónomo o automantenimiento, el cual es realizado por el propio operario de producción.

Para la organización del automantenimiento ver el punto 5.4 *mantenimiento autónomo*. Y para ver las fichas de mantenimiento autónomo ver ANEXO I punto 10.3 *Mantenimiento autónomo*.

## **4.6. Gestión de los Recursos Humanos.**

### **4.6.1. Introducción.**

La selección del personal encargado de realizar el mantenimiento de la empresa no es una tarea fácil. Requiere cierta atención para encontrar las personas que mejor se adapten, teniendo en cuenta que el personal de mantenimiento no es como el del resto de los departamentos. Es gente que han de trabajar en pequeños grupos y enfrentarse a continuas improvisaciones, fuera de la rutinas de la planta. Realizan un trabajo oscuro en comparación con los trabajadores de producción, que cada día ven el fruto de su esfuerzo en el producto acabado.

En comparación con los trabajadores de otros departamentos de la empresa, las personas destinadas a formar parte del equipo de mantenimiento necesitan una formación más especializada y la vez más amplia, y forzosamente evolutiva con los avances tecnológicos de máquinas y equipos, además deberán reunir preferentemente una serie de características de personalidad en relación con la automotivación, el trabajo en equipo y las relaciones interpersonales. En especial los responsables.

En este momento, el personal de Mantenimiento de la planta que lleva a cabo la función de ejecución de las tareas de mantenimiento está formado exclusivamente por Oficiales 1ª, cuya característica principal es la polivalencia en los trabajos.

#### **4.6.2. Formación de los Recursos Humanos.**

La evolución tecnológica y la mejora de productividad han motivado profundos cambios en la organización de los recursos humanos de mantenimiento. Tradicionalmente era muy aceptada la distinción de las tres siguientes especialidades:

- Mecánicos.
- Eléctricos.
- Instrumentistas.

Cada una de estas se descompone a su vez en varia subespecialidades y además de éstas, existen otras que pueden ser necesarias y que no se engloban en las anteriores.

En la práctica, y según el tipo de instalación, no será operativo tener especialistas de todos los tipos. Se tienen entonces dos opciones: convertir el personal en polivalente o contratar la especialidad temporalmente apoyándose en empresas de servicios.

En el caso de Airbus Puerto Real, como ya se ha comentado, toda la mano de obra para las operaciones de mantenimiento se encuentra subcontratada permanentemente y su formación corre a cargo de Airbus, así que se intentará formar a dichos empleados en la polivalencia. Para las operaciones especiales de mantenimiento, se contratará temporalmente a una empresa especialista en la materia.

Fomentar la polivalencia en el personal influye en varios aspectos como la optimización de la plantilla. Un operario electromecánico será capaz no sólo de realizar las reparaciones mecánicas, sino también gran parte de las eléctricas. De esta manera se simplifica el número de intervinientes en una reparación, ganando e productividad.

A la hora de realizar el programa de formación en mantenimiento, se deben tener en cuenta las siguientes tres cualidades:

- Ser coherente con los objetivos del mantenimiento, es decir, según sean los objetivos asignados al mantenimiento así será el plan de formación.

- Ser permanentes y flexibles, con objeto de adaptarse a las nuevas tecnologías y cambios en los equipos de producción. No planear cursos aislados, sino con sentido de evolución.
- Ser rentables, es decir, debe esperarse de ellos un alto rendimiento y una productividad elevada.

En cualquier caso la obtención de buenos resultados estará muy ligada al grado de motivación y de interés por parte del personal que recibe la formación.

Por otra parte, la pirámide de organización del mantenimiento demanda niveles de formación acomodados a las diversas categorías y especialidades. Por ello se diferencia:

- ✓ Formación de mano de obra directa.
- ✓ Formación de mandos intermedios.
- ✓ Formación de jefes de mantenimiento.

Por último, hay que destacar la importancia de la formación de los operarios de producción en cuestiones de mantenimiento si se desea implantar el mantenimiento autónomo o automantenimiento. Ver 5.4. *Mantenimiento autónomo*.

### **4.6.3. Mantenimiento Contratado.**

En mantenimiento suele ser práctica habitual recurrir a empresas de servicios especializadas para la realización de los trabajos. Estas empresas pueden abarcar desde la asistencia técnica de los equipos adquiridos hasta empresas destinadas a mantenimiento sin ninguna relación con los equipos instalados.

La utilización de estas empresas está justificada por dos razones principales. La primera es que determinados equipos poseen un grado de complejidad o responsabilidad que obligan a contactar con especialistas para ejecutar la reparación. Estos especialistas suelen pertenecer a las empresas que suministraron los equipos. Pueden existir razones justificadas para crear estos especialistas dentro de la plantilla del personal de mantenimiento (por ejemplo, si existe un número elevado de equipos instalados), pero en la mayoría de los casos no se justificará. La otra razón para trabajar con empresas de mantenimiento se basa en la diferente carga de trabajo a lo largo del año. El incremento de averías en determinadas épocas o bien las paradas que tienen en lugar a lo largo del año para operaciones de mantenimiento suponen la necesidad de un número elevado de recursos que no se justifica tenerlos en plantilla.

El porcentaje de mantenimiento que se subcontrata al exterior frente al que se gestiona con personal propio de la empresa es uno de los factores claves a definir cuando se establece la política de mantenimiento. Teniendo en cuenta que en Airbus el 100% de la función ejecutante que realiza las operaciones de mantenimiento es subcontratada, a continuación se presentan las ventajas e inconvenientes de dicho contrato.

<i>INCONVENIENTES DEL MANTENIMIENTO CONTRATADO</i>
✓ Riesgo de estar en manos de terceros si éstos, en un momento determinado no responden y no hay facilidad de sustitución.
✓ Menor cualificación y experiencia que el personal propio.
✓ Relaciones a veces difíciles entre el personal propio y contratado.

<b>VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CONTRATADO</b>	
✓	Permite disminuir plantillas, atender cargas de trabajo puntuales que no resultaría posible con el personal propio (mayor flexibilidad).
✓	Incremento de la productividad.
✓	Incremento del control.
✓	Despreocupación ante los problemas de vacaciones, absentismo, etc.
✓	Incremento o disminución de los efectivos humanos según las necesidades del momento.
✓	Apertura al exterior, mayor enriquecimiento al estar en contacto con otros.

### **Gestión de la contratación.**

Puede decirse que la calidad del servicio que dan las empresas contratistas, no es otra que la que se les exige. Las empresas subcontratistas se adaptan a las exigencias del mercado y mientras no se exija de forma generalizada unas prestaciones más cualificadas, será muy difícil que las aporte el contratista.

A continuación se indican algunos aspectos que se estima son necesarios tener en cuenta a la hora de adjudicar ofertas.

- Un objetivo prioritario de todo trabajo de mantenimiento debe ser la calidad. Será preciso pues, conocer qué garantías respecto a la calidad de su trabajo ofrecen los distintos proveedores, si se adaptan a lo solicitado en las especificaciones, lo complementan o amplían. La calidad debe ser su responsabilidad.
- De poco servirán las promesas de la empresa contratada, cuando el personal con el que cuenta no sea el adecuado para realizar el trabajo. Se experiencia, ha de tenerse en cuenta, incluso individualmente. Este condicionante se extiende a la misma estructura y garantía de la empresa como tal. Será preciso analizar incluso el ambiente laboral en esa empresa, para evitar situaciones de conflicto que puedan afectar.
- Los recursos a emplear por la empresa contratada e incluso el personal cualificado deberán estar homologados. Es deseable

también que dispongan de un taller de soporte debidamente equipado, así como de medios de elevación y transporte, etc.

- Resulta imprescindible al análisis de los resultados obtenidos en anteriores trabajos (historial del contratista).

Con los informes de la supervisión, que ha de controlar el avance y calidad de los trabajos así como el cumplimiento de las normas de seguridad, se tendrá una retroinformación sobre la actuación del contratista y de la puesta en práctica de todos sus recursos.

El éxito de una buena contratación de mantenimiento reside en los siguientes puntos:

- Que el contratista sepa qué es lo que la propiedad desea que haga.
- Que el contratista sepa cómo se hace (profesionalidad).
- Que el contratista tenga los recursos técnicos y humanos necesarios para hacerlo.
- Que el contratista tenga experiencia en este tipo de contrato.
- Que el contratista obtenga el contrato a un precio que no le produzca pérdidas.

Para conseguirlo hay que informar adecuadamente al ofertante y adjudicar sobre las bases de precios no excesivamente bajos y, como consecuencia de lo anterior, la propiedad reducirá costes de mantenimiento y el contratista obtendrá beneficios con el contrato.

### **El contrato.**

A la hora de establecer un contrato de mantenimiento, se debe indicar como mínimo:

- Relación de equipos a mantener y su ficha técnica.
- Descripción detallada del alcance de las prestaciones.
- Condiciones de realización de los trabajos (horarios de trabajo, aportación de herramientas y consumibles, cualificación exigida, documentación a aportar, etc).
- Resultados a alcanzar.

Por otra parte, es necesario contratar con empresas que tengan una auténtica mentalidad de servicio. Por ello es necesario disponer de una homologación de las empresas contratistas sobre las bases de criterios tales como: capacidad técnica, organización, medios, plantilla, solvencia económica, etc.

Unas buenas especificaciones y una selección adecuada de contratistas permitirán al servicio de mantenimiento realizar todo el proceso de adjudicación del contrato con la suficiente seriedad para que los contratistas consultados continúen sus relaciones con un alto grado de confianza.

### **Evaluación de las empresas contratistas.**

Con el proceso de evaluación de las empresas contratistas por parte de Airbus, se pretende:

- ❖ Tener seleccionadas y evaluadas objetivamente, las posibilidades de colaboración con cada una de las empresas contratistas con las que se trabaja. Es decir, tenerlas clasificadas sobre las bases del grado de confianza que se puede depositar en cada una de ellas.
- ❖ Incentivar a las empresas contratistas en la competencia por la mejora del servicio. Se puede conseguir, mediante la ponderación de una serie de factores relativos a la gestión y ejecución de los trabajos, que sean tenidos en cuenta en el proceso de solicitud y adjudicación de las ofertas.

La efectividad del servicio que prestan las empresas contratistas sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una serie de factores que, en su conjunto, constituyen su aportación a los resultados del mantenimiento en la empresa principal.

La sistemática que se desarrolle para el diagnóstico de las empresas contratistas, deberá elaborarse para evaluar los recursos del contratista y el grado de calidad tanto de los recursos como de su aplicación a los trabajos que les sean encomendados.

Muchos de los factores a considerar pueden evaluarse cuantitativamente, pero otros requieren una evaluación global, razonada y objetiva, de su nivel de implantación, desarrollo y efectividad. Los factores que se pueden calificar de una empresa contratista, pueden ser los siguientes:

- Infraestructura de la empresa.

- Recursos humanos.
- Recursos materiales.
- Efectividad y eficacia de los trabajos.
- Implantación de seguridad.
- Historial del contratista.

### **Marco legal de la contratación.**

**Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.**

#### ***Artículo 42. Subcontratación de obras y servicios.***

1. Los empresarios que contraten o subcontraten con otros la realización de obras o servicios correspondientes a la propia actividad de aquellos deberán comprobar que dichos contratistas estén al corriente en el pago de las cuotas de la Seguridad Social. Al efecto, recabarán por escrito, con identificación de la empresa afectada, certificación negativa por descubiertos en la Tesorería General de la Seguridad Social, que deberá librar inexcusablemente dicha certificación en el término de treinta días improrrogables y en los términos que reglamentariamente se establezcan. Transcurrido este plazo, quedará exonerado de responsabilidad el empresario solicitante.

2. El empresario principal, salvo el transcurso del plazo antes señalado respecto a la Seguridad Social, y durante el año siguiente a la terminación de su encargo, responderá solidariamente de las obligaciones de naturaleza salarial contraídas por los contratistas y subcontratistas con sus trabajadores y de las referidas a la Seguridad Social durante el período de vigencia de la contrata.

No habrá responsabilidad por los actos del contratista cuando la actividad contratada se refiera exclusivamente a la construcción o reparación que pueda contratar un cabeza de familia respecto de su vivienda, así como cuando el propietario de la obra o industria no contrate su realización por razón de una actividad empresarial.

3. Los trabajadores del contratista o subcontratista deberán ser informados por escrito por su empresario de la identidad de la empresa principal para la cual estén prestando servicios en cada momento. Dicha información deberá facilitarse

antes del inicio de la respectiva prestación de servicios e incluirá el nombre o razón social del empresario principal, su domicilio social y su número de identificación fiscal. Asimismo, el contratista o subcontratista deberán informar de la identidad de la empresa principal a la Tesorería General de la Seguridad Social en los términos que reglamentariamente se determinen.

4. Sin perjuicio de la información sobre previsiones en materia de subcontratación a la que se refiere el artículo 64.1.1 de esta ley, cuando la empresa concierte un contrato de prestación de obras o servicios con una empresa contratista o subcontratista, deberá informar a los representantes legales de sus trabajadores sobre los siguientes extremos:

- Nombre o razón social, domicilio y número de identificación fiscal de la empresa contratista o subcontratista.
- Objeto y duración de la contrata.
- Lugar de ejecución de la contrata.
- En su caso, número de trabajadores que serán ocupados por la contrata o subcontrata en el centro de trabajo de la empresa principal.
- Medidas previstas para la coordinación de actividades desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales.

5. La empresa contratista o subcontratista deberá informar igualmente a los representantes legales de sus trabajadores, antes del inicio de la ejecución de la contrata, sobre los mismos extremos a que se refieren el apartado 3 anterior y las letras b a e del apartado 4.

#### **Artículo 43. Cesión de Trabajadores.**

1. La contratación de trabajadores para cederlos temporalmente a otra empresa sólo podrá efectuarse a través de empresas de trabajo temporal debidamente autorizadas en los términos que legalmente se establezcan.

2. Los empresarios, cedente y cesionario, que infrinjan lo señalado en el apartado anterior responderán solidariamente de las obligaciones contraídas con los trabajadores y con la Seguridad Social, sin perjuicio de las demás responsabilidades, incluso penales, que procedan por dichos actos.

3. Los trabajadores sometidos al tráfico prohibido tendrán derecho a adquirir la condición de fijos, a su elección, en la empresa cedente o cesionaria. Los derechos y obligaciones del trabajador en la empresa cesionaria serán los que

correspondan en condiciones ordinarias a un trabajador que preste servicios en el mismo o equivalente puesto de trabajo, si bien la antigüedad se computará desde el inicio de la cesión ilegal.

Los modos de protección contractuales pueden ser:

- Exigir avales bancarios.
- Incluir en los contratos cláusulas que permitan la retención de las cantidades abonables.
- Contratar con empresas solventes.
- Hay que establecer un marco general de admisión de los contratistas (homologación) referente a las condiciones generales que deben cumplir para la realización de los trabajos o servicios.
- Se debe incluir en las adjudicaciones una obligación de resultados.
- Para la ejecución de los trabajos, el contratista debe prever la estructura de mandos necesarias (jefes de equipo, encargados, etc).
- El contratista no debe realizar ninguna intervención sin haber recibido un documento establecido y firmado por la empresa contratante (Solicitud de trabajo a mantenimiento).
- No se pueden mezclar los equipos de trabajo de las dos empresas.
- Realizar los trabajos en los talleres del contratista o en un lugar donde no haya personal permanente de la propiedad.

## **4.7. Gestión de máquinas y equipos.**

### **4.7.1. Introducción.**

En este apartado se verán una serie de factores que van a incidir directamente en el Disponibilidad y Eficiencia de los equipos productivos, además de los parámetros que deben ser medidos en la factoría de Airbus Puerto Real, con el fin de poder cuantificar dicha eficiencia en las operaciones de mantenimiento.

Uno de los mayores puntos susceptibles de mejora con el que cuenta la gestión de mantenimiento de la planta, es la falta de mediciones de parámetros relacionados con cuestiones como disponibilidad, fiabilidad o mantenibilidad. Así como, de parámetros que den una idea de los resultados de los trabajos de mantenimiento sobre los equipos.

Por lo tanto, en este capítulo, se presentan una serie de tiempos relacionados con la actividad de los equipos cuya medición es necesaria para la consecución de los comentado anteriormente.

Para los factores encargados del estudio de los resultados de las trabajos de mantenimiento ver capítulo 4.10. *Control de la gestión del mantenimiento.*

#### 4.7.2. Distribución de tiempos de una instalación.

Si se desglosa, para un intervalo de tiempo, los diferentes estados de un equipo se obtiene un diagrama como el que se muestra en la figura 4.7.1.

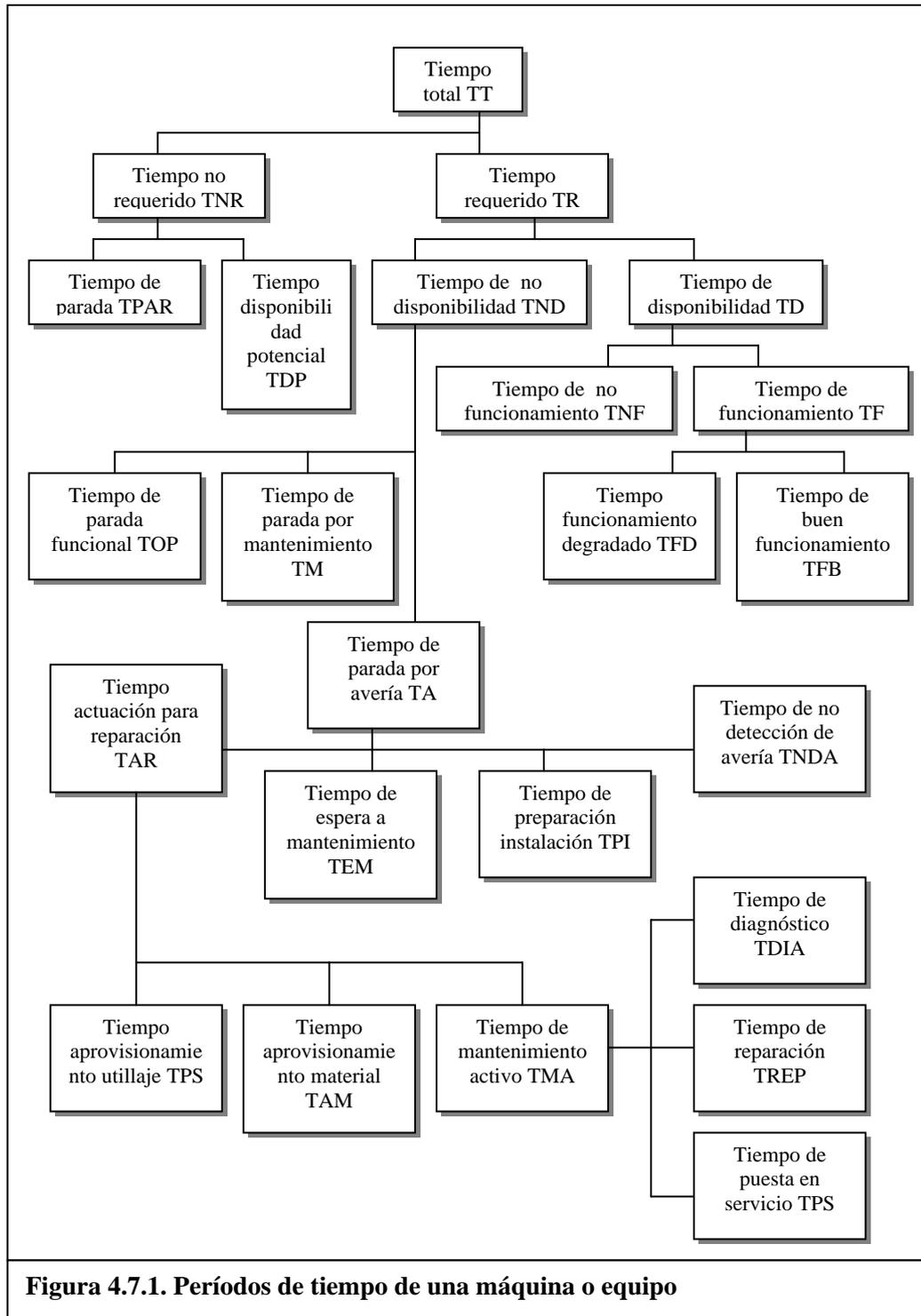


Figura 4.7.1. Períodos de tiempo de una máquina o equipo

En este esquema se descompone para un período de estudio TT, los diferentes períodos de utilización o no de la instalación. Son los siguientes:

- TT**, tiempo total. Intervalo de tiempo seleccionado para realizar el estudio.
- TR**, tiempo requerido. Período del tiempo total en el que se tiene la intención de producir con el equipo.
- TD**, tiempo de disponibilidad. Parte del tiempo requerido en el que el equipo se encuentra en disposición de producir.
- TF**, tiempo de funcionamiento. Porción del tiempo de disponibilidad que realmente se destina a producir.
- TFB**, tiempo de buen funcionamiento. Tiempo en el que el equipo cumple las condiciones especificadas de funcionamiento.
- TFD**, tiempo de funcionamiento degradado. Tiempo en el que el equipo está produciendo pero que aparecen degradaciones o fallos que no cumplen las condiciones de buen funcionamiento.
- TNF**, tiempo de no funcionamiento. Tiempo en el que el equipo está disponible para producir, pero causas externas se lo impiden.
- TND**, tiempo de no disponibilidad. Tiempo en el que se desea producir pero está impedido por alguna causa imputable al equipo.
- TA**, tiempo de parada por avería. Tiempo en el que el equipo está parado por una avería.
- TNDA**, tiempo de no detección de avería. Tiempo entre que se produce la avería y se detecta.
- TPI**, tiempo de preparación de la instalación. Tiempo que se invierte en preparar la instalación o equipo para poder repararlo.
- TEM**, tiempo de espera a mantenimiento. Tiempo desde que la instalación está preparada hasta que Mantenimiento puede hacerse cargo.
- TAR**, tiempo de actuación para reparación. Tiempo para eliminar la avería.
- TMA**, tiempo de mantenimiento activo. Tiempo que emplea Mantenimiento para la reparación.
- TAM**, tiempo aprovisionamiento de material. Tiempo destinado al aprovisionamiento de las piezas de repuestos.

**TAU**, tiempo aprovisionamiento de utillaje. Tiempo para aprovisionarse de los utillajes específicos para la reparación.

**TDIA**, tiempo de diagnóstico. Tiempo empleado en diagnosticar la avería, las causas que la originaron y la manera de solucionarla.

**TREP**, tiempo de reparación. Tiempo invertido en realizar la reparación especificada.

**TPS**, tiempo de puesta en servicio. Tiempo destinado al montaje, verificación de la reparación y reglajes.

**TM**, tiempo de parada por mantenimiento. Tiempo que se emplea para aplicar mantenimiento preventivo y que precisa tener el equipo parado.

**TOP**, tiempo de parada funcional. Tiempo que obliga al equipo a estar parado por causas ajenas a las averías pero implicadas a la máquina.

**TNR**, tiempo no requerido. Tiempo en el que se establece no utilizar la instalación para producir (vacaciones, fuera de la jornada de trabajo, etc).

**TDP**, tiempo de disponibilidad potencial, período de tiempo que la máquina está disponible pero no es requerida.

**TPAR**, tiempo de parada. Período en que la máquina no es requerida ni está disponible.

### 4.7.3. Parámetros de la instalación.

Las definiciones más usuales para el concepto de *Fiabilidad* de un sistema de producción son:

- Probabilidad de que un equipo, componente o sistema funcione correctamente durante un período determinado de tiempo y en las condiciones para las que fue diseñado.
- Probabilidad de que un equipo, componente o sistema no caiga en avería durante un tiempo dado.

Además, se puede afirmar que la fiabilidad de un sistema industrial es siempre inferior a la de sus componentes tratados aisladamente, ya que al aumentar la complejidad de un sistema, la probabilidad de fallo crece.

Simplificando, la fiabilidad se suele expresar en función de la tasa de averías y el tiempo medio entre cada una de ellas, es decir, Mean Time Between Failure (MTBF):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TF} - \text{TA}}{\text{NA}}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento, TA el tiempo de parada por avería y NA el número de averías.

En función de los tiempos definidos en el apartado anterior, se pueden calcular una serie de parámetros que se relacionan con la fiabilidad del equipo.

*Tiempo medio de funcionamiento (TMF):*

$$\text{TMF} = \frac{\text{TF}}{\text{NP}}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento y NP el número de paradas del equipo.

Esta relación nos proporciona el tiempo medio de funcionamiento entre paradas producidas por cualquier causa (averías, cambio de utillaje, etc).

Teniendo en cuenta solamente las paradas debidas a las averías, se obtiene el *Tiempo medio entre averías (TMFA)*:

$$\text{TMFA} = \frac{\text{TF}}{\text{NA}}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento y NA el número de averías.

La *Mantenibilidad* de un sistema industrial puede definirse como:

- La probabilidad de volver a cumplir un sistema industrial sus funciones después de una avería.
- La probabilidad de que una avería pueda repararse en menos de un tiempo dado.

Para el análisis de la mantenibilidad se puede definir el *Tiempo medio de reparación (TMR)*:

$$\text{TMR} = \frac{\text{TA}}{\text{NA}}$$

Donde: TA es el tiempo de parada por avería y NA el número de averías.

Este concepto establece la duración media de las reparaciones y, por lo tanto, indica la capacidad del equipo para ser reparado.

Lógicamente, la mantenibilidad será la inversa del tiempo medio de reparación.

$$M = \frac{1}{\text{TMR}}$$

Si se combina el concepto de fiabilidad y el de mantenibilidad, se obtiene el de disponibilidad, que se puede definir como:

- La probabilidad de un sistema, equipo o instalación, de estar en estado de funcionamiento siempre que se necesite.
- Para un tiempo suficientemente largo, la relación entre el tiempo de funcionamiento (TF) y éste más es tiempo de disponibilidad.

La *Disponibilidad media (DM)*:

$$DM = \frac{TF}{TF + TND}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento y TND el tiempo de no disponibilidad.

Este concepto da idea de la relación entre el tiempo que realmente se utiliza el equipo frente al deseable.

La *Disponibilidad intrínseca (DI)*:

$$DI = \frac{TF}{TF + TOP + TM + TMA}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento, TOP es el tiempo de parada funcional, TM es el tiempo para mantenimiento y TMA el tiempo de mantenimiento activo.

Esta disponibilidad refleja el tiempo de funcionamiento en relación al de paradas por causas asociadas directamente al equipo.

De la misma manera se puede definir la disponibilidad asociada al mantenimiento, *Disponibilidad operacional DO*:

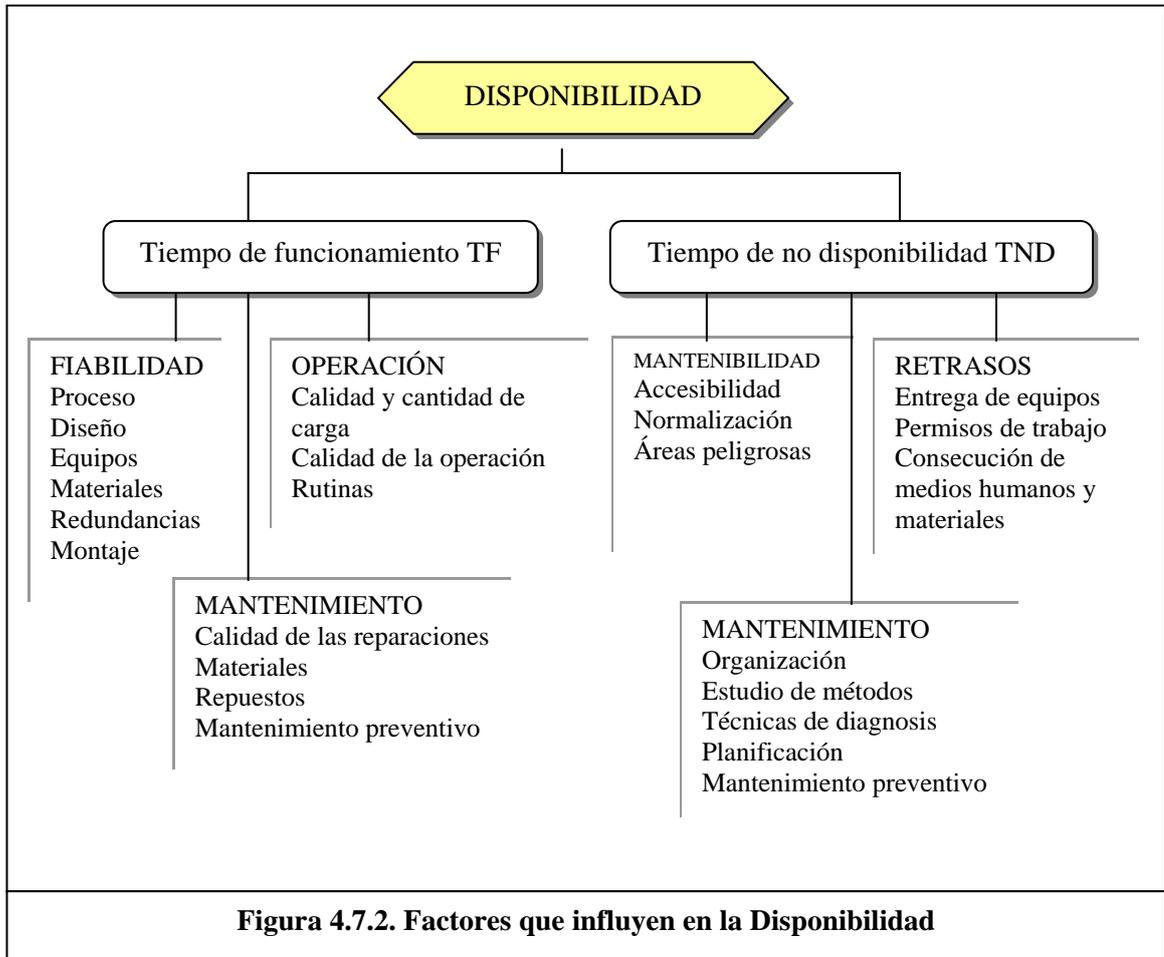
$$DO = \frac{TF}{TF + TEM + TAR}$$

Donde: TF es el tiempo de funcionamiento, TEM es el tiempo de espera a mantenimiento y TAR es el tiempo de actuación para la reparación.

Esta disponibilidad relaciona el tiempo de funcionamiento y el que Mantenimiento emplea en las reparaciones. Es un parámetro que expresa la capacidad de respuesta del equipo de mantenimiento.

### **Factores que influyen sobre la Disponibilidad.**

Teniendo en cuenta los parámetros que intervienen en la expresión de la disponibilidad, eso es el tiempo de funcionamiento y el tiempo de no disponibilidad, se puede deducir una serie de factores que influyen en dicha disponibilidad (ver figura 4.7.2).



#### **FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO TF.**

Como se ha comentado, el tiempo de funcionamiento está básicamente influenciado por la fiabilidad.

