



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
DE EMPRESAS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS INDUSTRIALES

PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

TESIS DOCTORAL presentada por el Licenciado en Enseñanza Superior Militar *D. Juan Cabello Pérez* para optar al título de Doctor Ingeniero Industrial.

DIRECTOR: *Dr. D. Carlos A. Benavides Velasco.*
Profesor Titular de Universidad, área de conocimiento de Organización de Empresas.

Málaga, noviembre de 2002.

**PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN
DE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

A los desvelos, a mi
mujer María del Rosario. A
la entrega y cariño, a mis
padres Juan y Ana. A la
ilusión y trabajo, a mis hijos
Juan Ignacio y Ana María.

“El Espíritu Santo los inundó a todos, y enseguida se pusieron a hablar en distintos idiomas con plena soltura, según les concedía el Espíritu.”

LUCAS

“La llegada del Espíritu Santo”.
Hechos 2,4.

SUMARIO

**PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN
DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

SUMARIO

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICES

INTRODUCCIÓN

1. MANTENIMIENTO

2. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

3. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

4. ESTUDIO EMPÍRICO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Siempre que se acomete un trabajo de la envergadura de una tesis doctoral, implicamos sin proponérselo a una serie de personas de los círculos en los que nos desenvolvemos, por el apoyo físico y moral que nos prestan.

Como dice el refranero español: “es de bien nacido ser agradecido”, y expresar el debido agradecimiento es la pretensión de estas líneas.

Si no he sabido recoger de forma adecuada los consejos y propuestas que se me han hecho, o aprovechar el buen hacer de las personas que cito a continuación, soy el único responsable.

Quiero dar las gracias:

A mi querido amigo y compañero Francisco Alemany Márquez, Capitán de Fragata, de Enseñanza Superior, del Cuerpo General de la Armada, especialista en Mantenimiento de Aeronaves, profesor de la Escuela de Energía y Propulsión de la Armada durante los años 1987 y 88, por la eficaz labor de revisión del aspecto técnico del trabajo, su pericia crítica, su habilidad dialéctica y su profundo conocimiento de la filosofía y práctica del mantenimiento, que han contribuido a clarificar y concretar conceptos muy difuminados en esta disciplina. Nuestras largas y constructivas discusiones sobre el tema han aportado en gran medida ideas para establecer el marco conceptual de este trabajo de investigación, ayudándonos con su gran experiencia en esta materia, a centrar determinados temas tan poco tratados en la actualidad.

A mis hijos Ana María y Juan Ignacio; a la primera, en la recta final de su Licenciatura en Ciencias Químicas, por su ardua labor de corrección de nuestro trabajo en lo que se refiere a la expresión escrita; y al segundo, por el apoyo recibido en todo lo relativo al mundo de la informática. Si Dios quiere, pronto pasará a formar parte de la mencionada profesión como Ingeniero de Sistemas.

A mi querido y entrañable amigo A. Alfredo Aguirre Sádaba, Catedrático de Organización de Empresas de la Universidad de Málaga y Director del Departamento de Economía y Administración de Empresas de la citada Universidad, compañero de fatigas en navegaciones por el Mediterráneo, donde

se hace patente la hermandad de los hombres de La Mar, y con el que he tenido el honor de compartir mis balbucientes aventuras en la Universidad. Representa un gran apoyo para mí sentirme arropado por su maestría académica en muchas disciplinas.

A la Armada, por la formación técnica que hemos recibido de Ella, por medio de esforzados profesores militares, con formación privilegiada en sistemas tecnológicos de última generación, y a los que el amor al Servicio hizo profundizar en el conocimiento, muchas veces con pobreza de medios suplida con su celo y amor a la Institución.

A mi mujer, María del Rosario, que sufrió calladamente las horas dedicadas a este trabajo y que ha sido, junto con mis hijos, la inspiración para acometer esta Tesis.

A mis padres, con todo mi cariño de hijo. Ellos supieron encauzar mis inquietudes de todo orden y transmitirme la escala de valores en la que creían.

A mi amigo Juan Moreno, Director del Departamento de Ciencias Náuticas y Técnicas de la Navegación de la Universidad de Cádiz, que me puso en la parrilla de salida para acometer trabajos de este tipo relacionados con la Universidad, cuya cordialidad, simpatía y alegría contagiosa, han sido unas constantes en el trabajo llevado por ambos para conseguir la firma del protocolo de acuerdo entre la Universidad de Cádiz y el Ministerio de Defensa, que gracias a la fe depositada en este proyecto, salió adelante en mayo del 2000, firmado por el Rector Magnífico de la Universidad y el Secretario de Defensa.

Por último y principalmente, a mi director de Tesis, el Profesor Carlos A. Benavides Velasco, sin cuya dirección, consejos y sabiduría no me hubiera sido posible finalizar la tarea académica emprendida.

Juan Cabello Pérez
Universidad de Málaga
Otoño del 2002

ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

**PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN DE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
ÍNDICE GENERAL**

SUMARIO.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICES.....	X
Índice general.....	XI
Índice de figuras.....	XVII
Índice de cuadros.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXII
1. MANTENIMIENTO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.2. CONCEPTO DE MANTENIMIENTO.....	5
1.2.1. Definiciones de mantenimiento.....	8
1.2.2. Definición adoptada.....	14
1.2.3. Características de la definición adoptada.....	14
1.2.3.1. Ciclo de vida de un sistema.....	16
1.2.3.2. Apoyo logístico.....	17
1.2.3.3. Configuración.....	19
1.3. EL MANTENIMIENTO Y SU ENTORNO.....	24
1.3.1. Acciones de mantenimiento.....	25
1.3.2. Las organizaciones que se dedican al mantenimiento.....	26
1.3.2.1. Niveles y capacidades en el mantenimiento.....	27
1.3.2.1.1. Personal.....	31
1.3.2.1.2. Material.....	37
1.3.2.1.3. Documentación.....	38
	XII

1.3.2.2. Las denominaciones de las subdivisiones de una organización de mantenimiento.....	40
1.3.3. Calidad en el mantenimiento.....	44
1.3.4. Oficina técnica: estudios de ingeniería, modificaciones de sistemas.....	47
1.3.5. Los procesos productivos en el mantenimiento.....	50
1.4. EPÍLOGO.....	51
2. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO.....	53
2.1. INTRODUCCIÓN.....	56
2.2. VIGILANCIA, DIAGNÓSTICO, PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN.....	58
2.2.1. Vigilancia.....	60
2.2.2. Diagnóstico.....	61
2.2.3. Pronóstico.....	61
2.2.4. Predicción.....	62
2.3. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO.....	64
2.3.1. Doctrinas de mantenimiento.....	65
2.3.2. Doctrina de predicción.....	67
2.3.2.1. Acciones de mantenimiento en la doctrina de predicción.....	70
2.3.2.2. La organización para una doctrina de predicción.....	72
2.3.2.3. Niveles de mantenimiento.....	72
2.3.2.4. Capacidades de la doctrina de predicción.....	74
2.3.2.5. La calidad en la doctrina de predicción.....	76
2.3.2.6. Los procesos productivos.....	77
2.3.3. Doctrina de prevención.....	77
2.3.3.1. Acciones de mantenimiento en la doctrina de prevención.....	79
2.3.3.2. Las organizaciones de la doctrina de prevención.....	80

2.3.3.3. Niveles de mantenimiento en la doctrina de prevención.....	81
2.3.3.4. Capacidades de la doctrina de prevención.....	82
2.3.3.5. La calidad en la doctrina de prevención.....	84
2.3.3.6. Los procesos productivos.....	84
2.3.4. Doctrina de corrección.....	84
2.3.4.1. Las acciones de mantenimiento de la doctrina de corrección.....	86
2.3.4.2. Las organizaciones para una doctrina de corrección.....	87
2.3.4.3. Niveles de la doctrina de corrección.....	88
2.3.4.4. Capacidades de la doctrina de corrección.....	88
2.4. DIFERENCIAS ENTRE LAS DISTINTAS DOCTRINAS.....	90
2.4.1. Las acciones de mantenimiento.....	90
2.4.2. Las organizaciones para el mantenimiento.....	93
2.4.3. Capacidades.....	94
2.5. PARÁMETROS DEL MANTENIMIENTO.....	96
2.5.1. Fiabilidad.....	98
2.5.2. Mantenibilidad.....	100
2.5.3. Disponibilidad.....	102
2.6. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN LAS DOCTRINAS.....	103
2.6.1. Influencia en la doctrina de predicción.....	103
2.6.2. Influencia en la doctrina de prevención.....	105
2.6.3. Influencia en la doctrina de corrección.....	105
2.7. EPÍLOGO.....	106
3. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	108
3.1. INTRODUCCIÓN.....	110
3.2. TEORÍA DE LOS SISTEMAS.....	112
3.2.1. Concepto de sistema.....	112

3.2.2. Ingeniería de los sistemas.....	113
3.2.3. Los programas de mantenimiento y la ingeniería de sistemas.....	115
3.3. LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y SUS COMETIDOS.....	115
3.3.1. Los programas de mantenimiento.....	116
3.3.1.1. La mejora de la actuación en los programas de mantenimiento.....	117
3.3.1.2. Parámetros de actuación en los programas de mantenimiento.....	119
3.3.1.3. Estrategias para la mejora de la actuación en los programas de mantenimiento.....	122
3.3.1.4. Las innovaciones en los programas de mantenimiento.....	130
3.3.2. Cometidos de los programas de mantenimiento.....	131
3.3.2.1. Responsabilidades de la dirección.....	132
3.3.2.2. Responsabilidades de la función de apoyo logístico.....	134
3.3.2.3. Responsabilidades de la función de mantenimiento.....	137
3.4. LOS NIVELES Y LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....	144
3.4.1. Acciones de mantenimiento de nivel 1.....	144
3.4.2. Acciones de mantenimiento de nivel 2.....	146
3.4.3. Acciones de mantenimiento de nivel 3.....	147
3.5. LAS FUNCIONES DE LA PRODUCCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	149
3.5.1. La dirección de la producción.....	150
3.5.2. El control de la producción.....	151
3.6. INFLUENCIA DE LAS DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO EN LOS PROGRAMAS.....	151
3.6.1. La doctrina de corrección en los programas de	

mantenimiento.....	153
3.6.2. La doctrina de prevención en los programas de mantenimiento.....	154
3.6.3. La doctrina de predicción en los programas de mantenimiento.....	155
3.7. EPÍLOGO.....	156
4. ESTUDIO EMPÍRICO.....	157
4.1. INTRODUCCIÓN.....	159
4.2. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	160
4.2.1. Objetivo y marco teórico.....	161
4.2.2. La unidad y el nivel de análisis.....	164
4.2.3. La selección de los casos: el caso piloto.....	164
4.2.4. El protocolo de los casos.....	166
4.2.5. Diseño de la entrevista.....	167
4.2.6. Modelo de cuestionario.....	171
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	182
4.3.1. Informe general.....	182
4.3.2. Discusión de los resultados.....	184
4.3.3. Contraste de hipótesis.....	208
4.4. EPÍLOGO.....	215
CONCLUSIONES.....	218
C.1. Del mantenimiento.....	219
C.2. De las doctrinas de mantenimiento.....	220
C.3. De los programas de mantenimiento.....	223
C.4. Del estudio empírico.....	224
BIBLIOGRAFÍA.....	226

ÍNDICE DE FIGURAS

**PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO
INDICE DE FIGURAS**

1. MANTENIMIENTO

1.1. Contenido del término mantenimiento	7
1.2. Ciclo de vida de un sistema	17
1.3. Apoyo logístico durante el ciclo de vida	19
1.4. Subdivisiones de una organización	42

2. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

2.1. Vigilancia, diagnóstico, pronóstico y predicción	63
---	----

3. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

3.1. Componentes de un sistema	114
3.2. Recursos de entrada convertidos en satisfacción del cliente	120
3.3. Elementos para la evaluación del coste-efectividad	133

ÍNDICE DE CUADROS

**PROPUESTA DOCTRINAL PARA LA ELECCIÓN DE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
INDICE DE CUADROS**

1. MANTENIMIENTO

1.1. Conceptos contenidos en la definición del mantenimiento en la normas JAR-145 y en el OPNAVINST 4790. 2H	13
1.2. Contenido conceptual de las definiciones estudiadas.	15
1.3. Relación trabajo-cualificación	31

2. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

2.1. Características de las acciones de mantenimiento de las doctrinas	92
2.2. Resumen de los objetivos de las organizaciones	93
2.3. Comparación de las capacidades de las doctrinas	96
2.4. Influencia de los parámetros en las doctrinas	106

3. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

3.1. Resumen de las estrategias para la mejora de la actuación respecto del personal	123
3.2. Resumen de las estrategias para la mejora de la actuación respecto de la organización	126
3.3. Resumen de las estrategias para la mejora de la actuación respecto del apoyo logístico	128
3.4. Resumen de las estrategias para la mejora de la actuación respecto de las acciones de mantenimiento	129
3.5. Resumen de las funciones del mantenimiento	142
3.6. Reparto de asignaciones a los niveles de mantenimiento	148

4. ESTUDIO EMPÍRICO

4.1. Síntesis de respuestas de identificación de organizaciones	186
---	-----

4.2. Síntesis de respuestas de ámbito e identificación de sistemas	188
4.3a. Síntesis de respuestas de programas de mantenimiento	189
4.3b. Síntesis de respuestas de programas de mantenimiento	190
4.4. Síntesis de respuestas de conceptos de mantenimiento	192
4.5. Síntesis de respuestas de acciones de mantenimiento	194
4.6. Síntesis de respuestas de recursos y capacidades de acciones del mantenimiento	197
4.6. Síntesis de respuestas de recursos y capacidades de acciones del mantenimiento (continuación)	199

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Vamos a desarrollar en esta introducción los motivos que nos han movido a efectuar este trabajo que presentamos como tesis, con la que optamos al grado académico de *Doctor Ingeniero Industrial* por la Universidad de Málaga. De la misma forma, en estas líneas haremos una breve descripción que acote el objeto del trabajo realizado y el método empleado a lo largo del mismo.

DE LA MOTIVACIÓN

Durante el tiempo que hemos dedicado a la disciplina del mantenimiento, se ha venido observando un creciente protagonismo de esta materia en la ingeniería de los sistemas, de igual forma se ha detectado la oportunidad de negocio de las empresas de este ramo y las posibilidades que genera la innovación tecnológica emergente en los tiempos actuales en este ámbito. Estas cuestiones nos han decidido a plantear el estudio de la situación de esta disciplina (el mantenimiento) en la actualidad, ya que se considera de muchísima importancia dentro del ciclo de vida de los sistemas.

Por otra parte nuestra experiencia profesional se ha desarrollado en el campo del mantenimiento de la *Armada Española*, en la que hemos tenido la oportunidad de conocer y estudiar en profundidad los programas de mantenimiento de sistemas muy complejos y de una tecnología de última generación; tales como destructores antisubmarinos de vapor con plantas de potencia de 60.000 H. P., corbetas de propulsión diesel con instalaciones de 16.000 H. P., helicópteros y aviones de combate, talleres de *Overhault* de las aeronaves y los buques de la Armada, sistemas de calidad OTAN en instalaciones industriales, sistemas de mantenimiento del portaviones Príncipe de Asturias, etc., en los que se innova continuamente por el propio concepto de los sistemas en sí mismos.

Hemos podido ver la creciente complejidad de los sistemas tanto en el ámbito militar como en el civil, el elevado costo que esta complicación conlleva y teniendo en cuenta su pronta obsolescencia se ha planteado que a la hora de concebirlos, se

considere en su diseño la cuantificación de los recursos aplicados a los mismos durante su ciclo de vida.

Somos conscientes de la existencia de los aumentos de demanda por parte de la humanidad de sistemas que satisfagan las necesidades que se generan en su entorno, la variedad de productos que se utilizan en la vida cotidiana con una complejidad cada vez mayor, tienden a tener más nivel de requerimientos por parte de los usuarios, tanto en las especificaciones iniciales, como en su fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Esto hace que sea más tenido en cuenta por parte de los utilizadores, la capacidad de mantener los sistemas utilizados en buen estado de operación.

A la vista de lo anterior las empresas que se dedican al diseño, fabricación y al mantenimiento de los sistemas se han sensibilizado en este sentido, teniendo muy en cuenta las exigencias crecientes de los usuarios de los sistemas, los cuales son la mayoría de las veces enormemente complejos y costosos, y a los que se le exigen altas prestaciones durante su ciclo de vida sin que tengan en la práctica ninguna posibilidad de fallo.

Al hilo de lo dicho anteriormente, la revista de la empresa Indra¹, publica una nota informativa en la que señala la inversión que realizará el *Ejército del Aire* en la modernización de los aviones de patrulla marítima *P-3 Orión*, y continua poniendo de relieve la gran oportunidad de negocio que supone para la empresa esta modernización gracias a que los ejércitos de otros países cuentan con este mismo tipo de avión, y podrían solicitar de la empresa que también se acometiera dicha modernización en esos países. Téngase en cuenta que una de las actividades del mantenimiento es la modificación o cambio de ingeniería de los sistemas por causa de distintos requerimientos. En la misma revista citada anteriormente², se reseña que la empresa tiene un contrato con *Defensa* para un programa estándar de mantenimiento de los *sistemas de armas* de las *Fuerzas Armadas*.

Además de la empresa Indra, otras como *Industria de Turbopropulsores (ITP)* en su boletín de presentación³, o *Construcciones Aeronáuticas*⁴, todas ellas

1. INDRA (1999): "Indra moderniza los P-3 Orión". *Revista de Indra*, nº 23, p. 25.

2. *Ibidem*, p. 26.

3. ITP (1999): *Boletín informativo*. Industria de Turbopropulsores. Madrid.

destacan los esfuerzos, las inversiones y la capacidad que tienen o quieren adquirir estas empresas, para sus negocios en el campo del mantenimiento.

De la misma forma los boletines informativos y presentaciones de empresas, revistas especializadas en distintas áreas, usuarios de sistemas, etc., muestran cada vez más interés en este campo del mantenimiento.

Las empresas industriales de diseño, desarrollo y fabricación como se ha venido reseñando, trabajan por adaptarse al mantenimiento de los sistemas que necesitan instalaciones adecuadas al efecto y éstas requieren fuertes inversiones, o adecuar aquéllas que ya existen para la fabricación y la producción, para este nuevo menester.

Las empresas citadas separan claramente el diseño, la fabricación y el mantenimiento, lo que nos lleva a decir, que el mantenimiento se tiene presente desde la concepción de los sistemas, desde su diseño, la fabricación y retirada de los mismos; es una disciplina diferenciada de la ingeniería que tiene su carta de naturaleza a lo largo del *ciclo de vida del sistema*.

A las cuestiones planteadas se cree que es la disciplina de la ingeniería de sistemas, la que acepta el desafío en la manera de afrontar el problema de crear complejos sistemas que satisfagan las necesidades demandadas.

Vemos que esta ingeniería contempla a los sistemas de una manera global e interrelacionada, desde el establecimiento de la necesidad por un demandante hasta su retirada de servicio. Esta disciplina efectúa el análisis de cada una de las fases del diseño, desarrollo y fabricación teniendo en cuenta desde el principio, los conceptos de *configuración, apoyo logístico y ciclo de vida* de los sistemas. Estas ideas son las que están integradas en la aplicación del mantenimiento que se va a plantear en el presente trabajo.

Observamos que aunque es reconocida la importancia del mantenimiento en la mente de cualquier profesional dedicado a utilizar, diseñar, o mantener uno o varios sistemas y éstos tienen la idea clara de su necesidad, se ha echado en falta una unidad de conceptos y uniformidad desde el punto de vista del mantenedor.

4. CASA (1999): "Nuevo centro de mantenimiento en el Aeropuerto de Madrid-Barajas". CASA *INFORME*, nº 13. Madrid, p. 3.

Entendemos que están faltos de contenido los ya tópicos nombres de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. Estas acepciones se utilizan para designar indiscriminadamente una multitud de acciones que tienen que ver con el mantenimiento, pero cuyo uso no nos da una idea completa de qué concepto es el que estamos aplicando para sostener al sistema durante su periodo de operación.

Resulta curioso escuchar cuando se habla de mantenimiento predictivo o de predicción, como incluso profesionales del tema, inmediatamente lo asocian a la determinación de las vibraciones que genera el sistema, confundiendo los estados del mismo con el comportamiento que va a tener en el futuro.

Nuevas tecnologías como pueden ser la informática o la producción de sofisticadas cadenas de montaje o fabricación, proponen otros tipos de mantenimiento, que al final después de analizarlos responden al mismo perfil tradicional mencionado anteriormente.

Por otro lado, cuando se habla de mantenimiento inmediatamente se viene asociando a un profesional de cualquier disciplina técnica con cualificación equivalente a una formación de nivel básico que está muy lejos de lo que postula la moderna teoría de sistemas.

Estas y otras consideraciones nos las hemos hecho cuando se nos nombró vocal ponente de la *Junta de Doctrina Aeronaval del Estado Mayor de la Armada*, para la elaboración de un Reglamento de Mantenimiento para el *Arma Aérea de la Armada*.

Pensamos que el mantenimiento de los sistemas, desde la perspectiva que se va a aportar en el presente trabajo de investigación, tiene una falta de concreción doctrinal desde el punto de vista del mantenedor, empezando por la definición del término, por las acepciones de los calificativos que se le asignan, hasta la visión global de la aplicación de los programas de mantenimiento que se implantan a los sistemas.

Vemos deficiencias en los criterios de asignación de tareas a los distintos niveles en el campo productivo, así como en la definición de lo que son los niveles de mantenimiento y cuales son sus responsabilidades, independientemente de que éste lo efectúe la propia organización u otra ajena a ella, lo cual no varía el concepto de la capacidad de cada nivel.

Se tendría que definir e intentaremos hacerlo, qué tipo de cualificación se ha de poseer o es necesaria para acometer todas las actividades del mantenimiento.

En pocos años, la forma de ver el mantenimiento ha variado y toma una nueva dimensión en la ingeniería de los sistemas, al considerarlos como entes interrelacionados y dinámicos en un contexto globalizado dentro de la satisfacción de las necesidades de un sistema mayor.

Podemos concluir exponiendo las razones que justifican el haber elegido elaborar este trabajo de investigación, de profunda implicación personal, con el que optamos al grado de *Doctor Ingeniero Industrial* por la Universidad de Málaga:

- *El interés personal en aportar una serie de criterios* para la manera de entender el mantenimiento dentro del entorno actual, poniéndolo en el lugar que se considera le corresponde.
- *La importancia que tiene para la docencia e investigación* esta forma, que consideramos nueva, de ver el tema del mantenimiento bajo la perspectiva de la ingeniería de sistemas.
- *Plantear la necesidad de investigar* que el mantenimiento requiere una nueva visión en las disciplinas de la ingeniería al adquirir vigencia el área del *rediseño*, tomando por este motivo la *ingeniería del mantenimiento* una entidad propia.

DEL PLANTEAMIENTO Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

Una vez elegido el tema objeto del estudio a realizar, el tratamiento que se le pretende dar, la forma en que se maneja el asunto en el área profesional, las implicaciones que tiene con la ingeniería de sistemas, la gestión de la calidad y las estructuras de las organizaciones que comparten este ámbito, se hizo necesario determinar las cuestiones en las que se va a centrar el trabajo de investigación.

Los contenidos de las publicaciones españolas⁵ generalmente se orientan a una metodología basada en la práctica de la realización de los trabajos de

5. REY SACRISTAN, F. (1975): *Gestión de mantenimiento en industrias y talleres*. CEAC. Barcelona.

mantenimiento efectuados en las empresas industriales o en sistemas de transporte particularizándolos para su espacio de actuación.

El tratamiento dado al mantenimiento por la ingeniería tradicional que sólo se ha preocupado de estudiarlo inicialmente en la fase del diseño del sistema, según se deduce de los trabajos sobre el tema⁶. Por otro lado no se le ha concedido la importancia debida al ciclo de vida del mismo y se ha dejado aparcado en tiempos anteriores el concepto de apoyo al sistema durante su periodo de operación, sufriendo principalmente los mantenedores las consecuencias de todo ello.

En el pasado los sistemas importados, aunque traían generalmente sus programas de mantenimiento, adolecían de los mismos problemas que los nacionales en cuanto a la perspectiva durante su ciclo de vida y por ende no estaban traducidos, lo que suponía una dificultad añadida. En la actualidad esto no sucede, pero en lo que se hacen deficitarios es en la razón de el porqué se diseñan o se plantean de una determinada forma. Se echa en falta en definitiva, la idea de porqué y como han sido creados. Esta doctrina del motivo de su ejecución, que en el país de origen está estudiada, la mayoría de las veces no ha sido aplicable a las estructuras y a los recursos que tenemos en España.

Las anteriores circunstancias nos llevaron a centrar el tema de nuestro trabajo en determinar cómo íbamos a obtener definiciones de tipo general, que fueran aplicables en el entorno del mantenimiento y asumibles por los profesionales de esta disciplina, decidimos establecer y analizar el término de doctrinas de mantenimiento, cómo están afectados los parámetros de mantenimiento al definir éstas y cómo se deben tener en cuenta para la economía de recursos y eficacia requeridos durante el ciclo de vida del sistema, y con lo expuesto decidir cuál sería el programa de mantenimiento idóneo a aplicar.

REY SACRISTAN, F. (1996): *Hacia la excelencia en el mantenimiento*. TGP Hoshin. Madrid.

BALDIN, A., FURLANETTO, L., ROVERSI, A. y TURCO, F. (1982): *Manual de mantenimiento de instalaciones industriales*. Gustavo Gili. Barcelona.

6. KNEZEVIC, J. (1996a): *Mantenibilidad*. Isdefe. Madrid.

VILLANUEVA GONZALEZ, G. (1997): *Aseguramiento de la calidad en la vida del producto: fiabilidad y mantenibilidad*. Master en Dirección de la Calidad Total. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid.

Para acotar aun más los temas a tratar y que son objeto de nuestra investigación, nos formulamos las siguientes preguntas:

- ¿Es posible dentro del idioma español obtener significados de vocablos que expresen las ideas que sobre el mantenimiento pretendemos exponer?
- ¿Las definiciones de mantenimiento tradicionales que se conocen en este campo tienen conceptos sumables, divergentes o desechables?
- ¿Puede una definición de mantenimiento actual incorporar los conceptos de la ingeniería de sistemas?
- ¿Se pueden establecer doctrinas en lugar de tipos o clase de mantenimiento, por considerarse más completas dentro del ámbito que nos ocupa?
- ¿Los programas de mantenimiento vigentes son compatibles con las definiciones doctrinales que se van a proponer?
- ¿Los programas de mantenimiento que están siendo utilizados responden a lo pretendido en este trabajo de investigación?
- Etc.

La intención de habernos planteado estas cuestiones es alcanzar los siguientes objetivos:

- *Establecer* mediante la discusión de vocablos de la lengua castellana, definiciones en el ámbito del mantenimiento.
- *Delimitar* el campo de actuación en el entorno del mantenimiento para las acciones, los niveles, las capacidades y las organizaciones.
- *Definir* las distintas doctrinas de mantenimiento y su *influencia* en el campo del mantenimiento.
- *Establecer* cuales son los parámetros que influyen en el mantenimiento, principalmente desde *el punto de vista* del mantenedor.
- *Exponer* lo que son los programas de mantenimiento, cómo son sus cometidos y con qué perspectiva le *son aplicadas* las ideas expuestas en los estudios efectuados en los capítulos que se desarrollan.
- *Comparar y discutir* los resultados obtenidos en un estudio de campo a organizaciones que actúan en el terreno del mantenimiento *para contrastarlos* con las propuestas doctrinales estudiadas.

DE LA DOCUMENTACIÓN Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de documentación e información utilizadas para la confección de nuestro trabajo de investigación se ha basado principalmente en publicaciones de la Marina de los EE.UU., de la Armada, en normas de calidad estándares y de ingeniería de sistemas. Haremos una exposición sintética de las mismas empleando para ello la siguiente taxonomía:

1. FUENTES FORMALES. Podemos distinguir entre las *publicadas* y aquellas que tienen un carácter más restringido, no están a libre disposición del público, es decir las *inéditas*, así tenemos:

1.1. PUBLICADAS: Iniciamos nuestra búsqueda de publicaciones en las bibliotecas de diferentes universidades y especialmente en las correspondientes a sus escuelas técnicas, hicimos consultas en publicaciones de cámaras de comercio y navegación y librerías especializadas, etc., que consideramos autorizadas en temas técnicos, encontrándose tratados en los siguientes sentidos:

- Publicaciones de mantenimiento, reparación y explicación sobre el mantenimiento de diversas marcas de automóviles.
- Manuales de mantenimiento y reparación de maquinas agrícolas e industriales⁷.
- Escasos trabajos sobre el mantenimiento planteado en términos generales pero siempre aplicados a ámbitos concretos⁸.