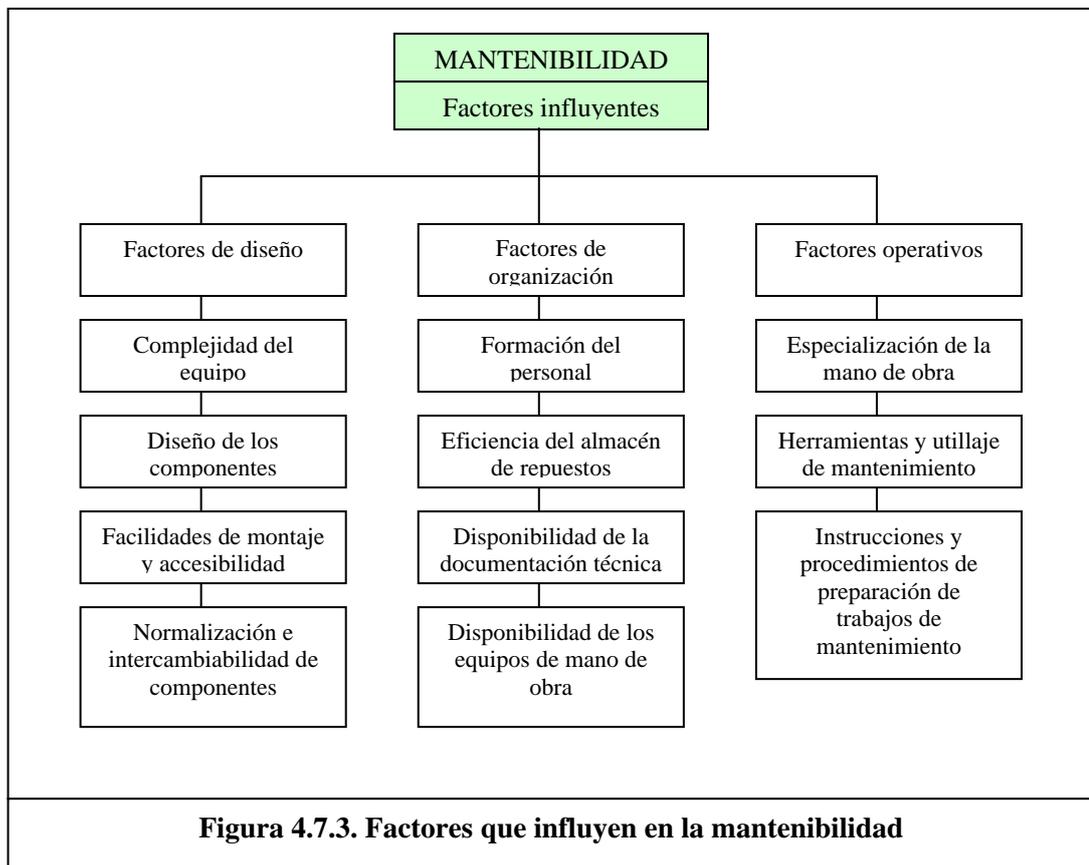
La **fiabilidad** depende del proyecto: desde la concepción de la idea del nuevo equipo hasta su construcción y puesta en marcha, cada paso que se da está condicionando la fiabilidad del mismo, la probabilidad de que se averíe con más o menos frecuencia.

Mejorar la fiabilidad es tanto más caro cuanto más avanzado está el proyecto de desarrollo y construcción y la organización del mantenimiento puede

colaborar mediante un sistema de realimentación que permita al proyecto aprovechar la experiencia acumulada por la resolución de problemas de baja fiabilidad en las instalaciones existentes.

En segundo lugar, la actuación de **mantenimiento** sobre las instalaciones condiciona el futuro comportamiento de las mismas. Por otra parte, un plan de mantenimiento preventivo adecuado puede alargar de manera significativa el ciclo de aparición de las averías que se pretenden controlar.

Finalmente, el tipo de **operación** que se practica a cada equipo o instalación puede afectar de forma clara sobre el tiempo de funcionamiento. Así pues, los cambios en el rendimiento, en la capacidad, en el tiempo de carga y en la forma misma de operar, tienen una gran incidencia en la disponibilidad real que se obtiene.



FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL TIEMPO DE NO DISPONIBILIDAD TND.

En primer lugar se encuentra la **mantenibilidad** que, al igual que la fiabilidad es una característica del diseño y el montaje del sistema y se presenta bajo los aspectos de accesibilidad, sencillez, tipificación de equipos similares, normalización de montajes, etc.

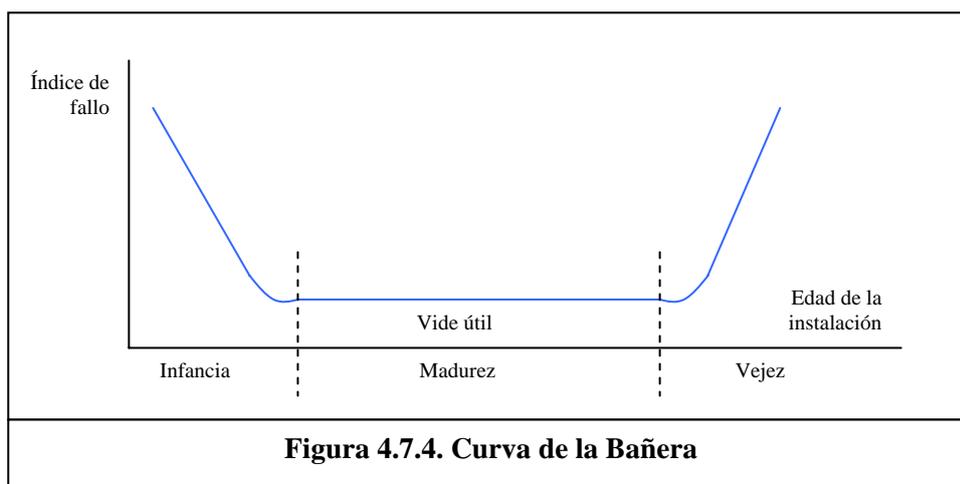
Una parte importante del tiempo de parada viene también condicionado por la actuación de **mantenimiento** en sus aspectos de duración de las reparaciones y de algunas intervenciones de mantenimiento preventivo. No cabe duda que el nivel de organización, los métodos de trabajo, el tiempo de supervisión y las técnicas de diagnóstico tienen su influencia en los tiempos de intervención de mantenimiento. Un adecuado sistema de medición podrá controlar estos aspectos.

Finalmente hay que señalar los **retrasos** que se presentan, antes y durante la actuación de mantenimiento sobre un equipo o sistema en servicio, por muy distintos motivos: los tiempos empleados por operación para la entrega de equipos, los empleados conjuntamente en la gestión de permisos de seguridad, las esperas durante la consecución y asignación de hombres, repuestos, equipos, herramientas, planos, etc.

De lo anterior se deduce que un método que permita medir la disponibilidad de los equipos o instalaciones de la planta, permitirá también conocer cuales de los factores citados son los que influyen en mayor medida en su disponibilidad, y de cómo se pueden mejorar los resultados obtenidos en dichas instalaciones.

### **Métodos para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos.**

El funcionamiento de una máquina o equipo en condiciones normales de utilización puede verse perturbado por tres tipos de averías que se corresponden con las tres zonas de la “curva de la bañera”.



- ✓ *Averías infantiles.* Se producen poco tiempo después de la puesta en funcionamiento y se deben a defectos de concepción o de fabricación, a defectos en los materiales no controlados por las inspecciones de calidad, a un mal ajuste inicial o incluso de reparación.
- ✓ *Averías verdaderas o repentinas.* Suelen ser aleatorias y las causas que las originan son sobrecargas, mal empleo de la instalación y variaciones en las condiciones de trabajo del equipo.
- ✓ *Averías relacionadas con el envejecimiento.* Las averías provienen principalmente de los desgastes y las degradaciones.

La puesta en práctica de métodos para mejorar la fiabilidad de los equipos desde el momento de la concepción son sumamente importantes. El primer paso consiste en tener en cuenta todo aquello que pueda hacer una máquina o instalación intrínsecamente más fiable y posible de mantener. Para ello es necesario que participe el mayor número de especialistas en la fase de estudio y diseño.

El segundo paso consiste en determinar los fallos durante la explotación a fin de alimentar el banco de datos que permitirá crear nuevas concepciones a partir de las anomalías encontradas en las anteriores.

Otros métodos serían:

- Eliminar las averías más repetitivas.
- Poner en marcha un adecuado plan de mantenimiento preventivo.
- Mejorar el nivel de conocimiento de las máquinas por parte de los operadores.
- Mejorar la mantenibilidad.
- Pensar en el mantenimiento desde el diseño del equipo.
- Disminuir los tiempos de preparación, diagnóstico, aprovisionamiento de materiales y herramientas, etc.

#### **4.7.4. Matriz de Criticidad – Fiabilidad.**

Con el fin de hacer un uso racional de los recursos disponibles, es imprescindible clasificar los equipos para poder jerarquizar las políticas y acciones de mantenimiento a aplicar a cada una de ellos.

##### **Clasificación de los Equipos.**

La clasificación de las máquinas se hace en base a los criterios de criticidad y fiabilidad.

- *En función a su criticidad:*

CATEGORÍA I	CATEGORÍA II	CATEGORÍA III	CATEGORÍA IV
<i>Críticas</i>	<i>Muy importantes</i>	<i>Normales</i>	<i>Poco importantes</i>

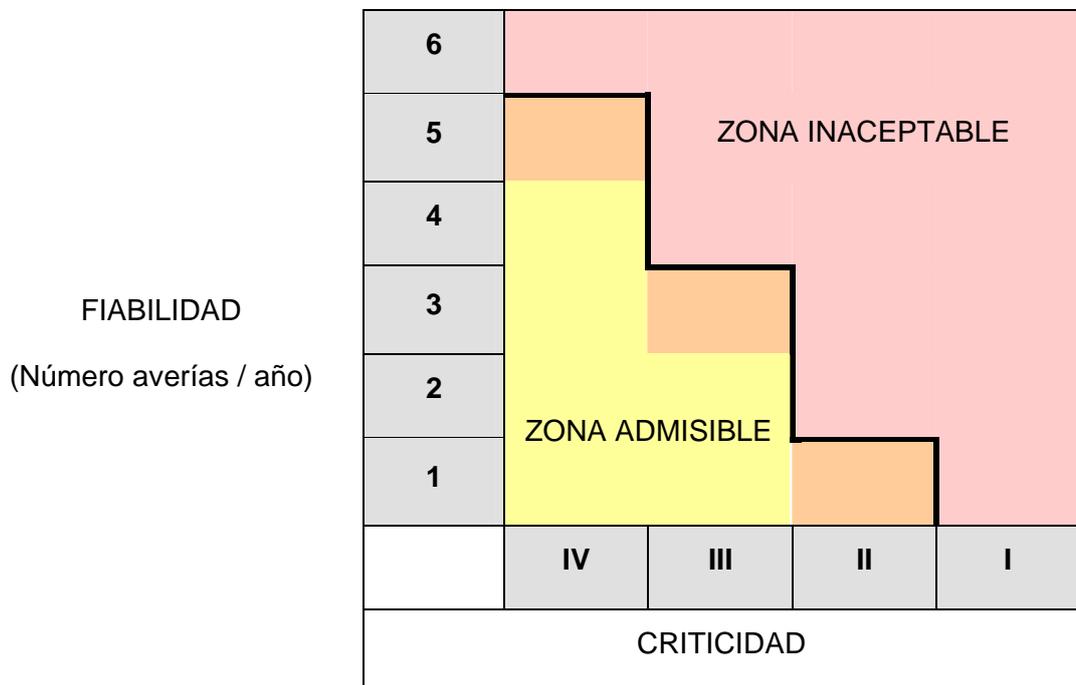
- Máquinas críticas: esta categoría está compuesta por aquellas máquinas que no tienen reserva y cuyas averías afectan directamente a la producción o pueden tener consecuencias irreversibles sobre la seguridad o medio ambiente.
- Máquinas muy importantes: categoría compuesta por aquellas máquinas que son fundamentales para el proceso y que funcionan muy sobrecargadas en condiciones muy severas y que aún no siendo críticas porque disponen de reserva, a falta de ésta se podría ocasionar la parada de una instalación.
- Máquinas normales: categoría compuesta por aquellas máquinas que funcionan en condiciones desahogadas o que pertenecen a instalaciones menos estratégicas y que además disponen de reserva.
- Máquinas poco importantes: categoría formada por las restantes máquinas no incluidas en las categorías anteriores y cuya disponibilidad no es importante.

- *En función a su fiabilidad:*

La fiabilidad esta referida al estado actual de las máquinas y viene dada por el número de averías que hayan tenido en el último año. La escala esta compuesta de seis niveles, desde el Nivel 1 (equipos con 1 avería/año) hasta el Nivel 6 (> 6 averías/año).

**Análisis de las Averías.**

Una vez clasificadas la máquinas en función de su criticidad y fiabilidad, se procede a ubicarlos en la matriz siguiente:



**Figura 4.7.5. Matriz Criticidad - Fiabilidad**

Como se ve en la figura, se pueden distinguir dos partes:

- o *Zona inaceptable.* Situada en la parte superior de la matriz. Corresponde a aquellos equipos en que las averías tienen unas consecuencia inadmisibles, bien por la criticidad de las mismas o bien por la frecuencia con la que se producen. No se debe admitir que haya equipos o instalaciones en esta zona, por lo que es la zona de mayor prioridad de actuación.

- *Zona admisible.* Situada en la parte inferior de la matriz. Corresponde a aquellos equipos cuyo nivel de fallo en principio se está dispuesto a admitir. Si bien, una vez eliminados todos los equipos de la zona inaceptable, la siguiente prioridad sería los equipos situados en la frontera de las dos zonas.

La posición de cada máquina o equipo en la matriz está sujeta a un proceso dinámico que cambia a lo largo del tiempo.

## **4.8. Gestión de Repuestos.**

### **4.8.1. Introducción.**

Como ya se comentó en el apartado 2 *Diagnóstico de la gestión del mantenimiento*, otro de los puntos susceptibles de mejora que tiene la factoría de Airbus Puerto Real es la gestión y control de repuestos.

En el almacén de repuestos que se tiene en el taller de mantenimiento, éstos se encuentran de una forma desordenada, sin codificar y, sobre todo, sin catalogar, es decir, no se tiene conciencia de los repuestos que se tienen en stock y cuales no.

La existencia de las piezas de repuesto y su control permite minimizar los tiempos muertos de mantenimiento y paradas de producción cuando es requerida la disponibilidad de las mismas y por otra parte para la reducción de inventarios y sus costes asociados.

Un almacén de piezas de repuesto tiene que ser independiente de los almacenes de materias primas y productos acabados, ya que se trata de otro tipo de elementos y diferente forma de almacenaje.

En general, todos los almacenes centrales son gestionados con ayuda de programas de gestión sobre equipos informáticos. Sin embargo, los almacenes descentralizados de piezas de desgaste y de repuesto son gestionados en KANBAN.

El objetivo principal de la gestión de repuestos, debe ser la determinación de los distintos niveles de stock que reduzcan al mínimo el coste conjunto del mantenimiento de dicho stock y de la pérdida de producción debida a la falta de disponibilidad de los repuestos.

La consecución de este objetivo implica a su vez una serie de necesidades que complican el problema de la gestión de repuestos. Dichas necesidades que constituyen la fase preliminar para la implantación de una gestión de stock eficaz, son:

- Una adecuada identificación del repuesto (codificación racional).

- Cálculo de las necesidades de mantener cada una de las piezas en el stock, para lo que es necesario un buen sistema de recogida de datos que permita una continua actualización.

#### **4.8.2. Definición y Clasificación de los Repuestos.**

##### **Definiciones de Tipos de Repuestos.**

Son aceptados como normales los tipos de repuestos definidos por la Norma AFNOR/X60-012 y que son los siguientes:

##### **PIEZA DE REPUESTO**

Pieza destinada a reemplazar a otra defectuosa o degradada en el funcionamiento de una máquina o instalación, distinguiendo entre:

- *Pieza de funcionamiento:* es la pieza que formando parte de un conjunto está llamada a tener deterioros previsibles durante la vida normal de ese conjunto (corrosión, abrasión, envejecimiento, fatiga, etc.), por lo que necesita de una o varias intervenciones para reparar o reemplazar.

Se puede decir también que es la pieza que se desgasta cuando la máquina está en funcionamiento aunque sea en vacío (por ejemplo, rodamientos, correas, juntas, frenos, motores eléctricos, etc.)

- *Pieza de desgaste:* es la pieza diseñada para recibir ella sola, o con prioridad sobre otras con las que forma un conjunto, los deterioros que antes se han enumerado.

Se puede decir también que es la pieza que está en contacto con el producto a fabricar y que, por lo tanto, no se desgasta cuando la máquina no produce, aunque esté en funcionamiento (por ejemplo, centrador, apoyo de pieza, brida de pieza, etc.)

Otro tipo de clasificación de piezas de repuesto es la siguiente:

- *Pieza comercial:* Es la pieza diseñada por el fabricante para incorporar en su máquina, y que puede ser aprovisionada a través de varios proveedores de artículos homólogos y en los comercios distribuidores del mismo.
- *Pieza estándar del fabricante de la máquina:* Es la pieza diseñada por el fabricante de la máquina para esa y otras aplicaciones y que es específica de él y, por tanto, aprovisionada a través del mismo.

- *Pieza específica:* Es una pieza diseñada para una determinada máquina y que se puede construir bajo plano, por lo que puede ser aprovisionada a través de cualquier taller mecánico.

En cuanto a las exigencias contractuales en el pedido de una máquina, se pueden dividir los repuestos en:

- *Pieza de primera dotación:* Es una pieza, subconjunto o conjunto de repuesto pedido al mismo tiempo que la máquina o instalación y que debe recibir con ella o al menos en el momento de su puesta en marcha.

Corresponden normalmente a piezas con un plazo de entrega crítico o de seguridad de funcionamiento, por lo que no disponer de ellas sería catastrófico para el arranque de la instalación por las consecuencias que de ello se deriven.

La cantidad y referencia de estos materiales será tal que absorberá los posibles defectos normales que surjan en el período de puesta a punto de la máquina.

La elaboración del listado de estos materiales se realizará de la siguiente forma:

- Conjuntamente entre el servicio de mantenimiento, a través de sus técnicos, y el fabricante de la máquina.
- Las piezas incluidas en esta dotación llegarán con el último índice de modificación en el momento de su envío.
- Estos listados serán confeccionados, como mínimo, seis meses antes de la previsión de llegada de la máquina a la factoría.
- Para cada elemento figurará el período de garantía.

Otra forma de elaborar el listado de estos repuestos en el caso de Airbus, es mediante el manual de repuestos aconsejados por el fabricante del equipo, donde aparece una relación de repuestos y los plazos de entrega de los mismos.

- *Dotación de piezas de consumo:* Se consideran repuestos de dotación de consumo los que deben llegar a la factoría antes de comenzar a producir en serie la máquina o instalación.

Se pueden dividir en:

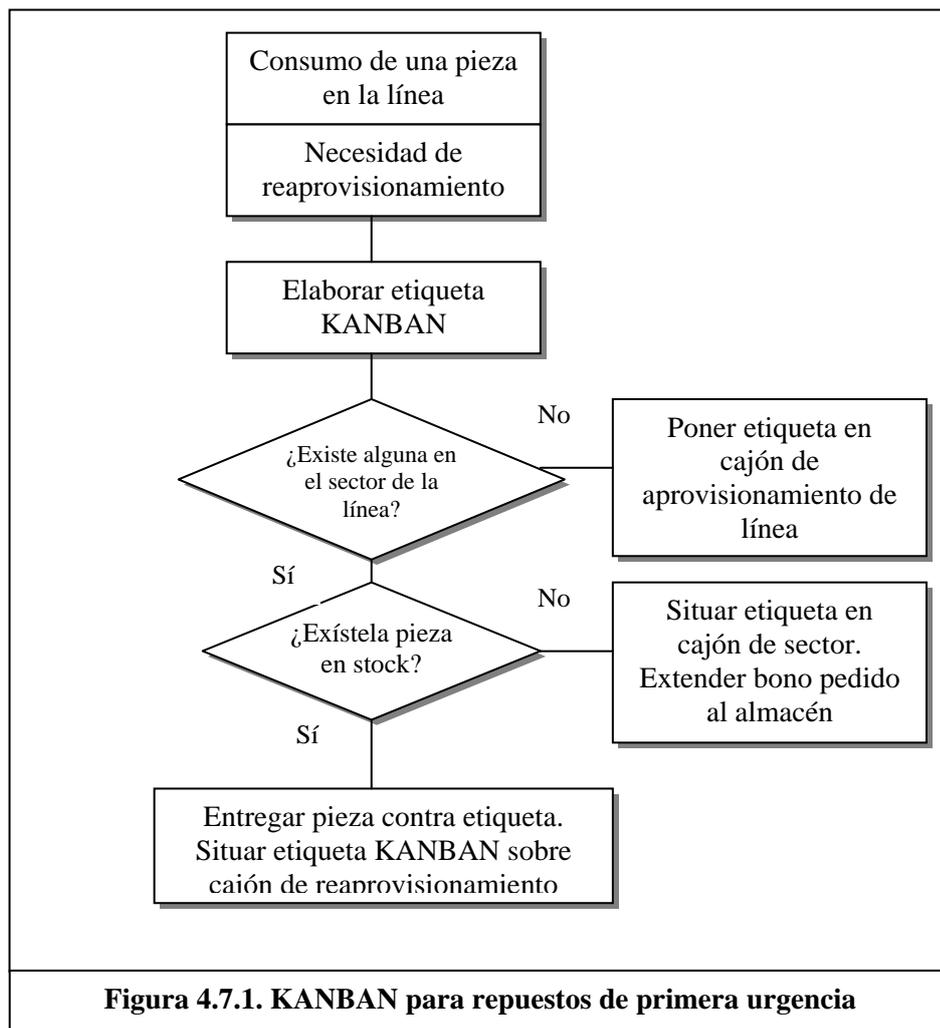
- Piezas de dotación de consumo rápido.

- Piezas de dotación de consumo normal.

La cantidad y referencia de estos materiales será tal que garanticen el correcto mantenimiento de la totalidad de los componentes de la máquina, asegurando la disponibilidad de la misma en los niveles previstos, durante el uso normal de ésta a su máximo rendimiento.

El listado de estos materiales se realizará de la siguiente forma:

- Conjuntamente entre el servicio de mantenimiento y el fabricante de la máquina aunque se parta de una primera propuesta de éste.
- Las piezas incluidas en estos listados llegarán con el último índice de modificación en el momento de su envío.
- Estos listados serán confeccionados después de los señalados como de primera dotación y, en cualquier caso, como mínimo seis meses antes de la previsión de la llegada de la máquina a la factoría.
- Para cada elemento figurará el período de garantía.

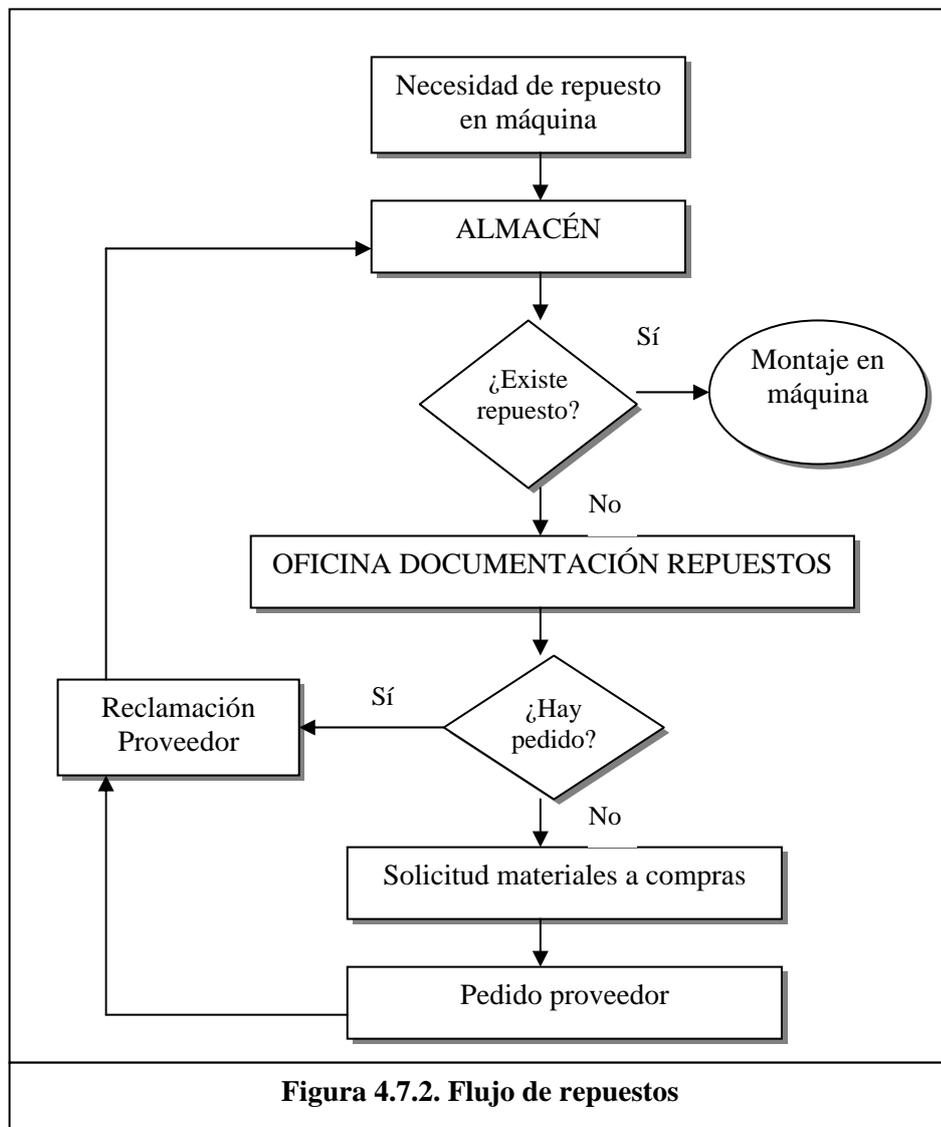


Por último, en la práctica diaria en los talleres, se puede hacer la siguiente clasificación:

- *Piezas de repuesto de primera urgencia:* Es el material que debe estar disponible a pie de máquina, en un almacén descentralizado correspondiente a un taller o línea de producción, y que está destinado, en general, para intervenciones correctivas o de averías y que por su historia se gestionan directamente desde el taller.

La gestión de aprovisionamiento puede hacerse en KANBAN (Figura 4.7.1).

- *Piezas de repuesto centralizadas:* Son el resto de piezas y la gestión de reaprovisionamiento sería la que se explica a continuación (Figura 4.7.2).



### **Organización y clasificación.**

Los materiales y repuestos para mantenimiento se pueden dividir en los siguientes grupos:

- ❑ Lubricantes
- ❑ Material eléctrico estándar
- ❑ Material electrónico estándar
- ❑ Material neumático estándar
- ❑ Material hidráulico estándar
- ❑ Material mecánico estándar (correas, rodamientos, etc.)
- ❑ Material variado estándar (tornillería, etc.)
- ❑ Material específico de una máquina, grupo de máquinas o instalaciones.

En todos estos grupos, la normalización tiende a disminuir al número de materiales de stock, requiriendo menos espacio para almacén y simplificando la gestión de stock.

#### **4.8.3. Identificación, codificación y normalización.**

##### **Identificación.**

La totalidad de las piezas de repuesto llegarán a los almacenes debidamente etiquetadas, haciendo figurar:

- ✓ Número de referencia según listado de petición.
- ✓ Número de referencia comercial.
- ✓ Fabricante del repuesto.
- ✓ Número de referencia de plano en las piezas específicas construidas bajo plano.
- ✓ Proveedor de origen.
- ✓ Condiciones especiales de almacenamiento, uso y manejo si fuese necesario.
- ✓ Codificación.

### **Codificación.**

Se debe dar a cada artículo:

- ✓ Un código específico
- ✓ Una descripción reducida
- ✓ Una descripción extendida, que permita hacer un pedido inteligible al suministrador.

La correspondencia entre código y tipo de repuesto debe ser biunívoca, en el sentido que a un código le corresponda un solo tipo de repuesto y a un repuesto le corresponda un solo código.

El código debe permitir identificar las piezas intercambiables y el sistema de codificación debe soportar los estudios cuyo objetivo sea la normalización y estandarización de los repuestos.

La estructura del código debe permitir reconocer con facilidad dos repuestos no idénticos, pero que puedan realizar la misma función, es decir, que sean intercambiables.

Así mismo, la estructura del código debe permitir agrupar fácilmente tipos de objetos muy parecidos entre sí, a fin de poder realizar una labor continua de normalización de los repuestos, importantísima desde el punto de vista económico.

Elegir la codificación adecuada es la base fundamental para la gestión eficaz de los repuestos. Básicamente los métodos más válidos pueden reducirse a dos tipos:

*La codificación funcional.* Pone énfasis en la localización del repuesto dentro de la instalación, pero sin añadir nada acerca del tipo y características del componente. Su inconveniente radica en la posibilidad de la existencia de stocks repetidos de componentes idénticos y, por lo tanto, intercambiables.

*La codificación descriptiva.* Basada en la agrupación de familias de piezas. Este código, a pesar de ser engorroso, tiene mayores posibilidades de satisfacer las exigencias anteriormente expuestas, ya que permiten la recogida sistemática de los datos referentes a los componentes y su agrupación por clases similares en función y estructura. Este método permite estudios de normalización, evita duplicidad de repuestos iguales, permite sustituir un repuesto por lemas parecido, etc.

### **Normalización.**

La normalización de productos y componentes como piezas de repuesto ofrece unas garantías mínimas de calidad, seguridad e intercambiabilidad. Un etiquetado completo permite una mejor elección, clasificación y control.

Algunas de las ventajas de la normalización en el área de los repuestos son las siguientes:

- Definición e identificación uniforme, armonizada y coordinada de productos, equipos, piezas y procesos, lo que supone una lucha sistematizada contra la abundancia anárquica de piezas de repuesto.
- Reducción de los niveles de stock (unificación de tipos, marcas y materiales).
- Garantía de un cierto nivel de calidad, seguridad e intercambiabilidad a través de homologaciones.
- Facilita los intercambios entre los diferentes utilizadores, permitiendo el acceso a una información de datos técnicos que antes de una normalización pueden estar dispersos y confusos.
- Asegura una mejor utilización del producto por una mayor transparencia de la información técnica, simplificando la carga de trabajo del departamento de Mantenimiento.
- Posibilita comparación de ofertas.
- Contribuye especialmente a desarrollar los conceptos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

En este último sentido, la normalización va a suponer:

- Homologación de marcas y materiales de cara a mejorar la disponibilidad.
- Los componentes normalizados facilitan la mantenibilidad.
- La normalización de marcas y componentes facilita la política de mantenimiento, facilitando la mejora del diagnóstico y unificando los medios de reparación.

#### **4.8.4. Fijación de los stocks.**

En la fijación de los stocks de almacén deben intervenir, además de personal de mantenimiento, tanto los usuarios de las máquinas o equipos como los responsables de la compra de los repuestos.

Una vez estudiada la máquina y sus puntos débiles, se debe pasar a fijar la responsabilidad que la máquina tiene en la cadena productiva. Esta responsabilidad puede ser expresada en días máximos que la máquina puede estar fuera de servicio para realizar las reparaciones. Lógicamente, deberán ser los usuarios de las máquinas quienes junto con mantenimiento establezcan la categoría de cada equipo. Producción establecerá el tiempo máximo que pueden prescindir del equipo y mantenimiento establecerá las necesidades de repuestos para poder cumplir dichos plazos.

Las categorías expresadas en tiempos de reparación pueden ser tres:

✓ *Categoría 1*

Se trata de equipos o partes de ellos que deben quedar reparados en el mínimo tiempo posible. Serán equipos que afecten a la producción, seguridad, calidad o medio ambiente de una manera importante y que la prolongación de su indisponibilidad ocasionen graves daños económicos o de riesgo. A este grupo pertenecen las seguridades de los equipos y en general, los que producen cuellos de botella. El tiempo máximo deseable para su reparación será un día.

✓ *Categoría 2*

Con esta categoría se clasifican los equipos de una importancia menor pero en los que su fallo no pueda prolongarse más de una semana. Son equipos en los que un fallo pueda reducir tolerablemente la cantidad de producción o presentar incomodidades en su funcionamiento que obliguen a cambios de la línea de producción.

✓ *Categoría 3*

En esta categoría se agrupan los equipos no involucrados directamente con la producción. El tiempo que pueden estar bajo indisponibilidad no preocupa ni interfiere en exceso en el desarrollo normal del trabajo aunque suponga una incomodidad. El tiempo de reparación es mayor de una semana.

Una vez fijados los tiempos máximos deseables de reparación para cada equipo, se tendrá que determinar los stocks mínimos en almacén para poderlos cumplir.

Para optimizar el número de repuestos de cada pieza en el almacén deben tenerse en cuenta otros factores relacionados con los plazos de entrega y la capacidad de reparación y construcción de las piezas.

Los aspectos a tener en cuenta para optimizar los stocks mínimos son los siguientes:

- ✓ *Número de piezas en la instalación.* Será necesario tener en cuenta tanto las piezas de cada máquina como el número de máquinas de la instalación, así como si una pieza puede pertenecer a varias máquinas diferentes.
- ✓ *Precio de los repuestos.* Puesto que se trata de tener un almacén con un valor lo menor posible, el precio de las piezas formará parte de la decisión del stock de las mismas.
- ✓ *Coste de la rotura de stocks.* En la parte económica no sólo se debe tener en cuenta el precio de los repuestos sino el coste que puede suponer el no tenerlo.
- ✓ *Condiciones de trabajo.* La utilización de las máquinas en cuanto a su capacidad nominal y a las condiciones de trabajo que soportan, debe tenerse en cuenta como relación directa a la probabilidad de fallo. Se deberá diferenciar entre equipos que trabajan a un ritmo constante y aquellos que soportan picos y valles muy diferenciados.
- ✓ *Tiempo de acceso a la pieza defectuosa.* Para algunos equipos, el tiempo necesario de desmontaje hasta llegar a la pieza defectuosa debe tenerse en cuenta como un tiempo a favor del aprovisionamiento.
- ✓ *Piezas reparables.* El siguiente aspecto será si la pieza es o no reparable en función de la posible rotura que puede aparecer. También debe considerarse si la pieza es posible construirla en el taller o en alguno exterior dentro del plazo previsto.
- ✓ *Stock de proveedores.* Algunos proveedores disponen de almacenes de piezas terminadas que se pueden utilizar como si fuesen propios. En estos casos, y en función de la distancia a ese almacén, es posible ahorrarse el tener en stock determinadas piezas.

- ✓ *Fabricación nacional.* el hecho de que el proveedor sea nacional mejorará los plazos de entrega que si se trata de uno extranjero.
- ✓ *Materiales especiales.* Materiales especiales en los que el tiempo de fabricación de las piezas se une el de aprovisionamiento de las materia primas.
- ✓ *Tecnologías especiales.* Procesos de fabricación de las piezas no disponibles en plazos cortos o que necesitan tecnologías que el mercado no ofrece con facilidad.

#### **4.8.5. Gestión de stock.**

Una vez especificados, codificados y catalogados los repuestos, el Departamento de Compras adquiere información de los datos básicos respecto a cada repuesto:

*Plazo de reaprovisionamiento.* Tiempo transcurrido desde que el Departamento de Compras hace un pedido hasta que se realiza la recepción del material. Incluye, por tanto, el tiempo de gestión interna, el plazo del fabricante o suministrados y el tiempo de transporte. Este plazo puede variar de una vea a otra, por lo que hay que hablar de un plazo probable medio. Este es uno de los datos que se necesitan para establecer el nivel de reaprovisionamiento y la cantidad a pedir, por lo que debe actualizarse periódicamente.

*Consumo.* Análogas consideraciones se puede hacer con respecto a los consumos probables medios de cada repuesto. Vienen dados por el resultado de dividir todas las salidas por el tiempo durante el cual se ha producido.

*Coste.*

*Criticidad respecto a la seguridad de funcionamiento del equipo.*

#### **Parámetros básicos.**

El Departamento de Mantenimiento, a la hora de llevar a cabo un análisis de los repuestos que se necesitan en el almacén, debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ❖ *Nivel de stock mínimo o nivel de seguridad.* Dicho stock debe asegurar el consumo de la planta durante el plazo de reaprovisionamiento, en las condiciones más desfavorables (consumo y plazos máximos).

La definición del stock mínimo tendrá una incidencia directa en el nivel de inmovilizado.

- ❖ *Punto de pedido o nivel de reposición.* Es el nivel o momento en que debe emitirse el pedido del repuesto, debido a que dicho nivel es igual o inferior a las existencias.

Debe cumplirse: *Emisión de pedido = Punto de pedido < Existencias*

En teoría, puede estar fijado por la cantidad en reserva o stock mínimo, más la cantidad necesaria para el consumo entre la fecha en la que se hace el pedido y la entrega de materiales por el proveedor.

*Punto de pedido = Stock mínimo + Consumo real medio.*

- ❖ *Lote económico o cantidad de pedido óptima.* Es aquella cantidad de repuesto que da lugar al coste anual mínimo. Su cuantía se determina haciendo mínimo el coste anual total, es decir:

*Adquisición + posesión + reposición*

La expresión que se obtiene para la cantidad a pedir es:

$Q = (2 \cdot S \cdot a) / (u \cdot T)$ , siendo  $Q$  la cantidad a pedir,  $a$  el importe de los gastos originados por la gestión de cada pedido,  $S$  el consumo anual,  $u$  el precio unitario y  $T$  la tasa de almacenaje (incluye los intereses más los gastos de almacenaje).

En algunos casos, los suministradores ofrecen distintos precios según la cantidad que se les solicite. Estos planteamientos deben ser estudiados por la gestión de stock.

### **Sistemas de reposición de stocks.**

Los sistemas de reposición de stock para repuestos más empleados son cuatro:

- **A nivel constante.**

Los lanzamientos se hacen cuando las existencias llegan a una determinada cantidad, llamada punto de pedido. Los pedidos son de una cantidad constante. Es el sistema más extendido para repuestos de mantenimiento.

□ **A intervalos constantes.**

Los lanzamientos se hacen en fechas prefijadas pero las cantidades a pedir son variables de manera que la existencia en la fecha de recibir el pedido más la cantidad pedida sea una cantidad fija para cubrir el próximo período.

□ **El sistema mixto.**

Es una mezcla de los dos anteriores. El lanzamiento del pedido se hace cuando se llega aun punto de pedido, pero se hace de modo que la cantidad que se reciba más las existencias en el momento de la recepción sea una cantidad fija.

□ **Sistemas basados en contratos especiales con proveedores.**

Se basan en contratos especiales con proveedores para simplificar los pedidos, entregas y almacenamiento, y lograr unos procedimientos administrativos más eficientes. Como son:

- Sistemas de entrega parcial basado en un contrato de precio unitario: el precio unitario de las piezas se determina para la cantidad promedia utilizada durante la totalidad del período del pedido. Se vigila el nivel de stock, y las piezas se entregan en pequeños lotes. Es un método eficaz para piezas de almacenamiento permanente con una tasa fija de consumo.
- Sistema de depósito: en este sistema se presta el almacén al proveedor que retiene la propiedad del material depositado. Solamente se pagan los materiales utilizados, siendo éste un método eficaz para piezas con una tasa de consumo constante y especificaciones que cambian rara vez.

En Airbus Puerto Real el sistema de reposición de stock utilizado es un sistema mixto, en el cual, cuando se llega al punto de pedido para cada uno de los repuestos, se lanza el pedido y en una cantidad que puede variar según las circunstancias.

Además, en el caso de que haya que hacerse un pedido a un mismo proveedor de más de un repuesto, se jugaría con un margen para hacer coincidir los pedidos y aprovechar la gestión y el transporte de todos a la vez.

#### **4.8.6. Control de la Gestión de Stock.**

Por lo comentado anteriormente, el compromiso al que se debe llegar y en el que la Dirección debe estar de acuerdo será:

- Tener el mínimo inmovilizado en el almacén
- Fijar un nivel máximo de rotura de los stocks, asegurando una calidad de servicio determinada media, que ha de venir marcada por la Dirección con el asesoramiento de mantenimiento.

El uso de la informática en la gestión de stock ha proporcionado un mayor rigor para la consecución de los objetivos planteados, ya que ha proporcionado la integración de todas las variables que influyen en el proceso de optimización de dicha gestión. A continuación se analizan los parámetros que deben considerarse.

#### **Control selectivo del inventario con el análisis A-B-C.**

Normalmente un pequeño porcentaje de artículos es el responsable de la mayor parte del valor del inmovilizado. Lo mejor es centrarse en los artículos más caros y dedicar poco esfuerzo a los restantes. El coste de cada stock es el producto de multiplicar su precio unitario por la cantidad de ese artículo en el dicho stock.

Posteriormente se hace una clasificación de los repuestos en función de su coste en tres grupos distintos:

- Clase A: contiene aquellos artículos cuyo coste es de aproximadamente el 80% del valor total del stock.
- Clase B: contiene aquellos artículos cuyo coste representa aproximadamente el 15% del valor total del stock.
- Clase C: está formada por los artículos que suponen el 5% restante.

Lo más interesante de ésta clasificación es el hecho de que la clase A contiene típicamente alrededor del 10% del total de artículos, la clase B el 20% y la clase C el 70% restante. Por lo tanto, normalmente es suficiente tomar medidas adecuadas exclusivamente en los artículos de la clase A, ya que con ellas se abarca el 80% de los costes. El esfuerzo en resolver el 20% restante no se justifica normalmente con los beneficios que se obtienen.

### **Análisis de Cobertura.**

Otra de las herramientas aplicadas al control de la gestión de stock es el análisis de cobertura. Con ella, los artículos se agrupan de acuerdo a su cobertura. La cobertura es la cantidad de items en stock de un determinado artículo, dividido entre su consumo anual. Es una medida de la eficiencia de la gestión de repuestos. Una alta cobertura se justifica sólo para aquellos repuestos que son difíciles de obtener o cuyo plazo de suministro es muy grande. Los repuestos que pueden obtenerse en el plazo de un día deberían tener una cobertura cero. Y, por lo tanto, las referencias que no hayan tenido consumo durante el período de análisis, tendrán una cobertura infinita y para estas piezas no se puede procesar su cobertura.

Este índice puede obtenerse fácilmente si se dispusiera de un sistema informático de control de stocks y permitiría:

- una política más racional de la gestión de stocks
- una política para deshacerse de sobrexistencias o stocks inútiles que gravan enormemente a la empresa

### **Índice de Rotación de stocks (IR).**

Este índice es inverso a la cobertura y se refiere al ritmo de renovación del stock en un período determinado, generalmente un año. El índice de rotación de stocks viene dado por las salidas anuales divididas entre el valor medio del stock.

Para que dicho índice sea de utilidad, hay que compararlo con:

- El óptimo teórico, conocido o exigido.
- El medio, práctico o real, existente en ese tipo de industria.
- El mercado como objetivo de la Dirección de Airbus.

Como norma general, se pueden definir los siguientes valores del índice de rotación:

<b>IR malo</b>	<b>IR normal</b>	<b>IR bueno</b>
< 0,60	1,25	> 2

Periódicamente se deberá comprobar los artículos que no han tenido movimiento en los últimos años, con el objeto de que sean revisados y anulados aquellos que correspondan por obsolescencia. Esta labor es fundamental para el saneamiento y actualización del inmovilizado.

## 4.9. Control de la gestión del mantenimiento.

### 4.9.1. Introducción.

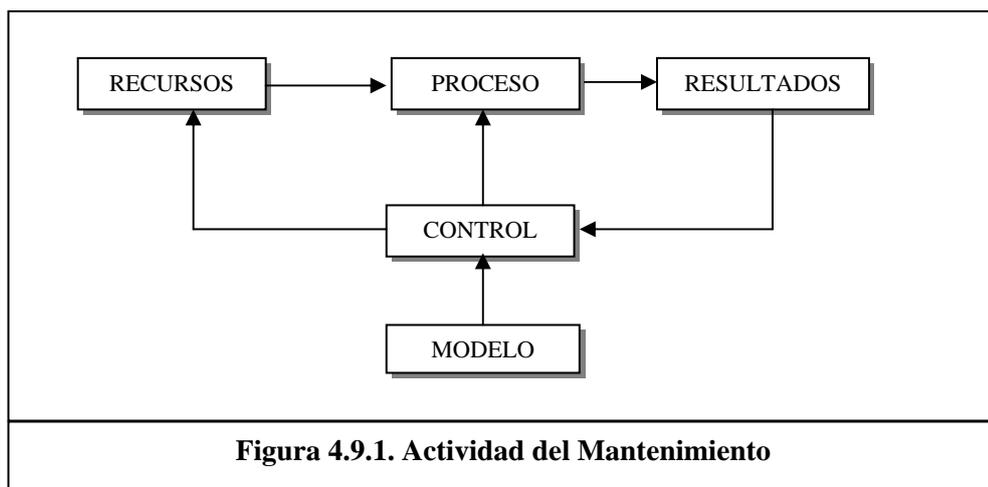
Una vez analizada la gestión de los recursos de mantenimiento y los objetivos a alcanzar, se debe plantear la forma de medir y comparar los resultados que se obtienen.

El control de mantenimiento, como cualquier otro control, se basa en comparar. Para poder establecer comparaciones es necesario, por tanto, la existencia de un modelo al que hacer referencia. La desviación de los resultados respecto a ese modelo indicará el grado de cumplimiento de los objetivos.

En el capítulo 4.7. *Gestión de Máquinas y Equipos*, se definieron una serie de parámetros relacionados con los tiempos, en este capítulo, se añadirán otros parámetros relacionados con los costes y los recursos.

### 4.9.2. Control de la eficacia, eficiencia y efectividad.

Genéricamente, se puede utilizar un esquema como el mostrado en la figura 4.9.1. para la actividad del mantenimiento. El control se establece mediante un modelo actuando sobre los recursos y el proceso para modificar los resultados.

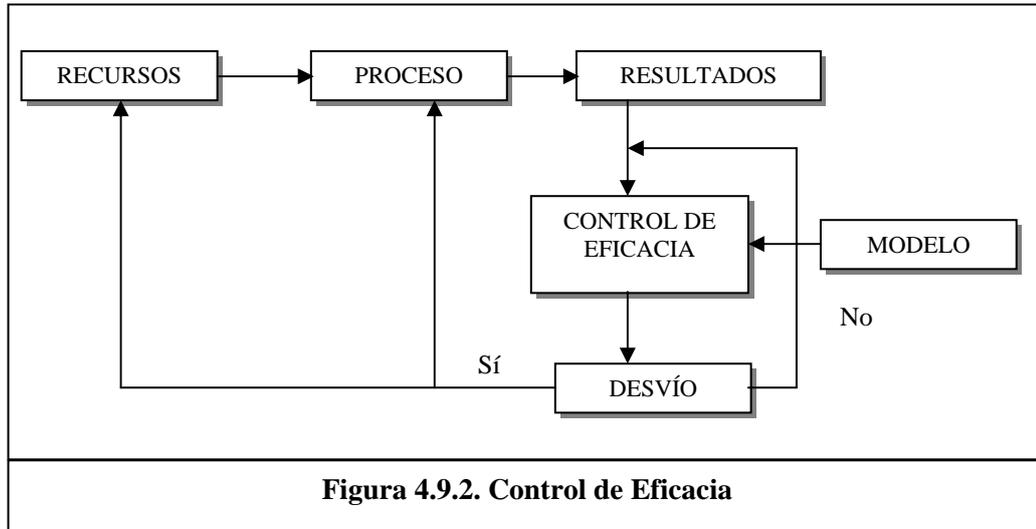


Dentro de los parámetros que controlan la gestión del mantenimiento, se pueden hacer tres grupos:

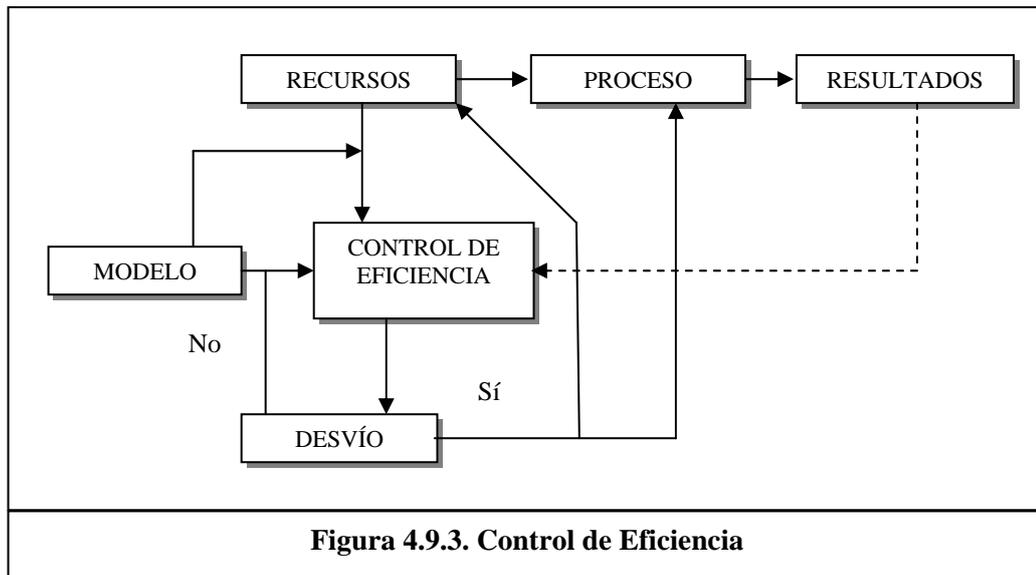
- los que miden la eficacia del mantenimiento.

- los que indican la eficiencia.
- Los que miden la efectividad.

Para el caso de los parámetros que miden la eficacia del mantenimiento, el control se sitúa en el campo de los resultados, generando acciones sobre los recursos o los procesos cuando los resultados obtenidos sean diferentes a los esperados. Se puede ver gráficamente en la figura 4.9.2. indicadores de este tipo pueden ser la disponibilidad y la mantenibilidad.



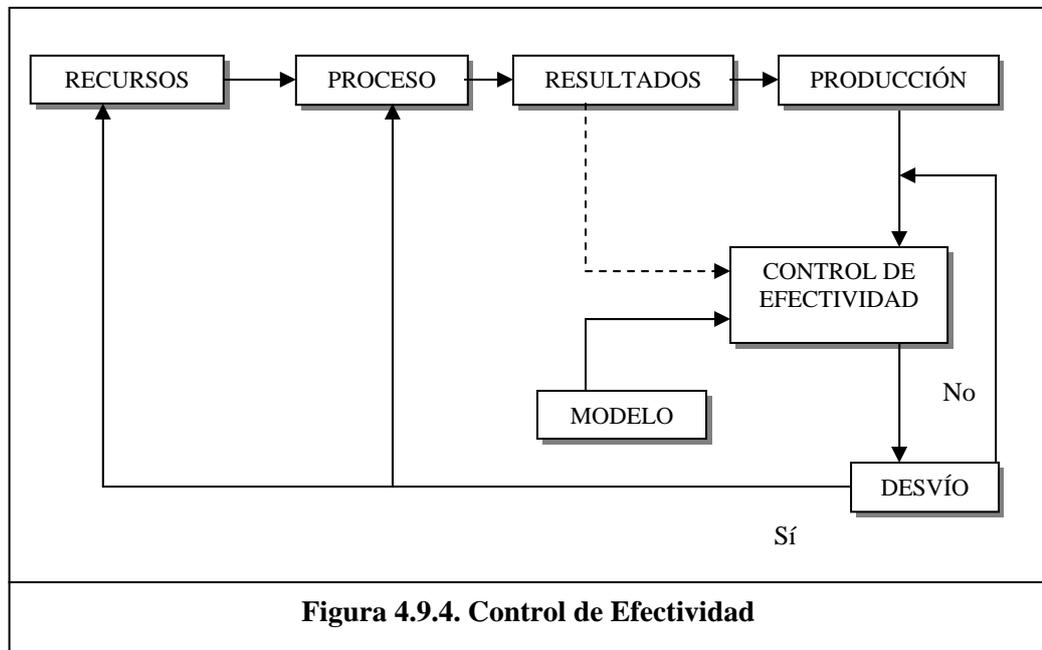
Este tipo de indicadores son válidos para casos concretos en los que se desea un único objetivo independiente de otros factores como puede ser los equipos de seguridad. También son válidos cuando se desea comparar diferentes instalaciones. El principal inconveniente que presentan estos tipos de indicadores es que no tienen en cuenta el coste que supone alcanzar los resultados esperados.



Dado que los recursos de mantenimiento son limitados, sería necesario introducir otra serie de indicadores que sean capaces de medir la eficiencia del mantenimiento. En este caso se trata de tomar un modelo que relacione los resultados obtenidos y los recursos empleados. Puede verse gráficamente en la figura 4.9.3.

Indicadores de este tipo podrían ser Horas-Hombre de mantenimiento respecto a la disponibilidad del equipo o bien los costes de mantenimiento frente al tiempo de buen funcionamiento.

Por último, existe otra serie de indicadores de efectividad (ver figura 4.9.4). donde el Mantenimiento se puede considerar como un sistema abierto que influye y es influido por producción.



### **4.9.3. Indicadores.**

Los indicadores se pueden definir como un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a coste-calidad y plazos.

Los indicadores se pueden dividir en cuatro grandes bloques:

- ✓ Indicadores de calidad: para medir el cumplimiento de las especificaciones del proceso, producto o servicio de cara a satisfacer las expectativas del cliente.
- ✓ Indicadores de plazos: para medir aspectos de la productividad de los procesos, el grado de servicio proporcionado al cliente por la cumplimentación de programas, niveles de stock, rendimiento de las instalaciones, etc.
- ✓ Indicadores de costes: para medir el consumo de los recursos en cada proceso, el rendimiento de la organización, el coste de obtención de calidad, etc.
- ✓ Indicadores de animación y motivación de los empleados: para medir aspectos relacionados con el clima social como pueden ser niveles de participación en sugerencias, horas de formación por empleado, accidentes de trabajo, etc.

#### **Características de los Indicadores.**

Las características principales de un indicador son las siguientes:

- ❑ Ha de ser importante, es decir, referido a un aspecto significativo.
- ❑ Ha de ser claro, medible y fácil de obtener.
- ❑ Ha de ser fiable y lo menos subjetivo posible.
- ❑ Se han de implantar tantos como sean necesarios para mantener una visión clara de la situación de la actividad a controlar.

Otra de las clasificaciones que se puede hacer de los indicadores es la siguiente:

- *Primarios*. Son datos estadísticos simples.
- *Secundarios*. Son relaciones de dos o más indicadores primarios. Estos indicadores se denominan índices.

A efectos de análisis se emplean de forma preferente los índices, aunque algunos indicadores primarios también resultan de utilidad.

### **Datos necesarios para calcular los Índices.**

- 1) *Horas dedicadas a correctivo por averías*. Este dato totaliza las horas dedicadas a atender averías en los distintos centros o procesos productivos. Se contabiliza mediante la solicitud de trabajo a mantenimiento emitido por la línea de producción y cumplimentado por Mantenimiento una vez realizada la reparación.
- 2) *Importe en euros correspondiente a las horas de correctivo por averías*. Es el producto del dato anterior por el valor-hora asignado al centro de gastos de mantenimiento.
- 3) *Importe en euros del material empleado en correctivo*. Este dato se obtiene se totalizar en euros el valor de los materiales empleados en las intervenciones por correctivo sobre cada centro de gastos de producción.
- 4) *Coste total del mantenimiento correctivo por averías*. Este valor se obtiene sumando al importe de la mano de obra empleada en atender correctivo, el importe de los materiales empleados en dicha tarea.
- 5) *Horas de mantenimiento preventivo*. Este dato se obtiene de totalizar las horas de las gamas de Mantenimiento Preventivo.
- 6) *Importe en euros de las horas dedicadas a trabajos preventivos*. Es el producto del número de horas dedicadas a intervenciones de Mantenimiento Preventivo por el valor-hora asignado al servicio de mantenimiento.
- 7) *Importe en euros del material empleado en mantenimiento preventivo*. Este dato se obtiene de totalizar en euros el valor de los

materiales utilizados en las inspecciones preventivas realizadas en los diferentes centros de producción.

- 8) *Coste total de mantenimiento preventivo.* Es la suma del valor total de la mano de obra en euros y el total de materiales utilizados en euros.
- 9) *Coste total de recursos humanos utilizados en mantenimiento correctivo y preventivo.* Es la suma total en euros de las intervenciones en averías y las dedicadas a Mantenimiento Preventivo.
- 10) *Coste total de materiales empleados en intervenciones de mantenimiento.* Es la suma total en euros del valor de los materiales utilizados en intervenciones de mantenimiento correctivo y preventivo.
- 11) *Coste total de mantenimiento.* Es el coste total de las intervenciones del personal de mantenimiento en trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo, sumando a estas intervenciones los materiales empleados en las mismas.
- 12) *Horas dedicadas a otros trabajos.* Resultan de totalizar las horas dedicadas a solicitudes de trabajos especiales (modificaciones, aplicación de mejoras, etc.) y trabajos internos, es decir, los propios de servicio de mantenimiento para su orden y funcionamiento.
- 13) *Horas de mantenimiento disponibles.* Son las horas de presencia de los profesionales del servicio de mantenimiento que se repartirán entre las horas dedicadas a otros trabajos y el número de horas realmente trabajadas en mantenimiento correctivo y preventivo.
- 14) *Número de horas realmente trabajadas en actividades propias de mantenimiento.* Es el número total de horas dedicadas a correctivo por averías y las dedicadas a mantenimiento preventivo. Estas horas estarán reflejadas en el histórico.
- 15) *Horas de parada de máquinas y equipos productivos.* Es número total de horas que han estado paradas las máquinas en cada centro o línea de producción por averías de las mismas, ocasionando pérdidas de producción. El mantenimiento preventivo debe lograr disminuir estas horas. Este ratio se obtiene al restar, en horas, lo que

señalan los apartados de emisión y reparación en los partes de averías.

- 16) *Horas de presencia del personal de producción.* Son las horas de presencia en el trabajo de los operarios pertenecientes a los diversos centros o líneas de producción, las cuales son emitidas periódicamente por los servicios de gestión de la producción.
- 17) *Horas de producción.* Corresponden a la diferencia entre horas de presencia de la mano de obra de producción y las horas de inactividad por paradas del sistema productivo. Se reflejará por cada centro o línea de producción.
- 18) *Coste de las pérdidas por paradas de producción debidas a mantenimiento correctivo por averías.* Es el producto de multiplicar el número de horas de paradas por averías por el valor-hora asignado a cada centro de gastos o línea de producción.
- 19) *Coste total de la producción.* Es el producto de multiplicar el número de horas de presencia del personal de producción por el valor-hora asignado a cada centro o línea de producción.

### **Indicadores de Mantenimiento.**

Una vez se dispone de los datos enumerados en el apartado anterior, se puede proceder a elaborar los indicadores o índices que faciliten el seguimiento de la gestión del mantenimiento.

1. *Personal efectivo existente en el servicio de mantenimiento.* Corresponde a la media mensual del personal de mantenimiento, es decir, el número de profesionales existentes que intervienen directamente en las actividades de mantenimiento.
2. *Índice de personal.* Expresa en % la relación entre el número de horas de mantenimiento disponibles y el número de horas de presencia del personal de producción.  
  
Este índice debe disminuir o al menos mantenerse.
3. *Índices de personal realmente utilizado en actividades de mantenimiento.* Expresa en % la relación entre el número de horas realmente trabajadas por los profesionales en actividades de mantenimiento y las horas de presencia del personal de producción.

Este índice ha de disminuir lo que representa una menor necesidad de mano de obra dedicada a mantener debido a mejorar el funcionamiento de los sistemas productivos.

4. *Índice de rendimiento o aprovechamiento del personal de mantenimiento.* Expresa la relación en % del número de horas realmente trabajadas en mantenimiento correctivo y preventivo y el número de horas de presencia de los profesionales del servicio de mantenimiento.

Este índice debe aumentar lo que indicará que la plantilla de profesionales se dedica en mayor porcentaje a atender el mantenimiento de las instalaciones.

5. *Índice de eficiencia del personal.* Expresa la relación en % entre la suma de horas del mantenimiento dedicado a correctivo y preventivo, y la diferencia de horas de presencia y el número de horas empleadas en otros trabajos. Es decir, corresponde a la relación en % entre el personal que ha intervenido en mantenimiento y las horas que se debieron emplear en las actividades de dicho mantenimiento (correctivo y preventivo).

Este índice debe tender a 100.

6. *Personal necesario en mantenimiento por centro o línea de producción.* Este índice facilita la identificación y el equilibrio de efectivos o profesionales a asignar a cada línea de producción. Para su obtención se multiplica el índice de eficiencia del personal por el personal efectivo existente en el servicio de mantenimiento y se divide por 100 ya que el primer dato será expresado en %.

7. *Índice de extensión del mantenimiento preventivo sobre el total de horas disponibles.* Expresa en % la relación entre el número de horas dedicadas a mantenimiento preventivo y el número de horas disponibles en mantenimiento.

Este indicador debe aumentar en equilibrio con el del apartado 10.

8. *Índice de extensión del mantenimiento preventivo sobre las horas disponibles para actividades propias de mantenimiento.* Este índice expresa la relación en % entre el número de horas dedicadas a actividades de mantenimiento preventivo y la diferencia entre el

número de horas de mantenimiento disponibles y el número de horas empleadas en otros trabajos.

9. *Índice del porcentaje de costes por intervenciones de mantenimiento preventivo.* Expresa en % la relación entre el coste total de mantenimiento preventivo y el coste total de mantenimiento correctivo + mantenimiento preventivo.

Este índice es complementario al índice de coste en porcentaje por intervenciones de mantenimiento correctivo debido a averías.

10. *Índice de intervenciones por averías sobre el total de horas disponibles.* Expresa en % la relación entre las horas de correctivo por averías y el número de horas de mantenimiento disponibles.

11. *Índice de intervenciones por correctivo sobre las horas disponibles para actividades de mantenimiento.* Expresa en % la relación entre las horas de averías y la diferencia entre el número de horas disponibles para actividades propias de mantenimiento y el número de horas empleadas en otros trabajos.

12. *Índice de porcentaje de costes por intervenciones de mantenimiento correctivo por averías.* Expresa en % la relación entre el coste total del mantenimiento correctivo por averías y el coste total de correctivo + preventivo.

Este índice complementa a los índices 7,8,9 y 10, dando una idea sobre la conveniencia de aumentar el mantenimiento preventivo.

13. *Índice del coste-hora del mantenimiento sobre el total de horas disponibles.* Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento correctivo y preventivo, y el número de horas de mantenimiento disponibles.

14. *Índice del coste-hora de mantenimiento (solo sobre las horas realmente trabajadas en actividades de mantenimiento).* Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento por averías y preventivo y el número de horas realmente trabajadas en mantenimiento correctivo + preventivo.

15. *Índice del coste de mantenimiento referido al coste de la producción.* Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento correctivo y preventivo más el coste de las paradas de producción por correctivo, y el coste total de la producción.