Contactamos con el Centro de Publicaciones del Ministerio de Defensa, encontrándose tan solo relacionado con el tema que nos ocupa, unas monografías recopilatorias de lo que es la disciplina de la teoría de los sistemas, localizándose autores que son verdaderos expertos en esta

7. REY SACRISTAN, F.: *op. cit.*

8. ROLDÁN VILORIA, J.(1997): *Manual de mantenimiento de instalaciones*. Paraninfo. Madrid.
GÓMEZ DE LEÓN, F. (1998): *Tecnología del mantenimiento industrial*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Murcia.

materia como, Drew⁹, Nachlas¹⁰, Blanchard¹¹, Knezevic¹², Fabrycky¹³, Sarabia¹⁴, etc.

Debido a la implantación de sistemas de aseguramiento internos de la calidad en el ámbito del Ministerio de Defensa y de las empresas civiles, recopilamos toda la normativa disponible a este efecto en el seno de la CEE, Defensa y la OTAN, como son la familia de las normas ISO 9000, las *Publicaciones Españolas de Calidad (PECAL)* para la Defensa, las *Allied Quality Assurance Publications (AQAP)* y los *Standardization Agreement (STANAG)* de la OTAN referentes a este contexto de normativa de calidad.

También se seleccionaron una serie de revistas españolas y extranjeras relacionadas con el asunto directa o indirectamente como son:

- *Aviation week.*
- *Seguridad de vuelo.*
- *Casa informe.*
- *Revista de la Defensa.*
- *Revista general de marina.*
- *Etc.*

Se han realizado búsquedas en Internet con los vocablos “*mantenimiento*” y “*maintenance*”, consiguiendo más de 12.000 referencias en este sentido las cuales se han escrutado, encontrándose poca información de relevancia, destacando la *Universidad de Sonora* en Méjico que dedica una asignatura al mantenimiento, obteniéndose el programa de estudios de la misma generalmente referido al *Total Productive Maintenance (TPM)* del que se hará mención en el presente trabajo.

9. DREW, D. R. (1995): *Dinámica de sistemas aplicada*. Isdefe. Madrid.

10. NACHLAS, J. A. (1995): *Fiabilidad*. Isdefe. Madrid.

11. BLANCHARD, B. S. (1996): *Ingeniería de sistemas*. Isdefe. Madrid.

12. KNEZEVIC, J.: *op. cit.*
KNEZEVIC, J. (1996b): *Mantenimiento*. Isdefe. Madrid.

13. FABRYCKY, B. S. (1997): *Análisis del coste del ciclo de vida de los sistemas*. Isdefe. Madrid.

14. SARABIA, A. A. (1997): *La teoría general de sistemas*. Isdefe. Madrid.

Otro camino de búsqueda se ha efectuado en las universidades españolas en las escuelas de ingeniería, pero en los temarios de ellas no se ha encontrado material de consulta de interés doctrinal.

- Destacamos la abundante información encontrada en los manuales de mantenimiento de la *Marina de los EE.UU.* tanto en el terreno naval como en el aeronaval, como son las publicaciones de las colecciones *OMNAVINT*, *NAVAIR*, etc. Estas publicaciones abarcan todos los campos y aspectos del mantenimiento, así como técnicas y procedimientos escritos para todas y cada una de las actividades de las acciones de mantenimiento, en ellas y en la experiencia personal de su aplicación hemos basado algunas teorías de este estudio de investigación.

1.2. INÉDITAS: Por razón de nuestro trabajo tuvimos acceso a diversas publicaciones inéditas tanto de la *Armada* como de la *Marina de los EE.UU.*, entre ellas cabe destacar las siguientes aunque muchas de ellas tienen una difusión limitada y solo podremos exponer de forma muy general y poco concreta, dentro de los reglamentos y mandatos de las instituciones que entran en esta categoría. Cabe destacar las siguientes:

- *OPNAVINST-4790, 2H (2001) de la Us. Navy.*
- *Colección de publicaciones de mantenimiento NAVAIR de la Us. Navy.*
- *METRIL Q en el área de petrología y calibración de la Us. Navy.*
- *Instrucciones del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada (AJEMA).*
- *Colección de instrucciones del Almirante Jefe de Apoyo Logístico (AJAL) de la Armada.*
- *Reglamento de Mantenimiento de la Armada.*
- *Reglamento de Aprovisionamiento de la Armada.*
- *Etc.*

2. FUENTES INFORMALES: Agrupamos bajo este epígrafe diversos documentos no publicados pero que forman parte del funcionamiento diario de las organizaciones sirviéndoles de marco en las actuaciones de las mismas. Nos fueron de gran utilidad en relación con los conceptos que se

pretendían exponer los documentos del *Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves* siguientes:

- *MANUAL DE GESTIÓN DE CALIDAD del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada.*
- *COLECCION DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS DE CALIDAD del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada.*
- *POC-013 guía de elaboración de los libros de organización de las divisiones/dependencias del Segundo Escalón de Mantenimiento.*
- *POC-046 procedimiento para la gestión de la documentación técnica del Segundo Escalón de Mantenimiento.*
- *IT-013-GC-001 libro de organización de la división de gestión de calidad.*
- *IT-013-GC-002 libro de organización del destino de aseguramiento de calidad.*
- *IT-013-LC-001 libro de organización del destino del laboratorio de calibración del Segundo Escalón de Mantenimiento.*
- *Etc.*

Queremos terminar con la referencias de las fuentes informales, haciendo mención a la documentación obtenida por nuestra asistencia y participación en diferentes eventos:

- *Comisión Técnico Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa. (Como miembro de la Comisión designado por el Almirante de la Flota).*
- *Grupo de trabajo para el desarrollo del Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa. (Nombrado por el Almirante Jefe de Apoyo Logístico como representante de la Armada).*
- *Junta de Doctrina Aeronaval de Estado Mayor de la Armada. (Participación como vocal de número nombrado por el Estado Mayor).*
- *Grupos de trabajo organizados en distintos foros (Consejo de Seguridad Nuclear, Estado Mayor de la Armada, etc.). Participante*

en calidad de Jefe del destacamento de la Armada a la bahía de Algeciras, del Grupo Operativo de Vigilancia Radiológica Ambiental (GOVRA) de la Base Naval de Rota, con motivo de la avería del submarino atómico británico Tireless, atracado en el puerto de Gibraltar.

- *Grupos de trabajo en el Instituto de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA), en el área de “fallos en servicio” con empresas como Rolls Royce, CASA, etc. (Responsable de la Flotilla de Aeronaves y promotor de las reuniones).*
- *Reuniones con distintas empresas para la modernización de la aviónica y de las armas de los helicópteros antisubmarinos de la Quinta Escuadrilla. (En calidad de jefe de mantenimiento).*
- *Comité de calidad y de la junta de revisión de materiales del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de aeronaves. (Como secretario en ambos eventos).*
- *Reuniones de Obras de corbetas, destructores y transportes de ataque. (Como jefe y oficial de maquinas de dichos buques).*
- *Preparación y coordinación de los planes de estudios de oficiales de mantenimiento aeronaval, con La Escuela de Máquinas de la Armada en El Ferrol, la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Aeronáuticos de Madrid y la Escuela de Dotaciones Aeronavales de la Flotilla de Aeronaves. (Como coordinador nombrado por el director de la Escuela de Dotaciones Aeronavales).*
- *Coordinación de centros docentes civiles y militares en la Flotilla de Aeronaves (En calidad de responsable coordinador del Segundo Escalón de Mantenimiento).*
- *Etc.*

DEL ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

El examen de parte de la bibliografía y documentación obtenida, nos permitió acotar y definir el marco de referencia conceptual en el que nos desenvolveríamos y además nos facilitó una visión del *status quaestonis*, el cual pasamos a exponer.

Son muy escasas las obras que de una forma conceptual tratan el tema del mantenimiento pongamos como ejemplo Directivas del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada, Planes de estudio de la Escuela de Máquinas de la Armada, Planes de estudio de la Escuela de Náutica de la Universidad de Cádiz, etc. y las consultadas se refieren a campos concretos del mismo, siempre bajo el punto de vista práctico del mantenedor. Los trabajos y tratados encontrados no establecen de forma clara los distintos conceptos o los mediatizan con visiones particulares del tema, considerados siempre bajo una orientación que no es la que se da al tema en el presente trabajo.

Los artículos de las revistas consultadas en este área que demuestran interés por el tema, aunque también escasos, sólo establecen la necesidad del mantenimiento y aplicaciones muy específicas en campos concretos.

Se considera que tan solo la teoría de sistemas enfoca el problema con una adecuada dimensión por el tratamiento que esta disciplina hace de los sistemas y ente mismo sentido se dirigen las publicaciones de la Navy reseñadas anteriormente, al contemplar el ciclo logístico en el mantenimiento de una manera global. Esta forma global de estudiar la logística de los sistemas, enfoca en su totalidad la idea nueva idea del mantenimiento dentro de esta rama de la ingeniería que se quiere aportar.

La mayoría de los conceptos de la ingeniería de sistemas que se van a manejar, están extraídos de la colección de trabajos sobre el tema de la institución Ingeniería de Sistemas de la Defensa (Isdefe), que se considera un trabajo recopilatorio de autores¹⁵ significativos en esta disciplina. Del estudio y análisis de los conceptos citados y de los que obedecen a la experiencia personal obtenida en

15. ARACIL, J. (1995): *Dinámica de sistemas*. Isdefe. Madrid.
ISDEFE. (1995): *Ingeniería de sistemas aplicada*. Isdefe. Madrid.
TORRÓN, R. (1999): *El análisis de sistemas*. Isdefe. Madrid.

el trabajo de elaboración de documentos para la aplicación de muy distintos programas de mantenimiento, se ha planteado el punto de partida del presente trabajo de investigación.

Al mismo tiempo las referencias y documentos citados van a proporcionar el marco teórico en que se desenvuelve nuestra investigación.

DE LAS HIPOTESIS DE TRABAJO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El análisis de la bibliografía, la experiencia profesional e información recopilada nos sugirió la formulación de las hipótesis de trabajo que pasamos a enumerar:

- H₁ *El mantenimiento se define en la ingeniería de los sistemas como una parte de ella y dentro de este contexto se globalizan todos los conceptos que hasta ahora se han aplicado a las definiciones de mantenimiento.*
- H₂ *El entorno del mantenimiento tiene connotaciones peculiares en su forma de actuar que lo diferencian de otros entornos en el mundo de la técnica, la industria y la ingeniería.*
- H₃ *El mantenimiento es una disciplina diferenciada en el concepto de ingeniería, que requiere unos conocimientos y formación especiales del personal que se dedica a él.*
- H₄ *Se puede hablar de doctrinas en el mantenimiento debido a la peculiaridad de su entorno y a la singularidad de los recursos que se le aportan de personal, material y documentación técnica.*
- H₅ *Dependiendo de la doctrina de mantenimiento con que se diseñe un sistema, existen criterios diferenciados de actuación en el mantenimiento. La doctrina elegida va a depender de la necesidad que satisfaga el sistema, de su modo de operación y del ambiente donde se desarrolle su ciclo de vida.*
- H₆ *Básicamente existen tres doctrinas de mantenimiento que son las de predicción, prevención y corrección, y todos los demás tipos o formas de mantenimiento se pueden acoger a estas tres doctrinas.*

H₇ *Los parámetros que afectan al mantenimiento se ven condicionados por la concepción doctrinal del mismo.*

H₈ *Se pueden establecer criterios generales para los programas de mantenimiento de los sistemas que son de aplicación general a todos ellos.*

H₉ *Los criterios generales de aplicación de los programas de mantenimiento de los sistemas, deben establecer las funciones de los distintos estamentos de una organización.*

H₁₀ *La mejora continua de la calidad es de plena aplicación en los programas de mantenimiento de los sistemas y son criterios que condicionan la forma de estructurarse de las organizaciones que se dedican al mantenimiento.*

H₁₁ *El concepto que se aplica en la ingeniería de sistemas a los parámetros clásicos del mantenimiento cambia la perspectiva de la fiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad.*

El planteamiento de estas hipótesis, responde a la intención de alcanzar, a partir de sus contrastación, los objetivos que antes hemos descrito. Para que así fuera se procedió al diseño del trabajo de investigación, cuya estructura y contenidos detallamos seguidamente en la forma en que se desarrolla cada uno de los capítulos en que se divide:

- CAPITULO 1. MANTENIMIENTO. Se efectúa un estudio del vocablo mantenimiento conforme se aplica en general en todos los órdenes de la vida, desde la forma física hasta la estética, desde la cosmética hasta el hogar en el sentido de mantener una familia. De las definiciones obtenidas se escogen para este trabajo las que se refieren al mantenimiento de sistemas industriales, sistemas de servicio civiles, sistemas militares y en general, a sistemas que se fabrican con tecnología actual, con procesos industriales más o menos complejos.

El concepto de mantenimiento ha ido evolucionando a medida que se han incorporado innovaciones tecnológicas a los diseños de sistemas nuevos. Hasta tiempos relativamente recientes los sistemas se mantenían con la idea de que iban a durar un tiempo determinado, pero en el concepto moderno esto no es así para algunos sistemas, sobre todo para los que son muy costosos. Estos se renuevan y modernizan a medida que parte de ellos van

quedando obsoletos, y son las empresas fabricantes de acuerdo con los usuarios o ellos mismos, los que se encargan de actualizar los sistemas para prolongar su tiempo de funcionamiento.

Son imprevisibles las vicisitudes que pueden aguardar a un sistema desde su concepción hasta su obsolescencia a través de su ciclo de vida, por lo tanto hay un momento en que el sistema objeto del mantenimiento se segrega de la concepción de diseño del mismo y de su proceso de fabricación inicial.

Como consecuencia es posible afirmar, que el mundo del mantenimiento es un área cada vez más compleja, concurrida y sofisticada.

Como ejemplo de lo dicho en los párrafos anteriores, puede citarse el helicóptero modelo SH-3D, propiedad de la Armada Española (entró en servicio en la Armada el 26 de mayo de 1966), que fue construido por Sikorsky (EE.UU.) con número de cola 01-501, primero de la serie en el mundo. Este helicóptero está en perfecta vigencia en los años 2000 después de haber sufrido distintas modernizaciones en sus componentes para su actualización, dicho helicóptero está cumpliendo en la actualidad misiones antisubmarinas y de otra índole en el portaaviones Príncipe de Asturias.

Lógicamente el mantenimiento del helicóptero mencionado ha experimentado cambios a lo largo de su larga existencia, después de haber sufrido muchas modificaciones para actualizar el estado la aeronave, la mayoría de los citados cambios han sido bastante profundos. La casa fabricante y la U.S. NAVY, han desarrollado métodos y sistemas de mantenimiento distintos de los originales, acomodándose a las nuevas necesidades del mantenimiento y la operación actual del helicóptero.

Como puede apreciarse mediante el ejemplo propuesto no es el fabricante el único partícipe en el mantenimiento de un sistema a lo largo de su ciclo de vida. Por tanto, consideramos que dentro de las distintas tendencias de la ingeniería, el mantenimiento es una rama totalmente diferenciada de las demás que tradicionalmente vienen siendo la ingeniería de diseño, la ingeniería de fabricación o la de producción.

Este nuevo planteamiento del mantenimiento que hemos expuesto es el que se desarrolla en el capítulo que nos ocupa, concretando en primer término la idea de lo que es el mantenimiento de un sistema. Partiendo de la acepción general del vocablo, se recogen a continuación definiciones de distintos autores que han tratado el tema objeto de este estudio, discutiéndolas para ir perfilando el concepto que se aplica en este trabajo de investigación.

La definición que daremos de mantenimiento, aporta tres conceptos que se desarrollarán convenientemente en los epígrafes correspondientes, bajo esta definición se contempla el entorno del mantenimiento desde una nueva perspectiva, apreciándose de esta forma, que actualmente su entorno es de mayor amplitud que el que hasta la fecha se ha venido contemplando.

En el epígrafe 1.2 se realiza la revisión de distintas definiciones de mantenimiento, desde aquellas con un significado general a otras más específicas, se discuten adoptándose o rechazándose en parte o de forma total, para aproximarse a una definición que es la que se utiliza en el desarrollo de esta investigación y que se explica detenidamente en el epígrafe 1.2.2, recurriendo a ella a lo largo de todo el estudio. También se incluyen en esta definición los conceptos derivados del entorno actual del mantenimiento, así como sus características las cuales están descritas en el epígrafe 1.2.3.

En los subepígrafes 1.2.3.1, 1.2.3.2 y 1.2.3.3, se desarrollan los conceptos de apoyo logístico, ciclo de vida y configuración que se consideran básicos en la definición adoptada para el presente trabajo.

Una vez que se ha planteado la definición de mantenimiento que se va a utilizar a lo largo de la investigación, en el epígrafe 1.3 se describe el entorno del mantenimiento, explicando respectivamente en los subepígrafes 1.3.1 a 1.3.5, el concepto asumido de acciones de mantenimiento, las características de las organizaciones que se dedican al mismo, y otras cuestiones tales como los niveles y las capacidades del mantenimiento, la calidad en el mantenimiento de los sistemas, cuál es el alcance de las oficinas técnicas y cómo deben ser los procesos productivos en el mantenimiento.

Se hace especial hincapié sobre los niveles y capacidades del mantenimiento porque estos conceptos son característicos del entorno que nos ocupa y se describen en el subepígrafe correspondiente.

- CAPITULO 2. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO. Después del capítulo primero en el que se ha planteado una visión de lo que actualmente creemos que es el mantenimiento de los sistemas y su entorno, la perspectiva que hemos pretendido dar es mucho más amplia que la clásica del mantenimiento, y en este capítulo queremos presentar una innovación respecto de su clasificación, como fruto de los muchos años dedicados a esta disciplina de creciente importancia en la actualidad.

Lo que se trata en el presente capítulo es lo que, en la mayor parte de la documentación que existe sobre mantenimiento, se denomina tipos o clases de mantenimiento.

Se pretende explicar desde la perspectiva de las definiciones de doctrinas que daremos a continuación, que la idea de lo que hasta ahora se ha venido llamando tipos o clases de mantenimiento resulta insuficiente para el actual contexto del mantenimiento.

Para analizar el concepto de lo que se llaman doctrinas de mantenimiento en el presente estudio de investigación, se va a hacer una abstracción para un sistema ideal a mantener al que sólo se va a aplicar una doctrina en concreto. Esta situación ideal no se va a dar en la realidad, ya que en ella se aplicará a los sistemas una mezcla de todas las doctrinas. Este asunto se desarrollará en el capítulo 3 al estudiar lo que son los programas de mantenimiento.

Hoy en el mantenimiento de sistemas complejos se habla de programas de mantenimiento que comprende los tipos o clases de mantenimiento tradicionales junto con otras acciones de mantenimiento diversas. Se pretende plantear un marco en el que las acciones de mantenimiento sean las definitorias de las distintas doctrinas y que, teniendo en cuenta su enorme complejidad y variedad, sean éstas las que marquen las directrices y las guías para los programas de mantenimiento.

Se efectúa una revisión de algunos vocablos que van a servir de base para las acepciones de determinados términos que se van a emplear en lo que llamamos “doctrinas de mantenimiento”. Las acepciones y la utilización de vocablos tales como “vigilar”, “diagnosis”, “pronóstico” y “predicción” se van a discutir en los subepígrafes 2.2, haciendo un recorrido por ellos al profundizar en los significados recogidos en diccionarios y enciclopedias.

En el epígrafe 2.3. se expondrá porqué consideramos que se debe hablar de doctrinas y no de tipos o clases de mantenimiento, y en este mismo apartado se darán las definiciones de las distintas doctrinas que se van a proponer, así como su desarrollo y características.

Las definiciones y tratamientos que se hagan de las distintas doctrinas estarán basadas en lo estudiado en el capítulo primero, en lo que se refiere a la nueva forma de ver el mantenimiento, y en consecuencia al entorno en el que se aplica en la actualidad.

Se va a emplear el término doctrina y no tipos de mantenimiento que se explicará en el epígrafe 2.3.1. También definiremos los distintos tipos de doctrinas de mantenimiento.

A continuación se verá como está afectado el entorno del mantenimiento con la perspectiva de las distintas doctrinas en las acciones de mantenimiento, las organizaciones que se dedican al mismo, los niveles de mantenimiento, las capacidades, la calidad y los procesos productivos del mantenimiento.

En el epígrafe 2.4 se estudiarán las peculiaridades de cada doctrina dependiendo del concepto de cada una de ellas. Considerando que las diferencias dignas de mención existen en la forma de concebir las acciones de mantenimiento, las organizaciones y las capacidades del mantenimiento.

En el epígrafe 2.5. se definirán, estudiarán y discutirán los parámetros del mantenimiento la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, para ocuparnos a continuación en el 2.6. de la influencia de dichos parámetros en las distintas doctrinas.

- CAPITULO 3. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO. En los dos primeros capítulos se ha expuesto lo que es el mantenimiento y lo que son las

doctrinas del mismo. En cuanto al mantenimiento lo que se ha estudiado en el capítulo 1 ha sido su enfoque en el contexto actual, que varia, o más bien diríamos que evoluciona, hacia una forma más global de concebirlo, y en éste mismo sentido en el capítulo 2 hemos introducido en la manera clásica de dividir el mantenimiento los conceptos de doctrinas de mantenimiento que se acomodan mejor al entorno en que se mueve en la actualidad.

En este capítulo vamos a basarnos en lo que se ha expuesto anteriormente y dejar a un lado los conceptos de los tipos o clases de mantenimiento, y éste se va a contemplar desde la perspectiva que se plantea en el presente trabajo que consideramos de vigencia en el entorno que nos ocupa.

En la actualidad las acciones de mantenimiento que se aplican a los sistemas, no son puras bajo la perspectiva de las definiciones que se han dado de doctrinas en el capítulo 2, ya que cualquier sistema moderno de mediana complejidad es una conjunción de acciones de mantenimiento de prevención, de predicción, de corrección, de rediseño, de registros, de estudio y de toda acción que se lleve a efecto con el propósito de mantener el sistema para las condiciones de funcionamiento para las que fue diseñado a través de su ciclo de vida. Como consecuencia lo que se viene haciendo al mantenimiento de los sistemas, son acciones de mantenimiento de distinta índole basadas en la mezcla de las doctrinas que se han expuesto en el capítulo 2.

Esta manera de estudiar los programas de mantenimiento contrasta con la forma tradicional de hacerlo, que se limita a buscar calificativos de tipos o clases de mantenimiento cuando en realidad lo que se intenta expresar son nombres de acciones de mantenimiento.

Como consecuencia de lo que se estudia en los capítulos precedentes se plantea una visión poco habitual del entorno mantenimiento, por tanto el propósito del capítulo es exponer lo que entendemos por programas de mantenimiento y cuáles son sus cometidos. Como se verá están compuestos por una gran variedad de acciones de mantenimiento que están inspiradas o

se desprenden de las explicaciones que se dieron en el capítulo 2 de dichas acciones en cada una de las doctrinas.

Previamente en el epígrafe 3.2 se realiza una revisión de algunos conceptos como son el de sistema e ingeniería de los mismos, que van a ser adoptados a lo largo del capítulo y se han venido utilizando en los precedentes, estos conceptos de alguna forma han sido el motor que ha generado la moderna concepción del mantenimiento. En el epígrafe 3.3 de forma general se tratan todos los puntos de lo que es un programa de mantenimiento y cuales son sus cometidos.

En el epígrafe 3.3.1 se han considerado todos los aspectos que a nuestro juicio deben ser el marco amplio para los asuntos en los que están implicados los programas de mantenimiento, poniendo especial énfasis en la mejora de la actuación de los mismos a través de los parámetros o elementos que lo componen, en los aspectos relativos a como se deben tratar las innovaciones en ellos. Los cometidos de los programas se desarrollan en el epígrafe 3.3.2, determinando cuáles son las responsabilidades de la dirección, las de la función de apoyo logístico y las de la función de mantenimiento. Los párrafos de estos epígrafes son en sí mismos un punto de partida para desarrollar una metodología al aplicar un programa de mantenimiento a un sistema o sistemas.

En los tres subepígrafes del 3.4 se propone lo que deben ser los niveles de mantenimiento con sus respectivas tareas, exponiendo según nuestro criterio, cuales deben ser asignadas de forma muy general a los niveles 1, 2 y 3.

No se debe pasar por alto y por eso se trata en el epígrafe 3.5, la importancia que tiene para una organización de mantenimiento la forma de entender y actuar en los procesos productivos, que hacen que esa manera de trabajar sea peculiar del mantenimiento. Dicha peculiaridad es la que nos lleva a defender que existe un estilo o forma de hacer en este mundo que nos ocupa que se considera poco descrita.

El planteamiento que se expone en esta tesis, no tendría ningún objeto si no explicamos como creemos que influyen las doctrinas de mantenimiento

expuestas en los programas de mantenimiento, lo que se hace en el epígrafe 3.6 y se desarrolla en los tres subepígrafes del mismo, que intentan diferenciar las distintas y variadas influencias de cada una de las tres doctrinas.

- CAPITULO 4. ESTUDIO EMPÍRICO. Una vez expuestos los conceptos y las definiciones en los precedentes capítulos, interesa conocer si las ideas que se han desarrollado pueden soportar el funcionamiento de los programas de mantenimiento que existen en la realidad y que están siendo aplicados a sistemas de diversos tipos.

También puede ocurrir que se encontraran en la práctica aplicaciones indebidas o con conceptos anómalos respecto de los que se han expuesto en este trabajo de investigación, ello llevará a una discusión que permitirá que nos reafirmemos en las hipótesis planteadas.

Se pretende hacer un estudio en empresas u organizaciones pertenecientes a sectores dispares, que nos puedan aportar una visión lo más general posible de las distintas maneras de llevar los programas de mantenimiento de los sistemas en sus entornos correspondientes. Para ello se aplica el estudio de casos, método que según Yin¹⁶ se trata de:

Una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real, cuando las fronteras del fenómeno y el contexto no son evidentes, y en las que se utilizan múltiples fuentes de evidencia.

Lo primero que se plantea es determinar el método a aplicar en el trabajo de investigación, lo que se hace en el epígrafe 4.2 decantándose en la metodología correspondientes al estudio de casos porque reúne los aspectos planteados de elaboración y discusión¹⁷, que se consideran adecuadas para

16. YIN, R. K. (1989): *Case Study Research, Design and Methods*. SAGE publications. Newbury Park.

17. JENSEN, M. C. (1993): *The Case Method and Science*. Work paper. Harvard Business School.

18. VAN DE VEN, A. H. y POOLE, M. S. (1990): "Methods to develop a grounded theory of innovation processes in the Minnesota Innovation Research Program". *Organization Science*, vol. 1 pp, 313-335.

la explicación de la evolución que el concepto de mantenimiento ha experimentado¹⁸. En los subepígrafes correspondientes se describen cuales son los objetivos y el marco teórico planteados, el tipo de investigación realizado, la unidad y nivel de análisis, la selección del caso piloto, el protocolo de los casos, el diseño de la entrevista y finalmente el modelo de cuestionario.

Una vez establecida la metodología y como parte de ella, se debe confeccionar un cuestionario que sirva de guía para las entrevistas a realizar y que esté diseñado de la forma más flexible para que se pueda dentro del área que nos ocupa, mediante las citadas entrevistas, estudiar los planteamientos efectuados a lo largo del presente trabajo de investigación respecto de los sistemas que funcionan en la realidad.

El diseño de la entrevista se discute en el epígrafe 4.2.5 habiéndose decidido que la población idónea serían empresas de cierta entidad que se dediquen al mantenimiento, o aquéllas que por su envergadura lo llevan directamente. En el epígrafe 4.2.6 queda confeccionada una guía del modelo de cuestionario de los planteamientos que se van a tratar en las entrevistas. Las preguntas concretas de las que consta abren una vía de diálogo para recabar las ideas o manera de actuación de las entidades en el mantenimiento.

En el epígrafe 4.3.1 se efectúa un informe general de los resultados obtenidos, de esta forma queda en mayor evidencia las generalidades de las respuestas de las organizaciones entrevistada con las características observadas en ellas.