Este índice ha de tender a disminuir.

16. *Índice de repercusión del correctivo por averías en el coste del producto.* Expresa la relación en % de la suma del coste total del mantenimiento correctivo más el coste de las paradas de producción por averías, y el coste total de la producción.

Este índice ha de disminuir tendiendo a cero.

17. *Índice de la reducción de costes de mantenimiento.* Expresa la relación entre el índice de extensión del mantenimiento preventivo y el índice del coste de mantenimiento referido al de la producción.

Este índice debe aumentar, lo cual indica que debe disminuir el denominador (índice del coste del mantenimiento referido al de producción), es decir, que si se extiende el mantenimiento preventivo (aumenta el numerador) los resultados de éste deben hacer disminuir el coste del mantenimiento.

En el momento en el que el coste aumentara, hay que cortar la extensión del mantenimiento preventivo y revisar lo realizado para mejorarlo y optimizarlo.

18. *Índice del coste-hora del mantenimiento referido a la producción.* Expresa la relación entre el coste total del mantenimiento correctivo y preventivo, y las horas de presencia de la producción.

Su resultado es el coste-hora de presencia de la mano de obra directa de producción en cuanto a coste de mantenimiento se refiere.

Este valor debe disminuir, o al menos mantenerse, y puede servir de base para la confección de presupuestos anuales de mantenimiento por centro o línea de producción.

## **5. DESARROLLO DEL TPM**

### **5.1. Introducción.**

El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y rápidamente pasó a formar parte de la cultura corporativa de las empresas japonesas más importantes, incluyendo sus suministradores y filiales. Posteriormente se introdujo en otras industrias como las de electrodomésticos, microelectrónica, máquinas herramientas, plásticos, fotografía, etc.

Inicialmente, las actividades TPM se limitaron a los departamentos directamente relacionados con los equipos. Sin embargo, actualmente los departamentos administrativos y de apoyo, a la vez que apoyan activamente al TPM en la producción, lo aplican también para mejorar la eficacia de sus propias actividades. Los métodos de mejora TPM se están aplicando también en los departamentos de desarrollo y de ventas.

Hay tres razones principales por las que el TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y ahora lo esté haciendo por todo el mundo:

- Garantiza drásticos resultados.
- Transforma visiblemente los lugares de trabajo.
- Eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.

Las empresas que ponen en práctica el TPM invariablemente logran resultados sobresalientes, particularmente en la reducción de averías de los equipos, la minimización de los tiempos de vacío y pequeñas paradas; en la disminución de efectos y reclamaciones de calidad; en la elevación de la productividad, reducción de los costes de personal, inventarios y accidentes; y en la promoción de la implicación de los empleados.

Los aspectos fundamentales del TPM son:

- Mantenimiento básico y de prevención de averías realizado desde el propio puesto de trabajo y por tanto por el propio operario.
- Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo optimizada.
- Conservación continua y completa de los equipos y aumento consiguiente de su vida.

- Mejora del funcionamiento y rendimiento de los equipos.
- Formación adecuada al personal de producción y de mantenimiento, acerca de los equipos, su funcionamiento y su mantenimiento.

Conforme las actividades TPM empiezan a rendir resultados concretos (mejorando el entorno de trabajo, minimizando las averías, mejorando la calidad, reduciendo los tiempos de cambio de útiles, etc.), los trabajadores se motivan, aumenta su integración en el trabajo, y proliferan las sugerencias de mejora. Las personas empiezan a pensar en el TPM como parte necesaria de su trabajo cotidiano.

El TPM ayuda a los operarios a entender su equipo y amplía la gama de tareas de mantenimiento que pueden practicar. Les da oportunidad de hacer nuevos descubrimientos, adquirir conocimientos, y disfrutar de nuevas experiencias. Refuerza la motivación, genera interés y preocupación por el equipo, y alimenta el deseo de mantener el equipo en óptimas condiciones.

OBJETIVOS PRINCIPALES DEL TPM
1.- Reducción de las averías de los equipos.
2.- Reducción de los tiempos de espera y de preparación de los equipos.
3.- Utilización eficaz de los equipos existentes.
4.- Control de la precisión de herramientas y equipos.
5.- Promoción y conservación de recursos naturales y economía de la energía.
6.- Formación y entrenamiento de los recursos humanos.

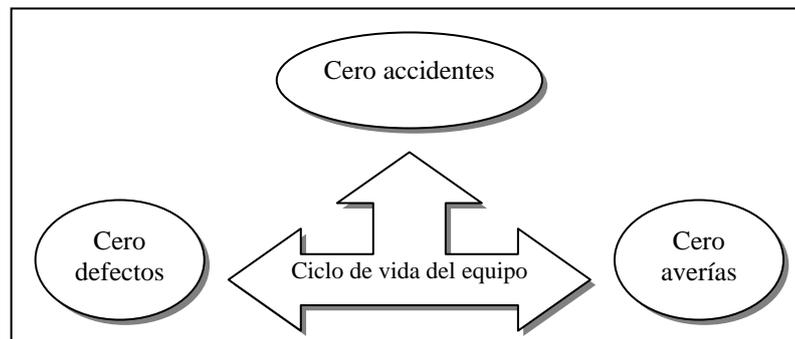
### 5.1.1. Conceptos y Características.

El TPM supone un nuevo concepto de gestión de mantenimiento, que trata de que éste sea llevado a cabo por todos los empleados y a todos los niveles a través de actividades en pequeños grupos e incluye los siguientes cinco objetivos:

- ✓ Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos para alcanzar con éxito el objetivo.
- ✓ Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de equipos. Es lo que se da a conocer como objetivo:

#### **EFICACIA GLOBAL: Producción + Gestión de equipos**

- ✓ Implantación de un sistema de gestión de plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos:



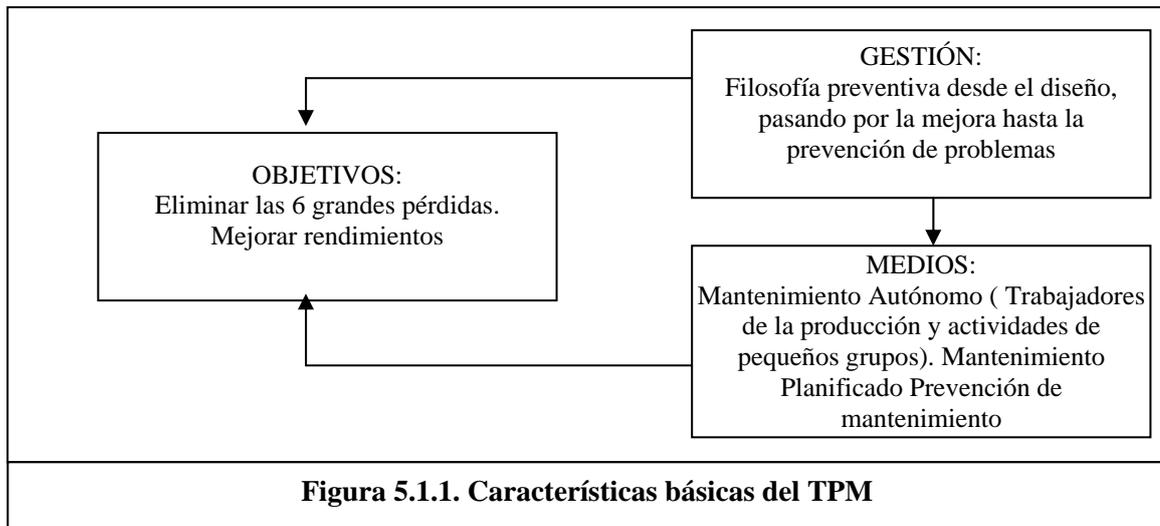
- ✓ Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- ✓ Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

El TPM es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: participación de todo el personal de la planta, eficiencia total y sistema total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección, y la prevención.

1. Participación total del personal, es decir:
  - *Implicación total de la dirección.*
  - *Trabajo en equipo, grupos multidisciplinares.*
  - *Colaboración interdepartamental.*
  - *Estrecha cooperación entre operarios, producción – mantenimiento.*
2. Eficacia total, y por tanto:
  - *Máximo rendimiento de equipos.*
  - *Máxima rentabilidad económica.*
3. Sistema total de gestión del mantenimiento:
  - *Diseño robusto y orientado a hacerlo accesible al mantenimiento.*
  - *Mantenimiento correctivo eficaz: registros, repuestos y documentación.*

Así pues, los objetivos serán:

<i>Puntos a minimizar</i>	<i>Puntos a maximizar</i>
Reducción de costes: cero actividades o incorporaciones sin valor añadido.	Calidad total: cero defectos.
Stock mínimo: cero materiales no procesados (coordinación total).	Máxima productividad: cero despilfarros.
	Objetivos, medios y gestión: ver figura 5.1.1.



**Figura 5.1.1. Características básicas del TPM**

Como se puede observar, su aplicación se basa en el mantenimiento realizado desde el propio puesto de trabajo, o Mantenimiento Autónomo, que será por tanto a lo que se prestará especial atención en el presente proyecto, y que supone actividades de limpieza, conservación y prevención de problemas, averías y errores llevadas a cabo por los propios operarios de producción.

### **Mejora de la Gestión de los Equipos Productivos.**

La aplicación de un programa TPM garantiza:

#### **❖ *Aumento de la productividad de los equipos.***

Una de las principales características del TPM es la reducción a cero de las averías en los equipos, los defectos y los accidentes, lo que conlleva un aumento de la productividad y la calidad, reduce los costes y mejora los beneficios.

#### **❖ *Mejoras corporativas.***

La dirección debe apoyar activamente la implicación de todos los trabajadores en el TPM mediante actividades de mejora en pequeños grupos que promuevan la responsabilidad individual y el respeto mutuo en el grupo y en la organización general, ya que la participación de todos los empleados es una de las claves del éxito del TPM.

#### **❖ *Preparación del personal.***

El TPM requiere de un personal con grado de formación elevado para asumir responsabilidades dentro de la organización. El TPM permite a los operarios entender su equipo y ampliar cada vez más las tareas de mantenimiento que pueden asumir, previa formación y entrenamiento. Esta mayor comprensión de su trabajo se traduce en un sentimiento de seguridad y autoestima en sí mismos y en sus tareas, de este modo, se consigue que hagan mejor el trabajo y aumenten la productividad.

#### **❖ *Transformación del puesto de trabajo.***

La mejora en la seguridad en el trabajo contribuye a crear un entorno sano y agradable, lo que es una de las metas del TPM. La gestión de la seguridad está implícita en los objetivos del TPM, en el empeño para lograr el cero averías y cero defectos, lo que evita equipos defectuosos fuentes de riesgo. A esto se le suma un personal entrenado y capacitado

para detectar y corregir de forma segura anomalías en el momento en el que se originan. Por otro lado, el entorno se transforma en un lugar limpio y bien organizado a través de una aplicación rigurosa de los principios de las 5S como parte del Mantenimiento Autónomo.

La filosofía de las 5 S surge como el más fuerte aliado en los sistemas de gestión de la producción actual. Las 5 S son cinco palabras que en la fonética japonesa comienzan con S y que se refieren a otros tantos aspectos muy importantes en el mantenimiento correcto de los puestos de trabajo:

- **Seisi:** Arreglo metódico; implica *organización*, clasificación y método.
- **Seiton:** *Orden*; implica localización separada e identificada de cada cosa.
- **Seiso:** *Limpieza* de equipo, herramientas y área de trabajo.
- **Seiketsu:** Mantener en *buen estado* el equipo, los útiles y herramientas.
- **Shitsuke:** *Disciplina*. Implica el cumplimiento de las reglamentaciones establecidas, de forma regular y continuada.

La práctica diaria de las 5S ayuda a eliminar las averías y los accidentes en el trabajo y previene futuros fallos. En definitiva, la aplicación estricta del TPM asegura la calidad del trabajo y del entorno sin descuidar los beneficios.

## **5.2. Implantación de un Programa TPM.**

La implantación del TPM tiene como objetivo fundamental la obtención del máximo rendimiento y eficacia global de un sistema productivo a través de la correcta gestión de los equipos que lo forman.

Las actuaciones del TPM se centrarán en la eliminación de tiempos muertos o de vacío, reducción del funcionamiento a velocidad reducida y la minimización de las disfunciones y defectos derivados de los procesos en que intervienen los equipos. O dicho de otra forma, las actuaciones se basarán en la eliminación de las 6 grandes pérdidas.

La implantación del TPM comprenderá el desarrollo de las siguientes actividades:

- Incremento de la duración del ciclo y de la calidad de la vida de los equipos.
- Establecimiento del mantenimiento autónomo en el propio puesto de trabajo.
- Reordenación de las tareas del Departamento de Mantenimiento hacia la prevención.
- Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo optimizada.
- Mejora de la funcionalidad y mantenimiento de los equipos.
- Formación y entrenamiento del personal productivo y de mantenimiento.
- Incidencia en el diseño de los equipos, pensados para obtener el máximo rendimiento con el mínimo mantenimiento.

Para lograr cada una de las actividades anteriores, es necesario implantar un programa TPM completo y adecuado y se deberá cumplir los siguientes puntos:

- Tratar de alcanzar las condiciones de funcionamiento óptimas. Eliminación de los aspectos que merman el rendimiento del sistema productivo a partir de los equipos (pérdidas).
- Eliminación del deterioro acelerado o excesivo de los equipos y el desgaste de sus componentes.

- Asignación de tareas de limpieza, mantenimiento y prevención a los operadores del proceso.
- Implantación de las mejoras que se consideren oportunas en los equipos y sus necesidades de mantenimiento.
- Planificación del conjunto de acciones que compondrán el programa de mantenimiento y gestionarlas adecuadamente.

Otro aspecto importante a tener en cuenta será la prevención del mantenimiento, a cargo de los departamentos de ingeniería de diseño y desarrollo de equipos productivos.

### **5.2.1. Etapas en la implantación del TPM.**

El desarrollo de un programa TPM se lleva a cabo normalmente en cuatro fases claramente diferenciadas con unos objetivos propios en cada una de ellas:

- 1.- Preparación.
- 2.- Introducción.
- 3.- Implantación.
- 4.- Estabilización.

Estas fases se descomponen en un total de 12 etapas, que abarcan desde la decisión de aplicar una política de TPM, hasta la consolidación del TPM y la elevación de las metas.

Cada una de estas etapas forma parte de lo que se denomina el proceso de implantación de un sistema de calidad orientado hacia la mejora continua y que aplicado a la gestión del mantenimiento recibe el nombre de TPM.

A continuación se presenta los aspectos más destacados de cada una de las etapas de implantación del TPM. Ver figura 5.2.1.

<b>Fase</b>	<b>Etapa</b>	<b>Aspectos de gestión</b>
<b>1. Preparación</b>	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre el TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas TPM	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados.
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
<b>2. Introducción</b>	6. Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
<b>3. Implantación</b>	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñar
	11. Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
<b>4. Consolidación</b>	12. Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA.

**Figura 5.2.1. Etapas en la implantación del TPM**

### **Fase de preparación.**

Esta fase es fundamental para establecer una planificación cuidadosa del programa TPM que evite o limite al máximo futuras modificaciones durante su implantación.

#### **ETAPA 1: Decisión de aplicar el TPM en la empresa.**

La dirección debe informar a todos los empleados y órganos empresariales de su intención de implantar el TPM y transmitir su entusiasmo por el proyecto. Esto puede llevarse a cabo a través de reuniones internas, boletines informativos, etc., donde se explique el concepto, metas y resultados esperados.

#### **ETAPA 2: información sobre el TPM.**

La segunda etapa comprende una política de difusión al alcance de todo el mundo que permita entender el concepto TPM, y cuál va a ser su papel.

Se consigue mediante la realización de campañas informativas que pretenden hacer comprender a todo el personal, sea cual sea su nivel y responsabilidad, el porqué de la introducción del TPM en la empresa.

Con el fin de que todos comprendan las características del TPM y valoren sus beneficios, se deberá organizar jornadas de entrenamiento adecuadas para cada nivel.

#### **ETAPA 3: Estructura promocional del TPM.**

La promoción del TPM se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización.

Será conveniente crear una oficina de promoción del TPM encargada de promover y desarrollar estrategias eficaces para la promoción del TPM.

#### **ETAPA 4: Objetivos y políticas básicas de TPM.**

En esta etapa, la dirección deberá incorporar el TPM a la política estratégica de la compañía; asimismo, fijará los objetivos concretos a alcanzar y las directrices a seguir a medio y largo plazo.

Un objetivo concreto significa expresarlo en lo posible de forma cuantitativa y precisa, que todo el mundo pueda comprenderlo. Los objetivos deberán ser ambiciosos pero alcanzables.

Como paso previo a la fijación de objetivos se debe analizar cuál es el punto de partida de la empresa, y tener así una base de referencia. Esto implica conocer

la situación actual de la empresa, disponer de datos numéricos sobre averías, tasa de defectos, rendimiento, etc.

Por este motivo, en el apartado 2. *Diagnóstico de la gestión del mantenimiento* de este proyecto, se procedió al diagnóstico de la gestión del mantenimiento en la planta de Airbus Puerto Real, llegándose a la conclusión de que haría falta, en un primer momento, la medida de ciertos parámetros para poder establecer niveles deseables de mejora con objetivos medibles y alcanzables.

#### **ETAPA 5: Plan maestro de desarrollo del TPM.**

Este es un paso importante ya que en él se trata de establecer un plan concreto para la implantación del TPM que integra las actividades a desarrollar para conseguir las metas propuestas. Las principales actividades que deberá contener son:

- ✓ Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
- ✓ Mejora de la efectividad de los equipos.
- ✓ Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado por personal de mantenimiento.
- ✓ Aseguramiento de la calidad.
- ✓ Gestión temprana de equipos.
- ✓ Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

#### **Fase de introducción.**

##### **ETAPA 6: Arranque formal del TPM.**

Esta etapa será la de la puesta en práctica del TPM. Resulta aconsejable organizar un acto formal de presentación al que asistan todos los empleados y clientes o representantes de empresas relacionadas, en donde se informe de las actividades llevadas a cabo en la fase de preparación y de los planes futuros. La dirección debe procurar que su interés por el TPM alcance a toda la empresa.

#### **Fase de implantación.**

En la fase de implantación deben desarrollarse las actividades planificadas, con la adecuada asignación de los responsables y el acuerdo acerca de las fechas de implantación de las mismas.

ETAPA 7: Mejorar la efectividad de los equipos.

Se organizan grupos de trabajo multifuncionales compuestos por ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad del equipo. Deberá seleccionarse un equipo que sufra pérdidas crónicas y, una vez medidas y evaluadas cuidadosamente, se actuará de forma que se obtengan mejoras significativas en un período de aproximadamente tres meses.

ETAPA 8: Establecer un programa de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es una de las características más inherentes al TPM. Tras la implantación del TPM, los operarios de producción participan en las funciones diarias y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado.

ETAPA 9: Desarrollo de un programa de mantenimiento planificado.

Esta etapa consiste en el desarrollo de un programa de mantenimiento periódico o programado para que pueda ser llevado a cabo por el departamento de mantenimiento. El personal del mismo debe centrar sus energías en las tareas que requieren su propia experiencia técnica y aprender técnicas más sofisticadas de mantenimiento, al tiempo que coopera con el mantenimiento autónomo.

ETAPA 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.

Para llevar a cabo un mantenimiento eficaz es importante mejorar las habilidades de los recursos humanos de que dispone la empresa. Por ello, en las etapas iniciales de la implantación del TPM conviene realizar un esfuerzo especial pero muy valioso en la formación de los empleados. Una vez puesto en marcha el TPM, se evaluará periódicamente a cada persona para fijar planes de formación para la fase siguiente.

ETAPA 11: Creación de programa de gestión temprana de equipos.

El programa de gestión temprana de equipos tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso estén exentos de él. Para conseguir estos objetivos hay que actuar desde la fabricación del equipo, su proyecto inicial, hasta su madurez, en la que tendrá lugar la operación normal con producción estable de productos de calidad.

Este período de tiempo se conoce como ciclo de vida del sistema o ciclo de vida total, ya que también se puede hablar de ciclo de vida de una pieza del equipo o de una parte del mismo. El TPM trata de minimizar el coste económico del ciclo de vida de un sistema empezando en las fases tempranas del desarrollo del mismo: fases de planificación de inversiones en equipos, de diseño, de fabricación, de instalación, de pruebas y de arranque. Durante las mismas, se consigue recabar información útil para emprender acciones correctivas que mejoren el sistema y replanteen los criterios de diseño.

El programa de gestión temprana abarca también las fases de operación y mantenimiento bajo un enfoque de sistema total integrado, donde se combinan los esfuerzos de los ingenieros de diseño, de mantenimiento y de producción para avanzar en la prevención del mantenimiento y mejorar la mantenibilidad.

### **Fase de consolidación.**

#### **ETAPA 12: Consolidación del TPM y elevación de los objetivos.**

El último paso en el programa TPM es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores. Hay que cuantificar el progreso alcanzado y darlo a conocer a todos los empleados para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario. A partir de este momento, habrá que adoptar una filosofía de mejora continua, revisando los objetivos establecidos y fijando otros más ambiciosos.

### 5.3. Las seis grandes pérdidas de los equipos.

#### 5.3.1. Introducción.

El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que éstos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible. Para ello es necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos, lo que es un objetivo fundamental del TPM.

Los principales factores que impiden lograr maximizar la eficiencia global de un equipo se han clasificado en seis grandes grupos y son conocidos como las seis grandes pérdidas. Están agrupadas en tres categorías tomando en consideración el tipo de mermas y efectos que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo con intervención directa o indirecta de los equipos de producción.

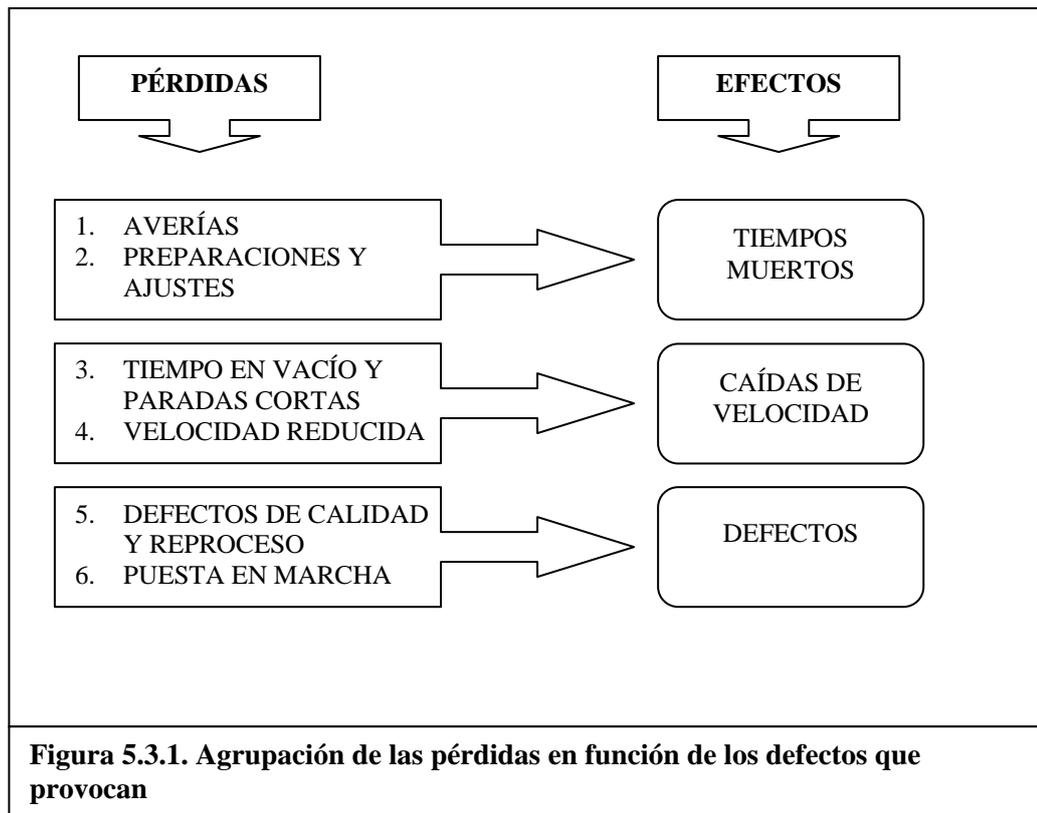


Figura 5.3.1. Agrupación de las pérdidas en función de los defectos que provocan

La meta del TPM es eliminar o, si ello no es del todo posible, minimizar cada una de las seis grandes pérdidas.

A continuación, en la siguiente tabla se resumen las seis grandes pérdidas:

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
<i>Tiempos muertos y de vacío</i>	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos.	Eliminar
	2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo
<i>Pérdidas de velocidad del proceso</i>	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en el que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.	Eliminar
<i>Productos o procesos defectuosos</i>	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y, consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas

**Figura 5.3.2. Clasificación de las seis grandes pérdidas**

En la tabla siguiente se muestra las pérdidas y las causas que las provocan:

Seis grandes pérdidas	Causas	
	<i>Crónicas</i>	<i>Esporádicas</i>
1. Averías / Fallos	X	X
2. Preparación / Ajustes	X	X
3. Tiempos vacío / paradas cortas	X	
4. Reducción velocidad	X	
5. Defectos calidad	X	X
6. Puesta en marcha	X	

**Figura 5.3.3. La pérdidas y el origen de las causas que las provocan**

En los siguientes apartados, se detallará cada una de las seis grandes pérdidas y de cómo identificarlas.

### **5.3.2. Pérdidas por Averías.**

Las pérdidas por averías, errores o fallos del equipo provocan tiempos muertos del proceso por paro total del mismo debido a problemas que impiden su buen funcionamiento. Las averías y sus paros pueden ser de tipo esporádico o crónico.

Las consecuencias de las averías con relación al equipos, pueden ser:

❖ *Averías con pérdida de función.*

Este primer tipo se caracteriza porque el equipo pierde súbitamente alguna de sus funciones fundamentales y se para por completo. Suele ocurrir de manera inesperada, en forma de fallos repentinos y drásticos, dando lugar a pérdidas claras y urgentes de solucionar.

Las averías con pérdida de función dan lugar a pérdidas esporádicas con un coste económico inicial alto. Sin embargo, los problemas esporádicos son visibles y tienen, generalmente, una causa clara y concreta, y por lo tanto es relativamente fácil actuar contra ellas.

❖ *Averías con reducción de función.*

Las averías con reducción de función se producen sin que el equipo deje de funcionar, pero el deterioro sufrido por el equipo o partes específicas del mismo hacen que rinda por debajo de lo previsto.

Las averías con reducción de función suelen descuidarse o pasar desapercibidas, ya que no son fáciles de evaluar. Normalmente las averías con reducción de función están causadas por defectos ocultos, bien en el equipo o en los métodos utilizados.

### **Análisis de las averías crónicas.**

Las averías crónicas son en general provocadas por defectos ocultos. Se reproducen con tal frecuencia que se llegan a considerar normales. Dan lugar a pérdidas crónicas que en cada incidencia pueden parecer insignificantes, pero la frecuencia y normalidad con la que se repiten magnifican su repercusión en el rendimiento.

Las pérdidas crónicas son reducibles e incluso se pueden eliminar, pero no es una tarea sencilla. Hay que llevar a cabo un riguroso seguimiento y análisis de sus características para desvelar la causa o causas que provocan ese modo de fallo.

La dificultad para su completa eliminación radica, precisamente, en la combinación de causas que intervienen, con la circunstancia agravante que esta combinación puede ser diferente en cada momento de incidencia. A continuación se muestra una tabla con las características principales de las pérdidas crónicas o esporádicas:

TIPOS DE PÉRDIDAS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
CRÓNICAS	Causas múltiples y complejas
	Frecuentes / periódicas en tiempo
	Solución complicada y a largo plazo
	Efectos difíciles de relacionar
	Problemas latentes no resueltos
ESPORÁDICAS	Causa única
	Causa fácil de reconocer
	Efectos obvios
	Efectos acotados
	Esporádicas en tiempo

Figura 5.3.3. Características de las pérdidas según su naturaleza

Para determinar la causa o causas de las pérdidas, sean crónicas o esporádicas, pueden utilizarse técnicas para el análisis de causas de fallos y de la trascendencia de los mismos, que habitualmente se emplean como herramientas de calidad, como el diagrama causa-efecto, árbol de fallos, etc., que permiten plantear el problema desde sus efectos, para llegar a la causa o conjunto de causas raíz.

La reducción y posterior eliminación de las pérdidas por averías puede acometerse mediante las etapas que siguen:

- 1.- Establecer las condiciones básicas de operación.
- 2.- Mantener las condiciones operativas básicas.
- 3.- Restaurar las funciones deterioradas, a su nivel original.
- 4.- Mejorar los aspectos débiles de diseño de las máquinas y equipos.
- 5.- Mejorar las capacidades de mantenimiento y operación.

### **Requerimientos para la Obtención del Cero Averías.**

Los requerimientos para la obtención del cero averías se pueden resumir en las siguientes seis actividades:

- *Mantenimiento básico del equipo.* Normalmente de tipo productivo: limpieza, ajuste, lubricación, reapriete de pernos, comprobaciones de presión, tensiones eléctricas, etc.,. formarían los elementos fundamentales de este primer apartado.
- *Condiciones operativas correctas.* Así como la preparación de las máquinas de acuerdo con las normas de trabajo establecidas y en consonancia con la operativa deseable, evitando así las desviaciones con respecto a ésta.
- *Restablecer el desgaste.* Eliminando las pérdidas que alejen las condiciones operativas de las deseables, sobre todo en caso de que el desgaste sea excesivo; habrá pues que medir el desgaste, prevenirlo utilizando cada componente adecuadamente y reparar dicho desgaste cuando supere los límites aceptables.
  - Previsión y descubrimiento del deterioro:
    - Inspección de los elementos comunes para todas las unidades y restauración de las partes deterioradas.
    - Inspección de los elementos propios del equipo o instalación y restauración de las partes deterioradas.
    - Confección de normas de inspección diaria.
    - Análisis del MTBF pieza a pieza y estimar el tiempo de vida útil.
    - Establecimiento del valor límite para la sustitución de cualquier elemento susceptible a ello.
    - Confección de la norma de verificación y sustitución del mismo.
    - Estudio para la captación de indicios de anomalías.
    - Estudio del método de medición y parámetros de previsión del deterioro.

- Establecimiento de los métodos de reparación:
  - Normalización de los métodos de montaje-desmontaje, mediciones y sustitución.
  - Uniformar los componentes utilizados.
  - Mejora y especialización de herramientas e instrumentos.
  - Mejora desde el punto de vista estructural, enfocando los equipos para su fácil reparación.
  - Establecimiento de normas para el almacenamiento de los repuestos.
- *Mejora de los puntos débiles del equipo.* Estas mejoras y medidas adoptadas tienen como finalidad alargar el tiempo de vida útil del equipo o instalación. Se pueden contemplar medidas como las siguientes:
  - Medidas destinadas al aumento de la resistencia. Aquí se ha de contemplar el tipo de mecanismo o estructura, la naturaleza del material, el formato, así como la precisión dimensional y del montaje
  - Medidas destinadas a aliviar el estrés del movimiento.
- *Formación y adiestramiento del personal adecuados.* Ello debe abarcar a los operadores y al personal de mantenimiento.
- *Mejora continua del equipo, su operativa y mantenimiento.* Así pueden llevarse a cabo acciones como:
  - Diseño del equipo: simplificación de algún aspecto de su manejo que reduzca el tiempo de proceso.
  - Prestaciones del equipo: aumentando su capacidad.
  - Operativa con el equipo: mejora de los métodos de trabajo que reduzca el tiempo de cada proceso.
  - Mantenimiento: mejoras que reduzcan las necesidades o la frecuencia de las operaciones de mantenimiento.

### **5.3.3. Pérdidas debidas a preparaciones.**

Es necesario minimizar el tiempo empleado en la preparación o cambio de útiles y herramientas y los ajustes necesarios en las máquinas para atender los requerimientos de la producción.

En los últimos años se han desarrollado los sistemas RTS (Rapid Tool Setting), entre los que destacan las denominadas técnicas SMED (Single Minute Exchange Die), cuyo objetivo es la ejecución de la preparación completa, por lo que se refiere al tiempo en el que el equipo permanece parado, en un tiempo inferior a 10 minutos.

Las operaciones de preparación de las máquinas para acometer una nueva actividad de producción suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada (MP), junto a otras que se realizan fuera de las mismas y que pueden llevarse a cabo a máquina en marcha (MM). El tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción.

Dentro de este tiempo se llevan a cabo operaciones de preparación, montaje y ajuste de los útiles, que suponen la base del tiempo a reducir.

La clave de las técnicas SMED se halla en solapar tres tipos de acciones:

- Minimizar la cantidad de operaciones a MP y convertir la mayor cantidad de éstas que sea posible en operaciones a MM.
- Reducir los tiempos de las operaciones de preparación, muy en especial las que se llevan a cabo a MP; las operaciones de fijación y ajuste, en particular, pueden ser objeto de importantes reducciones de tiempo.
- Simultanear operaciones no necesariamente secuenciales. Es decir, todas aquellas operaciones que se puedan efectuar a la vez, no deben esperar.

Un aspecto especialmente importante es la reducción de los tiempos de operación a MP, correspondientes a la realización de ajustes. Para avanzar en este objetivo puede operarse de acuerdo con las siguientes etapas:

1. Clarificar las razones por las que debe hacerse un ajuste.
2. Determinar si el ajuste es necesario o inevitable.
3. Determinar la naturaleza del ajuste y los principios en que se basa.

4. Determinar las causas que han originado la necesidad del ajuste.
5. Decidir si el ajuste es definitivamente evitable o no, y actuar.

#### **5.3.4. Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas.**

Este tipo de pérdidas hacen referencia a períodos de funcionamiento en vacío (sin producción) y a paradas breves; en los tiempos de vacío la máquina opera, pero lo hace sin efectuar producción de pieza alguna, debido a un problema temporal.

Este tipo de pérdida debe tenerse en cuenta, principalmente al automatizar líneas productivas ya existentes y, por supuesto, en el diseño de las de nueva creación, puesto que son fallos previsibles y en general solucionables de forma automática, pero que pueden provocar pérdidas de producción y rechazos de producto considerables.

En el caso de las paradas breves, que se caracterizan por ser de rápida recuperación de las condiciones operativas, el primer paso para solucionarlas es centrar la atención en la eliminación de los pequeños problemas del equipo, a través de una limpieza inicial diaria y operaciones básicas de mantenimiento e inspección propias del mantenimiento autónomo.

Las paradas breves inciden en la capacidad real de los procesos, y en definitiva en su productividad, y a fin de establecer objetivos correctos relacionados con su reducción, debe establecerse alguna forma de evaluarlos. Generalmente se utiliza el tiempo medio entre fallos (MTBF), que trata de cuantificar el tiempo que por término medio transcurre desde una parada hasta la siguiente.

Las paradas breves pueden tener una incidencia muy grande en la efectividad de una línea, hasta el punto de que es frecuente que la reducción de eficiencia que comportan supere a la de las averías, pese a que éstas aparecen como mucho más negativas. Productividad, coste, calidad, plazo de entrega y también la seguridad, son las magnitudes que pueden verse afectadas seriamente.

Las etapas para la reducción de las paradas breves son las siguientes:

1. *Identificación de la mejora a acometer y sus objetivos.*

Si son muchos los problemas susceptibles a ser abordados, puede hacerse un análisis de Pareto para priorizar las mejoras a acometer.

Las mejoras que decidan acometerse deberán ser concretas y asequibles, y para que den lugar a un aumento apreciable en la eficiencia, convendrá que el objetivo tenga un nivel de cierta importancia.

2. *Tomar las mediciones de la situación inicial que se precisan para acometer la mejora.*

En especial se deberá medir el tiempo medio entre fallos o paradas MTBF y aplicar los objetivos que le conciernen.

3. *Recogida y análisis de la información en relación con el proceso objeto de mejora.*

Hay que determinar por qué sucede el problema. La información necesaria puede obtenerse de diversas fuentes, desde las instrucciones de utilización de los equipos recogidas en los manuales correspondientes, pasando por planos y especificaciones y normas de ingeniería, o por listados si los problemas y sus causas han sido registrados anteriormente.

4. *Establecimiento de las causas esenciales y secundarias.*

Se han de identificar no sólo las causas esenciales, sino también aquellas de carácter secundario.

5. *Verificación de las causas y su influencia. Realización de ensayos.*

La siguiente etapa es determinar el mecanismo de influencia de cada una de las causas, su calificación y la relación que puede existir entre ellas.

6. *Establecer las mejoras en los equipos, ensayarlas en el proceso y estandarizarlas.*

La última etapa consiste en establecer las mejoras pertinentes fruto de la eliminación de todas las causas identificadas, para luego estandarizar estas mejoras con el nuevo objetivo de MTBF correspondiente. Conviene realizar ensayos de operación con el nuevo estándar, para confirmarlo definitivamente una vez la mejora ensayada resulte completamente satisfactoria.

### **5.3.5. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida.**

Este tipo de pérdida hace referencia a la situación creada cuando al operar a la velocidad diseñada se producen problemas de calidad o mecánicos que fuerzan al equipo a reducir su velocidad de funcionamiento.

En muchos casos las operaciones se continúan realizando sin que el operario sea consciente de la naturaleza de la pérdida de velocidad. Es una consecuencia de que la velocidad estándar prevista está mal definida o bien porque la naturaleza de la máquina hace difícil juzgar su velocidad.

Las mejoras que tratan las pérdidas de velocidad han de comenzar por conocer perfectamente cuál es la velocidad máxima del equipo en condiciones correctas de funcionamiento, y en qué condiciones de trabajo es alcanzable.

La mejora de los procesos por lo que hace referencia a las caídas de velocidad, puede establecerse por medio de las etapas:

1. Determinar el nivel actual de velocidad, así como de los factores que la condicionan (proceso que requiere mayor velocidad por ser “cuello de botella”, tasa de defectos relacionados con la velocidad, tiempos de vacío, etc).
2. Desviación existente entre el citado nivel actual y las especificaciones de la máquina o equipo.
3. Historial de acciones que afectan a la velocidad, tomadas en el pasado, y cómo condicionan la velocidad actual.
4. Estudio de la operativa actual y de los condicionantes técnicos y de gestión con relación a la velocidad actual y la capacidad de aumentarla. Puede ser importante contrastar la velocidad actual del equipo con otros similares.
5. Establecimiento de nuevos estándares de operativa que corrijan deficiencias y mejoren la velocidad.
6. Realización de ciclos operativos de ensayo con las nuevas condiciones.
7. Reajuste del nuevo estándar y confirmación y puesta en vigor del mismo.

### **5.3.6. Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesados.**

Estas pérdidas incluyen el tiempo perdido en la producción de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, las pérdidas de los productos irrecuperables y las pérdidas provocadas por el reprocesado de productos defectuosos.

El problema de las pérdidas por defectos de calidad queda en el dominio de la gestión de la calidad total (TQM), y está íntimamente relacionado con el de mantenimiento productivo total (TPM).

La actividad encaminada a la eliminación de las pérdidas relacionadas con los defectos de calidad constará de las siguientes etapas:

1. *Determinar las causas.*

Utilizando herramientas clásicas a tal efecto ya comentadas anteriormente.

2. *Establecer relaciones entre los defectos y sus causas y los procesos con sus actividades.*

A fin de identificar aquellas actividades de procesos concretos donde pueden generarse los defectos.

3. *Analizar los procesos identificados y sus actividades.*

A fin de establecer las condiciones operativas que permitan eliminar los defectos, programando adecuadamente el mantenimiento de los equipos involucrados para que se alcancen las mencionadas condiciones por lo que concierna a aspectos relacionados con la calidad.

4. *Estandarización de las condiciones operativas introducidas.*

Elaborando las instrucciones pertinentes y dando la adecuada formación a las personas involucradas. Debiéndose asegurar la correcta implantación del plan operativo mencionado.

5. *Mejora del mantenimiento.*

Más concretamente del Mantenimiento de la Calidad (QM), que deberá estar involucrado en un proceso de mejora continua con el objeto de alcanzar los cero defectos, de forma que deberá replantearse de forma continua las condiciones operativas a fin de mejorar cada vez más.

### **5.3.7. Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo.**

Estas pérdidas se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque y puesta en funcionamiento de determinadas máquinas, situado por debajo de la capacidad que puede obtenerse con el mismo equipo una vez superada esta fase.

Esta pérdida de rendimiento y su incidencia tendrá mayor o menor impacto dependiendo de las condiciones de operación y de las características del propio equipo, los problemas con los útiles o plantillas, las habilidades individuales de los operarios, etc.

Estas pérdidas deben minimizarse si se quiere aumentar la efectividad del equipo mediante procedimientos de arranque vertical (arranque inmediato, libre de dificultades).

## **5.4. Mantenimiento Autónomo.**

### **5.4.1. Introducción.**

Con el mantenimiento autónomo incluido en el TPM, la gestión de los equipos y su mantenimiento se sitúa al nivel de los sistemas de gestión de la producción y de la calidad más avanzados, eficientes y competitivos, la producción ajustada (JIT) y el TQM. Para estos sistemas son primordiales la flexibilidad, la producción en series cortas, entrega cada vez más rápida y la reducción de costes de las actividades.

Con la adopción del Mantenimiento Autónomo, el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo, incluida la limpieza, así como algunas propias del mantenimiento preventivo, y como consecuencia de la inspección del estado de su propio equipo propiciada por estas actividades, podrá advertir de las necesidades de mantenimiento preventivo a cargo del departamento correspondiente. Las tareas del mantenimiento autónomo se llevarán a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas y, con este planteamiento, se mejoran simultáneamente las tres componentes de la competitividad:

- *Calidad mejorada:* si el operario productivo simultanea el correcto funcionamiento de su equipo con la actividad de producción, obtendrá mejores productos y mayor productividad.
- *Coste reducido:* la ejecución de tareas de mantenimiento desde el puesto de producción reducirá los costes por aumento del valor añadido por personas; además, con la previsión de fallos del equipo antes de que se produzcan junto con el mantenimiento diario sostenido, evitará problemas que supondrían costes.
- *Tiempo reducido:* la adopción del mantenimiento autónomo permite incorporar a la producción una mayor flexibilidad, además la adecuada previsión de fallos de los equipos y su mantenimiento diario posibilitan que éste se halle rápidamente y en mayor proporción de tiempo a disposición de la producción, lo que reduce el tiempo de proceso.

Además, con el mantenimiento autónomo se entra también, en cuanto a gestión de equipos, en la tendencia propia de los sistemas de gestión eficientes, de involucrar al personal directo de producción en los resultados de su trabajo; para ello será necesario dotarles de formación, adiestramiento, motivación, responsabilidad e iniciativa.

Las actividades de mantenimiento autónomo se llevarán a cabo en combinación con las de mantenimiento preventivo y las del correctivo, también pueden involucrarse en las actividades de mejora de mantenibilidad, por el hecho de que los trabajadores que operan con el equipo conocen mejor que nadie sus puntos débiles, prestaciones a mejorar y cómo lograr mejoras que eviten el mantenimiento.

Ya se mostró en el apartado 2. *Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento*, una tabla en la que se mostraba las actividades que realizaban los operarios de producción y cuales los de mantenimiento, a continuación se muestra esa misma tabla pero con las actividades que dichos operarios realizarían, si se implantara el mantenimiento autónomo.

ACTIVIDAD	MANT./MEJORA	PERSONAL PROD.	PERSONAL MANT.
<i>Producción</i>	Preparación y ajuste	●	
	Operación	●	
<i>Mantenimiento Autónomo</i>	Limpieza	●	
	Engrase	●	
	Aprietes mecánicos	●	
	Otros diarios	●	
<i>Mantenimiento Preventivo</i>	Inspecciones y comprobaciones	●	●
	Actividades periódicas de mantenimiento		●
<i>Mantenimiento Correctivo</i>	Averías reparables desde el puesto de trabajo	●	
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		●
<i>Mejoras</i>	Operativas	●	●
	Automatización y calidad		●
	Chequeos y concepción global		●

**Figura 5.4.1. Relación de actividades y responsabilidades en el MA**

Se llega pues a la conclusión de que para implantar un TPM con la máxima eficiencia es imprescindible implantar el mantenimiento autónomo.

#### **5.4.2. Mantenimiento autónomo basado en las 5S.**

El mantenimiento autónomo está basado en el principio de las 5S, que como ya se comentó, son cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez. Estas 5S se aplicarán con el objeto de eliminar las seis grandes pérdidas estudiadas en los puntos anteriores.

- SEIRI: Organizar, clasificar.
- SEITON: Ordenar eficientemente.
- SEISO: Limpieza e inspección.
- SEIKETSU: Estandarización.
- SHITSUKE: Cumplimiento o disciplina.

Siendo el objetivo de las 5 S los siguientes:

- Crear un lugar de trabajo eficiente.
- Empleo de la limpieza para comprobar las deficiencias de funcionamiento.
- Establecer controles visuales.
- Mejorar la estandarización y las preparaciones.
- Acciones de carácter preventivo.
- Capacitación de trabajadores competentes en sus equipos.
- Promover las ventas.

#### **Organización (Seiri).**

La organización supone mantener en cada puesto de trabajo, solamente los elementos realmente necesarios para el mismo, en la cantidad necesaria y en el lugar preciso.

Stocks innecesarios, artículos obsoletos, herramientas y útiles que no se usan y otros elementos pueblan las áreas de trabajo de forma innecesaria y suponen un tiempo perdido para encontrar los elementos que se precisan.

Con el mantenimiento autónomo, los operarios son los encargados de decidir cuáles son las herramientas que no se utilizan y que, por lo tanto, no son necesarias en el lugar de trabajo.

### **Orden (Seiton).**

Una vez que en área de trabajo sólo se hallan los elementos necesarios, éstos deben disponerse de forma que su utilización sea fácil y rápida, de forma que, además, puedan encontrarse y guardarse fácilmente.

Con ello podrán eliminarse muchos de los despilfarros en actividades de la producción: movimientos de personas buscando elementos de trabajo, tiempos de espera hasta encontrar materiales, herramientas o útiles, desplazamientos de estos mismos materiales, herramientas o útiles que con un orden adecuado no serían precisos, stocks no necesarios o en cantidad innecesaria, etc.

El control visual, que también es importante en el mantenimiento autónomo, supone que con el alcance de la vista puede controlarse la situación y funcionamiento de un área de trabajo; este control visual se facilitará mucho cuando la organización y el orden se hayan implantado en el área de trabajo.

Otro aspecto que contempla el orden es la identificación adecuada de cada elemento de un área de trabajo, una vez se halle situado en su localización idónea. Etiquetas, tarjetas y rótulos para los elementos, con la información pertinente y visible. La utilización de colores es también un aspecto útil en el orden del lugar de trabajo; a modo anecdótico, en Airbus se utiliza el color verde para los lugares de trabajo, el color rojo para los pasillos y el color amarillo para delimitar las distintas zonas.

### **Limpieza (Seiso).**

La limpieza de los equipos y otros elementos del área de trabajo es la base en la que se apoya el mantenimiento autónomo, y a partir de ella pueden detectarse, por la inspección que propicia, problemas reales o latentes de los equipos. La limpieza incluye buscar la forma de poder eliminar los focos de suciedad que obligan a limpiar en exceso, así como determinar cómo se llevará a cabo la limpieza en los que se hace difícil.

La falta de limpieza propicia falta de conocimiento del estado real de una máquina o equipo, y por lo tanto puede causar averías o pérdidas en general, puede provocar defectos (sobre todo con suciedad sólida en forma de virutas, que se interponen entre las herramientas y el producto), y puede provocar problemas de seguridad.

En el marco del TPM, cuando la inspección detecta problemas que requieran una solución de mantenimiento, podrá procederse a su ejecución, si es posible, desde el propio responsable de la limpieza, o una solicitud de trabajo a mantenimiento.

### **Estandarización (Seiketsu).**

Estandarizar supone el desarrollo de un método sistemático para la realización de una tarea o procedimiento. En el mantenimiento autónomo, la estandarización busca que cualquier persona pueda llevar a cabo una determinada actuación operativa. La organización y el orden serán fundamentales para estandarizar.

La estandarización trata de sistematizar las actuaciones que llevan a implantar las tres primeras S, fijando asimismo un programa de actuaciones, y muy en especial la periodicidad (diaria, semanal, etc.) y los responsables pertinentes. El mapa 5S formará parte de la estandarización; en él quedarán claramente identificados los lugares en el que deben estar las cosas y donde deben llevarse a cabo las actuaciones, y en especial la limpieza e inspecciones.

Finalmente, las actuaciones derivadas de la estandarización se integrarán, a través del mantenimiento autónomo, en el programa de actividades a realizar desde el puesto de trabajo (integración de las 5S en el proceso).

El programa de estandarización deberá incluir actividades de carácter preventivo, actividades que traten de evitar que se repitan los errores detectados. Las actividades estándar de carácter preventivo tendrán como objetivos evitar que:

- Vuelvan a existir elementos innecesarios en el área de trabajo (organización).
- Haya elementos que no tengan ubicación óptima para la operativa del área de trabajo (orden).
- Focos de suciedad o problemas derivados de elementos que trabajan en condiciones que hacen peligrar el buen funcionamiento y que se hayan detectado con la inspección que sigue a la limpieza (limpieza).

### **Cumplimiento o disciplina (Shitsuke).**

Establecidos la organización, el orden y la limpieza y un método estandarizado para llevarlos a cabo, convendrá asegurarse de que todo ello se efectúe correctamente, es decir, se cumpla con el estándar y lo que éste comprende, lo que exigirá disciplina.

La dirección puede y debe facilitar en gran medida la implantación de las 5S y por tanto, tendrá una participación importante para que esas 5S se implanten de forma perdurable.

Como conclusión, el establecimiento de un programa 5S y su cumplimiento permitirá mejoras importantes en la productividad, costes, rapidez en la ejecución de los procesos, calidad, seguridad, confianza en los clientes y, en definitiva, mejora del nivel de beneficios. Además constituye la base de la mayoría de las actuaciones en el marco del Mantenimiento Autónomo.

#### **5.4.3. Etapas de la implantación del mantenimiento autónomo.**

La implantación del mantenimiento autónomo por etapas supone grandes cambios en cada uno de los siguientes niveles:

- ✓ Gestión de los equipos.
- ✓ Gestión del personal (formación y adiestramiento).
- ✓ Cambios organizativos.

Los objetivos de cada etapa deben definirse adecuadamente, así como el objetivo final. Deben ser alcanzables y medibles, encaminados a una implantación por etapas, con una política de reconocimiento y basándose en un proceso de mejora continua.

Para iniciar la implantación del mantenimiento autónomo, debe elegirse aquellas áreas que se consideren más adecuadas para su introducción y dado que la implantación del mantenimiento autónomo implica que se involucren las personas y la organización en la nueva gestión de los equipos y su mantenimiento con los cambios y aprendizaje necesarios, será preciso que dicha implantación tenga lugar de forma paulatina, asumiendo distintos niveles cada uno de los cuales suponga una nueva progresión.

A continuación se enumeran los niveles de implantación progresiva, en cada uno de los cuales se debe asegurar la consecución de los objetivos del TPM, es decir, mejorar eficiencia, productividad y flexibilidad:

- ❖ *Nivel básico.* Se referirá a la introducción del mantenimiento básico, cuyo objetivo es la limpieza, engrase y apriete o ajuste de elementos fijos o móviles de los equipos.
- ❖ *Nivel de eficiencia de las condiciones de los equipos.* Este nivel, que se acometerá una vez asumido el anterior, tiene como finalidad lograr mejoras efectivas a través de la inspección y consiguiente eliminación o reducción de las seis grandes pérdidas. En este nivel el equipo debe alcanzar sus condiciones óptimas de trabajo.
- ❖ *Nivel de plena implantación.* Con éste, el mantenimiento autónomo alcanza la implantación completa, con la consiguiente organización de la operativa con el equipo e integración con la misma. Se estandarizará la operativa, su preparación y actividades que comporta y se integrará en ella el mantenimiento a nivel óptimo. Se estandarizará el control y se implantarán sistemas de control visual. Asimismo se integrará la mejora continua en todos los aspectos citados.

En los apartados siguientes, se exponen los aspectos más destacados de la implantación de un programa de mantenimiento autónomo, de acuerdo con la correspondiente implantación por niveles.

#### 5.4.4. Nivel Básico.

Este nivel será fundamental para lograr la implantación del mantenimiento autónomo, dado que será la base sobre la que se apoyarán el resto de las etapas. Será el primer paso para comprobar que el operario está receptivo para un cambio de actitud con relación a la manera de afrontar su trabajo diario.

En este nivel se desarrollan las siguientes etapas:

##### **Etapas 1. Limpieza inicial.**

La primera etapa en la implantación de un programa de mantenimiento autónomo consiste en la limpieza inicial del equipo y sus accesorios. La importancia de la limpieza es fundamental en el mantenimiento autónomo, hasta el punto de ser el pilar básico donde se apoya todo el programa.

1. FALLOS	El polvo y las partículas extrañas se introducen en los elementos rotativos o deslizantes de las máquinas, en los circuitos eléctricos, etc., provocando fallos o averías por obstrucción, fricción, resistencia, cortocircuito, etc.
2. DEFECTOS DE CALIDAD	Las materias extrañas pueden provocar disfunciones del equipo que afecten a la calidad del producto.
3. DETERIORO ACELERADO	La suciedad favorece la degradación del equipo a la vez que dificulta la visibilidad de defectos a corregir.
4. PÉRDIDAS DE VELOCIDAD	El polvo y la suciedad producen resistencia por fricción, desgaste y pérdidas de precisión que ocasionan frecuentes paradas y tiempos en vacío.
<b>Figura 5.4.2. Efectos producidos por la suciedad</b>	

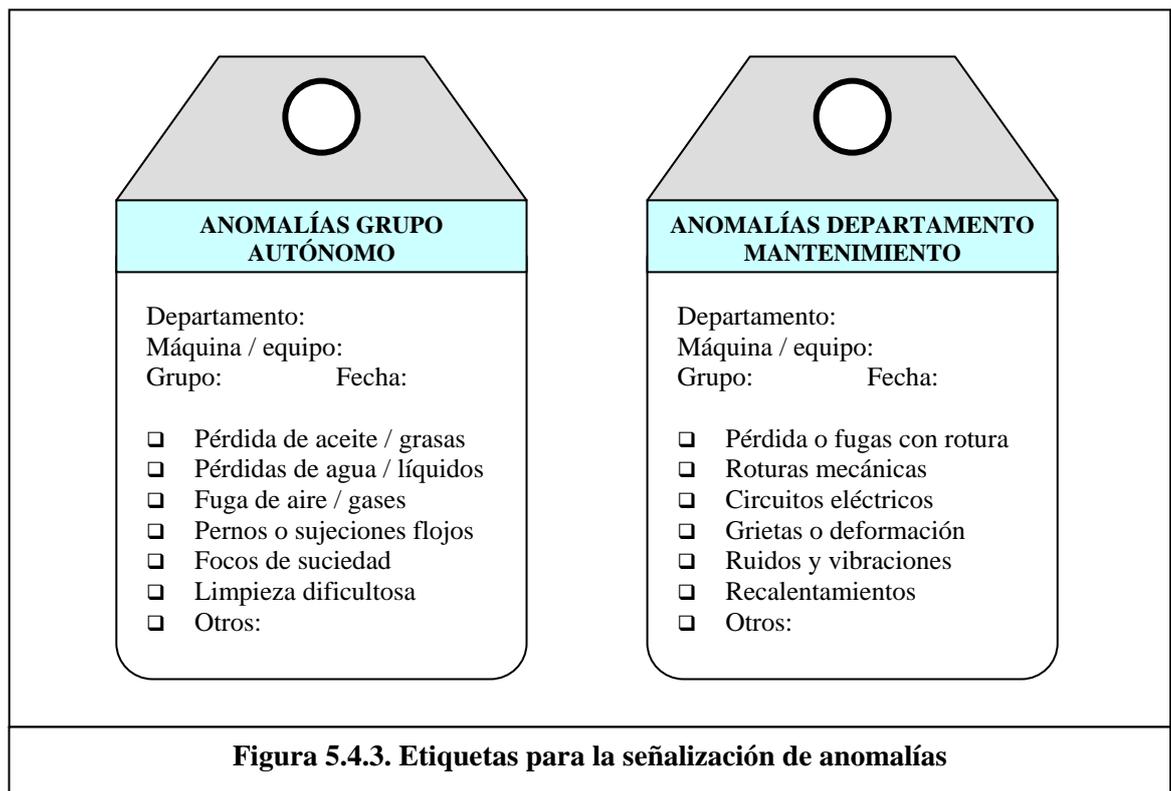
La limpieza hay que entenderla como un medio de inspección y control del equipo y sus piezas, ya que a la hora de limpiar, se busca defectos ocultos y disfunciones latentes. Todo ello implica que la limpieza debe ser profunda, y abarcar la máquina o equipo, tanto a nivel interno como externo.

Cuando se detecten anomalías a través de la inspección, conviene identificarlas y señalarlas debidamente para que pueda acometerse la mejora correspondiente. Esta identificación puede llevarse a cabo por medio de etiquetas o

tarjetas que se fijan en el punto en el se haya localizado la anomalía. Pueden utilizarse dos tipos de tarjetas (ver figura 5.4.3.), según se trate de mejoras que puedan acometerse por el propio grupo autónomo o por el personal de mantenimiento.

Dicha colocación de las etiquetas debe correr a cargo del propio operario o grupo encargado de la limpieza y de la inspección.

Para la implantación de esta primera etapa, la limpieza seguida de la inspección y detección de anomalías, deberán tenerse en cuenta los posibles problemas que podrán encontrarse y atajarlos adecuadamente. Será el caso de la sensación de tiempo perdido que produce a un operario de producción las actividades que, como la limpieza, aparecen como improductivas. También debe considerarse la falta de conocimiento de la máquina por parte del operario, así como aspectos organizativos de la actividad de limpieza, inspección y detección de anomalías.



A continuación, en la siguiente tabla, se enumeran las actividades asociadas a esta etapa inicial de limpieza.

LIMPIEZA	INSPECCIÓN	DETECCIÓN ANOMALÍAS
Limpiar diariamente el equipo	Buscar defectos visibles e invisibles	Tornillos y tuercas flojos
Limpiar en profundidad toda la suciedad acumulada	Chequear tornillos y tuercas	Grietas y fisuras
Limpiar todos los rincones, zonas inaccesibles, áreas escondidas, etc	Chequear puntos de engrase, niveles de lubricante, alimentación de combustibles	Rozaduras
Limpiar del mismo modo las piezas externas al equipo, accesorios, herramientas y unidades de equipos auxiliares	Averiguar los obstáculos que impiden una limpieza, lubricación y sujeción de tornillos adecuados	Abolladuras
Limpiar los alrededores del equipo a conciencia	Chequear etiquetas, placas de identificación, etc	Piezas rotas o en mal estado
	Chequear aparatos de medida y control	Vibraciones
	Chequear herramientas	Calentamientos
		Fugas y escapes
		Corrosiones internas
		Obstrucciones
		Debilidades que dificultan las tareas

**Figura 5.4.4. Actividades asociadas a la limpieza**

**Etapa 2. Eliminación de focos de suciedad y limpieza de zonas inaccesibles.**

Esta etapa llega de forma natural después de realizar la limpieza inicial y comprobar que el equipo se vuelve a ensuciar rápidamente o existen zonas cuyo acceso es imposible o peligroso, de tal forma que el tiempo y el esfuerzo invertido es enorme.

Las actividades propias de esta fase son:

- Identificar y eliminar los focos de suciedad.
- Mejorar la accesibilidad a las zonas susceptibles de ser limpiadas.
- Elaborar los planes más adecuados para llevar a cabo una limpieza efectiva, mejorando progresivamente los métodos utilizados y, en su caso, realizando mejoras en los equipos, tanto por lo que se refiere a la eliminación de focos de suciedad como a la accesibilidad de las áreas a limpiar. Una de las consecuencias que cabe esperar de la mejora de métodos es el acortamiento progresivo del tiempo necesario para llevar a cabo la limpieza en zonas dificultosas y la eliminación de focos de suciedad.

### **Etapa 3. Establecimiento de estándares de limpieza e inspección.**

Los estándares deben ser elaborados por los propios operarios y fundamentados en su propia experiencia directa con los equipos. Dichos estándares se fijarán para los procedimientos de limpieza, engrase y sujeción de tornillos y asumirán la responsabilidad de mantener su propio equipo.

A la hora de formular y aplicar los estándares, se debe tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- *Elementos a inspeccionar a incluir en la estandarización:* determinar qué elementos de los equipos han de ser chequeados.
- *Aspectos clave a estandarizar* que prevean los efectos de una limpieza, lubricación y sujeción negligentes.
- *Metodología a estandarizar:* emplear los métodos más simples y fáciles para chequear. Conviene incluir controles visuales que ayudan a ejecutar rápida y correctamente las acciones correspondientes. También se incluirá los útiles y herramientas que se utilicen en la limpieza, chequeos, lubricación, aprietes, etc., y catalogarlas claramente y organizarlas adecuadamente.
- *Tiempos estándar:* asignar un tiempo determinado para las tareas y establecer objetivos alcanzables. Estos tiempos deben ir reduciéndose en las sucesivas mejoras.
- *Frecuencia estándar:* fijar la frecuencia de las inspecciones y supervisar los resultados. Con las sucesivas mejoras se podrán prolongar estos intervalos de inspección.
- *Responsabilidades:* asignar claramente las funciones de cada persona, evitando descuidos o duplicidades, tanto de funciones como de personal.
- *Cumplimiento de estándares.*

Estos estándares serán efectivos puesto que estarán debidamente documentados en el propio puesto de trabajo; la documentación deberá contener las instrucciones para efectuar las sencillas operaciones a realizar, así como la frecuencia con la que deben ser realizadas, describiendo claramente los pasos para hacerlo. Junto a esta documentación habrá una hoja de registros, en la cual se

llevará el control de cuando ha sido realizada una determinada operación de mantenimiento, y quien la ha llevado a cabo.

Con estas tres etapas del nivel básico se mejora sensiblemente, no sólo la productividad, sino también las condiciones de trabajo.

#### 5.4.5. Nivel de Eficiencia.

Los objetivos de este nivel serán más exigentes que los del nivel anterior; debe consolidarse la mejora de la productividad y de las condiciones de trabajo, acompañadas de una mejora en el MTBF (tiempo medio entre paradas, con o sin avería) y un alargamiento de la vida de los equipos.

Este nivel consta de dos etapas:

##### **Etapas 4. Inspección general del equipo.**

La inspección general pretende introducir controles sobre los elementos vitales del equipo que mantengan el mismo en perfecto orden de funcionamiento, cubriendo adecuadamente los aspectos del citado funcionamiento de forma que sea correcto y fiable, la calidad de la producción y la seguridad del proceso.