La comparación con los planteamientos del *marco teórico* se realiza en el epígrafe 4.3.2 y con las hipótesis hechas a lo largo del estudio de investigación en el 4.3.3, en el que se plantea una discusión que permite comprobar que en efecto dichas hipótesis se encuentran dentro del contexto actual del mantenimiento y finalmente en el epígrafe 4.4 donde sin menoscabo de las conclusiones finales del estudio y a modo de resumen, se destacan las ideas más significativas del presente capítulo.

DEL MÉTODO DE TRABAJO EMPLEADO

A lo largo de la investigación efectuada y que presentamos, dado el *carácter poco concreto* del mantenimiento, hemos descrito y explorado lo que por la bibliografía consultada y la experiencia propia se considera el estado actual de la cuestión.

Una vez analizado el estado del arte del tema y aportando los conocimientos adquiridos durante la vida profesional, se pretende edificar en el presente trabajo de investigación una *teoría de carácter doctrinal* a lo largo de los distintos capítulos, para que dentro del contexto general de la ingeniería de sistemas, pueda servir de base para futuros estudios de investigación.

Las *palabras clave* de la investigación se han ido cuestionando y estudiando a lo largo de todo el estudio, mediante la contrastación de los conceptos básicos con la bibliografía existente.

La *teoría básica edificada* ha sido comprobada de forma meticulosa con la estudiada en la *bibliografía de sistemas y mantenimiento*, así como con las *normas internacionales* de calidad existentes que pueden ser de aplicación al estudio de investigación que nos ocupa.

La aceptación y desenvolvimiento de la doctrina propuesta, se ha *discutido, comentado, categorizado y replicado* con los casos estudiados, de tal manera que justifiquen o disientan de lo expuesto en el planteamiento teórico y de esta forma *ver la aplicabilidad* de lo propuesto al estudio a los sistemas existentes abriendo nuevas vías de investigación que se puedan acometer en el futuro, la manera distinta de ver el mantenimiento y su entorno tal como se ha planteado en el presente trabajo de investigación.

DE LAS CONCLUSIONES

Del trabajo de investigación efectuado se deducen las conclusiones que se exponen a partir de la página 295. En general se cumplen las hipótesis de partida, pero se considera necesario seguir profundizando en la investigación y en el desarrollo de la forma de enfocar el mantenimiento que se ha planteado de forma

doctrinal en el presente trabajo. Se piensa que sería interesante seguir haciendo hincapié en los siguientes temas:

- *Ciclo de vida de los sistemas, configuración y apoyo logístico* de los mismos, estudiando en profundidad los límites y el alcance de la aplicación de estos conceptos dentro de la ingeniería.
- *Niveles y capacidades* de las organizaciones que se dedican al mantenimiento en el entorno actual. Tratando de definir los requerimientos necesarios en este ámbito.
- Las organizaciones de mantenimiento y la *gestión de la calidad* dentro de ellas, estudiando y calculando la trascendencia de esta importante disciplina.
- La definición y campo de actuación de la *ingeniería del mantenimiento* tanto en el diseño de los sistemas como a lo largo del ciclo de vida de los sistemas.
- El tratamiento peculiar de las *acciones de mantenimiento* en el campo de la producción, estudiando y definiendo sus *procesos productivos*.
- El estudio de las acciones de mantenimiento, organizaciones, niveles y capacidades, calidad y procesos productivos en las distintas *doctrinas de mantenimiento* definidas.
- El comportamiento de los *parámetros del mantenimiento* al ser abordados desde distintas perspectivas en las distintas doctrinas de mantenimiento.
- El estudio de cauces adecuados para la *mejora continua* de los *programas de mantenimiento* que se aplican a los sistemas.
- La definición mediante el estudio de las responsabilidades de las *funciones de dirección, mantenimiento y apoyo logístico* en los programas de mantenimiento de los sistemas.
- El análisis de la *influencia de las doctrinas* de mantenimiento en los programas que se aplican a los sistemas, para de esta forma optimizar los recursos aplicados a los mismos.

CAPÍTULO 1
MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 1

MANTENIMIENTO

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

- 1.2.1. Definiciones de mantenimiento
- 1.2.2. Definición adoptada
- 1.2.3. Características de la definición adoptada
 - 1.2.3.1. Ciclo de vida de un sistema
 - 1.2.3.2. Apoyo logístico
 - 1.2.3.3. Configuración

1.3. EL MANTENIMIENTO Y SU ENTORNO

- 1.3.1. Acciones de mantenimiento
- 1.3.2. Las organizaciones que se dedican al mantenimiento
 - 1.3.2.1. Niveles y capacidades en el mantenimiento
 - 1.3.2.1.1. Personal
 - 1.3.2.1.2. Material
 - 1.3.2.1.3. Documentación
 - 1.3.2.2. Las denominaciones de las subdivisiones de una organización de mantenimiento
- 1.3.3. Calidad en el mantenimiento
- 1.3.4. Oficina técnica: estudios de ingeniería, modificaciones de sistemas
- 1.3.5. Los procesos productivos en el mantenimiento

1.4. EPÍLOGO

CAPÍTULO 1

MANTENIMIENTO

1.1. INTRODUCCIÓN

El vocablo mantenimiento se aplica en general en todos los órdenes de la vida, desde la forma física hasta la estética, desde la cosmética hasta el hogar en el sentido de mantener una familia. En este trabajo nos vamos a referir al mantenimiento de sistemas industriales, sistemas de servicio civiles, sistemas militares y, en general, a sistemas que se fabrican con tecnología actual, con procesos industriales más o menos complejos.

Las empresas de construcción de sistemas tanto civiles como militares, tienden a conseguir que las unidades que fabrican sean mantenidas por ellas mismas a lo largo de su ciclo de vida.

Un ejemplo son las empresas fabricantes de automóviles, que se cuidan de mantener servicios técnicos autorizados de elevadísimo coste y difícil organización, para poder dar a los usuarios el servicio de mantenimiento adecuado.

El concepto de mantenimiento ha ido evolucionando a medida que se han incorporado innovaciones tecnológicas a los diseños de sistemas nuevos. Hasta tiempos relativamente recientes, los sistemas se mantenían con la idea de que iban a durar un tiempo determinado, pero modernamente esto no es así para algunos sistemas sobre todo para los que son muy costosos. Estos se renuevan y modernizan a medida que parte de ellos van quedando obsoletos, y son las empresas fabricantes de acuerdo con los usuarios o ellos mismos, los que se encargan de actualizar los sistemas para prolongar su tiempo de funcionamiento.

Son imprevisibles las vicisitudes que pueden aguardar a un sistema desde su concepción hasta su obsolescencia a través de su ciclo de vida; por lo tanto, hay un momento en que el sistema objeto del mantenimiento se segrega de la concepción de diseño del mismo y de su proceso de fabricación inicial.

Como consecuencia es posible afirmar, que el mundo del mantenimiento es un área cada vez más compleja, concurrida y sofisticada.

Como ejemplo de lo dicho en los tres párrafos anteriores, puede citarse el helicóptero modelo SH-3D, propiedad de la Armada Española (entró en servicio en la Armada el 26 de mayo de 1966), que fue construido por Sikorsky (EE.UU.) con número de cola 01-501, primero de la serie en el mundo. Este helicóptero está en perfecta vigencia en los años 2000, después de haber sufrido distintas modernizaciones en sus componentes para su actualización como son las correspondientes a la U.S. NAVY (1989), y está cumpliendo en la actualidad misiones antisubmarinas y de otra índole en el portaaviones Príncipe de Asturias.

Lógicamente el helicóptero mencionado ha experimentado cambios en su programa de mantenimiento a lo largo de su larga existencia, debido a las muchas modificaciones que ha sufrido para actualizar el estado la aeronave, siendo algunos de los citados cambios bastante profundos. La casa fabricante y la marina de U.S.A., han desarrollado métodos y sistemas de mantenimiento distintos de los originales, acomodándose a las nuevas necesidades del mantenimiento y el funcionamiento actual del helicóptero.

Como puede apreciarse mediante el ejemplo propuesto no es el fabricante el único partícipe en el mantenimiento de un sistema a lo largo de su ciclo de vida. Por tanto, consideramos que dentro de las distintas tendencias de la ingeniería, el mantenimiento es una rama totalmente diferenciada de las demás que tradicionalmente vienen siendo la ingeniería de diseño, la ingeniería de fabricación o la de producción.

Este nuevo planteamiento del mantenimiento que hemos expuesto es el que se desarrolla en el capítulo que nos ocupa, concretando en primer término la idea de lo que es el mantenimiento de un sistema. Partiendo de la acepción general del vocablo, se recogen a continuación definiciones de distintos autores que han tratado el tema objeto de este estudio, discutiéndolas para ir perfilando el concepto que se aplica en este trabajo de investigación.

La definición que daremos de mantenimiento aporta tres conceptos que se desarrollarán convenientemente en los epígrafes correspondientes, bajo esta definición se contempla el entorno del mantenimiento desde una nueva

perspectiva, apreciándose de esta forma, que actualmente su entorno es de mayor amplitud que el que hasta la fecha se ha venido contemplando.

En el epígrafe 1.2 se realiza una revisión de distintas definiciones de mantenimiento, desde aquéllas con un significado general a otras más específicas, se discuten adoptándose o rechazándose en parte o de forma total, para aproximarse a una definición que es la que se utiliza en el desarrollo de esta investigación y que se explica detenidamente en el epígrafe 1.2.2, recurriendo a ella a lo largo de todo el estudio. También se incluyen en esta definición los conceptos derivados del entorno actual del mantenimiento, así como sus características las cuales están descritas en el epígrafe 1.2.3.

En los subepígrafes 1.2.3.1, 1.2.3.2 y 1.2.3.3 se desarrollan los conceptos básicos de la definición adoptada para el presente trabajo.

Una vez que se ha planteado la definición de mantenimiento que se va a utilizar a lo largo de la investigación, en el epígrafe 1.3 se describe el entorno del mantenimiento, detallando respectivamente en los subepígrafes 1.3.1 a 1.3.5, el concepto asumido de acciones de mantenimiento, las características de las organizaciones que se dedican al mismo, y otras cuestiones tales como los niveles y las capacidades del mantenimiento, la calidad en el mantenimiento de los sistemas, cuál es el alcance de las oficinas técnicas y cómo deben ser los procesos productivos en el mantenimiento.

Se hace especial hincapié sobre los niveles y capacidades del mantenimiento porque estos conceptos son característicos del entorno que nos ocupa y se describen en el subepígrafe correspondiente.

Por último, en el epígrafe 1.4. se realiza una síntesis de los aspectos más destacados del capítulo.

A lo largo de este capítulo se irán tratando distintos conceptos con relación al mantenimiento, con la idea de establecer un convenio de carácter general que nos sirva de base para la propuesta doctrinal que se pretende.

1.2. CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

Con respecto a la voz *mantenimiento*, el *Diccionario de la Lengua Española* (RAE, 2001) muestra las siguientes acepciones:

- Efecto de mantener o mantenerse.
- Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
- Sustento o alimento.
- En las órdenes militares, porción que se asignaba a los caballeros profesos para el pan y el agua que debían gastar en el año.
- Provisiones de boca de una agrupación grande.

Es posible contrastar la definición anterior con la de otras obras de carácter enciclopédico, así por ejemplo para el *Diccionario Enciclopédico Ilustrado* ALFA (DEI, 1990:713):

Mantenimiento: acción de mantener, alimento, comida,... v. "Mantener": proveer a uno del alimento necesario, costar necesidades a alguien, conservar una cosa en su estado, sostener, hacer que algo no decaiga, extinga o perezca,...

La Enciclopedia Larousse, (DEL, 1990:1990) define el vocablo "mantenimiento" como:

Acción y efecto de mantener o mantenerse. Alimento, comida, sustento. En Industria y Tecnología: acción de reparar y mantener o conservar en buen estado la maquinaria y las instalaciones al objeto de evitar o minimizar las pérdidas por inactividad (comprende lo mismo el mantenimiento preventivo que las reparaciones de las averías, la revisión sistemática de todas las piezas de la maquinaria y el control de funcionamiento).
Viveres.

Como puede observarse, la definición de mantenimiento como acción de mantener recoge un conjunto de actividades, que van desde la simple de alimentarse hasta la acepción de ración en las ordenes militares de antaño.

Con estas definiciones queremos ir configurando el concepto de mantenimiento, a partir de las ideas que se van a ir añadiendo y completando, para llegar posteriormente a la adoptada en el presente trabajo.

La acepción que se acomoda al "mantenimiento" en el ya mencionado *Diccionario de la Lengua Española* (RAE, 2001) es:

... conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

De esta definición resulta interesante destacar la idea "de mantener en funcionamiento adecuadamente", ya que de ella puede deducirse un concepto importante el que hace referencia al funcionamiento en el tiempo sin que varíen sus características de diseño.

Se tiene en cuenta la idea de *no-extinción* o *no perecer*, ya que aunque los sistemas tienden a decaer por obsolescencia, se pueden regenerar mediante un rediseño.

En el *Diccionario Alfa* (DEI, 1990:713) se recoge una interpretación de interés para nuestro planteamiento de trabajo, que es la de *conservar una cosa en su estado*, dando idea de no cambiar las características para las que fue concebida (está refiriéndose implícitamente a su configuración).

La *Enciclopedia Larousse* ofrece una definición que sugiere la necesidad de minimizar las pérdidas de tiempo por inactividad, y expresa la idea de funcionamiento continuado, lo cual esboza un nuevo concepto que es básico en el mantenimiento: la disponibilidad. Esta definición se acerca a lo que se va a proponer en este trabajo, y aunque el carácter divulgativo de esta enciclopedia hace que carezca de especificidad, en relación a la acepción a la que nos referiremos, tiene sin duda un sentido que es aplicable a la industria y a la tecnología.

En la figura 1.1. se presenta un resumen acumulativo de los conceptos que se pueden ir extrayendo a conveniencia de las definiciones de los diccionarios y enciclopedias, para ir edificando la que se quiere exponer en el epígrafe 1.2.2 del presente capítulo.

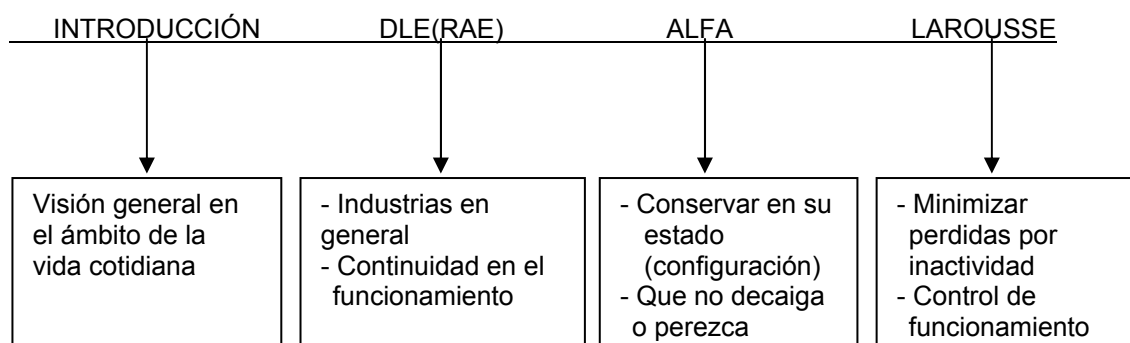


FIGURA 1.1
 CONTENIDO DEL TÉRMINO MANTENIMIENTO
 (Fuente: elaboración propia)

1.2.1. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

A continuación se discutirán definiciones de mantenimiento de autores que se consideran significativos en este campo.

Villanueva González (1997:10) trata el mantenimiento como una cuestión opuesta a la fiabilidad. En definitiva lo que él propone es que un sistema de fiabilidad total no se deteriora y por lo tanto no necesita mantenimiento. Esta visión sólo es un ideal no alcanzable, puesto que el coste sería ilimitado, como él mismo deja explícitamente dicho. Pero ésta no es la cuestión; la cuestión estriba en que en la realidad, como indica a continuación Villanueva González, hay que tener en cuenta el deterioro de los sistemas, y en su tratado hace un análisis exhaustivo de los parámetros que intervienen en el estudio del deterioro. La idea aportada, a nuestro entender, es que la fiabilidad en el diseño es la que va a prevalecer a lo largo de la vida del sistema o, dicho de otra manera, a lo máximo que se puede aspirar por medio del mantenimiento es a la fiabilidad del diseño.

Los Servicios Técnicos de la Dirección General de Armamento y Material (DIGAM, 1997:3-7), en el curso de Auditorías Internas de la Calidad impartido en el Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves, establecen que el objetivo del mantenimiento es el aumento de la disponibilidad. No creemos que se trate de eso, aunque esta afirmación sea buena a medias; se trata de conseguir que la disponibilidad exigida en las especificaciones de diseño, sea la que al menos va a obtener el usuario, aunque se puedan efectuar estudios por parte del mismo que la optimicen mediante cambios o mejoras de los sistemas o en los métodos de mantenimiento empleados.

Por lo anteriormente expuesto, pensamos que el mantenimiento es una disciplina estructurada para regenerar, mantener (valga la redundancia), y dotar a los sistemas de un funcionamiento continuado con la fiabilidad y disponibilidad requeridas por el fin para el que fueron diseñados. El mantenimiento es una función inherente a los sistemas, de la misma manera que lo son sus condiciones de forma, su funcionamiento, su ciclo de vida, etc.

En las *Recomendaciones para la preparación de planes de calidad de trabajos de mantenimiento para la Defensa*, la Asociación Española para la Calidad, en su prólogo, define el mantenimiento como (AECC, 1993:4):

La función empresarial a la que se encomienda el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de los equipos, sistemas e instalaciones.

Esta definición es muy parecida a la incluida en el tratado de mantenimiento de Baldín, Furnetto, Roversi y Turco (1982:19), que en su introducción transcriben la definición recogida en el congreso internacional de la OCDE de 1963, según la cual el mantenimiento es:

La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos.

No creemos que el mantenimiento sea una función empresarial, sino que más bien existen empresas que orientan su actividad a la tarea del mantenimiento. Las empresas que se dedican a la actividad del mantenimiento no sólo reparan y revisan, sino que diseñan o rediseñan los sistemas que mantienen con fines determinados, como puede ser la facilidad de acceso a subsistemas para un mejor mantenimiento o variar la situaciones de componentes para mejora de relleno de fluidos.

Rey (1996:1) trata el mantenimiento diciendo:

La palabra mantenimiento industrial la vamos a emplear para designar las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.

El mantenimiento industrial tiene connotaciones particulares que le confieren un carácter especial que estudiaremos con la discusión de las empresas encuestadas en el capítulo cuarto. Estas connotaciones, como se verá en su momento, no afectan al estudio planteado en esta investigación. En cuanto a la definición presentada, se la considera muy general y poco aporta a nuestro estudio, pero se entiende que su autor es conocido en el mantenimiento y se debe tener en cuenta.

Las definiciones que se van a exponer seguidamente son definiciones de carácter reglamentario que, para nosotros, aportan las ideas modernas del concepto de mantenimiento.

Nos parece interesante la definición que da la Norma JAR-145 (1991:1-1) de mantenimiento orientada a aeronaves, y que dice así:

Means any one or combination of overhaul, repair, inspection, replacement, modification or defect rectification of an aircraft/aircraft component.

Se va a redactar la traducción que se hace del párrafo anterior en inglés, porque se cree importante dejar claro los significados de las palabras traducidas, y se considera de esta manera: “Significa cualquier acción por separado de revisión general de puesta a punto (*overhaul*), reparación, inspección, reemplazo, modificación o rectificación de defectos, o cualquier combinación de ellas, en una aeronave/componente de aeronave”.

Esta definición que establece la normativa JAR-145 se centra exclusivamente en actividades productivas previamente fijadas por algún plan de mantenimiento, que normalmente contiene las actividades mencionadas. Pensamos que hay más actividades del mantenimiento de las que esta definición establece. Estas actividades, son una parte de un plan de mantenimiento determinado, ya que puede haber componentes de una aeronave, a las que sea posible añadir algún sistema, para monitorizar el comportamiento que tiene durante el funcionamiento, y poder obtener una estadística de su velocidad de deterioro. Esta actividad también es propia del mantenimiento.

El documento que se considera la publicación más autorizada en el ámbito el OPNAVINST 4790. 2H. (2001:c-29), define el mantenimiento con una idea bastante más amplia, aunque pragmática debido a su campo de aplicación, que es eminentemente práctico:

The function of retaining material in, or restoring it to, a serviceable condition. Its phases include servicing, repair, modification modernizacion, overhaul, rebuild, test, reclamation, inspection, condition determination, and initial provisioning of support items. The term has a very general meaning, ranging from a matter of minutes of squadron servicing, to a matter of months of industrial activity rework; the provision of maintenance material itself is within the meaning.

Maintenance should be qualified to convey a specific meaning.

De la misma manera que en la definición anterior, intentamos dejar claro como se ha tomado el sentido de las palabras en inglés: “la función de conservar el material o restaurarlo a una condición de servicio. Estas fases incluyen servicio, reparación, modificación, modernización, *overhaul*, reconstrucción, prueba, reclamación, inspección, determinación de condición y el abastecimiento inicial de equipos de apoyo. El término tiene un sentido muy general, abarcando desde unos pocos minutos de trabajos en la escuadrilla, hasta meses de actividad industrial de reconstrucción; dentro de este significado se incluye también la provisión del propio material de mantenimiento. Para que el mantenimiento pueda ser denominado específicamente como tal, debe ser llevado a cabo por personal cualificado.”

La definición que se ha ofrecido equivale a decir: toda acción que se ejerce sobre un sistema incluyendo el aprovisionamiento, informes y documentación con el personal debidamente entrenado.

Tanto la definición de JAR-145 como la del OPNAVINST 4790. 2H, se centran en las actividades del mantenimiento de tipo productivo, mientras que otras como son las de calidad, ingeniería, seguridad, etc., no están contempladas, y consideramos que estas actividades últimas expuestas pertenecen también al mantenimiento. La definición del OPNAVINST 4790. 2H (Naval Aviation Maintenance Program, NAMP) es más amplia que la de la norma JAR, pero se pueden reducir todas las tareas expuestas en las dos definiciones al término de *acciones de mantenimiento*. Este término es el que vamos a utilizar en el trabajo para expresar de forma genérica cualquier actividad en el campo del mantenimiento. Como resumen ilustrativo de los conceptos de las dos definiciones tratadas en este párrafo véase el cuadro 1.1.

La definición de la norma JAR, que no contempla nada ajeno a los trabajos de producción, vista bajo la perspectiva de esta tesis, se reformaría quedando de la siguiente forma: “las acciones de mantenimiento que se realizan a una aeronave/componente de aeronave” y la definición del NAMP se podría resumir en: “las acciones de mantenimiento y aprovisionamiento sobre un sistema”. Lo interesante de esta última definición es que aporta el concepto de aprovisionamiento y éste nos introduce en el contexto del apoyo logístico.

En la Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 (1990): criterios doctrinales para el apoyo logístico y para la gestión del mantenimiento la Armada Española lo define como:

La función del apoyo logístico que comprende las acciones que se han de ejercer sobre las unidades y sistemas para conservarlos permanentemente en las mejores condiciones de eficacia... El concepto general en el que debe inspirarse el mantenimiento de unidades y sistemas responderá a los siguientes principios:

- Realizar el mantenimiento mínimo necesario para garantizar la conservación de la fiabilidad, la seguridad del material, y aumentar la disponibilidad operativa.
- Efectuar las acciones de mantenimiento en el escalón más bajo posible teniendo en cuenta las capacidades disponibles en las diversas instalaciones de mantenimiento.
- Simplificar en lo posible los mantenimientos, haciendo máximo uso de autocomprobaciones, diagnósticos y otras técnicas adecuadas.

La definición de la Armada introduce dos conceptos que hasta ahora no se habían contemplado. Estos conceptos son el apoyo logístico y los niveles y capacidades del mantenimiento, los cuales se tratarán posteriormente en el apartado correspondiente a las organizaciones de mantenimiento.

Nuestra condición de vocal ponente de la Junta de Doctrina Aeronaval del Estado Mayor de la Armada (JUDAN), para la adaptación de la Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 (1990) a las peculiaridades del Arma Aérea, nos ha permitido proponer que se introduzca el concepto de configuración, es decir, añadir a la definición de la Armada la particularidad de la configuración, debido a la importancia que tiene para asuntos aeronavales. Esta definición propuesta sólo entra en una modificación que se introduce en un Reglamento previamente establecido. La que propondremos ampliará y complementará algunos términos desarrollados y tratados hasta ahora en este trabajo de investigación aunque introduciendo matices más concretos.

La anterior definición se aproxima mucho a la idea de mantenimiento que queremos utilizar. Dicho concepto debe estar contemplado en las especificaciones del diseño del sistema, en el tratamiento a lo largo del ciclo de vida, e irá variando a medida que se vea la evolución y los cambios de ingeniería, mantenimiento, diseño y producción que se le vayan incorporando.

JAR 145	OPNAVINST 4790. 2H (2001: C-29)
<ul style="list-style-type: none"> - Reparación - Modificación - <i>Overhaul</i> - Inspección - Rectificación de defectos - Reemplazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación - Modificación - <i>Overhaul</i> - Inspección - Reconstrucción - Servicio - Conservación - Modernización - Prueba - Reclamación - Determinación de condición - Suministro inicial de apoyo - Aprovechamiento

CUADRO 1.1

CONCEPTOS CONTENIDOS EN LA DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA NORMAS JAR-145 Y EN EL OPNAVINST 4790. 2H.

(Fuente: elaboración propia)

Hasta ahora, cuando se hablaba de mantenimiento inmediatamente se planteaban los problemas de ingeniería que deben resolverse para cumplir las especificaciones que se refieren al diseño: los parámetros fiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad exigibles en el pliego de prescripciones técnicas del contrato. El diseño se centra en cálculos matemáticos que aproximen las pruebas de los prototipos a lo requerido en el contrato. En cambio el mantenedor tiene una perspectiva totalmente distinta: da por sentado que el sistema cumple las especificaciones de diseño en cuanto a fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad (FMD), y su preocupación es llevar a cabo un programa que satisfaga y rentabilice los recursos que se van a aplicar al mantenimiento. De hecho, cuando se trata de sistemas sofisticados o complejos, como pueden ser los barcos y los aviones, el quehacer diario del mantenedor demuestra el sinfín de imprevistos que se presentan en la práctica, lo que obliga a acometer acciones no previstas que a la postre originan pérdida de disponibilidad, que se puede ir mejorando a lo largo del periodo de vida del sistema.

1.2.2. DEFINICIÓN ADOPTADA

En el desarrollo de los epígrafes anteriores, hemos ido exponiendo y discutiendo las distintas acepciones de mantenimiento que se han considerado más significativas para el estudio que nos ocupa.

En el cuadro 1.2 se exponen los conceptos incluidos en las definiciones de mantenimiento de los autores y normas que se han ido revisando y que junto con las de tipo enciclopédico recogidas en la figura 1.1, nos permiten proponer la definición que aplicaremos y adoptaremos para el presente trabajo.

Como se ha mencionado en la Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 (1990), la Armada Española define el mantenimiento como la “función del apoyo logístico que comprende las acciones que se han de ejercer sobre las unidades y sistemas para conservarlos permanentemente en las mejores condiciones de eficacia”. Partiendo de esta definición, y completándola con los conceptos estudiados en los epígrafes anteriores, llegamos a la definición que proponemos:

MANTENIMIENTO: Es la función del apoyo logístico que comprende las acciones que se ejercen sobre los sistemas para que, conservando una configuración especificada, cumplan con el requerimiento exigido en cada momento y satisfagan la necesidad para la que fueron diseñados durante su ciclo de vida útil.

1.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA DEFINICIÓN ADOPTADA

Como se observa en la definición adoptada para la tesis, destacan tres conceptos que no han sido mencionados en ninguna de las definiciones tratadas, salvo en las que da la Armada y la Junta de Doctrina Aeronaval (JUDAN) (véase cuadro 1.2.). Estos conceptos son los siguientes: ciclo de vida, apoyo logístico y configuración.

Conviene establecer qué es lo que entendemos por ciclo de vida, apoyo logístico y configuración, ya que estos tres conceptos son generalmente apoyados y aceptados en la disciplina de la ingeniería de sistemas, y

modernamente van íntimamente ligados a los mismos. A continuación pasamos a describir estos conceptos.