Para que los operarios puedan ser capaces de sacar conclusiones válidas mediante las inspecciones y chequeos, será necesario instruirlos sobre la estructura, características, tecnología y funciones del equipo que manejan.

Una vez que hayan sido entrenados y tengan la práctica necesaria para llevar a cabo inspecciones generales, pueden preparar hojas de chequeo que cubran sus propios requerimientos; estas hojas pueden tener un formato y tipo de información similares a la mostrada en la figura 5.4.5.

Mantenimiento Autónomo																						
Equipo:			Semana:																			
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos																			
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes											
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2										

**Figura 5.4.5. Formato de las fichas de mantenimiento autónomo**

Para ver las fichas con las actividades de mantenimiento autónomo aconsejadas para cada equipo, ver apartado 10.3. *Mantenimiento autónomo del ANEXO I.*

Estas hojas de chequeo se ajustarán a las necesidades de cada uno de los equipos. Los resultados serán guardados en una hoja de registros, la cual permitirá disponer de un histórico de las operaciones realizadas y las frecuencias con las que se llevan a cabo, permitiendo sobre esa base de datos ajustar más las frecuencias y las operaciones a los requerimientos del equipo, en base al posterior análisis que de ese histórico se realiza.

Disponer de operarios conocedores de su equipo permite detectar y reparar pequeñas deficiencias o anomalías que surgen durante el proceso productivo. Estas anomalías no implican efectos tales como una avería del equipo, parada o producción defectuosa, sino fenómenos que esconden problemas latentes futuros. Se trata de dotar al operario de completa autonomía para enjuiciar los fenómenos que van surgiendo durante las actividades rutinarias diarias como limpieza, lubricación, fijaciones y otras tareas sencillas, etc.

### **Etapa 5. Inspección autónoma del equipo.**

El objetivo de esta etapa es que con a los esfuerzos que se han aludido se incorporen progresivamente las tareas de inspección al mantenimiento realizado por un grupo autónomo, al tiempo que constituyen una depuración sistemática del deterioro del equipo. Debe optimizarse todo lo que afecta al funcionamiento correcto, calidad, fiabilidad y seguridad del equipo. Esta etapa se puede dividir a su vez en seis fases, que son:

- ❖ *Revisión de los estándares realizados en las etapas tercera y cuarta.* Debe revisarse los resultados obtenidos en la mejora de las seis grandes pérdidas, reducción del MTBF, aumento de la productividad y mejora de las condiciones de trabajo.
- ❖ *Objetivos de la inspección.* Partiendo de las especificaciones de diseño del equipo y de su historial de averías, se determinarán los puntos que deben ser objeto de la inspección, tanto si provocan averías, pérdidas de capacidad o defectos.

- ❖ *Establecimiento de las magnitudes a alcanzar para los objetivos de la inspección.* Fijar los niveles de capacidad, cantidad de averías, valores del MTBF y tolerancias para la calidad que se consideren correctos.
- ❖ *Creación de un equipo de trabajo mixto.* Integrado por personal de ingeniería, mantenimiento, calidad y producción, a fin de analizar y dar solución a los problemas fijados en los objetivos de la inspección.
- ❖ *Confección de las instrucciones de la inspección y de los registros de las actividades correspondientes a los nuevos estándares a implantar.*
- ❖ *Establecimiento e implantación de un plan de formación.* Llevado a cabo por el departamento de mantenimiento conjuntamente con los responsables de producción. La implantación estará basada en una planificación cuidadosa y a largo plazo y se llevará a cabo comenzando por el adiestramiento de los líderes de grupo, sobre los cuales recaerá la responsabilidad de formar a los miembros del mismo.

Una vez se llegue a esta etapa, los operarios de producción de la planta deben ser capaces de:

- Realizar las inspecciones generales correspondientes.
- Valorar los resultados obtenidos.
- Estandarizar los procedimientos de inspección.

#### **5.4.6. Nivel de plena implantación.**

El nivel de implantación total supone la autogestión completa en el marco del mantenimiento autónomo, y la estandarización de los métodos, las operaciones y los chequeos. Este nivel se compone de dos fases:

#### **Etapa 6. Organizar y ordenar el área de trabajo.**

En esta etapa se pretende aplicar dos de las 5 S, seiri (organización) y seiton (orden). Para ello se requiere adquirir conciencia de las funciones a llevar a cabo por cada operario y, además, debe estar dentro del plan de mejora continua.

Con la organización se pretendía minimizar el número de elementos del área de trabajo, de forma que en ella no haya ningún elemento que no sea necesario. El orden se refería a la disposición de los elementos necesarios de forma que su utilización sea lo más rápida y sencilla posible.

### **Etapa 7. Completar la gestión autónoma del mantenimiento.**

Los operarios expertos en los equipos que manejan son capaces de detectar y corregir las anomalías ocurridas en su trabajo diario, a través de chequeos y otras actividades. Poco a poco se van refinando las acciones y se acumulan las mejoras.

Las distintas etapas de la implantación del Mantenimiento Autónomo deben abordarse con mucha precaución y con toda seguridad de que se puede dar el salto de una a la siguiente. Este paso debería llevarse a cabo con la supervisión de los responsables de la implantación del programa, e incluso puede establecerse una auditoría interna para aprobar el cambio de etapa, en base a un documento en el que consten los objetivos a cumplir en la etapa actual y el nivel al que han sido alcanzados.

#### **5.4.7. Resumen de la implantación del mantenimiento autónomo.**

La implantación total del mantenimiento autónomo implica alcanzar los siguientes objetivos:

- Provocar un cambio en la estructura corporativa y de personal mediante la ejecución de las actividades del programa TPM.
- Efectuar una limpieza inicial profunda y llevar a cabo un programa de mejora continua de defectos como un instrumento para transformar el equipo existente y reconvertirlo en un equipo que funcione a la perfección, de acuerdo con las especificaciones exigidas, reduciendo los fallos y los problemas y estabilizando los procesos de fabricación.
- Implantar controles de mantenimiento visual y crear estándares que permitan tener un grupo conjunto de operarios capaces de identificar y comprender los problemas conforme van surgiendo.

- Realizar un programa de entrenamiento sobre las máquinas para aumentar las capacidades de los operarios en las diversas áreas de mantenimiento.
- Crear un sistema que permita a los operarios inspeccionar y controlar de manera fiable sus equipos.

Niveles de mantenimiento autónomo	Niveles para capacitación de
7. Gestión autónoma completa	Puede reparar el equipo
6. Organización y orden	Conoce las relaciones entre la precisión del equipo y la calidad del producto
5. Inspección autónoma	
4. Inspección general	Conoce la función y la estructura del equipo
3. Establecimiento de estándares	
2. Eliminación de focos de suciedad y zonas inaccesibles	Puede detectar problemas y comprender los principios y procedimientos de mejora del equipo
1. Limpieza inicial	

**Figura 5.4.6. Relación del nivel de capacitación alcanzado en cada etapa**

## **6. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR**

### **6.1. Introducción.**

Como ya se comentó, el objetivo del TPM debe ser el de obtener la máxima eficiencia de los equipos junto al máximo rendimiento de los operarios. La clave para conseguirlo es agilizar la gestión de la obtención de información de las averías, paradas funcionales, las frecuencias con las que se producen, así como el tipo de averías, las actividades de mantenimiento realizadas, los repuestos utilizados y los que están en stock, etc.

La base de esta agilización de la gestión se encuentra en la implantación de un sistema informático capaz de gestionar todo cuanto esté relacionado con el mantenimiento.

La informática contribuye a la gestión del mantenimiento con nuevas aportaciones para:

- Mejorar la programación de tareas.
- Mejorar la planificación del mantenimiento preventivo.
- Actualizar y reservar automáticamente las existencias de piezas de repuesto.
- Ayuda al diagnóstico de fallos y a la predicción.
- Facilita la presentación inmediata de la situación de costes y tiempos de intervención y de parada del proceso productivo, facilitando un posible análisis en tiempo real de las tendencias, contribuyendo a un control continuo de las desviaciones.
- A través de indicadores de seguimiento, posibilita la comparación de costes y de la gestión global del mantenimiento entre diferentes talleres de una empresa y entre diferentes plantas.

Esta información la podrá introducir directamente el personal de producción, y automáticamente el departamento de mantenimiento podrá consultar las averías pendientes y las que se han producido desde la última consulta, así como una vez reparada la avería introducir los datos del tipo de reparación llevada a cabo. Una vez resuelta la avería, desde la propia línea de producción se introducirán los datos de tiempo perdido de producción y la aceptación de avería resuelta.

Para la implantación de un programa de gestión de mantenimiento asistido por ordenador, como ocurría en los apartados anteriores, será fundamental la motivación y la formación del personal que va a ser usuario de este programa, puesto que de él dependerá el éxito de la aplicación.

Las áreas del mantenimiento a las que puede llegar la informatización de su gestión son las siguientes:

### **1. Mantenimiento correctivo.**

- Personal: gestión de los recursos humanos propios y contratados, disponibilidades, turnos, costes, agrupaciones o centros de gastos, tarifas horarias, etc.
- Registro de archivos: centros de gastos, áreas, activos, máquinas, conjuntos, subconjuntos, repuestos, etc.
- Seguimiento de solicitudes de trabajo a mantenimiento: creación de solicitudes de correctivo, de trabajos en curso, feedback de solicitudes, análisis de fallos, etc.
- Historial de equipos: historial técnico y económico, informes y consultas inmediatas y flexibles en su composición, gráficos de evolución, análisis de defectos y detección de averías repetitivas, etc.

### **2. Mantenimiento preventivo y su planificación.**

- Mantenimiento preventivo: creación de gamas y normas (operaciones) con recursos humanos, herramientas y materiales necesarios.
- Planes de mantenimiento por activo, basados en fechas con especificaciones de turnos, días excluidos, consultas, informes y gráficos de evolución del preventivo previsto, etc.
- Planificación y lanzamientos: calendarios, selección de tareas a planificar, simulación interactiva de necesidades y disponibilidades de recursos, priorización de tareas a realizar.

### **3. Gestión de stocks y compras de repuestos.**

- Movimientos varios de almacén y definición de materiales alternativos. Gestión de stocks.
- Valoración de inventarios: histórico de materiales.
- Gestión de compras: proveedores, pedidos, recepción de materiales y devoluciones.

- Gestión de facturas: historial de compras, informes de seguimiento, consultas, gráficos, etc.

#### **4. Diagnóstico de averías.**

- Aplicación de la inteligencia artificial para el diagnóstico interactivo de averías.
- Facilidad para la generación y modificación de reglas de decisión, basada en el registro histórico de análisis de defectos.
- Aplicación de sistemas semi-expertos para ayuda al diagnóstico de fallos.

### **6.2. Etapas en la introducción de un GMAO.**

Las etapas en la introducción de un programa para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador consta de nueve etapas que se explican a continuación.

#### **❖ ETAPA 1: Decisión de introducir un GMAO en la empresa.**

Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- ✓ Definir los objetivos con sus plazos y las directrices de la informatización de la gestión del mantenimiento.
- ✓ Analizar la capacidad de la estructura y los recursos de la empresa para asumir los objetivos fijados.
- ✓ Evaluar los beneficios de la implantación de un GMAO.
- ✓ Prever las necesidades que deben quedar cubiertas en base a la necesidad del departamento de mantenimiento.

#### **❖ ETAPA 2: Crear el equipo de trabajo para la implantación del sistema.**

Dicho equipo puede estar integrado por personal del propio departamento de mantenimiento, aunque también puede estar integrado por personal externo asesorado por dicho departamento. Otra alternativa sería la de utilizar un equipo mixto, pero no es aconsejable utilizar un equipo formado exclusivamente por personal externo, ya que es interesante que haya personal de la propia empresa

que conoce los puntos fuertes y débiles de la misma, además de asegurar la continuidad y el seguimiento del proyecto a lo largo de todo el proceso de implantación, así como de su mantenimiento una vez implantado.

❖ **ETAPA 3: Seleccionar el programa que se ajuste a las necesidades de la empresa.**

En esta etapa deben ser analizados los programas estándares existentes en el mercado, compararlos y decidir cuál de ellos se ajusta más a las expectativas de la empresa. Es recomendable evaluar a los posibles proveedores de los software existentes en el mercado con los siguientes criterios de evaluación:

- ✓ Datos generales del proveedor y de su software: antigüedad en el negocio, número de instalaciones y tipos de clientes, fecha de desarrollo del programa y de su última actualización.
- ✓ A fin de evaluar las propuestas finales se pueden utilizar los siguientes criterios:
  - ❖ Funcionales (requerimientos de información).
  - ❖ Técnicos (compatibilidad del hardware).
  - ❖ Posibilidad de interfase o interrelación con otros sistemas existentes.
  - ❖ Flexibilidad o capacidad de adaptación a situaciones cambiantes sin necesidad de modificaciones.
  - ❖ Facilidad operativa para modificaciones y explotación del sistema.
  - ❖ Soporte y documentación: asistencia técnica y actualizaciones.
  - ❖ Costes del sistema y del software así como de la instalación.
  - ❖ Carga de datos: facilidades previstas para realizar la carga masiva de datos.

Otra alternativa sería la de contratar a un equipo informático externo para que diseñe un paquete amoldado a las necesidades de la empresa.

#### ❖ **ETAPA 4: Selección de un área de producción piloto.**

El objetivo de esta etapa es la de hacer una implantación piloto, acotada a una determinada selección de equipos, que puede ser una única máquina o una línea de producción. Para hacer esta selección deberá tenerse en cuenta todo aquello que facilite la implantación de la gestión informatizada, tal como medios informáticos existentes, el canal actual de comunicación entre producción y mantenimiento, y todos aquellos elementos que intervienen en el diseño operativo del sistema.

#### ❖ **ETAPA 5: Identificación de las necesidades e interacciones.**

En esta etapa se determinarán los requerimientos del sistema informatizado para el módulo piloto, así como las conexiones que se considera que el sistema deberá tener con otros departamentos.

Es en este momento cuando se puede aprovechar para introducir mejoras como:

- Gestión de partes y codificación de averías por los propios operarios de mantenimiento.
- Solicitud de prestaciones de servicios externos.
- Creación y unificación de un sistema de codificación de averías.
- Creación y unificación de la codificación de los repuestos.
- Gestión y actualización automática de la lista de repuestos utilizados por cada máquina.
- Relación de repuestos utilizados, equivalentes o compatibles, y proveedores que los comercializan.
- Realización de un histórico de los repuestos utilizados por tipo de avería.
- Aprovisionamiento de repuestos de reserva para mantenimiento programado.
- Desarrollar por medios informáticos, la gestión de los repuestos del almacén, de acuerdo con sus frecuencias de aprovisionamiento, pero ajustando los stocks de acuerdo con una gestión adecuada.

❖ **ETAPA 6: Formación y divulgación.**

Una vez llevada a cabo la implantación del escenario, ya se podrán identificar las necesidades de cada usuario, pudiendo así diseñar un sistema de accesos según sea el perfil del usuario, es decir, definir las partes del programa a las que cada usuario necesita tener acceso y qué tipo de acceso va a ser: modificable, de consulta, explotación de datos, etc.

Este es el momento para preparar un plan de formación por tipos de usuarios y elaborar unos manuales que se ajusten a la información que cada grupo necesita tener a su alcance.

Con el fin de introducir mejoras y tener un sistema actualizado, es importante tomar nota de las sugerencias de los propios usuarios.

❖ **ETAPA 7: Introducción del GMAO en el resto de la planta.**

Esta etapa es la de extender el sistema GMAO a toda la planta. Para ello tendrá que tenerse en cuenta las variaciones existentes entre cada una de las líneas de la planta.

Por otra parte, puede ser de gran utilidad la agrupación de máquinas en función del tipo de producto fabricado o por el tipo de máquina, ya que permite la estandarización de los procedimientos de trabajo.

❖ **ETAPA 8: Estandarización del sistema y explotación de resultados.**

Una vez consolidadas las etapas anteriores y habiendo obtenido un nivel de implantación similar en todas las áreas productivas, será conveniente evaluar el nivel de eficacia conseguido en la implantación. Esto supone valorar los objetivos de eficacia que se han alcanzado.

❖ **ETAPA 9: Consolidación del sistema y búsqueda de nuevos objetivos.**

Es muy importante decidir adecuadamente qué datos se deberán gestionar o conectar a este sistema y prever que la información que facilita el mismo pueda ser consultada de forma sencilla y desde distintos departamentos.

Hay que tener en cuenta que habrá algunas cosas que deberán estar preparadas antes de la introducción del GMAO y otras se podrán realizar cuando el sistema esté funcionando.

Una vez cubiertos los objetivos del mantenimiento de averías, el siguiente paso podrá ser reconducir el sistema hacia la explotación de la información que se precise para la implantación informatizada del mantenimiento preventivo ajustado a las necesidades, pero de manera que no suponga un coste elevado.

### **6.3. Codificación de los equipos.**

Para la introducción de la gestión informatizada del mantenimiento de un conjunto de equipos, será indispensable tener realizada la codificación de todos ellos. De hecho será conveniente llevar a cabo esta actividad a medida que se van adquiriendo los equipos.

En el punto 3.3. *Codificación de los medios productivos*, se proponía una codificación para cada uno de los equipos de la factoría de Airbus Puerto Real. Con dicha codificación no sólo se podía diferenciar cada uno de los medios productivos, sino que además, se distinguían partes componentes de los mismos.

### **6.4. Codificación de las averías.**

Para la codificación de las averías se sigue el mismo método que para la de los equipos. Se crea una jerarquía, y dentro de la misma unos niveles de desglose. Al comienzo de la implantación será conveniente crear una estructura no excesivamente amplia y, a medida que se vayan incrementando las necesidades, se podrá ir ampliando tanto en sentido horizontal (más familias) como en el vertical (más precisión en subniveles).

Así, pueden contabilizarse las averías habidas en un determinado período por tipos de ellas, de forma que para determinado equipo, se pueda disponer de la información del número de horas de avería de un determinado tipo que ha habido, que lógicamente habrá repercutido en horas de producción.

Toda esta información, además, puede ser resumida por medio de gráficos y listados y tratada por medio de diagramas de Pareto, a fin de facilitar la obtención de conclusiones.

## **7. CONCLUSIONES**

A continuación y a modo de conclusión, se presentan en forma de listado las cuestiones en la gestión del mantenimiento en la planta de AIRBUS ESPAÑA (Puerto Real) a las que, a lo largo del proyecto, se les ha dado una mayor importancia. Dichas cuestiones serán, en un principio, a las que se les deberá aplicar un esfuerzo mayor si se quiere implantar una gestión del mantenimiento basada en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) que, como ya se ha comentado en los apartados anteriores, es una herramienta eficaz para conseguir **rentabilidad, eficacia de gestión y calidad**.

1. El primer paso, y más importante, es la necesidad de hacer mediciones de distintos parámetros en cuestiones de mantenimiento (tiempos, averías, costes, etc.). Este paso se debe dar antes de empezar la implantación del TPM, ya que es necesario poseer datos de mantenimiento para comparar los resultados antes y después de la implantación del mismo.
2. Además de hacer mediciones, es necesario recoger y archivar en formato papel y en formato electrónico todos los documentos que genera la gestión del mantenimiento (solicitudes de trabajo a mantenimiento, partes de reparación de averías, fichas de mantenimiento preventivo, fichas de mantenimiento autónomo, historiales, etc.)
3. Hay que mejorar la gestión del almacén de repuestos, implantando, si fuese preciso, un programa informático que ayude a la misma. Para ello, y como un paso previo, se deberá hacer un inventario de las existencias que se tienen en este momento.
4. Hay que codificar las máquinas o equipos y las averías, para facilitar la cumplimentación de los distintos documentos en los que intervienen.
5. Hay que mentalizar y formar a toda la organización en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total, desde la dirección hasta los operarios de la planta.

6. Hay que implantar paulatinamente el mantenimiento autónomo, que como ya se vio en el apartado correspondiente, se trata de uno de los pilares básicos del TPM.
7. Hay que implantar un programa de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), para facilitar las tareas de mantenimiento, agilizar la cumplimentación de la documentación de mantenimiento y tratar de forma más eficiente los datos recogidos relacionados con el mismo.

El resultado final de la implantación de los puntos comentados anteriormente y de un sistema de gestión basado en el Mantenimiento Productivo Total es la consecución de un conjunto de equipos e instalaciones productivas *más eficaces, con cero despilfarros, cero defectos, cero averías y cero problemas de seguridad.*

#### **Planificación y programación de las actividades.**

Una vez se han enumerado las cuestiones más destacadas en la gestión de mantenimiento, se propone una estimación del tiempo necesario para la implantación de cada una de las mejoras pertinentes.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Tiempo de implantación</b>
Estudio y selección de los datos o parámetros a medir en cada una de las líneas de producción o en cada medio productivo de la planta.	6 meses
Estudio y realización de los formatos para las fichas de seguimiento (correctivo, preventivo, automantenimiento, etc.)	2 meses
Realizar el inventario e histórico de incidencias y paradas de cada uno de los medios productivos.	6 meses
Estudiar e implantar una codificación apropiada para los medios productivos y las averías.	3 meses
Realización de un adecuado plan de mantenimiento preventivo.	1 año
Realización de un plan de mantenimiento autónomo.	6 meses
Hacer el inventario de los repuestos en stock.	3 meses
Organizar el almacén de repuestos.	6 meses
Formación del personal de mantenimiento en las nuevas tareas a desempeñar.	3 meses

Realización de gamas de los trabajos de mantenimiento más comunes.	6 meses
Formación de los operarios de producción en tareas simples de mantenimiento autónomo.	6 meses
Diseño de un programa de gestión de mantenimiento asistido por ordenador apropiado para la planta.	1 año
Implantación de un programa de gestión de mantenimiento asistido por ordenador.	1 año
Desarrollo del Mantenimiento Productivo Total (TPM).	3 años

*JORGE MONTES CONEJERO.-*

## **8. BIBLIOGRAFÍA.**

- INTRODUCCIÓN AL TPM (1993), Seichi Nakajima. Ed. Tecnologías de Gerencia y Producción, D.L.
- HACIA LA EXCELENCIA EN MANTENIMIENTO (1996), Francisco Rey Sacristán. Ed.TGP-Hoshin, S.L.
- TPM: HACIA LA COMPETITIVIDAD A TRAVÉS DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS PRODUCTIVOS (2002), Luis Cuatrecasas. Ed. Gestión 2000.
- TPM EN INDUSTRIAS DE PROCESO (1995), Tokutaro Suzuki. Ed.TGP-Hoshin, S.L.
- EL JIT REVOLUCIÓN EN LAS FÁBRICAS, Hiroyuki Hirano. Ed. TGP Tecnologías de gerencia y producción, S.A.
- GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL (1998), A. Kelly y M.J. Harris. Ed. Fundación Repsol Publicaciones.
- MANTENIMIENTO INDUSTRIAL POR ORDENADOR (1989), M. Gabriel y Y. Pimor. Ed. Masson S.A.
- GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO (1997), L. Navarro Eola, A. C. Pastor Tejedor y J. M. Mugaburu Lacabrera Ed. Marcombo Boixareu Editores.
- APLICACIONES DE TÉCNICAS JIT Y TPM EN EMPRESAS ESPAÑOLAS (1996), F. Flores i Salgado, J.J. Laceras Ibáñez, J.M. Palencia Fernández. Ed. TGP Hoshin S.L.
- MANUAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA GESTIÓN RACIONAL DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL (1995), Ministerio de Industria y Energía.
- TPM PARA OPERADORES (1994), Kunio Shirose. Ed. Productivity Press.
- TPM PARA MANDOS INTERMEDIOS DE FÁBRICA (1994), Kunio Shirose. Ed. Productivity Press.

## 9. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

A continuación se procederá a definir algunos de los términos utilizados y cuyo significado es necesario para el entendimiento y comprensión del presente proyecto:

- **Amortización.** Es la expresión económica de la depreciación sufrida por un bien duradero durante un período de tiempo determinado. Esta depreciación aparece como consecuencia de diversos factores como el uso, el mero paso del tiempo, los avances tecnológicos, etc. y tiene una relación directa con la vida útil estimada del bien.
- **Análisis ABC.** Método para dividir el inventario disponible en tres clases basadas en su volumen monetario anual.
- **Autómata.** Según la norma DIN 19233:

*“Un autómata es un sistema artificial que puede seguir de forma autónoma las instrucciones de un programa. Basándose en el programa, el sistema toma decisiones que se apoyan en la conexión de inputs con los estados del sistema y que originan ciertos outputs.”*

Característica esencial de un autómata es la existencia de al menos una bifurcación, es decir, de una decisión lógica ejecutada con medios técnicos, en un programa de tareas con distintas posibilidades de trayectoria.

- **Célula automática de Producción (CPI)** ó célula de producción integrada al conjunto formado por grada automática, máquina automática e instalaciones auxiliares.
- **Célula flexible.** Es un sistema técnico especializado en una fase de fabricación, compuesto de los tres subsistemas: de proceso físico, de flujo material (de piezas y/o herramientas) y de información. Abarca así varios centros de proceso y dispositivos de transporte con zonas de holgura para entrega automatizada de piezas a dichos centros de proceso.

➤ **CNC.** Son las siglas de Control Numérico Computarizado.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales.

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

El término "control numérico" se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos.

➤ **Cuello de botella.** Se aplica esta denominación a aquellos elementos del sistema productivo (puestos de trabajo, líneas de transporte, máquinas, zonas etc.) en que suelen producirse colas o esperas excesivas (fuera de los márgenes de tolerancia programados) que impiden el flujo regular del proceso hacia las siguientes operaciones.

➤ **Disponibilidad.**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo medio de funcionamiento del equipo}}{\text{T. medio de funcionamiento} + \text{T. Medio de reparación}}$$

➤ **Encoders.** Son dispositivos que detectan el movimiento mecánico y traducen la información (velocidad, posición, aceleración) a datos eléctricos útiles.

- **Fiabilidad.** Tiempo medio de funcionamiento de un equipo.

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento del equipo}}{\text{Número de paradas por avería}}$$

- **Función de Mantenimiento.** Cuando el término mantenimiento viene precedido de la palabra función, se refiere a la organización y gestión de todas estas actividades y a su inclusión e interrelación con las otras funciones técnicas de la empresa.
- **Gama.** Descripción paso a paso, para realizar una acción preventiva y muestra la forma de realizarla de forma cronológica, los utillajes específicos necesarios, los valores de referencia, las consignas de seguridad, etc.
- **Instalaciones auxiliares.** Aquellas instalaciones que forman parte de los medios productivos pero que no intervienen directamente en la producción. Aspiración por vacío, aire comprimido, red de comunicaciones, cámaras, lectores de barras, pequeño material eléctrico, iluminación local, etc.
- **Inventario.** En mantenimiento, el término inventario se refiere normalmente a la relación detallada y actualizada de los bienes a mantener, punto de partida para la instrumentación de cualquier sistema de gestión del Mantenimiento.
- **JIT (just in time).** La idea en que se basa la producción de Just-in-time, es la de que cada etapa del proceso produce solamente las piezas necesarias para cada etapa posterior y solamente en la cantidad y el momento necesario para que estas piezas sean utilizadas en la próxima operación del proceso. El objetivo es tener la menor cantidad posible de material en proceso, es decir, un flujo continuo sin formación de stocks. Si el concepto JIT es aplicado en todas las etapas del proceso, entonces los stocks se eliminan, los espacios de almacenaje desaparecen y con ellos también, una serie de importantes costes. Taiichi Ohno define así JIT: Tener la pieza exacta precisamente en el momento exacto y en la cantidad exacta para el ensamblado.

- **Kanban.** Es un sistema visual y simple de transmisión de órdenes de fabricación y retirada de materiales entre los distintos centros de trabajo que componen una línea de fabricación. Es uno de los instrumentos empleados en el JIT para la coordinación entre centros de trabajo.
- **Layout (disposición en planta).** Es una de las áreas estratégicas que determinan la eficiencia a largo plazo de las operaciones, siendo su objetivo un desarrollo tal de las actividades, que satisfaga los requerimientos de : Diseño del producto y volumen, equipos de proceso y capacidad, calidad de vida en el trabajo y restricciones de edificios y localización.

Un layout especifica la ordenación de procesos, las máquinas y equipos asociados y áreas de trabajo, incluyendo las de servicio al cliente y las de almacenaje. Un layout efectivo, también presenta el flujo de materiales y personal dentro y entre las áreas.

- **Liquidez.** Indica cual es la capacidad de la empresa para hacer pagos inmediatos.
- **Mantenibilidad.** Tiempo medio de reparación del equipo.

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\text{Tiempo de reparación de averías}}{\text{Número de reparaciones en tiempo}}$$

- **Mantenimiento Entretenimiento.** Tipo de mantenimiento que se hace diariamente y que consiste en tareas sencillas que permiten mantener la máquina o equipo en condiciones correctas de funcionamiento. Por ejemplo, cambios de aceite, aprietes de tuercas, etc.
- **Materiales fungibles.** Todos aquellos materiales o piezas que se caracterizan por poseer una corta vida útil en condiciones normales de funcionamiento, junto con un reducido coste unitario.

- **Planificar.** La planificación de un trabajo consiste en estudiarlo detalladamente para:
  - ❑ Definirlo adecuadamente.
  - ❑ Dividirlo en sus tareas básicas y ordenar la secuencia de acciones a realizar.
  - ❑ Estimar la duración de las tareas y del total del trabajo.
  - ❑ Prever los medios materiales y humanos necesarios.
  
- **PLC.** Siglas de Controlador Lógico Programable. Son dispositivos electrónicos muy utilizados en automatización industrial. Los PLC's no solo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo). Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas que el programador debe conectar de la forma adecuada para que hagan la función lógica requerida.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.
  
- **Política de Mantenimiento.** Se entiende por Política de Mantenimiento la definición de los objetivos técnico-económico-humanos referentes a la empresa a mantener.
  
- **Proceso productivo.** Designa la sucesión de operaciones en que se articula una actividad compleja cuyo objetivo es la producción de bienes o servicios.
  
- **Productos consumibles.** Todos aquellos que se utilizan en los procesos de funcionamiento o mantenimiento de las instalaciones y que han de reponerse de forma continua.
  
- **Programar.** La programación de un trabajo significa determinar cuándo debe iniciarse el trabajo y de acuerdo con las estimaciones realizadas al planificarlo, cuando se prevé que termine.

- **Repuestos.** Todos aquellos elementos constitutivos de un equipo o instalación no incluidos en la definición de *materiales fungibles* y *productos consumibles* y los materiales de reposición en el mantenimiento modificativo y unidades de obra.
- **Solvencia.** Capacidad de la empresa para hacer frente a sus compromisos a corto plazo.
- **Utillaje.** Montaje de elementos que determina la unión entre la pieza y la máquina donde se mecaniza.

## 10. ANEXO I: Documentación de mantenimiento.

### 10.1. Mantenimiento correctivo.

A continuación se muestra como ejemplo una solicitud de trabajo a mantenimiento para el caso de una avería en una báscula cuentapiezas.