DEFINICIÓN	CONTENIDO CONCEPTUAL
(Villanueva,1997: 10)	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento opuesto a fiabilidad - Mejora de los parámetros FMD en el diseño
DIGAM (1997: 3-7)	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la disponibilidad
AECC (1993: prólogo)	<ul style="list-style-type: none"> - Función empresarial - Reparación y revisión - Para garantizar funcionamiento regular
JAR 145 (1991: 1-1)	<ul style="list-style-type: none"> - Las acciones de mantenimiento a una aeronave o componente de aeronave
OPNAVINST 4790. 2H (2001: c- 29)	<ul style="list-style-type: none"> - Acciones de mantenimiento y aprovisionamiento
Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 (1990)	<ul style="list-style-type: none"> - Función del apoyo logístico - Acciones sobre el sistema - Mantenimiento mínimo para conservar la fiabilidad, seguridad y aumentar la disponibilidad - Las acciones de mantenimiento en el escalón más bajo con capacidad - Simplificar el mantenimiento
Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 (1990) + Junta de Doctrina Aeronaval (JUDAN)	<ul style="list-style-type: none"> - Ídem Armada, conservando la configuración del sistema
Tesis	<ul style="list-style-type: none"> - Función de apoyo logístico - Gestión de la configuración - Aplicación del mantenimiento durante el ciclo de vida

CUADRO 1.2
CONTENIDO CONCEPTUAL DE LAS DEFINICIONES ESTUDIADAS
(Fuente: elaboración propia)

1.2.3.1. CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA

En el epígrafe 3.2 se expondrá el concepto de sistema que se va a adoptar en el presente trabajo de investigación y de forma intuitiva se puede entender cuál es la idea de ciclo de vida. Naturalmente es el periodo de tiempo durante el cual se está utilizando un sistema; pero dicho de esta manera no se aprecian de forma explícita los recursos aportados de índole presupuestaria, humanos, materiales, etc. desde que se empieza a diseñar el sistema hasta que hay que retirarlo del funcionamiento, bien desechándolo o recuperándolo para reutilizar algunos de sus componentes o subsistemas.

Se puede decir que el origen del ciclo se cuenta cuando, una vez que se ha originado la necesidad, se le empiezan a aportar recursos de cualquier índole tales como bocetos, recopilación de documentos, materiales de dibujo, etc. Todos estos recursos materiales, más las horas/hombre empleadas en la definición del sistema, se pueden contabilizar dentro del concepto global que se da al ciclo de vida en el trabajo que se efectúa.

Por experiencia propia, resultante del estudio de los ciclos de vida de varios sistemas en los que hemos trabajado algunas veces desde su fase más incipiente, definimos como:

CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA: al periodo de tiempo comprendido desde el momento en que se establece una necesidad hasta que el sistema generado para satisfacerla queda obsoleto. En este periodo está incluida cualquier actividad que haya generado la necesidad de aplicarle algún recurso que sea susceptible de ser cuantificado.

Son de interés las observaciones que hace Fabrycky (1997:20-21) respecto a la concepción de la ingeniería tradicional del ciclo de vida:

Se le daba importancia principalmente a la fase de adquisición del sistema. En la actualidad es esencial que los ingenieros contemplen la viabilidad operativa durante las primeras etapas del desarrollo del producto y asuman la responsabilidad de diseño del ciclo de vida del sistema.

En la figura 1.2 se esquematiza el ciclo de vida de un sistema.

1.2.3.2. APOYO LOGÍSTICO

El apoyo logístico se considera de una manera global, y es un concepto que aparece desde el mismo momento en que se concibe un sistema nuevo, desde el instante en que se ha pensado en la manera de cubrir una necesidad. Desde este momento se deben plantear los recursos humanos, económicos, documentales, etc. necesarios.

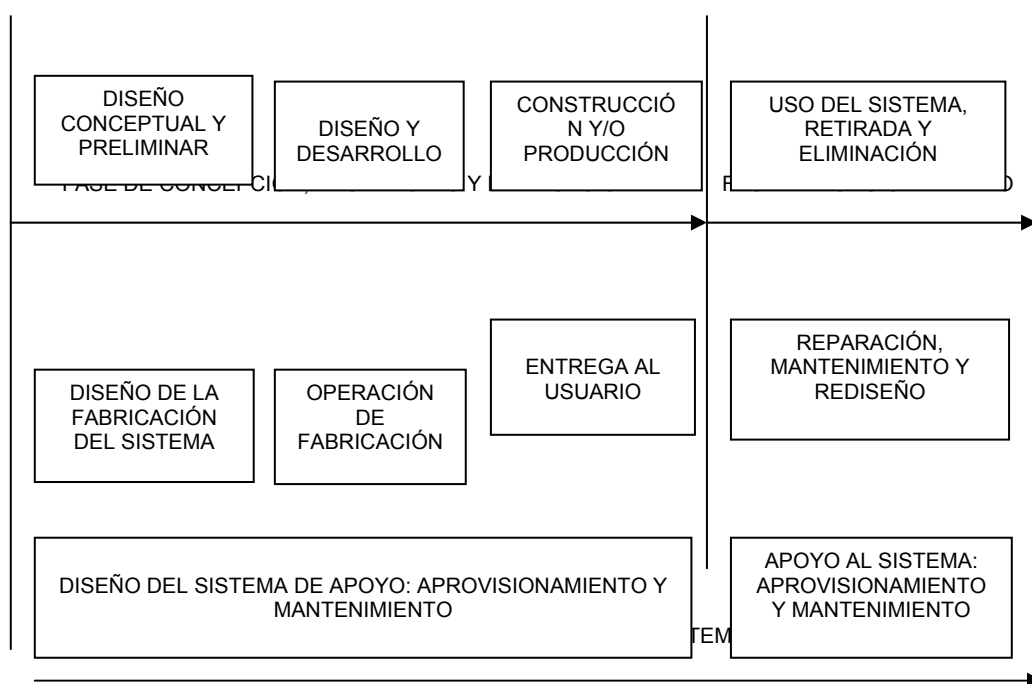


FIGURA 1.2

CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA

(Fuente: adaptada de Fabrycky (1997:22))

Desde la aparición de la necesidad hasta que el sistema ideado y desarrollado ha quedado obsoleto, se han invertido recursos de distinta índole. La obtención y administración de los recursos para sustentar al sistema desde su principio a su fin es el programa o el plan de apoyo logístico a lo largo de su ciclo de vida.

El vocablo obsolescencia se interpreta según la definición que D. R. Drew, (1995:102) propone del mismo:

La disminución de la eficacia de ingeniería de un sistema cuando éste es nuevo, comparándola con la eficacia de ingeniería óptima existente.

El término logística aparece inicialmente unido a los medios necesarios para un determinado apoyo en el campo militar, pero este concepto se ha ido generalizando, y actualmente este término se aplica en todos los órdenes tanto en las organizaciones civiles como militares.

Sarabia (1997:167) define la logística como:

El arte y la ciencia de las actividades técnicas, de gestión e ingeniería relacionadas con las necesidades y recursos de diseño, aprovisionamiento y mantenimiento necesarios para alcanzar objetivos, desarrollar planes y servir de soporte a operaciones.

La definición anterior la consideramos incompleta, ya que notamos la ausencia de un concepto que para nosotros es fundamental, y sin duda el autor estaría conforme con lo que exponemos. El concepto al que nos referimos es el *ciclo de vida* del sistema del que nos hemos ocupado en el epígrafe 1.2.3.1 anterior.

En cambio el concepto de *ciclo de vida* se tiene en cuenta en la definición que Blanchard (1996:112) propone para la logística:

Un enfoque continuado a la distribución y mantenimiento y apoyo continuado de un sistema a lo largo de su ciclo de vida previsto. Evoluciona de la definición del concepto de mantenimiento e incluye actividades tales como la determinación inicial de los requisitos de soportabilidad como parte del proceso de análisis de requisitos, el diseño del sistema para soportabilidad, la obtención y adquisición de los diversos elementos de apoyo, las actividades relacionadas con el manejo y la distribución del material, así como al mantenimiento y apoyo del sistema en el campo. Los elementos de apoyo incluyen personal; aprovisionamiento (repuesto, reparables, e inventarios de apoyo); equipo de apoyo y prueba; embalaje, manejo, almacenaje y transporte; instalaciones; datos técnicos; y recursos informáticos (esto es, software de mantenimiento).

Los conceptos expuestos dan la idea de apoyo logístico que utilizamos en la tesis, y que definimos de la siguiente forma:

APOYO LOGÍSTICO: ciencia de las actividades técnicas relacionadas con el ciclo de vida del sistema, de los recursos aplicados al mismo, del mantenimiento y el aprovisionamiento continuados, del manejo del sistema, de las instalaciones de apoyo necesarias para el funcionamiento, junto con la documentación técnica, operativa y de mantenimiento.

En la figura 1.3 se resume lo dicho en esta definición.

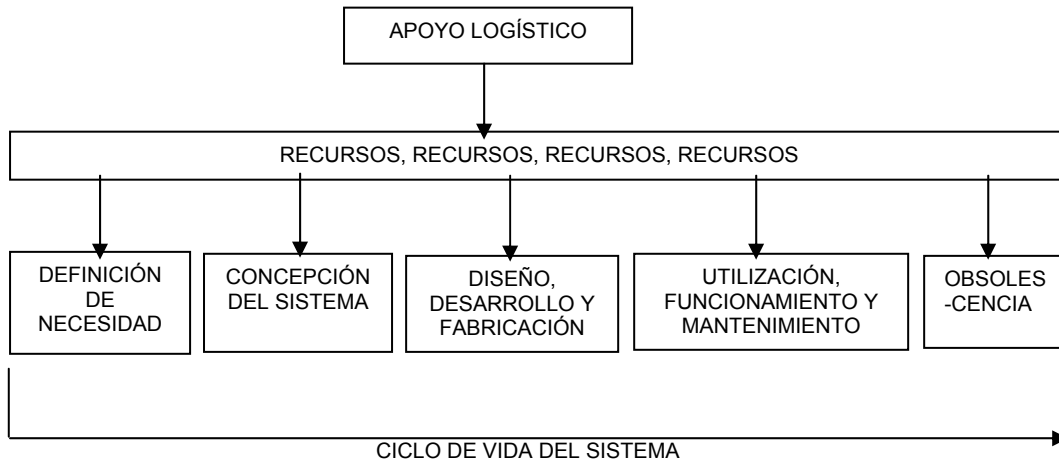


FIGURA 1.3
APOYO LOGÍSTICO DURANTE EL CICLO DE VIDA
(Fuente: elaboración propia)

1.2.3.3. CONFIGURACIÓN

La configuración es un concepto que desde un punto de vista general define la forma física de un objeto. El *Diccionario Enciclopédico Larousse* (1990:758) lo define como:

La disposición de las partes que componen un todo y le dan su peculiar figura o carácter.

Lo que ocurre es que esa manera de enunciarlo se queda pequeña para el ámbito de aplicación en que la estamos usando, ya que como veremos más adelante, no sólo se refiere a su forma sino que también se refiere a sus cualidades.

A continuación se realizará un recorrido documental que permita analizar como se contempla este concepto de la configuración por algunos estándares de tipo contractual, como son las normas ISO y las de la Defensa Nacional emanadas de los STANDARDIZATION AGREEMENT (STANAG) de la OTAN. Este análisis mostrará la trascendencia que las referidas normas dan al concepto del que nos estamos ocupando.

La norma ISO-9004-1 (AENOR, 1994b:13) en su epígrafe 5.2.6, recomendaba llevar y controlar la configuración de aquellos sistemas que son susceptibles de ser modificados, ya que de alguna manera hay que justificar

ante los clientes las acciones que se hayan tomado sobre los mismos, a través de un contrato de cualquier índole que se les aplique.

Las normas de calidad de la OTAN que emanan del STANAG 4159 son mucho más específicas al referirse a la configuración, estableciendo conceptos que se describen a continuación y que son exigibles en los contratos con la Defensa Nacional al aplicarles el cumplimiento de las Publicaciones Españolas de Calidad, que son la traducción española de las de la OTAN.

Al tratar la configuración el STANAG 4159, (1991:b-3) la define como “las características funcionales y físicas de los materiales que son descritos en la documentación técnica, y obtenidos posteriormente para el producto”, y partiendo de este concepto edifica lo que según el citado documento se llama *control, gestión y auditoría de la configuración*.

Continuando con la referencia al mismo documento, el STANAG 4159 explica que un “*control de configuración* lo constituye un conjunto de evaluaciones sistemáticas, coordinación, aprobación y difusión de todas las modificaciones propuestas en la configuración, después de que su referencia haya sido establecida y que la puesta en aplicación de todas las modificaciones aprobadas haya sido verificada”.

Cada organización acogida a esta norma que se dedique al mantenimiento deberá, para cumplimentarla, determinar la manera de llevar a cabo el control de la configuración.

De la misma forma el STANAG considera la *gestión de la configuración* como:

La disciplina consistente en dirigir y supervisar sobre el plan técnico y administrativo, las actividades siguientes:

- a) Identificación de la configuración.
- b) Trazabilidad de la configuración.
- c) Estado de la configuración.
- d) Custodia de la configuración.

El estado de la configuración de los equipos y materiales de los sistemas y su material de apoyo han de estar identificados y trazados según

procedimientos adecuados al efecto, y de esta forma poder ejercer la custodia de la configuración.

La gestión de la configuración de los equipos y materiales de los sistemas es responsabilidad de la organización propietaria, que además es la responsable de llevar a cabo el mantenimiento del mismo.

Todos los cambios de la configuración que están bajo la responsabilidad de la organización de mantenimiento deberán estar debidamente documentados, de tal forma que se pueda efectuar la custodia de la misma.

Debe existir normativa que describa el procedimiento a seguir para la documentación técnica de aquellos procesos que generen su cambio de configuración en los sistemas, equipos y materiales.

Elementos muy importantes para entender el sentido de configuración son los conceptos de identificación y trazabilidad de los sistemas, equipos y materiales empleados en el mantenimiento de los mismos.

Cada elemento de un sistema deberá estar identificado para, de esa manera, poder hacer una gestión de la configuración del mismo.

La identificación viene dada por varios entes como son: el nombre, P/N o número asignado por el fabricante, S/N, número de serie de la fabricación (el mantenedor suele darle un código de trabajo, que se utiliza para designar a los materiales que cumplen la misma función dentro del sistema aunque su número de fabricante sea distinto), número de almacén, condición, que generalmente es un código alfanumérico que describe si es un reparable o no, si se le lleva control de horas de funcionamiento, etc.

La importancia que le damos a la identificación de los productos y materiales, queda refrendada por las normas de catalogación de la OTAN recogidas en los STANDARD NATO AGREEMENTS (STANAG 3150, 1994 y STANAG 3151, 1994), siendo el objetivo de este último el “proporcionar un sistema uniforme de identificación para uso en las Fuerzas Armadas de los países de la OTAN”. Este objetivo hoy día se hace extensivo a toda la comunidad industrial de nuestro entorno.

La trazabilidad la contemplamos según la norma UNE-EN ISO 8402 (AENOR, 1994 a:18), que la define como:

La capacidad para reconstruir la historia, aplicación o localización de una entidad mediante identificaciones registradas. El término "Trazabilidad" puede tener uno de los tres significados principales:

a) en relación con el producto puede referirse a:

- el origen de materiales y piezas,
- la historia de procesos aplicados al producto,
- la distribución y colocación del producto después de la entrega.

b) Referido a la calibración, se aplica a la referencia de los equipos de medición a patrones nacionales o internacionales, a patrones primarios, a constantes propiedades físicas básicas, materiales de referencia.

c) En relación con la recogida de datos, relaciona los datos y cálculos originados a lo largo del bucle de la calidad, remontándose a veces a los requisitos para la calidad para una entidad.

Todos los aspectos concernientes a los requisitos de Trazabilidad, si existen, deben estar claramente especificados, como por ejemplo, periodos de tiempo, puntos de origen ó identificación.

Se considera para el estudio que nos ocupa la definición anterior es más completa que la que da la nueva norma UNE-EN ISO 9000 (AENOR, 2000:20), *Sistema de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario* que a continuación se expone:

Trazabilidad: Capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración.

NOTA 1 – Al considerar un producto, la trazabilidad puede estar relacionada con:

- el origen de los materiales y las partes;
- la historia del procesamiento;
- la distribución y la localización del producto después de su entrega.

Todos los sistemas, equipos y materiales deben ser susceptibles de ser trazados. Para ello es necesario que siempre estén acompañados de los documentos acreditativos.

Los registros de trazabilidad de los sistemas, materiales y equipos recibidos, utilizados en acciones de mantenimiento o depositados en almacenes y pañoles, deberán estar debidamente actualizados.

Lo que se ha descrito respecto de la configuración, identificación y trazabilidad, demuestra el gran impacto y trascendencia que tienen estos conceptos en el mantenimiento de un sistema para su utilización a lo largo de su vida útil.

La auditoría de la configuración consiste en verificar que un artículo está conforme con los documentos de identificación de la configuración, y que estos documentos de identificación son suficientes.

Debido a nuestra experiencia, consideramos que la configuración se debe contemplar bajo dos aspectos:

- El estático: que da idea de la forma como suma de subsistemas; con ello se puede establecer el apoyo logístico necesario a todos y cada uno de sus componentes.
- El dinámico: que da idea de la aplicación del sistema a lo largo de su ciclo de vida.

A modo de ejemplo de las cuestiones mencionadas, consideremos en primer lugar una central térmica para generar corriente eléctrica. El aspecto estático de su configuración sería una lista de todas sus partes teniendo en cuenta sus características y especificaciones. Suponiendo que la central tuviera como generador una turbina de gas, contemplaría sus ejes, las paletas del compresor, la cámara de combustión, rotores de potencia, etc., detallando cuales son sus características físicas o cuales son las especificaciones técnicas y pruebas que se han tenido en cuenta para su construcción y montaje.

El aspecto dinámico se centraría en aquellas características que dan una idea de la funcionalidad de la central térmica y sus componentes dependiendo del régimen de trabajo de los mismos, de sus horas de funcionamiento, del tipo de combustible utilizado, etc.

Otro ejemplo para mejor aclaración de esta idea sería el caso de un buque en el cual la idea de su *configuración estática* nos la daría la relación de las características de todos y cada uno de sus componentes, así como su inventario; en cambio el aspecto *dinámico de la configuración* se derivaría de

aquellas cuestiones que informan sobre si el buque es un carguero, es de pasajeros o una unidad de combate; un barco configurará su forma de navegar o su acondicionamiento interior dependiendo de la tarea a realizar.

En un intento de acotar la explicación de la configuración, pongamos como ejemplo un avión militar de combate, que puede ir configurado como interceptador, como apoyo a una fuerza de tierra o como bombardero.

Como puede verse, la configuración bajo sus aspectos estático y dinámico tiene trascendental importancia para el mantenimiento de los sistemas.

En el entorno del mantenimiento la configuración especifica todas las características de cada uno de los componentes de un sistema, refleja cuales son las peculiaridades de cada uno de ellos y qué normativas de tipo reglamentario o contractual deben cumplir.

El concepto de configuración es de muchísima importancia a la hora de establecer el mantenimiento de un sistema, sobre todo cuando es un sistema complejo como puede ser un avión, un barco, una central térmica, etc., ya que la manera de ser un sistema va a determinar la periodicidad o la frecuencia con que ha de revisarse o cambiarse.

Puede decirse que este concepto, la configuración, perfila el modo de operar que se le va a dar a un sistema durante su vida de funcionamiento y define cual va ser la aplicación del mantenimiento.

1.3. EL MANTENIMIENTO Y SU ENTORNO

La forma de ver el entorno del mantenimiento ha cambiado. Tradicionalmente el mantenimiento se efectuaba siguiendo las indicaciones del fabricante, que consistían en una serie de tareas que se le encomendaban generalmente al mismo utilizador. Estas tareas no iban más allá de sustituciones y/o reparaciones en las que no se había tenido en cuenta el coste al diseñar el sistema.

Knezevic (1996b:32) presenta en su libro un estudio efectuado para dos tipos de aviones ampliamente empleados en las líneas aéreas, el Boeing 757 y

el Boeing 767. Para las cuatro empresas explotadoras más importantes en los Estados Unidos (Northwest, Pan American, Trans World y United Airlines), en el año 1986 los costes de mantenimiento significaron el 24 por ciento en el Boeing 747 y el 17 por ciento en el Boeing 767 del coste total de los producidos por estas aeronaves.

Los datos anteriores dan idea de la importancia del mantenimiento en el sector citado. Si éste es el coste del mantenimiento en un año, considérese cuál será el coste del mantenimiento a lo largo del ciclo de vida incluyendo el diseño del programa de mantenimiento durante la fase de investigación y desarrollo.

Modernamente se contemplan aspectos del mantenimiento que antes no se consideraban, lo que nos permite afirmar que el entorno del mantenimiento ha cambiado de forma notable.

La definición de mantenimiento adoptada en esta investigación, y las aportaciones conceptuales que se han efectuado e incorporado a dicha definición, sugieren un campo para el mantenimiento bastante más amplio de lo que hasta ahora se ha venido considerando.

El ciclo de vida, el apoyo logístico y la configuración de los sistemas que se van a mantener dan una dimensión al mantenimiento y su mundo que vamos a ir tratando en este epígrafe.

A continuación, se abordarán lo que son acciones de mantenimiento, las organizaciones que se dedican a esta tarea, y los niveles, capacidades y recursos que se emplean ya sean humanos, materiales o de documentación.

1.3.1. ACCIONES DE MANTENIMIENTO

En el epígrafe 1.2., al analizar las definiciones de mantenimiento contenidas en las normas JAR y OPNAVINST 4790. 2H, se ha hecho referencia al término de acciones de mantenimiento.

Conviene concretar el significado de la frase *acción de mantenimiento* y su contenido, ya que nos vamos a referir a ella con frecuencia a lo largo del trabajo. El sentido en que la vamos a utilizar responde a una idea concreta pero entendida de forma genérica; concreta porque con ella nos referiremos a

acciones en el ámbito de mantenimiento exclusivamente, y genérica porque la emplearemos para designar actividades diversas como: conjunto de tareas, estudios, trabajos, asesoramientos, labores de coordinación, etc., que están encaminadas a efectuar algo en cualquier sistema que esté sometido a un plan de mantenimiento.

Esta frase incorpora una idea asociada de una tarea a realizar, más la documentación que la acredita. Pongamos como ejemplo de este concepto la orden de trabajo de entrada necesaria para que un taller de automóviles acometa una reparación. El cliente del taller de reparaciones tiene la intención de solucionar un problema mecánico, para lo que el cliente expresa por escrito su necesidad en una orden de trabajo, de tal manera que ésta quede reflejada en el documento de pedido. El cliente está solicitando una acción de mantenimiento acreditada con un documento. El resultado de la acción de mantenimiento deberá corresponderse con lo demandado en la orden de trabajo de la recepción. En la práctica el cliente firma en la solicitud del servicio a la entrada del taller, y firma de nuevo a la salida del mismo dando su conformidad con lo efectuado.

Encontramos que el término *acción de mantenimiento* es el que más se acomoda para describir las tareas dentro del mundo del mantenimiento, tanto si dichas tareas son de orden intelectual como si corresponden a trabajos físicos.

1.3.2. LAS ORGANIZACIONES QUE SE DEDICAN AL MANTENIMIENTO

El tipo de organización que se describe a continuación es una organización ideal, que por sí misma sea capaz de asistir en su totalidad a todas las acciones de mantenimiento de uno o varios sistemas de gran complejidad. En la práctica esto no se suele presentar ya que, aunque la organización disponga de grandes recursos, siempre tendrá alguna carencia que la hará recurrir al auxilio de otra más especializada en un área específica.

Los objetivos de la organización ideal que planteamos como supuesto serán los de asistir a los sistemas a mantener en todos los ámbitos requeridos, mediante las acciones de mantenimiento necesarias.

Normalmente, las organizaciones que se dedican al mantenimiento establecen niveles y capacidades. Estos términos se detallarán en el epígrafe siguiente de forma separada por la importancia que se considera que tienen en el ámbito que nos ocupa.

1.3.2.1. NIVELES Y CAPACIDADES EN EL MANTENIMIENTO

Se deben establecer escalones o niveles en el mantenimiento, en función del grado de complejidad y envergadura de las tareas que requiere. Estos niveles dependen en gran medida de la funcionalidad de los sistemas y de la accesibilidad a los distintos equipos que los componen. Los criterios para definir los distintos niveles o escalones son muy variados, dependiendo de circunstancias tales como la existencia o no de almacenes de repuesto, el personal que se va a dedicar al mantenimiento, la documentación existente al efecto y los materiales que se precisan.

Existen varios criterios para definir el concepto de niveles de mantenimiento.

La Armada utiliza el término escalones de mantenimiento en la Directiva del Jefe del Estado Mayor 02/90 de 23 de noviembre de 1990, que los define en función de la autoridad que los manda. El primer escalón es la unidad, por ejemplo el buque, cuyo comandante es su mando. El segundo escalón está bajo el mando operativo, por ejemplo el almirante de la Flota, el tercer escalón lo está bajo el almirante del apoyo logístico y el cuarto escalón son las empresas civiles que trabajan para la Armada bajo contratos.

Sin embargo, la Marina de los EE. UU. en el OPNAVINST 4790. 2H, de 1 de febrero de 1998 al referirse al vocablo “maintenance level”, establece:

Maintenance tasks divided into the numbers of levels required so common standards can be applied to the many and varied aircraft maintenance activities of the military establishment. They are increments of which defines the three levels as depot, intermediate, and organizational.

Es decir, destaca que las tareas de mantenimiento se dividen en tres niveles que crecen dependiendo de la envergadura de las acciones que acomete. Los niveles que contempla la Marina de los EE. UU. son el nivel “O” o de organización (primer escalón), nivel “I” (intermedio) y “D” (para trabajos de carácter industrial).

Knezevic (1996b:176) incide también sobre la general aceptación de los términos *niveles* y *escalones* de mantenimiento dependiendo de la entidad de las acciones de mantenimiento que acomete.

Nuestro punto de vista al respecto es que los niveles o escalones de mantenimiento deben ajustarse a las capacidades de los mismos, entendiendo el término *capacidad* en la acepción que se desarrolla al final del epígrafe 1.3.2.1.

Aunque existen organizaciones que consideran cuatro e incluso cinco niveles de mantenimiento, generalmente se establecen tres niveles o escalones de mantenimiento. En esta Tesis vamos a utilizar el término NIVEL, por considerarlo más acorde con el de capacidad que se expone más adelante:

- Nivel 1: A este nivel también se le suele llamar nivel "0" o de organización. A lo largo de nuestra experiencia en buques y aeronaves de la Armada, hemos encontrado que se le suelen por lo general asignar acciones de mantenimiento de sustitución de componentes, revisiones que no excedan de unos 15 días, atención al funcionamiento, conducción e implementación de órdenes técnicas que no vayan más allá del cambio o sustitución de equipos y/o componentes. Normalmente, ésta es una responsabilidad directa del usuario mantenedor.

El vocablo *o-level* en el OPNAVINST 4790 se emplea para referirse a este primer nivel, que se define como:

Maintenance which is the responsibility of, and is performed by, a using organization on its assigned equipment. Its phases normally consist of inspecting, servicing, lubricating, and replacing parts, minor assemblies, and subassemblies.

De los conceptos anteriores se desprende que en los ambientes modernos del mantenimiento los significados son muy parecidos, tan sólo se adaptan a las organizaciones que tienen la responsabilidad de llevarlo a cabo.

- Nivel 2: También llamado intermedio. De nuevo por nuestra experiencia, sabemos que se le asignan acciones de mantenimiento para acometer reparaciones, cambios de envergadura, revisiones que suelen durar más tiempo que en el nivel 1, implantación de órdenes técnicas que implican desmontaje de subsistemas y componentes. La responsabilidad de este nivel no debe incluir la conducción ni el

funcionamiento, y la dirección de este nivel no debe ser la misma que la del nivel 1.

En la Orden Ministerial delegada 282/81 del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada, por la que se aprueba el Reglamento de Mantenimiento para la Fuerza Naval e Instalaciones de Apoyo, se define el Segundo Escalón como:

Conjunto de acciones de tipo preventivo, correctivo, de rehabilitación y de modificación que, por su complejidad y magnitud, se ejecutan en establecimientos de la Armada, bajo la responsabilidad del Almirante Jefe del Arsenal o del Jefe del Arsenal correspondiente, cuando no sea de la categoría de Almirante. En este Reglamento, y para simplificar, en lo sucesivo se le denominará Jefe del Arsenal.

También la acepción empleada por la Armada es coincidente con la idea que nosotros exponemos y que, como hemos dicho antes, es el concepto que se utiliza en los ambientes del mantenimiento.

- Nivel 3 : Este nivel se ocupa de la regeneración de los sistemas y subsistemas en profundidad mediante órdenes técnicas, que pueden reformar en parte o totalmente los sistemas. La dirección de este nivel también debe ser independiente. Este nivel da normalmente apoyo técnico y de fabricación a los otros dos niveles más bajos.

Knezevic (1996b:178) al referirse a este nivel lo hace como “nivel del mantenimiento del almacén, depósito o tercer escalón” y le asigna tareas complejas de mantenimiento, pero en el sentido de capacidad de almacenaje de componentes y partes. En nuestra opinión, este concepto se está mezclando con lo que es un tercer escalón de aprovisionamiento.

El OPNAVINST 4790 utiliza el vocablo *Depot Level* y lo define de una forma parecida a la que hemos expuesto nosotros para este nivel 3.

Se puede poner un ejemplo de un sistema conocido: el automóvil. El mantenimiento que hace el usuario del vehículo podría ser de primer nivel. El segundo nivel sería aquel que efectúa el concesionario o taller autorizado por la casa fabricante, que efectuaría trabajos tales como el cambio de aceite, cambio de filtros de aceite, combustible o aire. El tercer nivel, nuevamente estaría representado por el propio taller autorizado pero ahora podría o tendría que efectuar algún cambio sistemático de piezas. Este cambio sería recomendado por la casa constructora.

Cabe la posibilidad de establecer un cuarto nivel cuando se dé la circunstancia de que los tres primeros tengan una dirección superior común. Sería esta dirección superior de los tres primeros niveles la responsable de la contratación con el cuarto nivel.

Continuando con el mismo ejemplo, supongamos que un usuario tiene en su domicilio la posibilidad de cambiar los filtros en general. En este caso, sería un mantenimiento de segundo nivel efectuado por el primero, entonces decimos que el primer nivel tiene la capacidad de efectuar determinado mantenimiento.

El ejemplo anterior nos lleva a considerar otro concepto más: la CAPACIDAD.

La Armada en la mencionada Directiva 02/90 (1990:5.16) define la capacidad del mantenimiento como:

La cualidad que define las posibilidades de mantenimiento de un determinado Escalón de Mantenimiento, en función de los conocimientos técnicos y medios necesarios para su realización.

La capacidad viene determinada por los recursos asignados a cada nivel de mantenimiento. Los recursos que vamos a considerar en el presente trabajo son los recursos humanos, los de material y los de documentación técnica para efectuar las acciones de mantenimiento, con respecto a los que cabe indicar:

- El personal debe tener acreditada la instrucción y el adiestramiento adecuados para efectuar las tareas encomendadas.
- El material para acometer las acciones de mantenimiento debe ser el especificado por los manuales de mantenimiento al efecto.
- La documentación debe describir los procesos, la organización y los métodos a emplear en las correspondientes acciones de mantenimiento.

En los subepígrafes siguientes vamos a desarrollar estas capacidades de manera más detallada.

1.3.2.1.1. PERSONAL

El personal que se dedica al mantenimiento ha de ser un personal debidamente preparado y reglamentariamente acreditado. De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 8402 (AENOR, 1994a:13), se llamaba calificación o cualificación del personal a:

La situación concedida a una persona, cuando ha demostrado su aptitud para cumplir los requisitos o exigencias especificados.

Se encuentra más adecuada la definición de la anterior norma, ya obsoleta, que la que da la UNE-EN ISO 9000 (AENOR, 2000).

Esta certificación debe llevar consigo un proceso de formación, así como el necesario adiestramiento operativo.

La Armada en la citada directiva 02/90 (1990:5.15) trata el asunto de personal en los términos siguientes:

El personal, civil y militar, deberá poseer el grado de especialización adecuado para realizar las tareas de gestión, ejecución y control que se le encomiende. La permanencia en destinos logísticos es garantía de una mayor eficacia.

Knezevic (1996 b:21) con relación al personal dice:

Se incluye el necesario para la instalación, comprobación, manejo y realización del mantenimiento del elemento o sistema y de los equipos necesarios de prueba y apoyo. Debe considerarse la formación específica del personal necesario para cada tarea de mantenimiento.

Como se observa, la capacidad del mantenimiento está mediatizada en gran medida por la formación y adiestramiento del personal, y se puede considerar unánimemente aceptada la afirmación de que para el mantenimiento esta formación es específica. La cualificación que necesita el personal de mantenimiento para realizar su trabajo se resume en el cuadro 1. 3.

TRABAJO = FORMACIÓN + ADIESTRAMIENTO = CUALIFICACIÓN
--

CUADRO 1.3
RELACIÓN TRABAJO-CUALIFICACIÓN.
(Fuente: elaboración propia)

Cada organización aplicará criterios generales, de tal forma que todas y cada una de las personas de la misma, tengan en su ficha técnica el nivel de conocimientos necesarios para cumplir sus cometidos.

Para definir la capacidad del personal se deben establecer los distintos conocimientos que debe tener, dependiendo de la tarea que va a desarrollar en la organización. Estos conocimientos deben estar acreditados y establecer las certificaciones mínimas para desempeñar una tarea. En la organización deben existir unas directrices generales para la formación del personal que realice actividades de mantenimiento.

Pueden existir hasta seis niveles de cualificación para el ejercicio de las funciones y responsabilidades acometidas por la organización en el área de mantenimiento, como establece el Procedimiento Operativo de Calidad 181 del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de aeronaves de la Armada (POC-181, 2000), en lo referente a la formación y adiestramiento de su personal de mantenimiento. Dicho procedimiento ha sido preparado por el autor del presente trabajo, y actualmente está aprobado y en vigor en la mencionada Organización.

- Nivel 1: ambientación.
- Nivel 2: adaptación.
- Nivel 3: producción.
- Nivel 4: inspección y/o verificación.
- Nivel 5: supervisión.
- Nivel 6: dirección.

Estos niveles de cualificación determinan el campo de atribuciones y responsabilidades en la actuación de un profesional en el mantenimiento, y así mismo fijan los tipos de tareas y trabajos que pueden desempeñar.

El citado POC-181 establece que el Plan General de Formación y Adiestramiento del Segundo Escalón de Mantenimiento, deberá tener un carácter complementario a la experiencia y capacitación que debe ir adquiriendo un profesional en el ejercicio de su trabajo como consecuencia del normal esfuerzo de actualización y estudio que realiza para el desempeño de sus funciones.

Para facilitar esta labor, la organización debe contar con una sección que coordine un plan de formación y adiestramiento para todo el personal de la misma.

En el Plan General de Formación y Adiestramiento se establecerán las pruebas y condiciones a superar para adquirir un nivel de cualificación determinado, y la certificación de una cualificación será expedida por el organismo autorizado o reconocido por la Dirección de la Organización para este cometido.

Lo que a continuación se expone es el contenido del trabajo que, como se ha indicado anteriormente, hicimos en la redacción del POC-181 de lo que puede exigirse en cuanto a formación en los distintos niveles de cualificación para el personal de una organización que se dedique al mantenimiento:

NIVEL 1: AMBIENTACIÓN.

La AMBIENTACIÓN persigue el objetivo de CUALIFICAR a una persona para que obtenga unos conocimientos elementales que le permitan moverse en el ambiente de la organización, concediendo especial énfasis a las condiciones de seguridad e higiene dentro de su futuro ámbito de trabajo. Deberá incluir los contenidos necesarios para:

- Proporcionar una formación básica y apropiada. Se impartirán en un centro reconocido.
- Adquirir una información general de las normas de seguridad que afecten a su organización.
- Conocer de una manera global el sistema de calidad de la organización.
- Permitir un mejor desenvolvimiento en la organización. Para atender a este fin se proporcionarán conocimientos sobre los objetivos perseguidos por la organización.

La duración de este periodo puede ser de dos o tres meses. Se deberá acreditar de manera conveniente que se adquieren tales conocimientos.

Durante el tiempo que se considere oportuno, cada persona irá ocupando los distintos puestos y/o actividades de la organización, a los efectos de obtener un conocimiento global de la misma que le sirva para una información general de sus actividades futuras.

Una vez finalizado este tiempo, el Jefe de la División/Dependencia dará el visto bueno para iniciar el periodo de ADAPTACIÓN (nivel 2), comunicándolo al responsable de formación y adiestramiento.

NIVEL 2: ADAPTACIÓN.

En este nivel la organización vigilará que se adquiera:

- Conocimiento sobre el mantenimiento del material de su futuro trabajo.
- Con el consentimiento de su Jefe en la organización, realización de trabajos en su futura área, controlado siempre por un nivel 4 de su área de trabajo.
- Iniciación en el conocimiento de los manuales técnicos, que afecten a su futuro trabajo o de nivel superior, mientras el Jefe de la organización lo considere necesario.
- Preparación para interpretar manuales técnicos en un idioma distinto si esto fuese preciso.

Cuando el jefe de la organización lo considere oportuno, se efectuará una prueba de CUALIFICACIÓN de acuerdo con el coordinador del área de enseñanza, para que pueda acceder al nivel 3.

NIVEL 3: PRODUCCIÓN.

Este nivel es el mínimo que debe alcanzar un operario para desempeñar su tarea y su actuación deberá ser la siguiente:

- Efectuará trabajos propios de su organización, al principio siempre acompañado de otra persona con más experiencia de este nivel.
- Interpretará manuales técnicos de su organización cuando proceda, siempre asesorado por un supervisor.
- Se integrará en los correspondientes grupos de comisiones para efectuar trabajos fuera de su organización, en caso que se realizase este tipo de actividad.
- Se formará en la solución de averías y reparaciones de su área.

Con este nivel podrá dirigir equipos de trabajo con la autorización del Jefe de la organización.

Para este nivel se establecerá el tiempo que debe durar el periodo de formación, consensado con el jefe de la Organización y el responsable de la formación y adiestramiento.

NIVEL 4: INSPECCIÓN Y/O VERIFICACIÓN.

Para el acceso a este nivel tendrá que tener la aprobación de gestión de calidad a propuesta del Jefe de la organización y deberá reunir los requisitos que se detallan a continuación:

- Conocer el control de calidad de su organización.
- Poder acometer acciones de verificación de su organización.
- Conocer e interpretar los manuales técnicos de su organización.
- Haber dirigido equipos de trabajo.

- Haber coordinado trabajos en su organización por orden del director de la misma.

- Estar preparado por los conocimientos que ha adquirido sobre su organización, para desempeñar el trabajo de coordinador en destacamentos al exterior en el caso que sea una tarea de la organización.

- Estar familiarizado con métodos de aseguramiento de la calidad de la organización.

Aquel personal que haya accedido a este nivel puede ser designado como hombre de gestión de la calidad de acuerdo con las actuaciones anteriormente citadas.

Un operario, trabajador o técnico adquirirá el nivel 4 en un tiempo que acredite experiencia suficiente en su área de trabajo, desde la fecha de presentación en su organización; este tiempo tendrá que ser sancionado por la jefatura de gestión de calidad.

NIVEL 5: SUPERVISIÓN.

Para poder obtener este nivel, es necesario cumplir con los requisitos de antigüedad en la organización y tener una experiencia en el nivel 3 correspondiente a un tiempo predeterminado bajo las directivas del responsable de formación y adiestramiento. Podrán desempeñar este nivel también quienes posean el nivel 4 (sin que sea necesario), y realizarán los siguientes trabajos:

- Jefatura de Sección.
- Coordinación de trabajos entre secciones y organizaciones de su dependencia.
- Ejercer las funciones de aseguramiento y/o control de calidad en el caso que tenga acreditado el nivel 4.
- Podrá desempeñar funciones de asesor de trabajos.
- Podrá ser coordinador en todo tipo de comisiones fuera de la organización.
- Podrá traducir o asesorar en la traducción de instrucciones técnicas en algún idioma, en el caso que fuera necesario.
- Estará capacitado para desempeñar tareas de instructor en su área de trabajo.

El nombramiento del Supervisor será competencia del jefe de la organización que deberá dar conocimiento al responsable de formación y adiestramiento y a la jefatura de gestión de calidad.

NIVEL 6: DIRECCIÓN.

Este nivel será el mínimo requerido para la función de dirección de una organización.

Generalmente esta capacidad será aplicada a personas que tengan una titulación académica de nivel técnico o superior.

Debe tener la cualificación oportuna que esté de acuerdo con la responsabilidad a asumir en las tareas/trabajos asignados en el ámbito de la organización, obtenida en un centro docente acreditado al efecto.

Deberá tener conocimientos en las áreas siguientes:

- Sistema de calidad al que se haya sometido la organización.
- Seguridad e higiene en el trabajo.
- Normas de funcionamiento y reglas de su organización en general.
- Aspectos particulares de la organización en la que desarrolle su actividad.

El periodo de tiempo desde la presentación hasta el nombramiento como director no debe ser superior a un mes, durante el cual recibirá la notificación de la Dirección.

Consideramos que, de la misma manera que lo que ha sido expuesto se ha adoptado por la Flotilla de Aeronaves de la Armada, podría ser tenido en cuenta en otras organizaciones que se dediquen al mantenimiento.

Baldin *et al.* (1982:144) al aludir a la formación y adiestramiento del personal de mantenimiento dicen:

El adiestramiento del personal obrero...

A los niveles siguientes:

a) Existe un adiestramiento continuo...

b) Otra clase de adiestramiento la realiza el operario experto sobre su ayudante...

c) La forma de adiestramiento más completa y provechosa, sin embargo, es la llevada a cabo a través de cursos periódicos promovidos por iniciativa de la empresa o recurriendo a escuelas profesionales.

En los apartados a, b y c anteriores, al referirse a la formación continua, a efectuar tareas con personal de nivel superior y a la formación en escuelas profesionales, coincide con lo que se ha venido exponiendo sobre la formación y el adiestramiento.

Como se desprende del contenido de la cita anterior, los criterios para la formación y el adiestramiento del personal de mantenimiento de Baldin *et al.* se asemejan a lo detallado en el POC-181.

1.3.2.1.2. MATERIAL

La variedad del material aplicable al mantenimiento es enorme, y además este material debe estar debidamente documentado, ya se trate de una simple

llave inglesa o de un sofisticado banco de pruebas, como puede ser el banco de pruebas de una turbina de gas.

En la citada Directiva del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada (1990:5.15) el material se trata de la siguiente manera:

El material, especialmente de repuestos, necesario para ejecutar las acciones de mantenimiento, constituye un factor posibilitante cuya importancia es primordial. Su definición previa es imprescindible para conseguir su disponibilidad en cantidad, calidad, momento y lugar oportunos, objetivos permanentes del Aprovisionamiento. La correcta determinación de las necesidades de pertrechos y repuestos, y su eficaz gestión, facilitan la oportuna realización de las acciones de mantenimiento.

El material se suele dividir en varios conceptos:

- Repuestos.
- Consumo.
- Bancos de prueba.
- Utensilios de montaje o desmontaje.
- Herramientas especiales.
- Herramientas estándar.
- Equipos de inspección.
- Equipos de ensayos.
- Equipos de calibración.
- Instalaciones.

Hay que tener en cuenta que los recursos de material relacionados tienen al final una repercusión económica, y la puesta a disposición del mantenimiento de estos recursos es una función del apoyo logístico. Dicha función la desempeña el aprovisionamiento que entiende de los asuntos financieros.

1.3.2.1.3. DOCUMENTACIÓN

Todo programa, acción, proceso, inspección, prueba, ensayo, etc., ha de estar amparado documentalmente, es decir, cualquier acción de mantenimiento debe tener su publicación técnica acreditada y una orden de ejecución.

Consultando lo que Knezevic (1996b:22) dice respecto de este epígrafe encontramos que se refiere a él de la forma que transcribimos a continuación:

Datos técnicos: procedimientos de comprobación, instrucciones de mantenimiento, procedimientos de inspección y calibración, procedimientos de revisiones generales, instrucciones de modificación, información sobre las instalaciones, planos y especificaciones que son necesarios para realizar las funciones de mantenimiento del sistema. Tales datos no sólo se refieren al sistema, sino también al equipo de prueba, transporte y manejo del equipo, equipo de instrucción e instalaciones.

El primer requisito que deberían reunir las organizaciones que se dedican al mantenimiento, como cualquier otra institución, es poder acreditar la documentación pertinente de su constitución conforme a la legalidad vigente.

Los trabajos y acciones de mantenimiento que se efectúen por parte de las organizaciones de mantenimiento a clientes deben quedar especificadas en contratos de tal manera que, mediante el cumplimiento de los mismos, los objetivos estén orientados a satisfacer las necesidades de sus clientes, y para ello deben estar detallados en documentos al efecto.

Todos los procesos que se generen para atender las acciones de mantenimiento que se soliciten irán explicitados documentalmente en manuales de mantenimiento, los cuales detallarán las actividades de trabajo.

La administración de la organización diseñará una serie de formatos, registros y demás documentos que soporten la tramitación imprescindible en una empresa.

La organización deberá contar con un manual de calidad y unos procedimientos generales y específicos para la misma.

Todo el material que se necesite para el funcionamiento de la actividad de la organización deberá ir acompañado de su correspondiente

documentación y todos los documentos técnicos de cambio o diseño estarán descritos en los documentos apropiados.

En resumen, todas las actividades y acciones de mantenimiento han de estar acreditadas mediante la documentación correspondiente de esta manera mostramos nuestro acuerdo con lo que hemos transcrito anteriormente expresado por Knezevic (1996b:22).

1.3.2.2. LAS DENOMINACIONES DE LAS SUBDIVISIONES DE UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

Las organizaciones que se dedican al mantenimiento tienen terminología que utilizan con un carácter particular. Con intención de hacer referencia a alguna de ellas trataremos la ya mencionada del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. La estructura de un lenguaje propio demuestra que el mundo de mantenimiento ha evolucionado hacia una forma peculiar de entenderse.

Se va a utilizar un convenio para nombrar las distintas subdivisiones de una organización que se podrían aplicar a una organización en general. Las definiciones de este convenio están basadas en la terminología de la ISO 9000: 2000 que se aplican a las definiciones del Procedimiento Operativo de Calidad nº 013 (Procedimiento para la elaboración del Manual de Organización de las divisiones/dependencias) del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves POC-013 (2002), que describe el método para confeccionar los libros de organización de las distintas dependencias del sistema de calidad de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. Estas definiciones se desarrollan a continuación.

De la misma forma que cuando nos referíamos al tema de formación y adiestramiento, el POC-13 (2002), es un trabajo efectuado por nosotros que está en vigor y aprobado por la Armada.

El convenio es el de la ISO 9000:2000, que define vocablos como:

Norma: el conjunto de instrucciones que regulan el funcionamiento de una Organización (Taller, Dependencia, Laboratorio, etc.).

Entidad: Lo que se puede describir y considerar individualmente.

NOTA: Una entidad puede ser, por ejemplo:

- Una actividad o proceso.
- Un producto.
- Una organización, un sistema o una persona.
- La combinación de todos o algunos de ellos.

Organización: Compañía, sociedad civil o mercantil, firma, empresa o institución, o parte de ellas, de carácter público o privado, jurídicamente constituida o no, que tiene su propia estructura funcional y administrativa.

El mencionado POC-013 aplica las definiciones de la citada norma ISO 9000:2000 mencionada de la siguiente forma:

División: Es una entidad dentro de la organización bajo el control directo del máximo responsable de la organización, que reúne actividades administrativas, técnicas, de asesoramiento y procesos productivos (talleres/laboratorios...).

Dependencia: Es una entidad dentro de la organización bajo el mando directo del responsable máximo de la organización, que reúne los mismos conceptos que la entidad de la División excepto los procesos productivos (talleres/laboratorios...).

Destino: Es una entidad dentro de la División o la Dependencia que, subordinado a ellas, efectúa una actividad o proceso de cualquier índole.

Sección: Es una entidad subordinada al Destino que efectúa cualquier actividad o proceso.

Libro de organización de un ente: Instrucción Técnica del ente que describe las funciones encomendadas a éste y cómo las desarrolla.

La organización debe tener un libro que describa sus objetivos, y las distintas funciones que debe acometer para alcanzarlos. Este libro de organización deberá ser la suma de todos los libros de organización de los distintos entes que la componen de menor rango de responsabilidad.

Básicamente la organización estará compuesta por DIVISIONES y DEPENDENCIAS, y éstas a su vez estarán divididas en DESTINOS y SECCIONES (véase figura 1.4).

Se piensa que para una economía de recursos, el personal asignado a una organización debe estar distribuido en los entes de la misma, de tal manera que las funciones encomendadas sean desempeñadas por una o varias personas. Dicho de otro modo: que una persona pueda desempeñar varias funciones de la organización y una función pueda ser asignada a varias

personas. Para conseguir esta forma de funcionamiento se debe establecer de una manera clara por parte de la dirección quiénes son los responsables ante ella de las funciones a desempeñar.

Con respecto a lo dicho en el párrafo anterior la Directiva 02/90 refiriéndose a este tema indica:

Los grupos e instalaciones de mantenimiento deben estar adecuadamente dotados de personal, medios y equipos. Se debe conseguir la debida concentración y unificación de Instalaciones que desarrollan misiones similares y evitar todo intento de dispersión o individualismo innecesario.

Las dependencias deberán ser tales que puedan cumplir con las siguientes funciones:

- Dirección: La dirección es la responsable de llevar a buen término los objetivos de la organización.

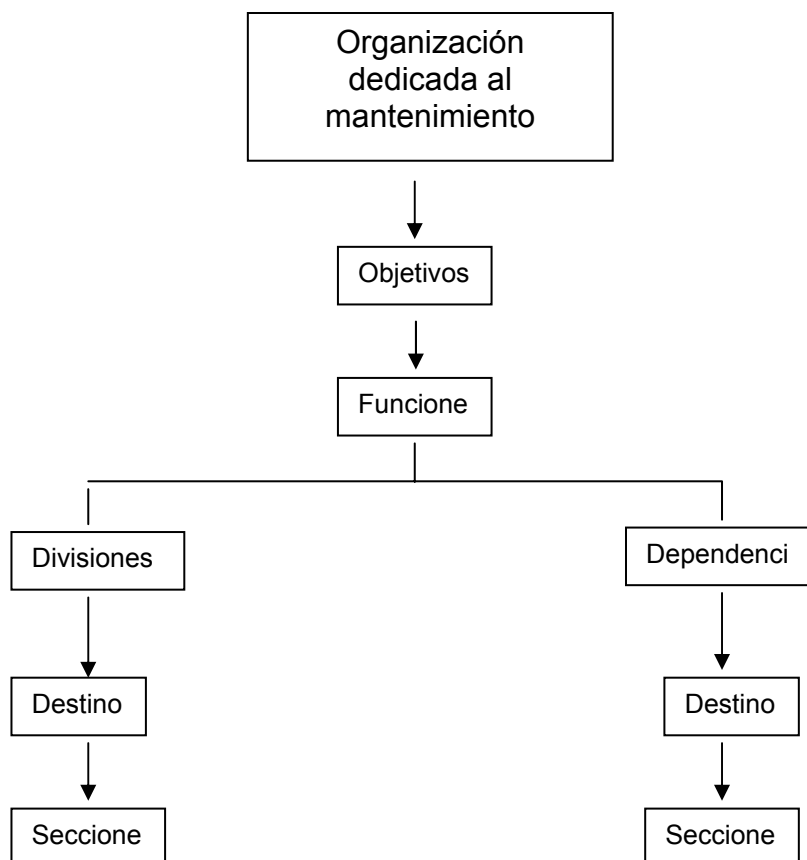


FIGURA 1.4
SUBDIVISIONES DE UNA ORGANIZACIÓN.

(Fuente: elaboración propia)

- Asesoría legal: se debe encargarse de todos los asuntos legales y laborales de la organización, asesorando a la dirección para tomar las decisiones adecuadas dentro del marco de la legalidad vigente.
- Administrativa.
- Financiera.
- Gestión de la calidad.
- Gestión de personal.
- Aprovisionamiento.
- Oficina técnica.
- Producción.
- Higiene y seguridad.
- Formación y adiestramiento.

Las Divisiones deberán ser establecidas de acuerdo con las siguientes funciones:

- Plantas de potencia.
- Electricidad.
- Electrónica.
- Estructuras.
- Componentes.
- Laboratorio de fluidos.
- Laboratorio de calibración.
- Laboratorio de ensayos.

Teniendo en cuenta la dimensión de la organización, las dependencias, divisiones, destinos y secciones pueden estar agrupadas por funciones afines.

En la realidad es difícil que exista una organización que pueda cumplir por sí misma todas las funciones aquí expuestas, por lo que generalmente las organizaciones contratan con otras organizaciones a las que se les encomiendan algunas tareas.

Lo que pone en funcionamiento a una organización es que un cliente genere un documento contractual en el que estarán contenidos los requisitos para mantener en su totalidad o en parte los sistemas contratados.

La organización hará entrega a un cliente de un servicio especificado en un contrato y tendrá que contrastar ella misma que efectivamente los cumple,

función que realizará por medio de la gestión de la calidad. Para formalizar el contrato tendrá una función de tipo formal que estudie los requisitos legales y para cumplirlos la organización deberá realizar múltiples funciones en sus distintas dependencias.

Determinadas actividades del mantenimiento que se van a desarrollar a continuación no han sido tradicionalmente tratadas en las publicaciones de mantenimiento. Estas tareas mencionadas, como son las gestión de la calidad, las de oficina técnica, etc., se conjugarán con las funciones tradicionales de la organización para la obtención de los objetivos generales de la misma.

1.3.3. CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO

En este epígrafe se pretende mostrar la fuerte incidencia que tienen los sistemas de la calidad en la estructura organizativa de las entidades que se dedican al mantenimiento.

La capacidad de funcionamiento de los sistemas depende en gran medida de la calidad de los mismos y del posterior mantenimiento de éstos, por lo que la calidad debe asegurarse antes de su puesta en servicio.

Lo anteriormente expuesto ha traído como consecuencia una nueva política de aseguramiento de la calidad para los suministros adquiridos y mantenidos por las organizaciones.

Para mantener el alistamiento¹ de los sistemas debe tenerse en cuenta las peculiaridades de éstos. Es en este ámbito donde las organizaciones desarrollan su función para obtener los grados de disponibilidad de operación al mínimo coste y máxima seguridad de funcionamiento, en definitiva la máxima calidad.

A continuación incluimos unos conceptos extraídos de la Publicación Española de Calidad, Guía General Otan de Aseguramiento de la Calidad (PECAL 100, 1995):

Se observa que los conceptos modernos sobre gestión de calidad, que permiten una mejora continua de los procesos y del producto, se están adoptando gradualmente por la industria, incluidas las empresas relacionadas con la defensa, y por los gobiernos. La

gestión de la calidad, como filosofía, tecnología y forma económica de gestionar los recursos, se ha convertido en un concepto que se centra en la mejora continua a todos los niveles de una organización.

La gestión de la calidad es aplicable a todas las funciones y niveles de una organización, y establece un equilibrio entre el control, el aseguramiento y la mejora de la calidad. Cualquier sistema de gestión de la calidad debe abarcar los tres conceptos.

Las organizaciones que se dedican al mantenimiento deben abarcar los conceptos antes citados, que deben estar recogidos en un manual de gestión de la calidad que defina el sistema de calidad de las mismas. Dicho manual debe servir como referencia durante la implantación y aplicación del sistema, y de él debe desglosarse el resto de la documentación de calidad precisa y necesaria para llevarlo a cabo, como son los procedimientos operativos de calidad, instrucciones técnicas, manuales de organización, etc.

Por experiencia conocemos que los criterios para la confección de los capítulos de los manuales de gestión de la calidad empleados en instalaciones industriales son, bien un seguimiento exhaustivo de los epígrafes de la norma correspondiente, o bien una adaptación de los conceptos de ella a una organización concreta. A continuación se expone el criterio que adoptamos en la redacción del manual de gestión de la calidad del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves, actualmente aprobado por la Armada.

Los capítulos en los que se divide el manual describen las herramientas necesarias para lograr el aseguramiento de la calidad. El cumplimiento de todos los capítulos garantizará la calidad en las distintas tareas llevadas a cabo por la organización de mantenimiento, al estar respaldados por el sistema de calidad implantado.