 Dpto. Mantenimiento General	<b>Solicitud de Trabajo a Mantenimiento</b>	Nº Solicitud 1025114101  25/10/2004 12:41
---	---	--

<u>Centro de Trabajo</u> UTT-Mantenimiento
---

<u>Estado</u> ACEPTADA
------------------------

<u>Dpto. ó Sección</u>	Almacen
<u>Instalación / Nº Máq.</u>	Bascula Cuentapiezas
<u>Persona de Contacto</u>	Nº CASA 33670 Tlf. 1575
<u>Apellidos y Nombre</u>	
<u>Turnos de la Máquina</u>	Triple
<u>Descripción de la Avería</u>	Problemas electricos (2 Basculas)

Tipo de Trabajo:

<input checked="" type="checkbox"/> Avería (A)
<input type="checkbox"/> Modificaciones (M)
<input type="checkbox"/> Mto. Preventivo (MP)
<input type="checkbox"/> Nuevas Instalaciones (NI)
<input type="checkbox"/> Traslados (T)

Prioridad de la Solicitud:

<input type="checkbox"/> Parada Fabricación ó Riesgo Accidente Grave.
<input checked="" type="checkbox"/> Dismin. Fabricación ó Riesgo Accidente Leve.
<input type="checkbox"/> Fugas o Problemas Fabricación sin Paro.
<input type="checkbox"/> Otros Trabajos.

Especialidad Mto.: **ELECTRÓNICO. (Máquinas)**

Comentarios:

## 10.2. Planificación del mantenimiento preventivo.

A continuación y a modo de ejemplo, se presentan el formato de las fichas de los trabajos de mantenimiento preventivo, las fichas de tareas que se han llevado a cabo hasta el mes de octubre de 2004 y la planificación de los mismos para la segunda semana del mes de noviembre del mismo año.

Siendo la codificación de colores la siguiente:

X	Para indicar la semana exacta en la que se ha realizado la operación de Mantenimiento Preventivo.
	Un cuadro de este color indica que no se ha llevado a cabo la operación de mantenimiento preventivo en dicho período de tiempo.
	Los cuadros de este color indican que la operación a la que hacen referencia fue realizada además del período que abarca, por lo que durante el cual no será necesario realizar de nuevo dicha operación.
	Un cuadro blanco significa que la operación no se ha realizado pero que, debido a su frecuencia, aún no es necesario realizarla.
	Este cuadro se utiliza para planificar las operaciones que serán necesarias realizar en el período de tiempo señalado.

El formato de las fichas de mantenimiento preventivo es el que se muestra en la página siguiente.



Las fichas de planificación de las tareas de mantenimiento preventivo que se muestran son para:

- Taladradora de la costilla uno del HTP.
- Taladradora de largueros de la nave 1.
- Remachadora de borde de salida de la nave 1.
- Remachadora de borde de salida de la nave 2.
- Triceps A380 (nave 1).
- Triceps A340-600 (nave 2).
- Proyecto 10.
- Taladradora de costillas del A380.

**10.2.1. Taladradora costilla uno HTP.**

Equipo: Taladradora Costilla UNO HTP	Nave: 1	Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D1	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D2	L22-D28
<b>GANTRY</b>										
<b>Cabezal mecanizado:</b> consultar documentación del electrohusillo										
Aspiración: Vaciar periódicamente el depósito. Comprobar el correcto funcionamiento.	M									
Limpiar el cono de la caña de mecanizado y comprobar que no tiene daños superficiales	S									
Comprobar que el amarre y cambio de herramientas de los paneles se realizan correctamente	S									
Limpiar el sistema eléctrico y el equipo	M									
Comprobar el posible ruido de rodamientos	M									
Medir holgura de ejes y ajustarlos	M									
Engrasar todos los puntos de engrase manual	M									
<b>CILINDRO</b>										
<b>Cilindros:</b> Inspección charnelas (giro)	1900H (6 M)									
Cambio charnelas	5700H (1,5 A)									
Inspección juntas de cilindro	1900H (6 M)									
Cambio juntas de cilindro	5700H (1,5 A)									
Inspección Roscas	1900H (6 M)									
Inspección ejes (giro)	1900H (6 M)									
Cambio ejes	5700H (1,5 A)									
<b>GRUPO HIDRÁULICO</b>										
Cambio aceite Hidráulico	4200H (A)									
<b>MANIPULACIÓN LUBRICACIÓN DE REDUCTORES (EJE X)</b>										
Cambio de lubricante	3A									
Revisión patines lineales eje X	A									
Revisión patines lineales eje Y	A									
Revisión patines lineales eje Z	A									
Husillo eje Y	A									
Husillo eje Z	A									
<b>SISTEMA ELÉCTRICO: ARMARIO ELÉCTRICO Y CAJA DE CONEXIONES</b>										
<b>Armario eléctrico y caja de conexiones:</b> Limpieza periódica (utilizar aire comprimido seco para evitar cortocircuitos)	S									
<b>Tierra:</b> Reapretar tornillos de amarre de los cables de tierra a las pletinas de tierra	S									
Comprobar apriete de las conexiones flexibles a tierra de puertas	S									
Comprobar el estado de las protecciones de metacrilato y sus elementos de sujeción	S									
<b>Cerraduras:</b> Comprobar el correcto funcionamiento de las cerraduras	S									

<b>Regleteros:</b> Limpiar los regleteros con aire comprimido seco periódicamente	S												
Reapretar bornas y puente de conexión.Sustituir las bornas deterioradas	M												
<b>Refrigeración:</b> Limpiar los conductos de drenaje y los filtros de los refrigeradores de los armarios	M												
Recambiar el gas y el filtro(según fabricante)													
<b>P.L.C.s:</b> Limpiar con mucho cuidado.Usar aire seco y con poca presión.Retirar el polvo acumulado en las cartas	M												
Revisar la batería	2M												
Revisar los filtros de los ventiladores. Sustituir cuando esten sucios	M												
<b>Transformadores:</b> Apretar los tornillos de sujeción	M												
<b>Diferenciales:</b> Apretar los tornillos de sujeción	M												
Comprobar su funcionamiento mediante el pulsador de test al menos una vez al mes	M												
<b>Resistencias:</b> Revisar que están correctamente apretadas	M												
<b>Electroválvulas:</b> Comprobar los conectores eléctricos	M												
<b>Motores:</b> Comprobar la alineación si se advierte un deterioro en un rodamiento o la presencia de vibraciones	2M												
Limpieza periódica	S												
Comprobar el giro del motor	M												
Engrase periódico de los rodamientos del motor	M												

**10.2.2. Taladradora largueros Nave 1.**

Equipo: Taladradora largueros A380 Nave:1		Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D1	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D2	L22-D28
<b>E202</b>										
Revisar filtros del sistema neumático	M									
<b>BANCADA</b>										
Nivelación de la máquina, verificación geométrica	A									
Revisar estado de los fuelles protectores	S									
Destapar cubiertas y limpiar	M									
Limpieza cierres de almacén de herramientas	M									
<b>E07</b>										
Limpieza del interior del carnero	M									
<b>REDUCTORA EJE "X"</b>										
Reajuste del juego de los flancos de torsión	6M									
Revisar nivel de aceite	2M									
Cambio de aceite	A									
<b>REDUCTORA EJE "Z"</b>										
Reajuste del juego de los flancos de torsión	6M									
Revisar nivel de aceite	2M									
Cambio de aceite	A									
<b>E03</b>										
Verificar presión del compensador en el punto más alto P=130 Bar	S									
Revisar conexionado motor X	6M									
<b>E09</b>										
Engrasar dedos del cambiador de herramientas	S									
<b>INT. COLUMNA Y CARRO "Y"</b>										
Revisar niveles de los botes de grasa	S									
Cambiar dosificadores de patines, cremalleras y engranaje de los carros "X" e "Y"	3M									
Cambiar dosificadores de patines, cremalleras y engranaje de los carros "Z", del conjunto de aspiración y del conjunto cambiador	A									
<b>REDUCTORA ALMACÉN</b>										
Revisar nivel y añadir aceite	6M									
Cambio de aceite	2A									
<b>REDUCTORA CAMBIADOR</b>										
Revisar nivel y añadir aceite	6M									
Cambio de aceite	2A									
<b>E00</b>										
Revisar conexionado	6M									
Reapretar conectores	6M									
Limpieza	6M									
<b>E01</b>										
Revisar conexionado	6M									
Reapretar conectores	6M									
Limpieza	6M									

<b>E05</b>										
Revisar conexionado motor Y	<b>6M</b>									
<b>E69</b>										
Revisar conexionado motor Z	<b>6M</b>									
Revisar paso de cables entre cadenas "Y" y "Z"	<b>6M</b>									
<b>GENERAL</b>										
Limpieza general del entorno de la máquina	<b>M</b>									
<b>CREMALLERAS "X" Y "Z"</b>										
Quitar cubiertas "X" y fuelles "Z"	<b>M</b>									

### 10.2.3. Remachadora borde de salida (Nave 1).

Equipo:Remachadora BS (nave1)	Nave:1	Octubre					Noviembre			
Tarea		L27-D03	L04-D10	L11-D17	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
Comprobar el estado de limpieza y engrase del mecanismo de inserción de remaches.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Comprobar el estado de limpieza y engrase de la mesa posicionadora de entibador y taladro.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Limpiar(soplado y aspirado)y engrasar si es necesario, el mecanismo de avance de taladro	S									
Comprobar el estado de limpieza y engrase del carro posicionador de avellanado y remachado.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Nivel de aceite del lubricador del motor neumático del cilindro entibador .Usar aceite ISO VG 32	S									
Comprobar el estado de limpieza y engrase del dispositivo de posicionamiento de pisachapas superior e inferior.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Comprobar el estado de limpieza y engrase del mecanismo de la mesa de taladrado.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Revisar las juntas y mecanismos de cierre de las puertas de los cuadros eléctricos. Reemplazar las juntas y cierres si no funcionan correctamente. Inspeccionar el estado de los relés contactores y térmicos de los motores apretar tornillos de las regletas.	M									
Inspeccionar visualmente las tuberías y racores de hidráulica corrigiendo cualquier fuga por pequeña que sea, comprobando que no existan rozaduras o interferencias con otros elementos	M									
Comprobar que no existen fugas hidráulicas y corregir cualquier fuga por muy pequeña que sea en el conjunto del pisachapas superior	M									
Carro posicionador inferior, insertor de remaches, control tope borde de salida, control tope borde ataque, control tope costilla extrema. Engrase.	M									
Limpieza de los elementos de control de la instalación:teclado, pulsadores, pilotos y elementos de señalización.Usar paño húmedo	M									
Comprobar el estado de engrase y limpieza del sistema de guiado lineal.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	M									
Engrase y limpieza de patines cabezal, carro superior, carro inferior y carro portaherramientas.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	M									
Limpiar potenciómetro lineal.Aspiración y paño seco	M									



Bancada, cremallera, carro posicionador superior, eje remachador inferior, eje remachador inferior y pisachapas inferior. Engrase.	<b>2M</b>									
Limpieza del Sistema Multiflexible. Soplado y aspirado	<b>2M</b>									
Controlar el nivel de vacío	<b>2M</b>									
Cambiar los elementos del filtro de aceite interno de la bomba	<b>2000H</b>									
Cambiar el aceite de la bomba de vacío cada 1500 H ó anual	<b>1500H (A)</b>									
Sustituir el aceite hidráulico	<b>1500H</b>									

**10.2.4. Remachadora borde de salida (Nave 2).**

Equipo:Remachadora BS (nave2)	Nave:2	Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D1	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
Bancada, cremallera, carro posicionador superior, eje remachador inferior, eje remachador inferior y pisachapas inferior. Engrase.	2M			X						
Revisar las juntas y mecanismos de cierre de las puertas de los cuadros eléctricos. Reemplazar las juntas y cierres si no funcionan correctamente. Inspeccionar el estado de los relés contactores y térmicos de los motores apretar tornillos de las regletas.	M			X						
Comprobar el estado de limpieza y engrase del mecanismo de inserción de remaches.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S			X						
Comprobar el estado de limpieza y engrase de la mesa posicionadora de entibador y taladro.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S			X						
Limpia(,soplado y aspirado)y engrasar, si es necesario,el macanismo de avance de taladro	S									
Comprobar el estado de limpieza y engrase del carro posicionador de avellanado y remachado.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S			X						
Comprobar el estado de limpieza y engrase del dispositivo de posicionamiento de pisachapas superior e inferior.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S			X						
Comprobar el estado de limpieza y engrase del mecanismo de la mesa de taladrado.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	S									
Limpiar pantalla de mando.	S			X						
Limpieza de los elementos de control de la instalación:teclado, pulsadores, pilotos y elementos de señalización.Usar paño húmedo	M			X						
Limpiar las superficies exteriores de la caja de mando	6M			X						
Nivel de aceite del lubricador del motor neumático de avellanador.Usar aceite ISO VG 32	S			X						
Nivel de aceite del lubricador del motor neumático del cilindro entibador .Usar aceite ISO VG 32	S			X						
Comprobar el estado de engrase y limpieza del sistema de guiado lineal.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	M			X						

Engrase y limpieza de patines cabezal, carro superior, carro inferior y carro portaherramientas.Soplado y aspirado.Utilizar aceite SAE 30	M			X						
Limpiar potenciómetro lineal.Aspiración y paño seco	M			X						
Limpieza de los cuadros neumáticos.Soplado y aspirado.Inspeccionar también tubos y recordaje.revisar las juntas y los mecanismos de cierre de las puertas.Reemplazar si es necesario	M			X						
Inspección de los armarios eléctricos, comprobar que ningún elemento se caliente en exceso.Soplado y aspirado.Reapretar si es necesario	M									
Engrasar husillos y rodamientos situados en el cilindro entibador y en el remachador.Usar grasa especial rodamientos	M									
Limpieza de copas de vacío.Soplado y aspirado	M									
Aspirar las virutas y polvo acumulado que aparecen sobre las ventosas(sistema multiflexible)	M			X						
Limpiar las ventosas del Torrestool, utilizando un detergente neutro o lejía.	6M									
Limpieza del Sistema Multiflexible.Soplado y aspirado	2M			X						
Cambiar el aceite de la bomba de vacío cada 1500 H ó anual	1500H (A)									
Comprobar el nivel de aceite de la bomba de vacío, y que no existan fugas de aire.Rellener si es necesario	6M			X						
Controlar el nivel de vacío	2M			X						
Revisar las conexiones de la bomba de vacío	M			X						
Limpieza general de las copas de vacío.Detergente neutro o lejía	6M									
Limpiar ventiladores de los armarios eléctricos.Aspiración	A									
Cambiar los elementos del filtro de aceite interno de la bomba de vacío cada 20000H	20000H (A)									
Revisar el filtro de aspiración de la bomba de vacío.Cambiarlo si es necesario	6M									
Revisar la parte inferior del filtro de salida de la bomba de vacío.Cambiarla si es necesario	6M									
Cambiar el aceite de los lubricadores de los motores neumáticos cada 15000H ó 12 meses	15000H (A)									
Inspección del armario eléctrico principal	A			X						
Revisar conexiones bomba de vacío	A									
Cambio de aceite de la bomba de vacío.Aceite Multilube 100 ó Superlube 100	A									

Limpiar mediante aire a presión los filtros de los radiadores de los acondicionadores de los armarios E00,E01,E10	A			X						
Revisión de todas las cajas de distribución	5A									
Revisión de las correas de los soportes verticales.Reemplazar o tensar(sistema multiflexible)	5A									
Cambio de aceite de los lubricadores de los motores neumáticos.Aceite ISO VG 32	5A									
Revisar las cajas de distribución buscando conectores sueltos deteriorados	5A									
Limpiar e inspeccionar el interior del cuadro de control.Inspeccionar los paneles buscando cables o conectores sueltos o deteriorados.Reemplazar las juntas si no funcionan correctamente.Apretar tornillos de las regletas	A			X						
Inspección visual de las tuberías y racores de hidráulica, corrigiendo cualquier fuga que pueda surgir por pequeña que sea, y comprobando que no existan rozaduras e interferencias con otros elementos	M			X						
Comprobar que no existan fugas hidráulicas, y corregir cualquier fuga por muy pequeña que sea, en el conjunto de pisachapas superior	M			X						
Cambio de sensores de posición y de barra, incluyendo sus cables	5A									

### 10.2.5. Tricepts A380 (Nave 1).

Equipo:Tricept A-380(nave 1)	Frecuencia	Octubre					Noviembre			
		L27-D03	L04-D10	L11-D17	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
<b>Tarea</b>										
<b>TRICEPT</b>										
Lubricar las guías lineales <b>1500 horas (5M)</b>	5M									
Lubricar los actuadores <b>1500 horas (5M)</b>	5M									
Lubricar las rótulas de bolas <b>4000 horas (A)</b>	A									
Revisar la colocación y la tensión de la correa dentada del eje 5 <b>1500 horas (5M)</b>	5M									
<b>SPINDLE DE MECANIZADO</b>										
Comprobar la presión del aire comprimido sobre el filtro-regulador-lubricador y ajustarlo hasta las marcas rojas si fuese necesario	S									
Comprobar el purgador de agua y reponer si fuese necesario	S									
Verificar el eje del sistema de apriete (HSK). Lubricar	S									
Revisar las mangueras y cableado en la parte superior del Spindle	S									
Revisar los tubos flexibles	M									
Revisar micros del spindle. Ajustar si es necesario	S									
<b>REFRIGERADOR DE AGUA</b>										
Limpiar el sistema refrigerante. Añadir un 1% de limpiador y recircular 25 horas	6M									
Drenar el tanque refrigerante abriendo la válvula de drenaje. Arrojar la escoria del refrigerante con ayuda de agua fresca	6M									
Llenar el tanque refrigerante, poniendo un 3% de greencool al agua destilada y rellenar	6M									
Limpiar la batería de condensación con aire comprimido (Pmax= 6atm) con la máquina parada	M									
Asegurarse de que los el estado de los motores de los ventiladores y los demás componentes no tengan vibraciones anómalas ni síntomas de recalentamiento.	6M									
Asegurarse de que los órganos mecánicos giren regularmente	M									
Verificar las conexiones eléctricas de los circuitos	6M									
Cada 3 años o cada 10000 horas de funcionamiento del compresor, realizar una revisión general en la planta COSMOTEC o centros de asistencia autorizados	10000H (3A)									
<b>AIRE ACONDICIONADO DEL ARMARIO ELECTRICO</b>										
Limpiar los componentes de filtrado del circuito de aire exterior con aire comprimido. La vida útil de servicio de los ventiladores es de 30000 horas	S									
Vaciar el depósito condensador	S									
<b>CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS</b>										
Revisar el estado de las horquillas que soportan las herramientas. Limpiar si es necesario	M									
Limpiar el óxido de los conos de la herramienta	M									
Revisar estado del soporte de los detectores del cambiador	S									
Reengrasar la cadena	6M									
Reengrasar el sistema de guiado (patines)	3M									

<b>EQUIPO DE ASPIRACIÓN E-PAK 300</b>										
Revisar las conexiones de cables de alimentación y puesta a tierra. Reapretar si es necesario	A									
Cambiar el paquete de filtrado por competo cada 8000 horas o 4 años	8000H (4A)									
Reemplazar todos los cojinetes del motor y aspiración cada 20000 horas. Quitar grasa vieja y reemplazar por nueva	20000H (5A)									
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>										
Revisar la presión del sistema. Se debe mantener constante 160 kg/cm2 estando el eje V en su posición más baja. Rellenar o realizar la descarga en caso de presión insuficiente o elevada	S									
<b>MOTOR ACCIONAMIENTO U y V</b>										
Cambiar los rodamientos de los servomotores cada 20000 horas o cada 3 años máximo	20000H (3A)									
<b>SISTEMA NEUMÁTICO</b>										
Cambiar el filtro de regulador de presión	2A									
<b>SISTEMA DE GUIADO EJE U</b>										
Inspección visual y de los pares de apriete	500H (3M)									
Revisión del sistema de engrase que lubrica el piñón cremellera del accionamiento del eje u. Se observa que lo realiza automáticamente y proyectando aceite directamente al piñón de ataque	M									
Cambio de lubricante	10000H (2A)									
Limpiar las guías para eliminar los restos de oxidación (rust-rem CRC) y aplicar el anticorrosivo con una herramienta especializada (anticorrosivo rust veto 377 3,36 CRC)	A									
<b>SISTEMA DE GUIADO EJE V</b>										
Limpiar las guías para eliminar los restos de oxidación (rust-rem CRC) y aplicar el anticorrosivo con una herramienta especializada (anticorrosivo rust veto 377 3,36 CRC)	A									
<b>SISTEMA DE SOBRELUBRICACION</b>										
Rellenar de lubricante en caso necesario. Comprobar que el lubricante actúa en los piñones y lubrican las cremalleras	M									
<b>GRADA</b>										
Comprobar el desgaste de los filtros del sistema de aire comprimido y en su defecto cambiarlos	2A									
Limpieza de bancada, superficie deslizante, de los husillos de bolas, micros y finales de carrera	M									
Verificar el engrase de las guías, husillos escuadras escamoteables. Engrasar en caso necesario	M									
Comprobar que los tubos y mangueras están correctamente conectados y en perfecto estado	S									
Comprobar paneles de operador y máquina. Verificar estado de pilotos y botonera	S									
Comprobar los ruidos de los rodamientos de los motores	3M									
Engrasar los puntos de engrase manual	3M									

<b>CARRO PLATAFORMA ELEVADORA</b>										
Verificar el nivel del depósito	S									
Controlar la eficacia del filtro de aceite	6 M									
Desmontar tapón de vaciado, vaciar aceite y vaciar	6 M									
Controlar apriete de racores hidráulicos	6 M									
Controlar apriete de tornillería principal	6 M									
Controlar desgaste y conexionado de tubos eléctricos e hidráulicos	M									
<b>Cilindros</b>	6 M									
Controlar la eficacia de los finales de carrera	M									
Controlar fase completa de trabajo de mesa	6 M									
Engrasar ejes y rodets de deslizamiento	M									
Sustituir el aceite de la centralita	2-A									
Controlar el desgaste de los casquillos	2-A									
Controlar válvula de retención y cilindros	2-A									

**10.2.6. Tricepts A340-600 (Nave 2).**

Equipo:Tricept A-340/600	Nave:2	Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D17	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
<b>TRICEPT</b>										
Lubricar las guías lineales <b>1500 horas</b>	1500H (5M)									
Lubricar los actuadores <b>1500 horas</b>	1500H (5M)									
Lubricar las rótulas de bolas <b>4000 horas</b>	4000 H (A)									
Revisar la colocación y la tensión de la correa dentada del eje 5 <b>1500 horas</b>	1500H (5M)									
<b>SPINDLE DE MECANIZADO</b>										
Comprobar la presión del aire comprimido sobre el filtro-regulador-lubricador y ajustarlo hasta las marcas rojas si fuese necesario	S									
Comprobar el purgador de agua y reponer si fuese necesario	S									
Comprobar los niveles de los refrigerantes, que no contengan depósitos ni suciedades. Si están contaminados reemplazarlos	M									
Revisar las mangueras y cableado en la parte superior del Spindle	M									
<b>REFRIGERADOR DE AGUA</b>										
Limpieza del sistema refrigerante. Añadir un 1% de limpiador y recircular 25 horas	6 M									
Drenar el tanque refrigerante abriendo la válvula de drenaje. Arrojar la escoria del refrigerante con ayuda de agua fresca	6 M									
Llenar el tanque refrigerante, poniendo un 3% de greencool al agua destilada y rellenar	6 M									
Asegurarse de que los motores de los ventiladores y los demás componentes no tengan vibraciones anómalas ni síntomas de recalentamiento.	6 M									
Cada 3 años o cada 10000 horas de funcionamiento del compresor, realizar una revisión general en la planta COSMOTEC o centros de asistencia autorizados	6 M									
<b>AIRE ACONDICIONADO DEL ARMARIO ELECTRICO</b>										
Limpieza de los componentes de filtrado del circuito de aire exterior con aire comprimido.	S									
Vaciar el depósito condensador	S									
<b>CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS</b>										
Revisar el estado de las horquillas que soportan las herramientas. Limpiar si es necesario	S									
Engrasar la cadena con grasa sólida	S									
Limpieza del óxido de los conos de la herramienta	S									
Reengrasar el sistema de guiado	6 M									

<b>AVELLANADOR</b>										
Reengrasar con grasa	100 H (2S)									
Limpiar el polvo que se acumule en la boquilla del avellanador	S									
<b>EQUIPO DE ASPIRACIÓN E-PAK 300</b>										
Revisar las conexiones de cables de alimentación y puesta a tierra. Reapretar si es necesario	A									
Vaciar el recipiente colector antes de que se llene en sus 2/3 partes	6 M									
Cambiar el paquete de filtrado por competo cada 8000 horas o 4 años	4-A									
Reemplazar todos los cojinetes del motor y aspiración cada 20000 horas. Quitar grasa vieja y reemplazar por nueva	5-A									
<b>ACCIONAMIENTO DEL EJE U</b>										
<b>Sistema de guiado lineal:</b> Los patines son libres de engrasamiento, en cada patin hay un engrasador. Reengrasar cada 6 meses	6 M									
Limpiar las guías que no se usan con un paño seco	S									
Aplicar a las guías grasa antioxidante	S									
<b>Sistema piñon-cremallera:</b> Revisar el estado de grasa del cartucho. Cambiar si se agota	M									
Cambiar los rodamientos de los servomotores cada 20000 horas o cada 3 años máximo	3-A									
<b>SISTEMA DE SOBRELUBRICACIÓN</b>										
Comprobar las altas presiones en las mangueras y tubos de plástico por si hubiera daños.	M									
Comprobar que el lubricante actúe en todos los puntos de lubricación	M									
<b>SISTEMA NEUMÁTICO</b>										
Cambiar el filtro de regulador de presión	2-A									
<b>SISTEMA DE MEDIDA DE PIEZA</b>										
Ajustar la presión del muelle palpador	M									
Inspección visual y de sustitución de los diafragmas periodicamente.	M									
<b>SISTEMA DE CALIBRACION DE HERRAMIENTA</b>										
Inspeccionar los diafragma interior y exterior	M									
<b>GRADA</b>										
<b>Central de accionamiento de aire comprimido</b>										
Comprobar el desgaste de los filtros y en su defecto cambiarlos	2-A									
<b>Sistema piñon-cremallera</b>										
Revisar el estado del cartucho de grasa	M									
<b>Sistema de guiado lineal</b>										
Reengrasar los patines	6 M									

<b>CARRO PLATAFORMA ELEVADORA</b>										
Verificar el nivel del depósito	6 M									
Controlar la eficacia del filtro de aceite	6 M									
Desmontar tapón de vaciado, vaciar aceite y vaciar	6 M									
Controlar apriete de racores hidráulicos	6 M									
Controlar apriete de tornillería principal	6 M									
Controlar desgaste y conexionado de tubos electricos e hidráulicos	6 M									
<b>Controlar Cilindros</b>	6 M									
Controlar la eficacia de los finales de carrera	6 M									
Controlar fase completa de trabajo de mesa	6 M									
Engrasar ejes y rodetes de deslizamiento	6 M									
Sustituir el aceite de la centralita	2-A									
Controlar el desgaste de los casquillos	2-A									
Controlar las conexiones hidráulicas y tubos	2-A									
Controlar válvula de retención y cilindros	2-A									

**10.2.7. Proyecto 10.**

Equipo:Proyecto 10	Nave:2	Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D17	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
<b>EJE "X"</b>										
Limpiar guías y patines	200 H (3 S)									
Inspección visual de guías y patines, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar guías y patines	200 H (3 S)									
Limpiar cremalleras dentadas y piñón	200 H (3 S)									
Inspección visual de cremalleras dentadas y piñón, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar cremalleras dentadas y piñón	200 H (3 S)									
<b>EJE "Y"</b>										
Limpiar guías y patines	200 H (3 S)									
Inspección visual de guías y patines, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar guías y patines	200 H (3 S)									
Limpiar husillo de bolas	200 H (3 S)									
Inspección visual del husillo de bolas, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar husillo de bolas	200 H (3 S)									
Inspección visual de la correa dentada, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Sustituir correa dentada	500 H (2 M)									
<b>EJE "Z"</b>										
Limpiar guías y patines	200 H (3 S)									
Inspección visual de guías y patines, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar guías y patines	200 H (3 S)									
Limpiar cremalleras dentadas y piñón	200 H (3 S)									
Inspección visual de cremalleras dentadas y piñón, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar cremalleras dentadas y piñón	200 H (3 S)									
<b>CABEZAL DE TALADRO</b>										
Inspección visual del husillo P/hta., actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Lubricar husillo P/hta.	200 H (3 S)									
Limpiar pinza amarre de herramientas	50 H (S)									
Inspección visual de la pinza amarre de herramientas	50 H (S)									
Lubricar pinza amarre de herramientas	50 H (S)									
Inspección visual de la correa dentada, actuar en consecuencia	200 H (3 S)									
Sustituir correa dentada	500 H (2 M)									

### 10.2.8. Taladradora de costillas A380.

Equipo:Célula de taladrado de costillas A380		Octubre					Noviembre			
Tarea	Frec.	L27-D03	L04-D10	L11-D17	L18-D24	L25-D31	L01-D07	L08-D14	L15-D21	L22-D28
<b>ARMARIO ELÉCTRICO (CHAPISTERÍA)</b>										
Verificar buena cerradura de las puertas	A									
Verificar buen funcionamiento de las empuñaduras y vástagos	A									
Verificar limpieza interna del armario eléctrico	A									
<b>CLIMATIZACIÓN ARMARIO</b>										
Verificar temperatura interior armario (preferentemente durante los períodos calientes)	A									
Limpieza del filtro si la climatización está equipada	A									
<b>CONJUNTO CARTAS ELECTRÓNICAS</b>										
Limpieza de las tarjetas electrónicas	A									
<b>AISLAMIENTO ELÉCTRICO</b>										
Verificar aislamientos al nivel de las alimentaciones 380v, 220v, 110v, 24v	A									
<b>TENSIÓN ELÉCTRICA</b>										
Verificar tensiones de alimentación 380v, 220v, 110v, 24v	A									
Verificar la tasa de ondulación de la corriente que suministra la fuente de alimentación	A									
<b>CONJUNTO TORNILLO DE CONEXIÓN, RELÉS Y BORNEROS</b>										
Reapretar los tornillos de los borneros y relés	A									
Verificar el calentamiento	A									
<b>CONJUNTO PRENSA ESTOPAS</b>										
Verificar apriete	A									
<b>BÚSQUE DA PUNTOS CALIENTES</b>										
Verificar ausencia de puntos calientes encima de las alimentaciones, transformadores y conexiones de motores	A									
<b>CONJUNTO CABLES ELÉCTRICOS</b>										
Verificar presencia de tapas en canaletas	S									
Verificar estado de cables en conductos articulados	S									
<b>CONJUNTO FUNCIONES "SEGURIDAD"</b>										
Verificar buen funcionamiento de las paradas de emergencia	S									
Verificar buen funcionamiento del seccionador general	S									
<b>SALVAGUARDA PROGRAMAS CONTROL NUMÉRICO Y AUTÓMATA</b>										
Puesta al día de los disquetes con los programas de máquina	A									
Verificar puesta al día de los dosieres después de cada modificación	A									
<b>PUPITRE ELÉCTRICO (CHAPISTERÍA)</b>										
Verificar buena cerradura y limpieza interna del pupitre	A									
<b>DETECTOR PROXIMIDAD</b>										
Verificar la limpieza de la cara sensible y fijación	A									
Verificar estado de funcionamiento	A									
<b>CILINDROS HIDRÁULICOS</b>										
Verificar estado y fijación	M									
Verificar recorridos	M									
Comprobar existencias de fugas	M									
<b>CILINDROS NEUMÁTICOS</b>										
Verificar estado y fijación	M									
Verificar recorridos	M									
Comprobar existencias de fugas	M									



### 10.3. Mantenimiento autónomo.

A continuación se presenta las fichas de mantenimiento autónomo aconsejadas para cada uno de los equipos productivos de Airbus Puerto Real.