El capítulo 1 expone el compromiso de la dirección con la calidad en su más amplio sentido. La dirección conoce que la puesta en práctica de todos los capítulos por los diferentes niveles de la organización hará que se logren los objetivos de calidad fijados: "generales", permanentes, expuestos en este capítulo y "particulares": internos, objetivos a corto plazo controlados por el

1. El término "alistamiento" se utiliza en la Armada para dar la novedad al mando del *listos para operar*.

Comité de Calidad y encaminados a lograr una mejora continua que permita alcanzar los objetivos generales.

El objetivo general y principal es elevar la calidad de los mantenimientos realizados en la organización, así como la mejora continua en la gestión y control de las acciones de mantenimiento de los distintos niveles, con el fin de lograr la máxima calidad en sus trabajos y una reducción del coste general del mantenimiento.

La dirección usará como medida de la calidad alcanzada los parámetros que se establezcan en el capítulo correspondiente al aplicarse sobre los distintos equipos/sistemas para, a partir de dichos parámetros, definir las acciones necesarias para mejorar el sistema.

Otros capítulos describen la estructura que se requiere para conseguir los objetivos anteriormente expuestos, y en ellos especificarán las herramientas necesarias para gestionar el sistema de la calidad, y se describirán las distintas fases de las tareas efectuadas por la organización.

Al final, todos los procesos que tiene el mantenimiento deben estar en concordancia con las especificaciones de partida; acreditar esta exigencia implica que la organización que ejerce el mantenimiento ha de tener un sistema de calidad.

La calidad en los procesos está basada en la acreditación de la identificación, trazabilidad y configuración de los productos que se mantienen y se debe poner de manifiesto la diferencia entre los sistemas de la calidad para los requerimientos del mantenimiento y para el cambio de diseño.

La calidad en los productos y procesos se basa en la configuración de los sistemas, ya que el mantenimiento depende de este concepto, porque no es lo mismo mantener con los mismos procesos dos sistemas con subsistemas distintos.

Lo que se ha expuesto lleva a demostrar las implicaciones que la calidad tiene en la estructura organizativa de una entidad cuya actividad es el mantenimiento de sistemas. Toda la organización está mediatizada por los requisitos de las normas de la calidad respecto del control, aseguramiento y la mejora continua. La calidad impregna a las entidades de una cultura y una ética

de comportamiento en sus procedimientos, personal, etc., lo que a la postre supone un estilo de comportamiento en el mantenimiento.

1.3.4. OFICINA TÉCNICA: ESTUDIOS DE INGENIERÍA, MODIFICACIONES DE LOS SISTEMAS

A lo largo de todo el trabajo de investigación que nos ocupa, se ha mantenido que la ingeniería en el mantenimiento tiene una singularidad de especial relevancia que la hace diferente de las otras ramas de la ingeniería. Es precisamente en las oficinas técnicas donde más recae esta actividad y como consecuencia de ello decimos:

Las misiones en el entorno del mantenimiento de esta actividad técnica (ingeniería del mantenimiento) son las que se ocupan de rediseñar, refabricar, mejorar, revisar, etc. todos aquellos aspectos de los sistemas encaminados al cambio/diseño que afectan a los parámetros del mantenimiento (fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad).

Uno de los entornos más afectados en la concepción moderna del mantenimiento es su ingeniería; ésta es la encargada de llevar a cabo, bajo el control de la organización, los cambios efectuados en los sistemas para mejorar las condiciones de funcionamiento y mantenimiento durante el ciclo de vida del mismo.

Se destacan los requerimientos de la dependencia de oficina técnica de una organización, en cuanto a los cambios de ingeniería en el mantenimiento.

En el mantenimiento, el objetivo de una oficina técnica es definir la forma de actuación a seguir por una organización para efectuar los estudios de ingeniería previos y necesarios para mantener el control de las modificaciones² de los sistemas, tanto de las emanadas de los fabricantes como de las propuestas de modificación originadas por la misma organización.

La introducción de modificaciones en los sistemas para la mejora de características operativas o las de fiabilidad exige una capacidad de mantenimiento tal que permita que dichas modificaciones sean efectuadas con el apoyo técnico necesario para garantizar su calidad.

Una de las misiones de la oficina técnica de una organización que se dedica al mantenimiento es introducir modificaciones en la configuración de los sistemas, para lo que debe poseer dicha capacidad, lo que implica un nivel técnico que permita la realización de estudios de ingeniería y la elaboración de los elementos necesarios para modificar sistemas.

Con el fin de asegurar que las modificaciones, o los cambios de configuración efectuados a los sistemas, cumplen con las especificaciones y con la normativa aplicable, la función de calidad debe comenzar en la etapa del estudio de ingeniería previo necesario, efectuándolo según procedimientos documentados.

La etapa de planificación se inicia con la elaboración de un plan que recoja las distintas actividades a realizar por la Oficina técnica, que deberá disponer del personal y de los recursos adecuados. Dicho Plan se elaborará según un procedimiento preestablecido y, si procede, debe especificar lo siguiente:

- Subsistemas en que se divide el Sistema.
- Interfaces y responsabilidades de su control.
- Hitos.
- Revisiones de diseño.
- Reuniones de progreso.
- Aspectos críticos y opciones de retroceso.
- Previsiones para prueba y evaluación.
- Planes de fiabilidad y mantenibilidad.

Los aspectos que se deben tener en cuenta en las modificaciones/diseños, según nuestra experiencia de dedicación al mantenimiento y a la general aceptación en el tema que nos ocupa, son los siguientes:

2. El término modificación se emplea con el mismo significado de “cambio de ingeniería” o “rediseño”

- La planificación debe actualizarse a medida que avance la modificación/diseño.
- La organización para la modificación/diseño debe definirse de acuerdo con procedimientos escritos.
- Los datos finales de la modificación se documentarán para poder contrastarlos con los requisitos de partida.
- Las especificaciones de partida y las normas técnicas y legales a cumplir quedarán definidas por escrito. Los requisitos incompletos, ambiguos o contradictorios deben ser resueltos por la Dirección.
- En las fases adecuadas se estudiarán los puntos críticos de la modificación/diseño, las posibles causas de fallos y sus consecuencias.
- Las revisiones deberán quedar registradas de acuerdo con procedimientos escritos.
- Se realizarán verificaciones de la modificación/diseño para asegurar que los datos finales de cada etapa satisfacen los requisitos de los datos de partida.
- Deberá mantenerse la gestión de la configuración de la modificación/diseño. Cualquier cambio deberá documentarse y ser aprobado por personal autorizado.

Como se observa, la importancia capital de la eficiencia y planificación de la ingeniería en el mantenimiento corrobora que el mantenimiento es un área diferenciada de la ingeniería, y sería motivo de estudio definir qué parcela le corresponde dentro de la ingeniería y su campo de aplicación.

En la práctica los cambios de ingeniería y/o los rediseños se suelen hacer de acuerdo con las casas fabricantes de los sistemas.

1.3.5. LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN EL MANTENIMIENTO

Se sostiene la hipótesis de que los procesos en el mantenimiento son muy diversos y complejos debido a sus características peculiares.

La definición que vamos a adoptar para los procesos es la utilizada por la ISO 9000:2000 (AENOR, 2000:19) que es la siguiente:

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

NOTA 1 – Los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultados de otros procesos.

NOTA 2 – Los procesos de una organización son generalmente planificados y puestos en práctica bajo condiciones controladas para aportar valor.

NOTA 3 – Un proceso en el cual la conformidad del producto resultante, no pueda ser fácil o económicamente verificada, se denomina habitualmente “proceso especial”.

Por su importancia dentro de las actividades del mantenimiento, también debemos incidir lo que son los procesos especiales, que completando la definición anterior de la norma, se entiende como aquéllos que, una vez concluidos, no existe manera fehaciente de comprobar o medir la bondad del resultado de forma eficiente mediante inspección y ensayo. Este resultado es comprobado a posteriori, durante el periodo de funcionamiento del sistema. Ejemplos de procesos especiales pueden ser el de pintura, los ensayos no destructivos, los tratamientos superficiales de los materiales, etc. Las características especiales de estos procesos exigen un control de calidad especial.

En estos procesos deben estar acreditados los siguientes conceptos:

- a) Documentación Técnica existente al efecto, convenientemente certificada.
- b) Personal asignado a la realización del proceso con la cualificación apropiada para el mismo, y tiempo de duración de dicha cualificación.
- c) Materiales empleados durante el proceso, los cuales deben estar certificados de acuerdo con la documentación técnica aplicable.
- d) Documentación de las pruebas y/o inspecciones realizadas durante el proceso, avisando a Gestión de Calidad cuando sea necesario.

Cada organización es responsable de sus procesos especiales, y la organización dedicada a la calidad cuidará de que los métodos seguidos en cada uno de ellos sean los adecuados.

Los procesos presentan una gran variedad, abarcando desde un relleno de combustible hasta la revisión total de un sistema para regenerarlo y llevarlo a cero horas de funcionamiento, y esta variedad compete a la misma organización.

Un proceso en el mantenimiento reúne las actividades de procesos de fabricación y diseño, además de otros que le son peculiares, como son la regeneración de un sistema y las correcciones del mismo, así como los cambios de ingeniería del diseño original.

Los procesos especiales citados anteriormente, sobre todo el de ensayos no destructivos, adquieren un sentido dinámico al aplicarlos a lo largo de la vida de un sistema. Esto no ocurre por ejemplo en la fabricación, que sólo se limita a ver si el producto pasa o no pasa el control establecido.

Creemos que lo anteriormente expuesto justifica la hipótesis de la peculiaridad de los procesos en el mantenimiento.

1.4. EPÍLOGO

Con independencia de las conclusiones que se recojan al final del trabajo, se exponen a modo de síntesis algunas cuestiones en relación con el contenido del capítulo. Entre ellas destacamos las siguientes:

1. El mantenimiento en la actualidad toma un relieve importante, debido principalmente a la complejidad de los sistemas y a las innovaciones tecnológicas.
2. Respecto del vocablo mantenimiento cabe destacar que:
 - a) Se pueden encontrar en enciclopedias y diccionarios definiciones del vocablo mantenimiento que estén de acuerdo, en general, con el significado que tiene en el ámbito profesional del mantenimiento.
 - b) Las definiciones de mantenimiento estudiadas de los tratados en la materia que nos ocupa no contemplan todos los aspectos que se

exponen en este trabajo de investigación respecto del mantenimiento.

- c) En la definición aportada se distinguen claramente los conceptos de apoyo logístico, configuración y ciclo de vida de un sistema que dan un carácter diferencial a dicha definición.
 - d) El mantenimiento se entiende como una función del apoyo logístico.
 - e) La configuración de los sistemas sobre los que se ejerce el mantenimiento es de gran importancia. Para establecer la configuración se debe determinar primero una correcta identificación y trazabilidad de los sistemas.
3. En el ámbito del mantenimiento que se plantea en este trabajo cabe destacar las siguientes particularidades:
- a) Todas las acciones y/o tareas que se ejercen sobre un sistema se van a denominar de forma genérica *acciones de mantenimiento*. Dichas acciones de mantenimiento están estratificadas en niveles y capacidades y las capacidades de una organización dependen de los recursos que se le asignen.
 - b) Los sistemas de la calidad condicionan en gran medida las estructuras de las organizaciones de mantenimiento.
 - c) El mantenimiento es un área de la ingeniería con carácter propio. En consecuencia, las organizaciones de mantenimiento deben contar con una oficina técnica que se ocupe de los cambios de ingeniería.
 - d) Los procesos productivos en el entorno del mantenimiento son peculiares.

CAPITULO 2
DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 2

DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. VIGILANCIA, DIAGNÓSTICO, PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN

- 2.2.1. Vigilancia
- 2.2.2. Diagnóstico
- 2.2.3. Pronóstico
- 2.2.4. Predicción

2.3. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

- 2.3.1. Doctrinas de mantenimiento
- 2.3.2. Doctrina de predicción
 - 2.3.2.1. Acciones de mantenimiento en la doctrina de predicción
 - 2.3.2.2. Las organizaciones para una doctrina de predicción
 - 2.3.2.3. Niveles de mantenimiento
 - 2.3.2.4. Capacidades de la doctrina de predicción
 - 2.3.2.5. La calidad en la doctrina de predicción
 - 2.3.2.6. Los procesos productivos
- 2.3.3. Doctrina de prevención
 - 2.3.3.1. Acciones de mantenimiento de la doctrina de prevención
 - 2.3.3.2. Las organizaciones de la doctrina de prevención
 - 2.3.3.3. Niveles de mantenimiento en la doctrina de prevención
 - 2.3.3.4. Capacidades de la doctrina de prevención
 - 2.3.3.5. La calidad en la doctrina de prevención
 - 2.3.2.6. Los procesos productivos
- 2.3.4. Doctrina de corrección
 - 2.3.4.1. Las acciones de mantenimiento de la doctrina de corrección
 - 2.3.4.2. Las organizaciones para una doctrina de corrección
 - 2.3.4.3. Niveles de la doctrina de corrección
 - 2.3.4.4. Capacidades de la doctrina de corrección

2.4. DIFERENCIAS ENTRE LAS DISTINTAS DOCTRINAS

2.4.1. Las acciones de mantenimiento

2.4.2. Las organizaciones para el mantenimiento

2.4.3. Capacidades

2.5. PARÁMETROS DEL MANTENIMIENTO

2.5.1. Fiabilidad

2.5.2. Mantenibilidad

2.5.3. Disponibilidad

2.6. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN LAS DOCTRINAS

2.6.1. Influencia en la doctrina de predicción

2.6.2. Influencia en la doctrina de prevención

2.6.3. Influencia en la doctrina de corrección

2.7. EPÍLOGO

CAPÍTULO 2

DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo primero se ha planteado una visión de lo que actualmente creemos que es el mantenimiento de los sistemas y su entorno. La perspectiva que hemos pretendido dar es mucho más amplia que la clásica del mantenimiento, y en este capítulo queremos presentar una innovación respecto de su clasificación, como fruto de los muchos años dedicados a esta disciplina de creciente importancia en la actualidad.

Lo que se va a tratar en el presente capítulo es lo que, en la mayor parte de la documentación que existe sobre mantenimiento, se denomina tipos o clases de mantenimiento.

Lo que se pretende explicar desde la perspectiva de las definiciones de doctrinas que daremos a continuación, es que la idea de lo que hasta ahora se ha venido llamando tipos o clases de mantenimiento resulta insuficiente para el actual contexto del mantenimiento.

Para explicar el concepto de lo que se llaman doctrinas de mantenimiento en el presente estudio de investigación, se va a hacer una abstracción de un sistema ideal a mantener al que sólo se va a aplicar una doctrina en concreto. Esta situación ideal no se va a dar en la realidad, ya que en ella se aplicará a los sistemas una mezcla de todas las doctrinas. Este asunto se desarrollará en el capítulo 3 al estudiar lo que son los programas de mantenimiento.

Hoy, en el mantenimiento de sistemas complejos se habla de programas de mantenimiento que comprenden los tipos o clases de mantenimiento tradicionales junto con otras acciones de mantenimiento diversas. Se pretende plantear un marco en el que las acciones de mantenimiento sean las definitorias de las distintas doctrinas y que, teniendo en cuenta su enorme complejidad y variedad, sean éstas las que marquen las directrices y las guías para los programas de mantenimiento.

En los párrafos anteriores se ha efectuado un breve recorrido del campo en el que se pretende trabajar y, antes de continuar con su exposición, conviene hacer unas reflexiones sobre algunos vocablos que van a servir de base para las acepciones de determinados términos que se van a emplear en lo que llamamos “doctrinas de mantenimiento”. Las acepciones y la utilización de vocablos tales como “vigilar”, “diagnosis”, “pronóstico” y “predicción” se van a discutir en los subepígrafes 2.2, haciendo un recorrido por ellos al profundizar en los significados recogidos en diccionarios y enciclopedias.

En el epígrafe 2.3. se expondrá por qué consideramos que se debe hablar de doctrinas y no de tipos o clases de mantenimiento, y en este mismo apartado se darán las definiciones de las distintas doctrinas que se van a proponer, así como su desarrollo y características.

Las definiciones y los tratamientos que se hagan de las distintas doctrinas estarán basadas en lo estudiado en el capítulo primero, en lo que se refiere a la nueva forma de ver el mantenimiento y, en consecuencia, al entorno en el que se aplica en la actualidad.

La explicación de la utilización del vocablo *doctrina* en lugar de los habituales de *tipo o clase* de mantenimiento, se desarrollará en el epígrafe 2.3.1, buscando la acepción que dan los diccionarios y enciclopedias a dicho vocablo. Partiendo de estos significados construir el que vamos a utilizar en este trabajo, y a continuación basándonos en ellos definiremos los distintos tipos de doctrinas de mantenimiento.

En los apartados correspondientes a cada uno de los epígrafes anteriores, se estudiará como se adaptan a las distintas doctrinas las acciones de mantenimiento, las organizaciones, los niveles, las capacidades, la calidad y los procesos productivos del mantenimiento.

En el epígrafe 2.4 se verán las diferencias que caracterizan a cada doctrina, considerando que de éstas las más dignas de mención son las que existen en las acciones de mantenimiento, las organizaciones y las capacidades del mantenimiento (subepígrafes 2.4.1, 2.4.2 y 2.4.3).

En el epígrafe 2.5. se definirán, estudiarán y discutirán los parámetros del mantenimiento, la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, para ocuparnos a

continuación en el 2.6. de la influencia de dichos parámetros en las distintas doctrinas.

2.2. VIGILANCIA, DIAGNÓSTICO, PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN

Conviene comentar el significado que los vocablos vigilancia, diagnosis, pronóstico y predicción tienen dentro del contexto del mantenimiento.

Vamos a consultar el significado que asigna a estos vocablos el Diccionario RAE (2001) y la *Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta* (ENCARTA, 2000).

Primeramente vemos que el *Diccionario de la Lengua Española* (RAE, 2001) al vocablo “vigilancia” le asigna el significado siguiente:

Del lat. *vigilantia*.

1. f. Cuidado y atención exacta en las cosas que están a cargo de cada uno.
2. Servicio ordenado y dispuesto para vigilar.

A la voz “pronóstico” la define como:

Del lat. *prognosticum*, y este del gr. *prognwstikōn*.

1. m. Acción y efecto de pronosticar.
2. Señal por donde se conjetura o adivina una cosa futura.
3. Calendario en que se incluye el anuncio de los fenómenos astronómicos y meteorológicos.
4. Med. Juicio que forma el médico respecto a los cambios que pueden sobrevenir durante el curso de una enfermedad, y sobre su duración y terminación por los síntomas que la han precedido o la acompañan.

A “diagnóstico” le asigna la acepción:

Del gr. *diagnwstikōj*.

1. adj. Med. Perteneciente o relativo a la diagnosis.
2. m. Med. Arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos.
3. Med. Calificación que da el médico a la enfermedad según los signos que advierte.

Al vocablo “predicción” es al que se le va a conceder mayor importancia y se le asignan los significados:

Del lat. *praedictio*, -onis.

1. f. Acción y efecto de predecir.
2. Palabras que manifiestan aquello que se predice.

Por otro lado, la Enciclopedia electrónica (ENCARTA, 2000) da a los vocablos “vigilancia”, “pronóstico”, “diagnóstico” y “predicción” los significados expuestos a continuación:

Vigilancia.

- 1 f. Acción de vigilar.
- 2 Efecto de vigilar.
- 3 Servicio ordenado y dispuesto para vigilar.
- 4 Piedra que sostiene la grulla con su pata diestra.

Pronóstico.

- tr. Anunciar por revelación, ciencia o conjetura [algo que ha de suceder]. CONJUG.
(lat. prognosticu; gr. prognostikon, der. de progignosko, conocer de antemano)
- m. Acción de pronosticar.
- 2 Efecto de pronosticar.
 - 3 Juicio que el médico forma acerca del curso, duración y terminación de una enfermedad, por el estudio de los síntomas: ~ reservado, el que se reserva el médico forense a causa de las contingencias que prevé en los efectos de una lesión.
 - 4 Señal por donde se conjetura o adivina una cosa futura.
 - 5 Calendario en que se anuncian los fenómenos astronómicos y meteorológicos.

Diagnóstico.

- 1 adj. Que sirve para reconocer.
- 2 Relativo a la diagnosis.
- 3 m. Determinación de una enfermedad por los signos que le son propicios.
- 4 Conjunto de signos diagnósticos de una enfermedad.

Predicción.

Predictivo

Que predice.

(lat. praedicere)

tr. Anunciar por revelación, ciencia o conjetura [algo que ha de suceder]. CONJUG. .

SIN. v. Adivinar.

(lat. addivinare)

tr. Descubrir [las cosas ocultas] por medios sobrenaturales.

- 2 Descubrir [lo que no se sabe] por conjeturas o sin fundamento lógico.
- 3 Acertar lo que quiere decir [un enigma].
- 4 Vislumbrar, distinguir o ver a lo lejos: en su mirada se adivinaba su ilusión; llovía tanto que apenas se adivinaba el camino.

SIN. 1 Cuando se trata del futuro, profetizar (sust. profeta) y vaticinar (sust. vate), ambos de carácter religioso; el primero cristiano; el segundo pagano. Adivinar se interpreta

como superstición, como augurar (sust. augur), aunque en la antigüedad este último tenía también carácter religioso. En agorar (adj.-s. agorero), también supersticioso, predomina el matiz esp. de predecir desdichas. Auspiciar equivale por entero a augurar; 2 Predecir, presagiar y pronosticar pueden coincidir con adivinar, pero pueden tener fundamento lógico o científico: el médico pronostica el desarrollo de una enfermedad. 3 Acertar, atinar, descifrar.

Se han transcrito las definiciones del diccionario y de la enciclopedia, ya que en el ámbito del mantenimiento no hemos encontrado acepciones que sean uniformes respecto de estos vocablos de la lengua castellana.

La idea que queremos aplicar al vocablo “vigilancia” tiene que ver con la acepción que se da en el *Diccionario Ideológico de la Lengua Española* (Casares, 1999:477) al vocablo “inspección”.

Al consultar el vocablo “predicción” en (Casares, 1999:360) nos hace distinción entre dicho vocablo y el de “pronóstico”. El significado que se ha dado para el ámbito del mantenimiento, es como a continuación veremos en el siguiente epígrafe para cada uno de ellos. Para el de “predicción” el que en (Casares, 1999:673) da a *prevenir* y al de “pronóstico” la acepción que el (Casares, 1999:683) da al mismo vocablo *pronóstico*.

De los significados que se han ido viendo hasta ahora, extraídos de los diccionarios citados, se van a adoptar algunos adaptándolos al entorno del mantenimiento y de acuerdo con el estudio que se está efectuando.

2.2.1. VIGILANCIA

De los significados estudiados se entresacan en este vocablo los siguientes:

- Acción y efecto de vigilar. (RAE, 2001 y ENCARTA, 2000).
- Servicio ordenado y dispuesto para vigilar (RAE, 2001 y ENCARTA, 2000).
- Cuidado y atención exacta de las cosas que están a cargo de cada uno (RAE, 2001).

En el entorno del mantenimiento se emplea el término vigilar durante el funcionamiento, cuando el sistema está trabajando y se le conduce. La forma

de vigilar los sistemas es mediante instrumentos que reflejan los parámetros de trabajo de los mismos.

Actualmente se utiliza, probablemente de forma inadecuada, el término “monitorización”, que se debe interpretar como la vigilancia instrumental de uno o varios parámetros de un sistema en funcionamiento.

Mediante la *monitorización* de los elementos de un sistema, se establece una vigilancia que, en muchos casos, puede ser registrada por variados métodos, entre los que podemos citar los informáticos.

A través de la vigilancia de los parámetros de funcionamiento se puede *diagnosticar* si el estado de funcionamiento de los sistemas es bueno o malo.

2.2.2. DIAGNÓSTICO

Se enlaza con el significado de diagnóstico que se expone a continuación:

- Pertenciente o relativo a la diagnosis (RAE, 2001 y ENCARTA, 2000).
- Arte o acto de conocer la naturaleza de un mal funcionamiento o fallo (enfermedad), mediante la vigilancia (observación) de sus síntomas y signos (RAE, 2001).

En el mantenimiento podemos diagnosticar el estado de “salud” de un sistema complejo en funcionamiento por la observación de los síntomas del mismo, sobre todo por su vigilancia durante el funcionamiento.

Conociendo el estado de salud del sistema mediante un diagnóstico obtenido por la vigilancia, por medio de un *pronóstico* se puede calcular o evaluar el estado y desarrollo del funcionamiento del sistema en el futuro.

2.2.3. PRONÓSTICO

Al término “pronóstico” se le dará, en el trabajo que nos ocupa, la acepción que a continuación se expresa:

- Acción y efecto de pronosticar (RAE, 2001 y ENCARTA, 2000).
- Señal por la que se conjetura o adivina una cosa futura (RAE, 2001).
- Conocer de antemano (ENCARTA, 2000).

- Juicio que se forma el mantenedor (médico) respecto a los cambios que pueden sobrevenir durante el curso de un mal funcionamiento (enfermedad), por los síntomas (diagnosticadas por la vigilancia) que le han precedido o le acompañan (ENCARTA, 2000).

Mediante el pronóstico podemos vaticinar si un sistema funciona o no adecuadamente; incluso se puede parar porque de continuar funcionando puede producirse una avería.

Siempre da idea de que si algo funciona bien no hay porque realizar ninguna acción y si algo va mal se toman medidas, tales como detener el funcionamiento del sistema.

También puede ocurrir que un sistema esté en funcionamiento correctamente durante mucho tiempo y por ello se podría tener la duda de hasta cuando todo seguirá bien. Mediante el análisis del deterioro del sistema en cada momento y mediante la monitorización y otras técnicas, los diagnósticos y los pronósticos que se efectúen durante el funcionamiento, pueden llevar a determinar, o sea *predecir*, cuando el sistema se aproxima al fallo.

2.2.4. PREDICCIÓN

Finalmente al vocablo “predicción”, que es al que se le da más importancia y hacia el que van conduciendo las definiciones anteriores, se le asignan las acepciones detalladas a continuación:

- Acción y efecto de predecir (RAE, 2001)
- Anunciar por (revelación) ciencia (o conjetura) algo que va a suceder (ENCARTA, 2000).

El sentido de predicción que adoptaremos en este estudio es el del análisis sistemático y científico de parámetros que, durante el funcionamiento normal de un sistema, den idea de la velocidad de deterioro del mismo y permitan evaluar su estado mediante pruebas que no precisen detenerlo.

La figura 2.1. sintetiza las ideas explicadas en el presente apartado de forma escalonada que, partiendo de la acción de vigilar permite diagnosticar lo que sucederá, pronosticando el buen funcionamiento del sistema. La predicción

se efectuará teniendo en cuenta los vocablos discutidos, y todo lo anteriormente expuesto servirá para plantear el siguiente epígrafe.

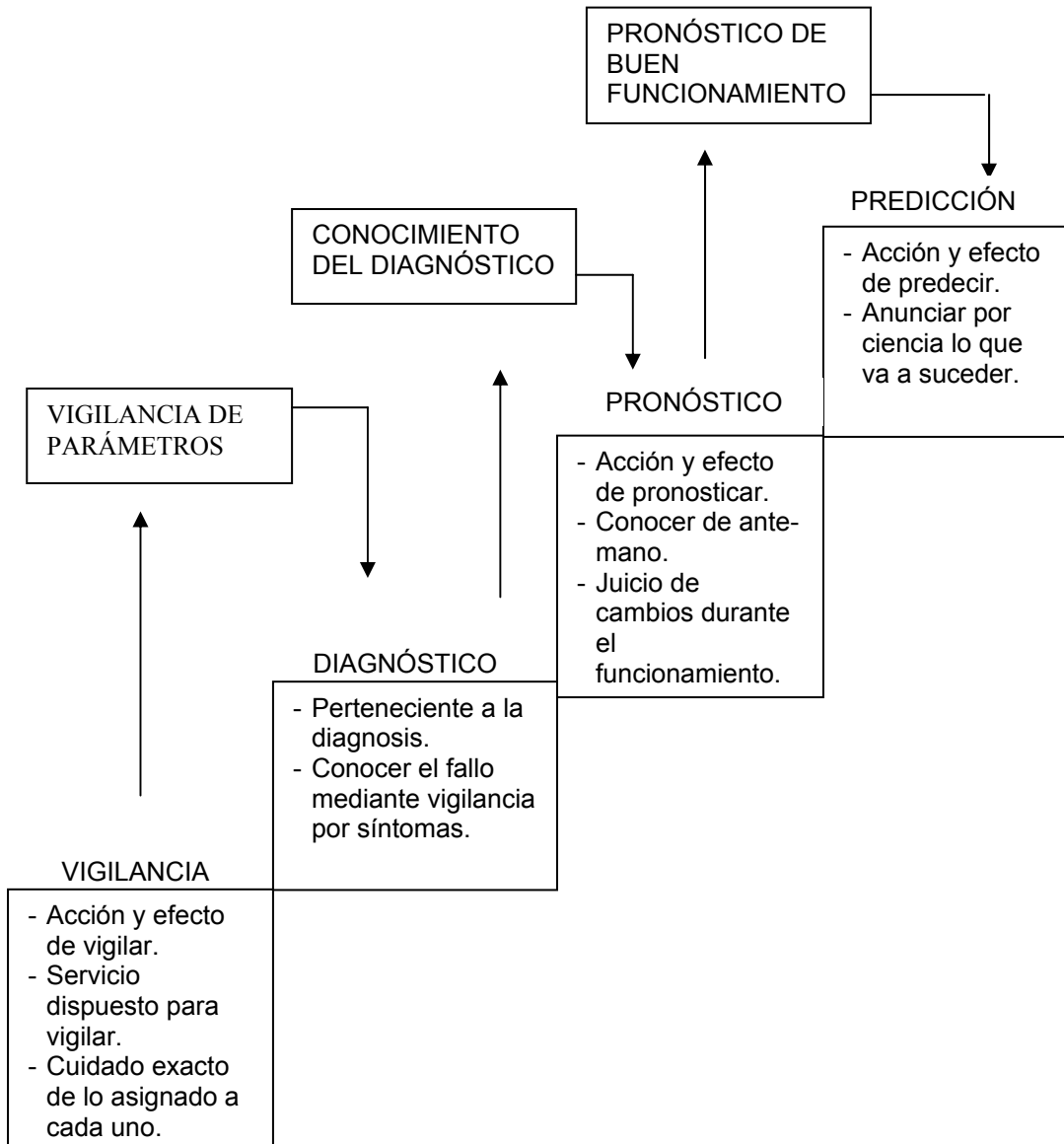


FIGURA 2.1
 VIGILANCIA, DIAGNÓSTICO, PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN
 (Fuente: elaboración propia)

2.3. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

En el capítulo primero se ha dado la definición de mantenimiento que vamos a aplicar durante el presente trabajo, y se ha visto el entorno del mantenimiento en cuanto a sus acciones, tareas y organizaciones.

En este epígrafe consideraremos la forma de aplicar a los sistemas el concepto de mantenimiento desarrollado, dependiendo de las doctrinas de mantenimiento que utilizaremos.

Para exponer el concepto de doctrina de mantenimiento se supone que ésta se aplica a un sistema de una forma ideal, en que todas las acciones de mantenimiento que se efectúen pertenecen únicamente a la doctrina en cuestión.

La idea que Knezevic (1996 b: Caps. 3, 4, 5, 6 y 7) establece cuando habla de políticas de mantenimiento se asemeja mucho a lo desarrollado en el presente trabajo sobre las definiciones que se van a dar de doctrinas de mantenimiento.

En cuanto a lo expuesto en el párrafo anterior, veamos qué dice Knezevic (1996 b:33):

Con respecto a la relación entre el instante de producción del fallo, TTF (Time to Failure ó tiempo hasta el fallo), y el instante de ejecución de la tarea de mantenimiento), TTM (Time to Maintenance ó tiempo para el mantenimiento), existen las siguientes políticas de mantenimiento,...

Lo que continúa definiendo y tratando a lo largo de su libro, de la forma que enuncia en el prólogo del mismo:

... Los principales objetivos de esta monografía son introducir:.. c) Las principales características, ventajas y desventajas de las políticas existentes de mantenimiento.

d) La metodología para la evaluación de la política óptima de mantenimiento para un elemento aislado y para un sistema complejo de acuerdo con diferentes criterios.

La concepción de doctrina que presentamos es más amplia que la de políticas que expone Knezevic, puesto que él aplica el concepto solamente al tipo o clase de mantenimiento preventivo, y nosotros lo hacemos al de doctrina que engloba todos los tipos o clases de mantenimiento. Además también en este ámbito se va a emplear para todas las acciones de mantenimiento en su más amplio sentido.

2.3.1. DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

Partiendo del significado del vocablo doctrina estudiaremos la interpretación que le daremos en la tesis.

En el *Diccionario de la Lengua Española* (RAE, 2001) el vocablo “doctrina” se define en los términos siguientes:

Del lat. doctrina.

- Enseñanza que se da para instrucción de alguno.
- Ciencia o sabiduría.
- Conjunto de ideas u opiniones religiosas, filosóficas, políticas, etc., sustentadas por una persona o grupo. DOCTRINA cristiana, tomista, socialista.
- Plática que se hace al pueblo, explicándole la doctrina cristiana.
- Concurso de gente que con los predicadores salía en procesión por las calles hasta el lugar en que se había de hacer la plática. Por esta calle pasa la DOCTRINA.
- En América, curato colativo servido por regulares.
- En América, pueblo de indios recién convertidos, cuando todavía no se había establecido en él parroquialidad o curato.

Común.

- Opinión que comúnmente profesan los más de los autores que han escrito sobre una misma materia.

Cristiana.

- La que debe saber el cristiano por razón de sus creencias.
- Congregación religiosa fundada por San Juan Bautista de la Salle.

Legal.

- Jurisprudencia, doctrina que se deduce de los fallos de las autoridades judiciales y administrativas.

Gaya doctrina.

- Gaya ciencia.

Beber uno la doctrina a otro.

- Aprender su doctrina con tal perfección y seguir con tal propiedad sus costumbres y estilo, que los dos parezcan uno mismo.

Derramar doctrina.

- Enseñarla, extenderla, predicarla a muchas gentes y en diversas partes.

El *Diccionario Enciclopédico Larousse* (DEL, 1990:986) define doctrina de la siguiente forma:

Enseñanza que se imparte para conocimiento de alguien.// Ciencia o suma de conocimientos que alguien posee.// Conjunto de ideas de un autor, escuela o secta.//

Libro o plática en que se enseña la doctrina cristiana.// doctrina común: opinión extendida que tratan autores que tratan una misma materia.

y a continuación doctrinal (DEL, 1990:986) lo define como:

Perteneciente o relativo a la doctrina.// Libro que contiene instrucciones para cierta misión o función.

De las definiciones de doctrina anteriores tomaremos las siguientes acepciones:

- “Conjunto de ideas u opiniones religiosas, filosóficas, políticas, etc., sustentadas por una persona o grupo. DOCTRINA cristiana, tomista, socialista”. (RAE, 2001).
- “Opinión que comúnmente profesan los más de los autores que han escrito sobre una misma materia”. (RAE, 2001 y DEL, 1990).
- “Aprender su doctrina con tal perfección y seguir con tal propiedad sus costumbres y estilo, que los dos parezcan uno mismo”. (RAE, 2001).
- “Doctrina común: opinión extendida que tratan autores en la misma materia”. (DEL, 1990).

En mucha documentación relativa al mantenimiento de diversos autores (Baldin, *et al.*, 1982; Knezevic, 1996 b; Rey Sacristán, 1997 y Villanueva González, 1997) y publicaciones (O.M. 282/81, 1981 y OPNAVINST 4790. 2H., 2001), al hacer referencia a los tipos o clases de mantenimiento, generalmente se habla de una serie de acciones que consisten en reparar, regenerar y sustituir equipos antes del fallo o cuando éste se ha producido, así como el servicio prestado a un sistema durante su funcionamiento. Esto no deja de ser un poco restrictivo ya que las acciones de mantenimiento pueden ser de muy diversa índole, como anteriormente se ha explicado en el capítulo primero.

El mantenimiento es un conjunto de ideas y opiniones sustentadas por el personal que se dedica a ello, es una opinión que profesan los autores que han escrito sobre esta materia en concreto, y es un aprendizaje arduo y continuo de las personas que se dedican a esta tarea, para ser tan escrupulosos en su actividad como les sea posible.

Por todo lo anterior afirmamos que los estudiosos, trabajadores y todas las personas que se dedican al mantenimiento aprenden y siguen los planes que se les proponen y actúan con tal propiedad en su forma de hacer que las

costumbres que tiene esta profesión son fácilmente reconocibles en el mundo entero.

El mantenimiento, sus enseñanzas, su práctica, aprendizaje y estilo en general tiene, en su forma de actuar, carácter de doctrina. Este carácter se diferencia de lo que sería un carácter político, en que lo político es la manera de aplicar una determinada doctrina, pero no la doctrina en sí misma.

Como se ve el concepto que aportamos varía desde su base respecto de lo que hasta ahora se ha venido en llamar tipos o clases de mantenimiento.

Las distintas doctrinas de mantenimiento tienen una manera peculiar de actuación y de concepción dependiendo de como son las acciones de mantenimiento que les son características. Por eso establecemos que hay distintas doctrinas de mantenimiento, y que cada una de ellas tiene una manera peculiar de proceder. Vamos a considerar tres clases de doctrinas de mantenimiento:

- Doctrina de predicción.
- Doctrina de prevención.
- Doctrina de corrección.

2.3.2. DOCTRINA DE PREDICCIÓN

Esta doctrina que se va a estudiar a continuación no está, a nuestro entender, bien tratada y conceptuada como se irá viendo a lo largo del desarrollo de este epígrafe. Nosotros la definimos como:

DOCTRINA DE PREDICCIÓN es aquella que, mediante el estudio y el análisis, tiene por objeto intentar detectar precozmente los fallos, y no detener el sistema hasta que se encuentren datos objetivos que obliguen a ello. En definitiva se trata de calcular la velocidad de deterioro de los componentes de un sistema para que, de esa manera, no sea necesario parar su funcionamiento hasta que las componentes estén lo suficientemente deterioradas para ello.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente seríamos capaces de obtener el apoyo logístico necesario para rehabilitar el sistema en el menor tiempo

posible, y detendríamos el sistema cuando más conviniese, dentro de unos límites de operación, a los objetivos de la organización que lo está utilizando.

Puede haber confusión en lo que es la doctrina de predicción que estamos desarrollando y, lo que a nuestro parecer y de forma inexacta, se denomina pronóstico y se utiliza como mantenimiento predictivo. Se asocia normalmente este concepto a la técnica de toma de vibraciones, a la de termografía, etc. Las diferencias que encontramos entre los significados de vocablos de predicción y pronóstico se han desarrollado en el epígrafe 2.2.2.

Con el ejemplo siguiente ilustraremos el concepto de pronóstico que se va a utilizar a lo largo de la tesis: los profesionales que trabajan en la utilización de motores o máquinas térmicas en general son capaces, al cabo del tiempo, de pronosticar por el ruido de las mismas cualquier anomalía en el funcionamiento de las máquinas que conducen y/o mantienen, hasta el punto que durante el funcionamiento nocturno, cuando el personal descansa, saben exactamente cuando hay un cambio de régimen o algo está fuera de la normalidad. En las antiguas instalaciones de vapor de los buques de la Armada, en las que había penuria de medios, los sentidos del mecánico eran sensores tan fiables y exactos, que podían averiguar las constantes de funcionamiento de las máquinas con casi igual exactitud que los instrumentos de aquella época, una monitorización que se consideraría adecuada para la toma de datos de los parámetros de funcionamiento en los sistemas de antaño.

A causa de la sofisticación de los sistemas actuales y la precisión y rapidez en las mediciones de los parámetros de los mismos, se aplican las técnicas modernas adecuadas, a los sistemas correspondientes debido a la época en que les toca vivir. Estas técnicas son toma de vibraciones, termografía, análisis de concentración de partículas en los aceites lubricantes dependiendo de su desgaste, etc. Al fin y al cabo, no son más que monitorizaciones avanzadas que podemos aplicar gracias al desarrollo de la tecnología. Al final los modernos instrumentos actuales podrían asemejarse a la mano de un buen mecánico utilizada como termómetro entre 0 y 45 °C. de aquella época, para ver si un cojinete de apoyo de la línea de ejes de un barco estaba dentro de los valores de temperatura permitidos.

Los sensores modernos nos posibilitan una eficaz vigilancia que hace posible diagnosticar y/o pronosticar la evolución de los sistemas durante el funcionamiento.

¿Que se consigue con la monitorización?. Mediante el seguimiento exhaustivo y sistemático de los sistemas con elementos de monitorización se consigue diagnosticar cuando algo va mal, y con la experiencia, pronosticar lo que puede suceder en determinadas circunstancias.

Lo dicho en el párrafo anterior se desvía de lo que hemos expuesto sobre una doctrina de predicción, que lo que intenta es predecir el fallo mediante técnicas de modelación y control estadístico; para ello, los datos y/o parámetros se obtienen generalmente mediante un buen programa de monitorización.

La doctrina de predicción dentro de un sistema de mantenimiento estudia, mediante el análisis de determinados parámetros, la velocidad de deterioro de los sistemas y el fallo precoz de los mismos.

Respecto al concepto de mantenimiento predictivo Baldin *et al.* (1982:293) dice lo siguiente:

Con el mantenimiento Predictivo es predecible el fallo, se interviene a consecuencia de la indicación de la inspección, se practica una diagnosis basándose en síntomas. Estos síntomas los miden los inspectores con instrumentos a veces muy complejos.

Esto exige:

1. La sistematicidad rigurosa de la inspección y en consecuencia una organización formal de la misma.
2. La necesidad de una elevada fiabilidad en los diagnósticos incluso para los órganos de más difícil acceso, recurriendo si es necesario a instrumentos muy sofisticados que garantizan la fiabilidad necesaria.

Respecto al primer párrafo, pensamos que no es una indicación efectuada por inspectores cuando los síntomas aparecen, sino que lo que defendemos es que sin haber síntomas de mal funcionamiento, y por medio de estudios y análisis, se puede predecir el tiempo hasta el síntoma.

Podríamos estar de acuerdo con los puntos 1 y 2 de la cita anterior si quedaran redactados de la forma siguiente:

1. La sistematicidad rigurosa *del análisis y estudio* y, en consecuencia, una organización formal de dicha sistemática.

2.La necesidad de una elevada fiabilidad en la *vigilancia o monitorización*, incluso para los órganos...

Gracias a la tecnología se puede contar con equipos y sistemas que permiten el conocimiento de parámetros de los sistemas para que se realicen predicciones en los mismos.

Tampoco estamos de acuerdo con la denominación que Rey (1996:64) da de mantenimiento predictivo, puesto que lo identifica con el mantenimiento condicional. En el párrafo siguiente se aclara lo que entendemos por mantenimiento condicional.

Nosotros afirmamos que la doctrina de predicción, según se expone, no tiene nada que ver con el mantenimiento condicional, que sólo se puede contemplar bajo estos dos significados:

El primero es que la acción de mantenimiento se efectúa cuando ocurre una condición, como puede ser por ejemplo el pinchazo de la rueda de un automóvil. Para esta condición del pinchazo existe una acción de mantenimiento detallada que se programa para cuando ocurra la condición del pinchazo y está totalmente descrita en los manuales de mantenimiento correspondientes.

El segundo es la acción de mantenimiento que se ejecuta para establecer el “estado o la condición” de degeneración de un sistema. Cuando dicho “estado o condición” en el deterioro llega a unos valores establecidos, se acomete otra acción de mantenimiento preventivo, para regenerar el sistema antes de que éste llegue a la situación de fallo.

Por lo tanto, las acciones de mantenimiento en el primer caso corresponderían a una doctrina de corrección, y en el segundo caso a una doctrina de prevención.

2.3.2.1. ACCIONES DE MANTENIMIENTO EN LA DOCTRINA DE PREDICCIÓN

Las acciones de mantenimiento que caracterizan a esta doctrina son aquéllas que tienden a no detener el funcionamiento normal del sistema que se

va a mantener, lo cual constituye una notable ventaja, como ya se ha comentado antes de definir la doctrina de predicción.

Una de las acciones de mantenimiento que le son características consiste en efectuar mediciones de los subsistemas y/o componentes durante el funcionamiento, con la instalación de sensores especiales para obtener lecturas de los parámetros de funcionamiento y el registro de los mismos, bien de forma manual o automática. Esto puede asemejarse a los buenos sentidos del consumado conductor de una instalación de épocas pasadas, que mediante ellos era capaz de detectar el estado de funcionamiento de una instalación industrial.

Pongamos a modo de anécdota el caso del oficial de propulsión de un buque de vapor que, en su guardia de máquinas, vigila con su vista el nivel de agua de la caldera, y que además regula dicho nivel manejando con sus manos la válvula de alimentación. Sus manos vigilarán mediante un contacto directo la temperatura del aceite de determinadas máquinas, pensando que si puede aguantar la temperatura con la mano, no llega a los cincuenta grados centígrados que es una buena temperatura de funcionamiento, así como el sentido del oído estará acostumbrado al murmullo de la buena rotación de los equipos, y lo pondría en alerta a la menor anomalía que hubiera.

Lo referido anteriormente son acciones de mantenimiento de monitorización durante el funcionamiento, que hoy pueden realizarse mediante sofisticados sistemas, con instrumentos de medida para la vigilancia durante el funcionamiento. Existen otros métodos, como son los de análisis de aceite, análisis termográfico, análisis de vibraciones, sistemas digitales de vigilancia que son, con mucho, más exactos que en el pasado, pero a su vez más costosos y complejos y que necesitan personal muy experto y adiestrado para su manipulación. La aplicación de los mismos constituirían también acciones de mantenimiento de predicción.

Del mismo modo son acciones de mantenimiento el estudio de los registros adquiridos a lo largo de la vigilancia de los parámetros obtenidos durante el funcionamiento. Estos parámetros se han de tratar y analizar para poder determinar el estado de desgaste del sistema, y de esta manera

“predecir”, con los datos precisos acumulados, la velocidad de deterioro del sistema.

2.3.2.2. LAS ORGANIZACIONES PARA UNA DOCTRINA DE PREDICCIÓN

El objetivo que ha de perseguir una organización que va a adoptar un sistema de mantenimiento basado en la doctrina de predicción es adelantarse al fallo del sistema que mantiene antes de que éste se produzca.

Estas organizaciones deberán tener unas divisiones/dependencias que se dediquen a los estudios de interpretación de los datos obtenidos de las monitorizaciones y registros adquiridos durante el funcionamiento. Pero no cabe la menor duda que en este tipo de organización es necesaria una oficina técnica que se dedicará al diseño, desarrollo, y cambios de configuración necesarios para llevar a buen fin los estudios que dentro de la ingeniería del mantenimiento, tiene que hacer esta oficina en una organización que aplique la doctrina de predicción.

2.3.2.3. NIVELES DEL MANTENIMIENTO

Basándonos en lo expuesto en el capítulo primero respecto a los niveles de mantenimiento y como ya se mencionó por la experiencia personal en la materia, en esta doctrina los niveles de mantenimiento podrían aplicarse de la forma que desarrollamos a continuación. Como ya se dijo anteriormente, estos niveles en la doctrina de predicción tienen en cuenta que se considera que el mantenimiento que se va a efectuar sobre un sistema se hace de una forma ideal, en el que solo se aplica este tipo de doctrina.

Tradicionalmente a cada nivel se le asignan unas determinadas tareas. En la exposición que a continuación se hace se expresa nuestro punto de vista de lo que deberían ser los niveles en la doctrina que nos ocupa.

Nivel 1

Este nivel se encargaría del montaje y desmontaje de equipos para la toma de datos de los sistemas en funcionamiento, bien sea para ejecutar mediciones registrándolas o bien para realizar lecturas de forma

automática con equipos adecuados. Estas lecturas y datos deberán ser transmitidos al segundo nivel para su análisis.

Nivel 2

Las lecturas obtenidas en el primer nivel, generalmente por soporte magnético o digital, serán recibidas en este nivel y sus técnicos las procesarán, normalmente con procedimientos informáticos, e interpretarán los datos sacando las conclusiones oportunas para la predicción.

Dentro de los programas de mantenimiento de la Armada en el ámbito aeronaval, se está empleando la toma de vibraciones como parte de un programa de predicción actualmente en fase de diseño y desarrollo (D&D)¹.

Este programa tiene un método de toma de lectura de vibraciones para los helicópteros en el que, con una periodicidad adecuada, se montan unos equipos que leen el espectro de las mismas en unas condiciones determinadas de funcionamiento. Estas lecturas son introducidas en un ordenador llamado *Estación de Tierra Esclava* por el nivel 1 de mantenimiento, con determinadas utilidades para este nivel, y que las transmite vía red intranet a la *Estación de Tierra Maestra* común para todas las escuadrillas, que a su vez analiza pormenorizadamente los registros recibidos y acumula éstos en una base de datos que hábilmente utilizada por expertos, sirve para efectuar estudios de predicción junto con otros sistemas de tipo predictivo.

La dirección y seguimiento de este programa de vibraciones así como otros de carácter predictivo como el de fallos en servicio y adquisición de parámetros de funcionamiento, forma parte de un programa de predicción de la Flotilla de Aeronaves de La Armada que está bajo nuestra responsabilidad.

Nivel 3

En este nivel se establecería un apoyo de analistas de sistemas informáticos, que prepararían el *software* y el *hardware* adecuados para el proceso y análisis de los registros tratados informáticamente.

En el caso de la Flotilla de Aeronaves este nivel de apoyo está contratado con instituciones como el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban

1. En el seno de la OTAN D&D quiere decir diseño y desarrollo PECAL 110 (1995:1.4), equivalente al I+D.

Terradas (INTA) y la compañía británica Stewart Hughes, líder en el mercado internacional en materia de vibraciones de aeronaves.

2.3.2.4. CAPACIDADES DE LA DOCTRINA DE PREDICCIÓN

En el epígrafe 1.3.3 se habían tratado y desarrollado los recursos que se emplean para el mantenimiento de forma general y en éste vamos a particularizarlos para la doctrina de predicción.

a) Personal:

El personal dedicado a estas acciones de mantenimiento ha de estar altamente cualificado. Normalmente se trata de profesionales con titulación superior o media, dependiendo de las responsabilidades asignadas. Será un personal con perfil de ingeniería, sobre todo en las tareas de interpretación y predicción.

La formación básica para este tipo de técnicas ha de ser técnico-científica, lo que en lenguaje de uso común quiere decir que la persona ha de tener una formación de ingeniería superior o media según los casos.

El adiestramiento en estas materias es también arduo, largo y costoso, ya que el personal debe estar familiarizado con las técnicas específicas, tales como la teoría de vibraciones, transmisión de calor, analítica de aceites de lubricación por cromatografía de gases, equipos de análisis de gases de escape de máquinas térmicas, etc. También debe adquirir conocimiento de los equipos y sistemas empleados en la obtención de mediciones y lecturas que pueden ser utilizados para el objetivo de esta doctrina.

Teniendo en cuenta lo que explicamos en el plan de formación y adiestramiento expuesto en el primer capítulo, para poder empezar a trabajar debe transcurrir un periodo mínimo de un año, siempre bajo vigilancia de una persona con experiencia, lo que da una idea de lo complejo del aprendizaje.

Al tratarse de personal elegido para utilizar técnicas no demasiado divulgadas, y que precisan conocimientos científicos considerables, la

remuneración económica ha de ser proporcional a los requerimientos exigidos. La elevada remuneración del personal no deja de ser un inconveniente a priori en el terreno económico.

b) Material:

El material utilizado debe constar generalmente de equipos de vigilancia y toma de registros durante el funcionamiento, cuyo montaje y adquisición puede llegar a ser complicado.

El número de repuestos y material en general para el mantenimiento no debe ser muy cuantioso, ya que teniendo un buen programa de predicción puede conocerse la velocidad de deterioro del sistema que se esté manteniendo, y siempre se dispondrá de algún tiempo de margen que permita efectuar las adquisiciones necesarias antes de que el fallo previsto aparezca.

El material de consumo sólo será el necesario al efecto de la reparación y/o revisión prevista, y se evitará un almacenaje innecesario de los productos perecederos, que puede que no se utilicen a lo largo del ciclo de vida del sistema, y que podrían llegar a caducar sin haber sido usados.

Los bancos de prueba, equipos de montaje y desmontaje, herramientas especiales, material de ensayo y calibración, serán los mismos que para cualquier doctrina de mantenimiento.

El material requerido para esta doctrina de mantenimiento es un material de tecnología de vanguardia que en muchos casos se halla incluso en fase de investigación y desarrollo. Esto se debe fundamentalmente al mantenimiento continuo que necesita el *software*, ya que la posibilidad de predicción pasa por cálculos complejos que hacen imprescindible el uso de ordenadores que, como es sabido, están en constante evolución.

Todo esto supone que el material empleado en la predicción sea un material específico para esta tarea y de elevado coste económico. Ocurre lo mismo que en el caso del personal, constituyendo también en principio un inconveniente.

c) Documentación:

Como podemos deducir de los apartados a) y b), la documentación asociada a este tipo de acciones de mantenimiento es una documentación de compleja elaboración, y lo que es peor aún, de constante actualización.

De la misma manera que en los párrafos a) y b) el coste económico de la obtención y puesta al día de la documentación suele ser elevado, teniendo en cuenta que en esta doctrina deberá generarse al mismo tiempo que varía la tecnología emergente de la que depende.

Gran parte de la documentación de apoyo a esta doctrina es generada por la oficina técnica de la organización para que esté a disposición de las personas que van a acometer las acciones de mantenimiento. Esta documentación necesita un soporte informático muy eficiente para el control de la misma, porque de ello depende el éxito de las acciones que se acometan, ya que estas deben estar perfectamente documentadas.

2.3.2.5. LA CALIDAD EN LA DOCTRINA DE PREDICCIÓN

Respecto de la calidad, lo más característico de esta doctrina es la parte de diseño y desarrollo de los estudios que van a predecir de forma precoz el deterioro de los sistemas. Por este motivo, aparte de los procedimientos de la calidad para la producción y servicio descritos por las normas PECAL-120 (1995) e ISO 9002 asociada, también son aplicables a esta doctrina los de investigación y desarrollo de la ISO 9001 y los de diseño y desarrollo correspondientes de la PECAL-110 (1995) de la OTAN que se aplicarán a una oficina técnica con esta capacidad.

La normativa de calidad respecto al diseño y desarrollo del *software* la podemos encontrar en las normas PECAL-110 (1995), ISO 9001, PECAL-150 (1994) y no conviene olvidar el anexo de la PECAL-170 (1997) relativo a la gestión de riesgo.

Las PECAL-150 y 170 son normativas OTAN de calidad que no tienen relación directa con las ISO. La primera trata sobre diseño y desarrollo del *software* apoyándose en la PECAL 110, y la segunda sobre acuerdos entre

países de la OTAN para intercambios de aseguramiento de la calidad entre los países miembros.

Precisamente se saca a colación la PECAL-170 porque, siendo las actividades de predicción unas actividades de riesgo con respecto a sistemas de última generación de *software* y *hardware*, se debe tener en cuenta lo que la norma establece sobre este asunto en el anexo correspondiente.

2.3.2.6. LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Los procesos productivos en esta doctrina tienen la particularidad de que de alguna forma podrían ser previsibles sin tener que detener el funcionamiento del sistema. Dicho de una forma que podría ser más exacta, el sistema se detendrá cuando se hayan reunido los recursos para acometer el fallo que está previsto que se produzca. Nos estamos refiriendo a las acciones de mantenimiento que se producirán como consecuencia de las predicciones de fallo que se vayan calculando a través del tiempo.

Los procesos serán aquellos que se deban efectuar para regenerar el sistema y para que éste pueda seguir funcionando hasta que se prediga cual es el siguiente elemento que sufrirá deterioro.

En la práctica, la predicción forma parte de acciones de mantenimiento que se efectúan bajo determinadas condiciones dentro de un programa de mantenimiento, como podrían ser las salidas de una aeronave o buque de un periodo de revisión de determinada trascendencia.

2.3.3. DOCTRINA DE PREVENCIÓN

Al escribir sobre el mantenimiento preventivo, Joel (1995:147) expone en su tratado sobre fiabilidad:

Los análisis anteriores representan la secuencia de los periodos de funcionamiento de los dispositivos cuando estos se utilizan hasta el fallo. En algunos casos, vale la pena sustituir un dispositivo que funciona antes de que falle. En general, el motivo por el que se sustituye un dispositivo que funciona es que el coste de hacerlo es pequeño en comparación con el coste de responder a un fallo que ocurra durante el funcionamiento del dispositivo, un fallo en el campo.