#### 10.3.1. Taladradora costilla uno HTP.

Mantenimiento Autónomo

Equipo: Taladradora Costilla UNO HTP		Semana:																		
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos																	
			Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes									
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2								
<b>Guías:</b> Buscar evidencias de desgaste, marcas, rozaduras....	Visual																			
<b>Cremalleras:</b> Comprobar el dibujo	Visual																			
<b>Patines lineales:</b> Comprobar la correcta lubricación	Visual																			
<b>Grupo hidráulico:</b> Comprobar el nivel de aceite	Visual																			
Limpiar la bancada de polvo y suciedad	Paño																			
Limpiar todas las superficies	Paño																			
Limpiar las protecciones visibles de los husillos a bolas	Paño																			
Limpiar todos los micros y finales de carrera visibles y zonas adyacentes	Paño																			
Limpiar todas las superficies eléctricas con mucho cuidado, con el equipo desconectado	Paño																			
Comprobar el correcto engrase de todas las guías y husillos. Engrasar si es preciso	Visual																			
Comprobar el estado porta-herramientas y su posición correcta	Visual																			
Comprobar que todos los tubos y mangueras están correctamente conectados	Visual																			
Comprobar que todos los pilotos y lámparas de los paneles de operador se iluminan bien	Visual																			
<b>Soldaduras:</b> Comprobar visualmente el estado de las conexiones soldadas	Visual																			
<b>Iluminación:</b> Limpiar periódicamente las pantallas	Paño																			
Comprobar el estado de las lámparas y los cebadores. Recambiar en caso necesario	Visual																			

**10.3.2. Taladradora largueros Nave 1.**

Mantenimiento Autónomo

Equipo:		Semana:												
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos											
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Revisar el estado de los pilotos y pilsadores	Visual													
Verificar el nivel de aceite	Visual													
Verificar presión de Aire (P=6 Bar)	Visual													
Mantener limpio el entorno de trabajo														
Revisar estado de limpieza de los fuelles protectores en las guías "X"	Paño													
Referenciado de ejes, búsqueda 0 (s/ forma de trabajo)	Paño													

**10.3.3. Remachadora borde de salida (Nave 1).**

Mantenimiento Autónomo

Equipo: Remachadora B/S Nave 1		Semana:																		
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos																	
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes									
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2								
Control del nivel de vacío	Visual																			
Control del nivel presión	Visual																			
Revisión de todos los pilotos y pulsadores	Visual																			
Revisión estado del filtro neumático	Visual																			
Limpieza de virutas y polvo en cabezal superior e inferior.Utilizar aspiardor	Paño																			
Limpiar espiga y aplicador de sellante en baño de etil-metil-cetona	Paño																			
Limpiar los cuatro detectores inductivos que determinan la posición del pisachapas superior. Utilizar paño seco	Paño																			
Limpiar de sellante la broca, avellanador, la buterola inferior y la pinza porta remaches	Paño																			
Limpieza de sensor láser de alineación de los bordes de salida.Usar un paño seco	Paño																			
Comprobar la iluminación local.Reemplazar tubo fluorescente cuando se aprecie una disminución de la intensidad luminosa	Visual																			
Limpieza de sensores de presencia de remache y broca rota.Usar un paño seco	Paño																			
Limpieza de cámaras de control.Usar un paño seco	Paño																			
Abrir sistema de aspiración,antes de empezar a remachar																				
Cerrar sistema de aspiración,cuando se termine de remachar																				
Inspección visual de las copas de vacío tras la retirada de cada timón y limpiar las que contengan sellante,utilizando líquidos neutros	Visual																			
Limpiar las superficies exteriores de la caja de mando	Paño																			
Revisar todos los pilotos y pulsadores del piloto del cuadro de mando, así como si existe alguna alarma en el sistema. Revisar las setas de emergencia	Visual																			
Limpiar pantalla de mando	Paño																			
Comprobar el nivel de aceite de la bomba de vacío	Visual																			
Controlar el nivel de presión por medio del manómetro instalado en el armario neumático principal	Visual																			
Inspeccionar los lubricadores de aire, comprobando su nivel de aceite.	Visual																			

### 10.3.4. Remachadora borde de salida (Nave 2).

Mantenimiento Autónomo

Equipo:		Semana:													
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos												
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes				
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
Control del nivel de vacío	Visual														
Control del nivel presión	Visual														
Revisión de todos los pilotos y pulsadores	Visual														
Revisión estado del filtro neumático	Visual														
Limpieza de virutas y polvo en cabezal superior e inferior.Utilizar aspiardor	Paño														
Limpieza de sensor láser de alineación de los bordes de salida.Usar un paño seco	Paño														
Limpier los cuatro detectores inductivos.Usar un paño seco	Paño														
Comprobar la iluminación local.Reemplazar tubo fluorescente cuando se aprecie una disminución de la intensidad luminosa	Visual														
Limpieza de sensores de presencia de remache y broca rota.Usar un paño seco	Paño														
Limpieza de cámaras de control.Usar un paño seco	Paño														
Inspección de los lubricadores de aire, comprobando su nivel y rellenar en caso necesario(ISO VG 32)	Visual														
Abrir sistema de aspiración,antes de empezar a remachar															
Cerrar sistema de aspiración,cuando se termine de remachar															
Inspección visual de las copas de vacío tras la retirada de cada timón y limpiar las que contengan sellante,utilizando líquidos neutros	Visual														

### 10.3.5. Tricepts A380 (Nave 1).

Mantenimiento Autónomo

Equipo: Tricepts A380		Semana:												
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos											
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Control del nivel de vacío	Visual													
Control del nivel presión	Visual													
Revisión de todos los pilotos y pulsadores	Visual													
Revisión estado del filtro neumático	Visual													
Limpieza de virutas y polvo en cabezal superior e inferior.Utilizar aspiardor	Paño													
Limpieza de sensor láser de alineación de los bordes de salida.Usar un paño seco	Paño													
Limpier los cuatro detectores inductivos.Usar un paño seco	Paño													
Comprobar la iluminación local.Reemplazar tubo fluorescente cuando se aprecie una disminución de la intensidad luminosa	Visual													
Limpieza de sensores de presencia de remache y broca rota.Usar un paño seco	Paño													
Limpieza de cámaras de control.Usar un paño seco	Paño													
Inspección de los lubricadores de aire, comprobando su nivel y rellenar en caso necesario(ISO VG 32)	Visual													
Abrir sistema de aspiración,antes de empezar a remachar														
Cerrar sistema de aspiración,cuando se termine de remachar														
Inspección visual de las copas de vacío tras la retirada de cada timón y limpiar las que contengan sellante,utilizando líquidos neutros	Visual													

### 10.3.6. Tricepts A340-600 (Nave 2).

Mantenimiento Autónomo

Equipo: Tricepts A340-600 (Nave 2)		Semana:													
Tarea	Método	Tiempo (min)	Ejecución y turnos												
			Lunes		Martes		Miercoles		Jueves		Viernes				
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
Retirar todas las virutas y polvo que resulte del proceso de mecanizado.															
Realizar controles en todos los equipos relacionados con la seguridad como son los interruptores y las protecciones															
Asegurarse de que no existen desgastes ni desperfectos en los cables, mangueras y otros componentes que supongan riesgo para la seguridad o una interrupción de la producción	Visual														
Controlar los niveles de lubricantes y líquidos refrigerantes tanto en el Tricepts como en el equipo auxiliar mantienen la presión y el flujo correctos	Visual														
Limpieza el Spindle mediante aspiradora o un paño. Nunca aire comprimido															
Limpieza el cono portaherramientas con el útil diseñado para ello	Paño														
Revisar el nivel del líquido refrigerante del Spindle y rellenar en caso necesario	Visual														
Comprobar el estado de limpieza del filtro	Visual														
Comprobar estado de limpieza de la batería de condensadores, si esta atascada limpiarla	Visual														
Comprobar la tensión de la correa de transmisión del ventilador centrífugo	Visual														
Comprobar el nivel del depósito condensador	Visual														
No permitir que se acumule excesivo material de deshecho alrededor de la sonda															
Mantener las conexiones eléctricas limpias															
Comprobar la presión del sistema	Visual														

## 11. ANEXO II: Herramientas Útiles en la Gestión del Mantenimiento.

### 11.1. Ciclo PDCA o Círculo de Deming

El llamado ciclo PDCA o Círculo de Deming constituye una herramienta valiosa para llevar a cabo una mejora del total del proceso de producción o de alguna de sus partes. Constituye al mismo tiempo, un símbolo de la mejora continua.

El círculo está representado por las siguientes partes o acciones.

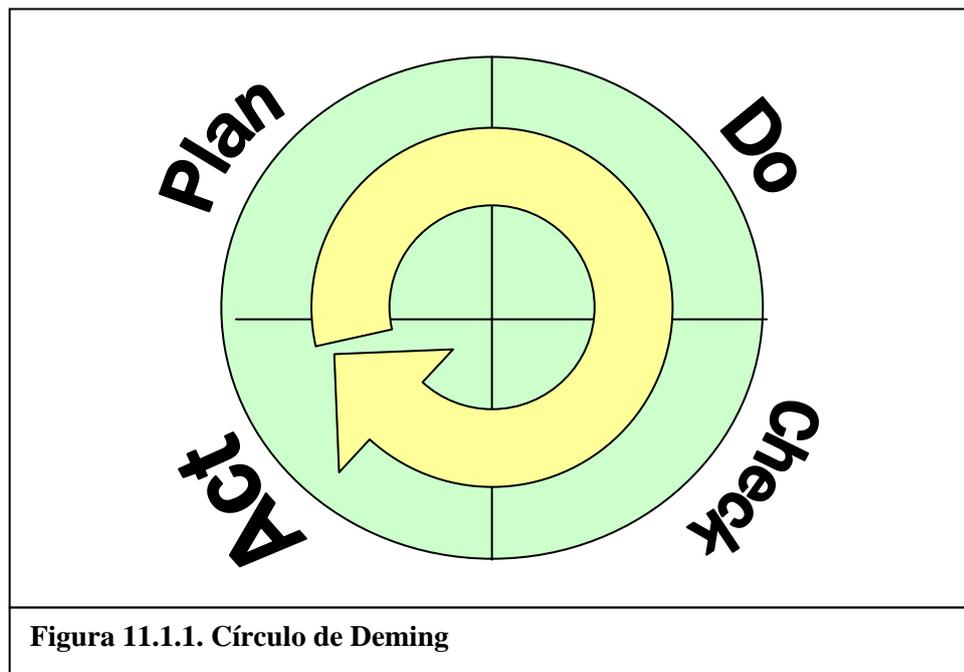
**Planear** lo que se pretende alcanzar, incluyendo con ello la incorporación de las observaciones a lo que se viene realizando.

**Hacer** o llevar a cabo lo planeado.

**Chequear** o *verificar* que se haya actuado de acuerdo a lo planeado así como los efectos del plan.

**Actuar** a partir de los resultados a fin de incorporar lo aprendido, lo cual es expresado en observaciones y recomendaciones.

El círculo representa en cuadrantes estas acciones, las cuales se deben aplicar indefinidamente.



## **11.2. Diagrama de Pareto.**

El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

### **11.2.1. Ventajas que Ofrece el Diagrama de Pareto.**

Las ventajas que ofrece el diagrama de Pareto son las siguientes:

- ✓ Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- ✓ Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- ✓ Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras que no merecen ser resueltas.
- ✓ Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

### **11.2.2. Utilidades que Ofrece el Diagrama de Pareto.**

Las utilidades que ofrece el diagrama de Pareto son las siguientes:

- ✓ Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
- ✓ Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- ✓ Pueden ser asimismo utilizados tanto para investigar efectos como causas.
- ✓ Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

### 11.3. Árbol de Fallos.

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos.

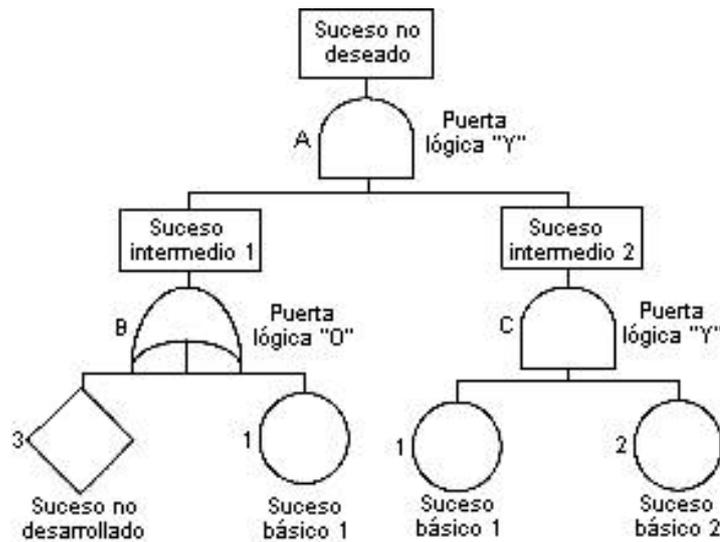


Figura 11.3.1. Representación gráfica del árbol de fallos

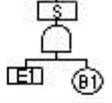
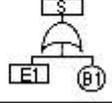
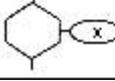
Seguidamente, de manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Los nudos de las diferentes puertas y los "sucesos básicos o no desarrollados" deben estar claramente identificados.

Estos "sucesos básicos o no desarrollados" que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Son independientes entre ellos.
- Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

Para ser eficaz, un análisis por árbol de fallos debe ser elaborado por personas profundamente conocedoras de la instalación o proceso a analizar y que a su vez conozcan el método y tengan experiencia en su aplicación; por lo que, si se precisa, se deberán constituir equipos de trabajo pluridisciplinarios (técnico de seguridad, ingeniero del proyecto, ingeniero de proceso, etc.) para proceder a la reflexión conjunta que el método propicia.

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	PUERTA "Y"  El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).
	PUERTA "O"  El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

**Figura 11.3.2. Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallos**

### **11.3.1. Desarrollo del Árbol de Fallos.**

Prefijado el "evento que se pretende evitar" en el sistema a analizar, se procede descendiendo escalón a escalón a través de los sucesos inmediatos o sucesos intermedios hasta alcanzar los sucesos básicos o no desarrollados que generan las situaciones que, concatenadas, contribuyen a la aparición del "suceso no deseado".

Para la representación gráfica de los árboles de fallos y con el fin de normalizar y universalizar la representación se han elegido ciertos símbolos que se representan en la figura 11.3.2.

#### 11.4. Las 3 Y.

La introducción de un programa TPM en una planta productiva exige crear el ambiente propicio que abarque a todas las personas involucradas, así como la formación y entrenamiento necesarios. El Japón, de donde es originario el TPM, ello supone alcanzar tres objetivos que se pueden denominar las 3 Y, por tratarse de tres expresiones que, en fonética japonesa, comienzan con Y. Son las siguientes:

- ❖ YAKUKI: *Motivación o cambio de actitud* de las personas que se vean involucradas en el programa. Lógicamente, se trata de lograr una predisposición positiva hacia los cambios que se pretende introducir y un espíritu de colaboración hacia los mismos.
- ❖ YARUUDE: *Competencia, habilidad o destreza* para poder llevar a cabo los cometidos encomendados. Sería, por ejemplo, el caso de tener que combinar tareas productivas con otras de mantenimiento.
- ❖ YARUBA: *Entorno de trabajo propicio* y en ningún caso hostil. Es importante para la introducción del TPM se lleve a cabo con el mínimo de problemas y posibles traumas. Aquí, el papel de la dirección es crucial.

Partiendo de estos puntos deberán fijarse objetivos a cada nivel; los habrá globales en el ámbito de dirección y propios o locales en el ámbito de pequeños grupos.

Se deberán trazar los planes o programas adecuados para alcanzarlos, ponerlos en acción y medir los resultados. La conexión entre los distintos niveles la asumen los responsables de los pequeños grupos, que enlazan otros de nivel superior; de esta forma la información fluye horizontal y verticalmente, rápida y efectivamente. Será pues fundamental, crear unos canales de comunicación fluidos y velar para se haga de ellos el uso que corresponde.

Previo a la puesta en funcionamiento de un programa TPM habrá una serie de requerimientos a cumplir:

- Creación de un clima y una cultura adecuados: un camino a seguir para lograrlo será el de las 3 Y.
- Desarrollo y puesta en marcha de los programas oportunos que se pueden resumir en:

- Mantenimiento autónomo
  - Mantenimiento planificado-preventivo
  - Mejoras de mantenibilidad
  - Prevención de mantenimiento
  - Mantenimiento correctivo
- Uso de herramientas de gestión, que van desde las que forman parte de las herramientas de calidad total: diagramas de Pareto, diagramas de análisis causa-efecto, etc., a las sencillas pero efectivas 5 S asociadas al mantenimiento autónomo.

### 11.5. Análisis P-M para el Tratamiento de Pérdidas Crónicas .

Esta metodología parte de estudio del problema o pérdida (P) y trata de relacionarla con el equipo y aquellos componentes o elementos del mismo sobre los que recae su resolución (M).

El plan de acción para las pérdidas crónicas; puede resumirse esquemáticamente de la siguiente forma:

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Análisis del fenómeno.</li><li>2. Análisis e identificación de las causas</li></ol> |
|--|

<p><b><i>Enfoque para descubrir los fallos:</i></b> <i>Examen del perfil ideal</i> <i>Concentrar la atención en los fallos</i> <i>mínimos</i> <i>Restauración de las condiciones</i></p>
--

El análisis PM se basa en un estudio completo del problema, desde los principios teóricos del proceso y los mecanismos y estructura del equipo y sus componentes. A partir de ahí, se procede a listar todas las causas posibles, en relación con el problema, el equipo, su estructura y componentes.

Para el estudio del problema se hace uso de los instrumentos de calibración que sean necesarios, verificando hasta la menor unidad.

Para analizar en profundidad el problema, será conveniente estratificarlo en niveles dentro de lo posible, respondiendo a las 5W y 1H. Ver figura 11.5.1.

5W: What (qué), Why (por qué), When (cuándo), Where (dónde) y Who (quién)

1H: How (cómo)

Teniendo esto presente, se puede organizar un guión para proceder a la realización de un análisis PM:

1. *Identificar las pérdidas a estudiar a través de sus efectos; resulta asimismo de interés cuantificarlos con alguna unidad de medida; esto puede permitir aplicar la técnica de Pareto para centrarse en las pérdidas importantes.*

2. *Definir el problema en base a los efectos de la pérdida;* para ello puede ser conveniente conocer las posibilidades del equipo, y el comportamiento de equipos similares.

ESTRATIFICACIÓN DEL PROBLEMA					
Identificación del problema	¿Cuándo?	Frecuencia		Continua, discontinua, esporádica	
		Tiempo , Período		Durante el proceso, otros momentos o épocas o en período de setup	
	¿Quién?	Personal		Identificar	
	¿Qué?	Materiales		Tipo de formato	
Extensión	¿Dónde?	Área		¿En qué área?, ¿con qué extensión?	
Cambios a lo largo del tiempo.	¿Hacia dónde tiende?	Tendencia		Positiva, negativa, aumenta...	
Descripción	¿Cómo?	Equipo y herramientas		Precisión estática, precisión dinámica	
		Fabricación		Condiciones de fabricación	
		Métodos de medición	Inst. para medir	Identificar	
			Lectura	Visual, automática, registro automático	
			Periodicidad	Inspección total, muestreo aleatorio	
			Área donde se hace muestr.	1 punto o varios	
		Métodos de operación		Diferencia en la secuencia, en el método en la velocidad de operación	
		Materiales		Identificar con características	

**Figura 11.5.1. Estratificación del fenómeno objeto de estudio**

3. *Identificar las posibles causas del problema, su origen y relación con otros problemas de pérdidas.* Aquí puede ser importante incorporar formas de medir la incidencia de las causas encontradas.
4. *Determinar las circunstancias y condiciones operativas bajo las que se da el citado problema,* así como su pertenencia obligada o no en la operativa.
5. *Relacionar cada una de las circunstancias obligadas con elementos del sistema productivo,* estén o no directamente relacionadas con el equipo.

6. *Desarrollar las soluciones pertinentes en función de los problemas, sus causas y los elementos involucrados en ellas.* Convendrá también medir los efectos positivos de las soluciones.
7. *Planes de acción para implantar las soluciones adecuadas,* así como identificar todos los condicionantes materiales y personales exigidos.
8. *Implantación de la mejora o mejoras derivadas de los planes de acción; formación y adiestramiento del personal;* el adecuado adiestramiento permitirá llevar a cabo la operación correcta y eficientemente, incluso de forma refleja.
9. *Controlar sus efectos reales y comparar con los valores iniciales para los mismos;* de no ser suficiente la mejora, debe volverse a empezar, de acuerdo con la filosofía de la mejora continua, para mejorar cada vez más.

## **12. ANEXO III: Mantenimiento y Seguridad.**

### **12.1. Mantenimiento Preventivo.**

Los peligros generados por las instalaciones se derivan fundamentalmente de los aspectos relacionados con su diseño, manipulación, mantenimiento e inspección.

Las operaciones de mantenimiento son la clave para garantizar el funcionamiento de las instalaciones en las adecuadas condiciones de seguridad. Estas operaciones se atenderán a lo dispuesto en las reglamentaciones industriales específicas en cuanto a su periodicidad, contenidos de las mismas y requisitos que deben cumplir quienes efectúen estas operaciones.

El mantenimiento preventivo es un método de control de riesgos que asegura que las instalaciones están en condiciones de seguridad óptimas. Para llevarlo a cabo correctamente se deberán tener en cuenta el tipo de operaciones y la periodicidad de éstas en función de la reglamentación específica que le es aplicable.

La forma de asegurar que los requisitos establecidos en los reglamentos se van cumpliendo es llevando un control, tanto de las operaciones de mantenimiento a realizar como de la frecuencia de estas. Sería también importante tener en cuenta si éstas operaciones serán internas o externas, es decir, si las realizara personal de la propia empresa o será personal externo quien las lleve a cabo.

La mejor forma de controlar que realmente el mantenimiento se ajusta a lo exigible por la normativa o reglamentación, es confeccionar fichas de seguimiento para cada equipo o instalación. En ellas se deberían reflejar todas las operaciones, inspecciones y revisiones que debe superar un equipo en un determinado periodo de tiempo.

Podrían establecerse fichas de carácter anual, mensual, etc., en función de la frecuencia con que debe supervisarse un determinado equipo. También debería establecerse la persona o personas encargadas de realizarla, en el caso de operaciones de mantenimiento de carácter interno, o la entidad, en el caso de que estas operaciones sean realizadas por empresas y personal ajeno a la empresa.

En cualquier caso, estas fichas deberían contener información suficiente para que cualquier persona al consultarla pudiese conocer el histórico de las

operaciones a que ha sido sometido un determinado equipo, y la fecha o periodo en que deberían realizarse nuevamente esas operaciones. No deberían contener un exceso de información que dificultase ver los datos que realmente pretenden darse a conocer con la elaboración de estas fichas.

Lo primero que habría que establecer, serían los objetivos que se pretenden al hacer operativo un determinado modelo de ficha de mantenimiento. Hay que tener en cuenta que puede que este modelo tenga que ser válido para gran variedad de equipos e instalaciones, con lo cual su contenido debería ser de carácter general con apartados en blanco en los cuales se pudiese particularizar en función de la especificidad de la operación que se lleve a cabo.

También podría ponerse en práctica un modelo de ficha más específico en el que se reflejasen, para cada equipo, las operaciones que deben llevarse a cabo. Cualquiera de las dos opciones es válida, así como cualquier otra intermedia que se pueda idear siempre y cuando cumpla su objetivo. Dependerá en cualquier caso, del tipo de equipo, operaciones a realizar e incluso de la tradición de la empresa en este tipo de modelos, sin contar por supuesto con que tenga o no implantado un sistema de gestión de la calidad.

Se supone que este es, en principio, un modelo de documento que nos sirve simplemente de control interno. Si en algún momento se exige demostrar la veracidad de los datos reflejados, es posible que se tenga que recurrir a documentos o certificados facilitados por ejemplo, por empresas que realicen determinadas pruebas o revisiones. Pero ese no es el objetivo de estas fichas.

Previo a la puesta en práctica de un determinado modelo, sería recomendable establecer unas bases que faciliten esta tarea:

**a)** El primer paso sería identificar todas las instalaciones, equipos e instrumentos sujetos a algún tipo de inspección, revisión, operación de mantenimiento o prueba. Sería conveniente establecer algún tipo de codificación que identifique a cada equipo véase punto 3.3. *Codificación de los medios productivos*, así como la puesta en servicio de algún formato de etiqueta que referenciase tanto el nombre como el código correspondiente. La implantación de códigos como método de identificación sería muy útil si se implantan procedimientos informáticos de gestión del mantenimiento, además de diferenciarnos equipos iguales situados en distintas partes de la factoría.

El formato de etiqueta debería ser muy sencillo, reflejando la información estrictamente necesaria. Como ejemplo, podría servir el de la figura 11.1.1, en la cual solo se recogen el nombre y código de equipo.

ETIQUETA DE MANTENIMIENTO	
Nombre o logo de la empresa	
EQUIPO	CÓDIGO
<b>Figura 11.1.1. Etiqueta</b>	

Lógicamente la implantación de códigos como método de identificación obliga a hacer un listado en el que se recoja como mínimo el equipo, código asignado y situación dentro de la instalación.

**b)** Determinar para cada equipo, instrumento o instalación las operaciones de

mantenimiento que se someterán en función de la normativa o reglamentación que le es aplicable. Se establecerá también la frecuencia con la que se deben realizar dichas operaciones (mensual, semestral, anual...).

**c)** Como se decía anteriormente, puede que estas operaciones sean realizadas con carácter interno o externo, según los realice la propia empresa o por el contrario se deba recurrir a entidades acreditadas o especializadas en algún tipo concreto de operación. Se debe establecer si serán por tanto operaciones de mantenimiento internas o externas.

**d)** En el caso de mantenimiento interno, se deberían establecer unos procedimientos escritos en los cuales se reflejara como llevar a cabo dichas operaciones, la cualificación del personal que las realizara, el instrumental y las herramientas necesarias, y los documentos que se deben cumplimentar para que quede constancia de que dicha operación ha sido realizada, además de cuando y por quien.

**e)** En el caso de mantenimiento externo, los procedimientos deberían reflejar la persona encargada de ponerse en contacto con la empresa o entidad que llevara a cabo la operación y los documentos que deben ser entregados por ésta y que certifican y acreditan que dicha operación ha sido realizada.

**f)** Una vez realizada la operación de mantenimiento, se cumplimenta la parte correspondiente en la hoja de seguimiento anotando los datos que en ella se reflejan.

A veces se hace necesario que entre los plazos en los que ha de llevarse a cabo una determinada operación se realicen inspecciones para comprobar que el equipo esta en perfectas condiciones, esto debería normalizarse e incluirlo como inspección periódica entre dos operaciones de mantenimiento y reflejarse en la correspondiente ficha de seguimiento.

Como se decía anteriormente, es un documento de control de carácter interno que sirve como recordatorio de los plazos y fechas que se deben respetar a la hora de realizar el mantenimiento preventivo. Debe contener por tanto los datos justos para que cumpla su función y su contenido será específico de la actividad y tipo de instalación o equipo.

Debe contener en principio datos relativos al equipo al cual se refiere, como por ejemplo, el nombre, código o referencia de ese equipo, fecha de puesta en servicio y cualquier otro dato de interés en función de lo exigido por la reglamentación.

También debe contener otro grupo de datos compuesto principalmente con apartados referentes al tipo de operación a realizar, aunque también puede aparecer espacios en blanco para cumplimentarlos, si la ficha es de aplicación a diferentes tipos de equipos e instalaciones sobre los cuales han de realizarse operaciones de naturaleza muy distinta. En este grupo se incluirán tanto las inspecciones, como las revisiones, así como las pruebas periódicas que deben superar.

Es necesario, por último que la ficha también refleje la periodicidad con la que debe realizarse la operación, las fechas en las cuales se ha realizado, así como las fechas de las futuras.

Por último, se debería agregar algún apartado relativo a observaciones que puedan sugerir por ejemplo el cambio en la frecuencia a la que se realizan estas operaciones por si se cree necesario acortar los plazos entre ellas.

La ficha de seguimiento ya se propuso en el apartado anterior y contiene un apartado referente a la identificación del equipo y otro referente a las operaciones que sobre el se deben realizar.

Se describe el equipo (nombre y código) y sería conveniente reflejar la fecha de puesta en servicio. En la parte de la ficha referente al mantenimiento, se refleja la operación a que se debe someter el equipo, la fecha en que se realiza y la frecuencia con que se debe llevar a cabo, con lo cual queda especificada de forma indirecta la siguiente fecha a la que se debería realizar nuevamente esa operación. En este caso la ficha refleja el histórico de todo el mantenimiento del equipo, operación a operación, así como las futuras que se deben realizar. Estas fichas abarcarán un determinado periodo, es decir, serán fichas de carácter mensual, anual, ...

Este modelo o cualquier otro similar permite la aplicación de procedimientos informáticos para el seguimiento del mantenimiento preventivo. Un programa gestor de bases de datos permitirá, con los datos que se han señalado, saber en cualquier momento las operaciones y fechas en las que se realizaron, por ejemplo, introduciendo el código del equipo. También se puede saber para un determinado periodo que operaciones y sobre que equipos deberán realizarse.

Todas estas propuestas, no son sino formas organizadas de controlar internamente el mantenimiento de nuestras instalaciones con objeto de que todas las operaciones se lleven a cabo en la forma y fechas previstas. Esto servirá como método indirecto de control de riesgo al garantizar un funcionamiento en adecuadas condiciones de seguridad.

El modelo de ficha elegido se cumplimentará para cada equipo sobre el que se tenga que realizar cualquier tipo de operación de mantenimiento, sea de la naturaleza que sea. Así mismo, cuando se produzca la adquisición de un equipo nuevo, después de su recepción y en función de lo que reflejen los manuales de mantenimiento del propio equipo y la reglamentación se procederá a la cumplimentación de la correspondiente ficha antes de la puesta en servicio del equipo.

También habría que registrar de alguna forma el momento en que un equipo deja de ser operativo y pasa a estar fuera de servicio. Esto habría que reflejarlo si es posible en la ficha además de proceder a identificar el equipo como "fuera de servicio" mediante algún tipo de etiquetado, con objeto de detectar claramente esta situación.

Para que el mantenimiento preventivo de las instalaciones y equipos se realice correctamente y en su tiempo, sería conveniente introducir en Airbus herramientas de control de las operaciones. Este es el caso de las fichas de seguridad, que dan información sobre las operaciones de mantenimiento que se han realizado y la periodicidad, así como las fechas en las que deberían repetirse.

### **Facilidades integradas para el mantenimiento .**

Los accesorios para la manutención de piezas de la máquina deben estar previstos o integrados en la máquina. También debe disponerse de accesorios para eslingas cuando la reparación o el mantenimiento de la máquina requiera el desplazamiento o movimiento de piezas pesadas, así como de utillaje especial si fuera necesario.

Para máquinas pesadas que requieran ser desplazadas para su reparación, mantenimiento o limpieza deberá disponerse en el suelo de raíles o ranuras guía que permitan su desplazamiento sin grandes esfuerzos, sin perjuicio de que este desplazamiento pueda estar bloqueado mientras no sean necesarias estas operaciones y se asegure que su liberación no añada nuevos riesgos.