Esta exposición, con la que mostramos nuestra entera conformidad, resulta interesante por la manera tan clara de describir lo que para nosotros es la doctrina de prevención. No obstante, aunque estamos conformes con la idea del párrafo que hemos transcrito, creemos que en sistemas muy complejos esta afirmación se vería mediatizada por desmontajes en cadena para llegar al elemento que hay que sustituir. Téngase en cuenta que el tratado citado está orientado al estudio de la fiabilidad en el diseño.

La definición que Rey (1996:64) propone de mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo contiene todas las acciones sobre “revisiones”, “modificaciones”, y “mejoras” dirigidas a evitar averías y las consecuencias de éstas en la producción.

se separa de la concepción de la doctrina de prevención que se presenta en este trabajo. Nosotros pretendemos ir mas allá de lo que propone ya que, siendo un poco laxos, esta acepción valdría como parte de las definiciones de cualquiera de las doctrinas que aquí estamos exponiendo.

Las definiciones en lo que Knezevic (1996 b: Caps. 4, 5, 6 y 7) llama políticas de mantenimiento basadas en la duración del sistema, la inspección, el examen de la condición y en la oportunidad, sí estarían incluidas en la concepción que daremos a continuación de la doctrina de prevención:

DOCTRINA DE PREVENCIÓN es aquella que, partiendo de los datos de diseño, de la fiabilidad, tiempo entre fallos del sistema, etc., prevé las acciones de mantenimiento necesarias que se deben aplicar antes de que el sistema falle por desgaste de los materiales que componen sus elementos, y de esta manera no se detenga el sistema de forma imprevista.

Hay que detener el funcionamiento del sistema de forma programada para evitar que surja la avería por desgaste del material, independientemente de que el sistema esté en buen uso o no. De esta manera, se debe tener almacenado el material necesario para efectuar las sustituciones especificadas con la consecuente inmovilización económica de material que esto supone.

Los sistemas se diseñan con unas especificaciones determinadas de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Estas condiciones de diseño son básicas para determinar la prevención del fallo, teniendo en cuenta que antes

de que el sistema llegue a las condiciones de desgaste anormal, la componente o pieza debe ser sustituida por otra nueva o regenerada a las condiciones iniciales de funcionamiento.

Por último, y como contrapunto de lo que estamos exponiendo se transcribe lo que el OPNAVINST 4790. 2H da como definición del vocablo “mantenimiento preventivo”:

The care and servicing needed to maintain aircraft equipment, support equipment, and facilities in satisfactory operating condition by providing for systematic inspection, detection, and correction of incipient failures either before they occur or before they develop into major defects.

Esta traducción también es genérica, y consideramos que podría ser una definición de lo que es una acción de mantenimiento preventivo, según la estamos planteando en este trabajo, y se quedaría escasa como definición de doctrina de prevención como se ve, en comparación con la definición aportada. Desde nuestro punto de vista, la definición anterior se encuadraría mejor en el contenido del próximo epígrafe que viene a continuación.

2.3.3.1. ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

Knezevic (1996 b:53), llama tareas de mantenimiento preventivo a lo que en este trabajo denominamos acciones de mantenimiento preventivo, y sobre este punto escribe lo siguiente:

La tarea de mantenimiento preventivo (Preventive Task, PRT) es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo.

Las tareas de mantenimiento de este tipo se realizan antes de que tenga lugar la transición al SoFa (Estado de Fallo), con el objetivo principal de reducir:

- El coste de mantenimiento.
- La probabilidad de fallo.

De esta definición se desprende que el autor citado diferencia lo que es una acción o tarea de mantenimiento preventivo, refiriéndose a las tareas o trabajos, de lo que es la doctrina de prevención, diciendo que los objetivos de ésta están relacionadas con el coste y la probabilidad del fallo. Debemos comentar que a nuestro entender, el coste y la probabilidad de fallo no son los

únicos objetivos del mantenimiento preventivo y que, por el contrario acciones importantes como estudios de mejora de los parámetros de mantenimiento, también se consideran en este trabajo acciones de mantenimiento preventivo.

Las acciones de mantenimiento de prevención están encaminadas, como se ha dicho anteriormente, a sustituir o regenerar un subsistema o componente del sistema antes de que se produzca el fallo sobre la base de los estudios de fiabilidad efectuados durante el diseño.

Al final de los años sesenta se implanta en la Armada Española el conocido sistema "Preventive Maintenance System (PMS)" de la Marina de los EE.UU. Este sistema establecía que alcanzadas unas horas determinadas de funcionamiento de los sistemas en un tiempo prefijado con anterioridad, se detuvieran éstos para hacerles el PMS². Esto obliga a tener a disposición del mantenedor una serie de recursos previstos y disponibles para ello con la consecuente inversión económica para una parte más o menos grande del ciclo de vida del sistema.

Es interesante resaltar en este apartado lo que se llama a veces mantenimiento condicional, que nos parece que puede ser una traducción libre de lo que es la técnica de acciones de mantenimiento que se utilizan para establecer la condición del sistema. A partir de esta condición, si se cree conveniente, se puede alargar el tiempo de operación del mismo durante un periodo de tiempo definido. A esta acción de mantenimiento la denominamos acción de mantenimiento preventivo según condición del sistema, por lo tanto estaría incluida dentro de lo que llamamos doctrina de prevención.

De la misma manera, sostenemos que las acciones de mantenimiento que están basadas en la inspección también pertenecen, a nuestra manera de ver, a la doctrina de prevención.

2.3.3.2. LAS ORGANIZACIONES DE LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

Los objetivos de las organizaciones que van a aplicar una doctrina de prevención se basan en las especificaciones de diseño referentes a la fiabilidad que prevén sustituir los componentes del sistema en cuestión antes de que se

2. Utilizando el término que se emplea en el argot del mantenimiento.

produzca el fallo. En otras palabras, están fundamentadas en el cálculo de la fiabilidad del sistema para unas condiciones concretas de tiempo y de funcionamiento. Este “tipo” de mantenimiento está basada en la norma MIL-STD-2173 cancelada en 01 septiembre de 1999, para las aeronaves, armas y equipo de apoyo en tierra de la Marina de los EE. UU.

Esta manera de llevar a cabo el mantenimiento exige una planificación detallada del tiempo y las condiciones que determinan cuándo se debe efectuar cada acción de mantenimiento.

Lo primero que se debe hacer es implantar un registro de las horas de funcionamiento de los componentes del sistema para no pasarse de las horas permitidas, y vigilar el estado de la condición del mismo según un programa para que, cuando las inspecciones así lo aconsejen, se puedan efectuar las acciones de mantenimiento preventivo requeridas.

2.3.3.3. NIVELES DE MANTENIMIENTO EN LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

Continuando con el mismo criterio de los epígrafes anteriores al tratar los niveles de mantenimiento, a la doctrina de prevención se pueden adaptar los conceptos que se expusieron, de la manera que se indica a continuación.

Nivel 1:

Las responsabilidades de un primer nivel consisten por lo general en la custodia de la configuración del sistema, llevando el control de horas, los libros historiales de los subsistemas, componentes y sistemas asociados para el mantenimiento del mismo.

El control de las publicaciones, tanto las específicas de los sistemas como la de los sistemas asociados para el mantenimiento.

Las acciones de mantenimiento que efectúa este nivel tienen una periodicidad diaria, semanal, mensual y comprende acciones de mantenimiento que consisten en sustituciones de componentes cuyo desmontaje no sea muy complicado, y pequeñas reparaciones.

Las revisiones condicionales correspondientes a este nivel, y las acciones de mantenimiento de lo que es el servicio de atención de limpieza, lubricación, puesta en marcha y parada, movimiento, etc.

Nivel 2:

En este nivel se acometen sustituciones y/o regeneraciones de los sistemas y subsistemas que precisan notables materiales de apoyo.

Corresponden generalmente a este nivel los laboratorios de ensayos no destructivos (END), laboratorios de análisis, laboratorios de calibración, talleres de plantas de potencia, etc., que tienen el objetivo de sustituir componentes modulares que precisan de desmontajes y montajes complejos y posteriormente pruebas en bancos.

Por la mayor complejidad y dificultad de las acciones de mantenimiento, en este nivel es muy importante la documentación técnica en los procesos productivos.

Nivel 3:

La recuperación total de los sistemas poniendo a cero sus horas de funcionamiento constituye generalmente la característica de este nivel. En consecuencia, se debe tener en cuenta la carga de trabajo que la documentación de los procesos programados significan en él.

2.3.3.4. CAPACIDADES DE LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

Respecto de la importancia de las capacidades, Baldin *et al.* (1982:135-144) se refiere a este tema señalando que la mayor o menor capacidad de una institución para el mantenimiento se basa en “el personal, instrumentos y materiales”.

a) Personal

El personal necesario para la aplicación de esta doctrina no tiene porqué tener el nivel de conocimientos teóricos que se necesitan para la doctrina de predicción. En este caso debería bastar con buenos profesionales en las distintas especialidades en el ámbito de formación profesional. Las técnicas básicas que se utilizan son las de interpretación de documentos de producción, lectura de órdenes de trabajo, etc.

b) Material

El material que se utiliza en esta doctrina será principalmente el material de repuestos de obligada sustitución, según la demanda establecidas por los constructores de los sistemas, y las herramientas necesarias para todos los trabajos previstos para desarrollar todas las acciones de mantenimiento que se hayan establecido.

Los almacenes de repuestos han de estar organizados para prever las necesidades de sustitución. Para ello tendrán que establecer niveles de repuestos y calcular los objetivos de acopio de los distintos materiales que sean necesarios para el mantenimiento de los subsistemas y componentes.

Este sistema suele tener dos inconvenientes graves: uno es la caducidad de algunos repuestos perecederos; y otro, quizás más grave, es que puede haber almacenados algunos componentes que antes de ser utilizados hayan quedado obsoletos por modificaciones de mejora realizadas en el sistema principal, como por ejemplo las destinadas a facilitar la accesibilidad a un determinado componente para hacer más fácil su mantenimiento.

Es necesario tener acopiado el suficiente material de consumo para las acciones de mantenimiento que se han de acometer en el plan de prevención.

Los bancos de pruebas, herramientas especiales y utensilios para el montaje, desmontaje, etc., van a ser prácticamente los mismos que en la anterior doctrina.

c) Documentación

Normalmente la documentación es la aportada por las casas constructoras de los sistemas, y la generada por la experiencia de la organización en el trabajo efectuado en las acciones de mantenimiento.

La documentación técnica suele ser la resultante de problemas productivos normales en el desarrollo de la solución de problemas que se presentan en la producción.

La documentación de esta doctrina tiene que estar prevista para los distintos niveles de mantenimiento. Esto exige un gran volumen de

documentos y una buena organización para custodiarlos y mantenerlos al día.

2.3.3.5. LA CALIDAD EN LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

La norma de calidad aplicable a esta doctrina de mantenimiento es la ISO 9000:2000 o la PECAL-120 en el seno de la OTAN. Estas normas de calidad son para la producción y el servicio postventa. En general, las organizaciones que aplican esta doctrina no tienen que cumplir el requisito de I+D.

Puede ocurrir que una organización de esta doctrina tenga una cierta capacidad de cambios de ingeniería en algunos procesos productivos. En este caso, deberá reunir los requisitos exigibles para el cambio en el diseño que ya se han expuesto en la doctrina de predicción.

2.3.3.6. LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

La característica de los procesos productivos de esta doctrina es que el sistema ha de detenerse para sustituir los equipos o componentes previstos por el constructor antes de que ocurra el fallo.

Los procesos productivos están programados con anterioridad, y perfectamente descritos, incluyendo hasta las órdenes de trabajo con todos sus procesos y acciones.

En esta doctrina todo está previsto y organizado partiendo de las especificaciones de adquisición del sistema, dependiendo de las necesidades de funcionamiento y, por supuesto, de los requerimientos del diseño.

2.3.4. DOCTRINA DE CORRECCIÓN

En esta doctrina el sistema continua funcionando hasta que se produzca el fallo, que no es previsible, y éste se producirá cuando corresponda al desgaste de las componentes del sistema, o a la casualidad.

Esta forma de contemplar el mantenimiento, en la que el sistema se detiene solamente cuando se rompe algo en él, la definimos como:

DOCTRINA DE CORRECCIÓN que es aquella que se establece para el funcionamiento del sistema hasta que se produzca la avería. Una vez producida, se detiene el sistema y, con los acopios de recursos necesarios que dependen de la parte averiada, se acomete la rehabilitación del mismo de una forma programada que tiene en cuenta las condiciones de diseño previamente establecidas.

Conviene hacer la distinción entre lo que es una acción de mantenimiento de corrección o correctiva, y lo que comúnmente se ha venido llamando mantenimiento correctivo.

La acción de mantenimiento correctiva es aquella acción mediante la cual se regenera un sistema en el que se ha producido un fallo no previsto o incidental durante el funcionamiento. Por otro lado, lo que se suele llamar mantenimiento correctivo es la programación de acciones de mantenimiento para cuando suceda un fallo. Aparentemente parecen la misma cosa, pero no lo son. Pondremos un ejemplo para explicar esta idea: supongamos que estamos efectuando una acción de mantenimiento preventivo de los frenos del tren de aterrizaje de un helicóptero, y encontramos que los discos de freno del tren están rayados con hendiduras no permitidas. La acción de sustituir los discos de freno del tren es una acción de mantenimiento correctora, no un mantenimiento correctivo, puesto que las rayaduras se han producido de forma incidental. En cambio, si ese mismo helicóptero se desploma al tomar tierra y sufre una toma dura, existe una acción de mantenimiento que está programada como tal para el caso de las tomas duras. Esta acción de mantenimiento estaría incluida en una doctrina de prevención y sería una acción correctiva o incidental como hemos dicho anteriormente.

La diferencia estriba en que el mal llamado mantenimiento correctivo (que aquí estaría comprendido en lo que estamos definiendo como doctrina de corrección) tiene una programación para cuando ocurre un determinado fallo.

Como ejemplo de lo que opinamos que “no” es la doctrina de corrección, Rey (1997:47) habla de la organización del mantenimiento por averías diciendo:

Las averías y paradas motivadas por ellas son inevitables aún en Talleres de Mantenimiento Preventivo muy buenos...

Es justo lo contrario de lo que se está exponiendo en este trabajo. Si el mantenimiento está basado en las averías, interpretamos que es lo mismo que Knezevic (1996 b:68) establece como política de mantenimiento basada en el fallo:

La política de mantenimiento basada en la presentación del fallo (Failure Based, FB) constituye un método en que se realizan tareas de mantenimiento correctivo tras ocurrir el fallo...

En cambio en Rey (1996:51) se escribe lo siguiente:

Planificación del mantenimiento correctivo por averías. Introducción

Podemos considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

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

Estamos de acuerdo con el contenido de este párrafo, siempre y cuando la “sustitución de elementos y componentes” y “reparación propiamente dicha” se consideren como una acción de mantenimiento correctivo y no como “tipo de mantenimiento correctivo”. El concepto que pretendemos mantener en este trabajo esta en la línea de lo que hemos transcrito de Knezevic en el párrafo anterior.

2.3.4.1. LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LA DOCTRINA DE CORRECCIÓN

Las acciones de mantenimiento en esta doctrina se caracterizan porque son realizadas cuando ocurre el fallo. En este fallo se desconoce la profundidad del mismo, y aunque estén programadas las acciones a llevar a cabo cuando ocurra, los recursos aplicables para subsanarlo son imprevisibles.

Knezevic (1996 b:51,52):

Las tareas de mantenimiento correctivo (acciones de mantenimiento correctivo) son las tareas que se realizan con la intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de las características para realizar su función o las prestaciones que se requieren.

Debe destacarse en esta definición el párrafo “recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de las características para realizar su función....”, ya que está generalizado el empleo del término mantenimiento correctivo cuando, al efectuar una acción de mantenimiento preventiva, nos

encontramos que hay que sustituir algún componente por no estar en condiciones según parámetros previamente establecidos. A esto se le debe llamar acción de mantenimiento correctora, pero no mantenimiento correctivo, redundando en lo expuesto en el epígrafe anterior 2.3.3., “doctrina de corrección”, en donde se establecía esta diferencia.

Un ejemplo de sistema diseñado con una doctrina de corrección sería una maquinilla de afeitarse eléctrica que, salvo la limpieza, que podría considerarse una acción de mantenimiento preventiva, funcionará hasta el fallo. La acción que se tendría que tomar entonces sería comprar otra.

Por último, vamos a presentar lo que el OPNAVINST 4790. 2H dice respecto de la voz “acción de mantenimiento correctora” (corrective action):

CORRECTIVE ACTION: action necessary to remove or control the cause of deficiencies in products, system, or processes. A document design, process, procedure, or materials change implemented and validated to correct the cause of failure or design deficiency.

En este caso la definición del OPNAVINST 4790. 2H da de lleno en la idea que se pretende exponer. Como se observa si traducimos el párrafo citado recoge dos aspectos interesantes: el primero, la definición de lo que es una acción de mantenimiento, refiriéndose no sólo a los trabajos para restaurar el sistema a su condición de funcionamiento, sino también a la documentación de la acción de mantenimiento; y el segundo, la definición de lo que es propiamente la corrección de la deficiencia (acción correctora).

2.3.4.2. LAS ORGANIZACIONES PARA UNA DOCTRINA DE CORRECCIÓN

La organización para este tipo de doctrina suele requerir equipos con recursos multidisciplinares para acometer acciones de mantenimiento correctoras en los sistemas que mantienen. La misma dirección de la organización estará implicada en otras funciones distintas a las específicas, como pueden ser el estudio de averías, la planificación del trabajo y algunas otras actividades afines.

Estas organizaciones deben tener el objetivo de economizar recursos, porque no saben cuando se va a producir el fallo y no se pueden calcular sus consecuencias. Generalmente van a prestar apoyo a sistemas de poca

complejidad o van a ser contratadas para la solución de problemas de sistemas ajenos en momentos concretos y según una petición de servicio para efectuar una acción de mantenimiento de corrección. Pudieran ser organizaciones a las que comúnmente se llama talleres de reparación.

Como se observa, es importante la responsabilidad de la dirección técnica, ya que en cada caso debe acometer acciones de muy variada índole. Esta dirección técnica deberá tener también un contacto muy fluido con proveedores de material y con las casas constructoras de los sistemas que mantienen, ya que éstas darán directrices oportunas al mantenedor para solucionar determinados tipos de averías que pueden surgir.

Las organizaciones que lleven a cabo esta doctrina tendrán pocas divisiones y dependencias en comparación con las que implantan las de predicción y prevención: una división de producción y una dependencia de oficina técnica, aparte de las comunes administrativas, de personal, etc.

2.3.4.3. NIVELES DE LA DOCTRINA DE CORRECCIÓN

En esta doctrina no tiene demasiado sentido hablar de los niveles de mantenimiento, ya que las acciones de mantenimiento correctoras se programan para fallos algo indeterminados. Por lo tanto, debe considerarse que tienen un único nivel. Este único nivel debe poder satisfacer las necesidades productivas que puedan generarse de las acciones de mantenimiento.

2.3.4.4. CAPACIDADES DE LA DOCTRINA DE CORRECCIÓN

Las capacidades de esta doctrina quizás sean las más conocidas, puesto que en los sistemas y equipos de uso doméstico la encontramos día a día en las reparaciones de los técnicos que nos visitan en nuestros domicilio, y que a continuación pasamos a describir.

a) Personal:

El personal debe seleccionarse de tal forma que se puedan organizar equipos de trabajo multidisciplinarios. Esto quiere decir que los componentes de los equipos de trabajo deben tener conocimientos

suficientes en el ámbito del sistema a mantener, para acometer tanto averías eléctricas como electrónicas, hidráulicas, etc.

La formación y el adiestramiento han de ser muy versátiles y se debe ir adquiriendo tras años de profesión en este tipo de trabajo.

Aunque el personal ha de tener un perfil multidisciplinar, no tiene porqué poseer conocimientos técnicamente profundos, y más bien se requerirá destreza y habilidad para ver la trascendencia de las averías. Bajo nuestro punto de vista no se necesitarían demasiados recursos de personal en la organización, ya que por lo general contarían con apoyo exterior.

La dirección también debe de estar formada y adiestrada en la solución de problemas sobre el sistema en concreto que se mantiene, o el gremio o actividad a la que principalmente esté orientada la organización.

b) Material:

El material a emplear depende de los requerimientos de las necesidades concretas. Por lo tanto, el acopio de repuestos y material de consumo, así como herramientas especiales y bancos, no estará normalmente a disposición de la organización.

Las organizaciones que orientan su actividad en esta doctrina suelen tener máquinas herramientas de tipo general, para acometer trabajos de elaboración de piezas y/o reciclado y reparación de piezas averiadas.

c) Documentación:

Debe ser de tipo generalista, o sea, que pueda dar orientación al mantenedor sobre cómo se acometen las acciones de mantenimiento de forma general.

Esta documentación estará compuesta por las publicaciones propias del tipo de actividad en la que se especialice la organización, fundamentalmente basadas en la resolución de averías, y deberá disponer asimismo de catálogos de piezas y herramientas de su gremio.

La documentación generada se limitaría a describir las órdenes de trabajo para las acciones de mantenimiento de corrección para reconstruir el sistema. La generada por una oficina técnica, en caso de que la hubiera, sería la de documentar las soluciones a llevar a cabo una vez vista la degeneración del sistema producida por la avería. Esta sería más bien una documentación acreditativa y descriptiva de la acción de mantenimiento llevada a efecto.

2.4. DIFERENCIAS ENTRE LAS DISTINTAS DOCTRINAS

Vamos a estudiar las diferencias entre las tres doctrinas expuestas anteriormente, atendiendo a las exposiciones individuales de los distintos apartados que hemos ido desarrollando en cada una de ellas. Recuérdese que se ha considerado un sistema ideal al que se le aplica una doctrina de mantenimiento.

2.4.1. LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Conocemos por experiencia propia que, normalmente, las acciones de mantenimiento se programan en cuatro fases: desmontaje; inspección; corrección si procede o sustitución; montaje y prueba. Este mismo proceso se efectúa para las acciones de mantenimiento correctivas en las tres doctrinas cuando se produce una avería que detiene el funcionamiento del sistema.

Las acciones de mantenimiento que están relacionadas con el funcionamiento del sistema, como son las de vigilancia durante la operación, no son muy diferentes en las distintas doctrinas, puesto que lo único que los sistemas de monitorización presentan al usuario es un estado más o menos completo de la situación de los sistemas durante el funcionamiento.

Sólo en la doctrina de predicción se añaden sistemas adicionales que van acopiando las lecturas monitorizadas de forma especial para que los datos puedan ser procesados. Por lo tanto durante el funcionamiento de los sistemas, sólo la doctrina de predicción se aparta de las otras dos.

Las acciones de mantenimiento regeneradoras de los sistemas en la doctrina de predicción pueden ser predichas en el tiempo, de la misma forma que en la de prevención están programadas, bien por horas de funcionamiento o por el estado o la condición del sistema. En cambio, las de corrección surgirán al cabo de un tiempo indeterminado.

Si no surgen averías, el tiempo de fallo es conocido en la doctrina de prevención, mientras que en la de predicción dependerá del estado de deterioro que en verdad tenga el sistema, y siempre se conocerá con antelación el tiempo en que más o menos puede ocurrir una avería.

Las acciones de mantenimiento de la doctrina de prevención están programadas rigurosamente en el tiempo y en acontecimientos concretos, documentadas con procesos estrictos y definidos, y se aplican independientemente de que los componentes del sistema estén o no en buenas condiciones de funcionamiento.

Las acciones de mantenimiento de la doctrina de predicción se basan en las tomas de los datos y registros necesarios para tener constancia del estado de deterioro del sistema sin detener el funcionamiento y calcular la velocidad de deterioro de los componentes del mismo. Las acciones de mantenimiento irán directamente a corregir los subsistemas y componentes que se prediga van a fallar en un tiempo conocido, con el margen de unos límites establecidos.

No se puede prever cuando van a ser aplicadas las acciones de mantenimiento de la doctrina de corrección, aunque sí pueden estar categorizadas y programadas por subsistemas y componentes. Aún así, la manera de resolver las averías es incierta debido a la imprevisibilidad de los fallos.

En el cuadro 2.1 se reflejan las características de cada doctrina.

A la vista de lo anterior, podemos decir que la desventaja está del lado de la doctrina de prevención, ya que su concepción está basada en la parada del sistema antes de que ocurra el fallo. La diferencia en este aspecto con las otras dos doctrinas está en que en la de corrección no tendremos ningún dato hasta que ocurra el fallo, mientras que en la de predicción iremos teniendo unos síntomas medibles, que nos indicarán cuando debemos parar el sistema.

ACCIONES DE MANTENIMIENTO

- Todo tipo de acción que se aplique al mantenimiento
- Asociada a una documentación que la acredita

ACCIONES DE MANTENIMIENTO

DOCTRINA DE PREDICCIÓN	DOCTRINA DE PREVENCIÓN	DOCTRINA DE CORRECCIÓN
<ul style="list-style-type: none">- No detener el funcionamiento si va bien.- Instalación de sensores de vigilancia.- Obtener parámetros de vigilancia y registros.- Estudio y análisis para predecir.	<ul style="list-style-type: none">- Sustituir antes del fallo.- Detener el sistema con buen funcionamiento.- La vigilancia y registros de funcionamiento son para diagnosticar el fallo no previsto.	<ul style="list-style-type: none">- No detiene el funcionamiento hasta el fallo.- La vigilancia pierde su utilidad.- Los trabajos de corrección pueden tener cualquier complejidad.

CUADRO 2.1

CARACTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE LAS DOCTRINAS

(Fuente: elaboración propia)

Pongamos un ejemplo para ilustrar lo expuesto en la doctrina de predicción. Modernamente, se han desarrollado técnicas de fabricación en componentes de superficies giratorias sometidas a desgaste durante el funcionamiento, que contienen tratamientos subsuperficiales a una profundidad establecida de la superficie que está sometida a desgaste por rozamiento, con unos materiales determinados que cuando se presentan en concentraciones preestablecidas en el aceite que los lubrica, dan una idea exacta del desgaste de la componente sometida a rozamiento. De esta forma permite parar el sistema, no cuando falle o cuando esté programado, sino cuando sea necesario por efecto del desgaste real del sistema. No es preciso comentar la enorme ventaja que este sistema de predicción aporta al mantenimiento en cuanto a todos los conceptos que le son aplicables.

2.4.2. LAS ORGANIZACIONES PARA EL MANTENIMIENTO

Está claro que el objetivo general de las organizaciones que se dedican al mantenimiento es obtener la mayor eficacia de los sistemas que mantienen para que éstos cumplan las funciones para las que fueron diseñados. Pero las maneras de obtener los objetivos particulares de las mismas, que se amparan o se conciben para llevar a cabo una determinada doctrina de mantenimiento son distintas en cuanto a la forma de hacerlas conseguir dichos objetivos.

Como ya hemos dicho antes, el principal objetivo para la doctrina de predicción es montar un sistema que le permita adelantarse al fallo del sistema que mantienen antes de que éste se produzca.

Los objetivos de las organizaciones que van a aplicar una doctrina de prevención se basan en las especificaciones de diseño que prevén sustituir los componentes del sistema en cuestión, antes de que se produzca el fallo.

Por otro lado, las organizaciones que optan por la doctrina de corrección deben tener el objetivo de economizar recursos, porque no saben cuando se va a producir el fallo. Generalmente, van a prestar apoyo a sistemas de poca complejidad, o van a asistir a sistemas ajenos en momentos concretos y según una petición de servicio para efectuar una acción de mantenimiento de corrección.

En el cuadro 2.2 se sintetizan los objetivos de las Organizaciones que se dedican a las distintas doctrinas.

DOCTRINA	OBJETIVO DE LA ORGANIZACIÓN
PREDICCIÓN	Adelantarse antes de que se produzca el fallo
PREVENCIÓN	Sustituir antes de que se produzca el fallo
CORRECCIÓN	Reconstrucción cuando se produzca el fallo

CUADRO 2.2
OBJETIVOS DE LAS ORGANIZACIONES
(Fuente: elaboración propia.)

2.4.3. CAPACIDADES

La mejor manera de ver las diferencias entre las tres doctrinas es ver cuáles son las diferencias entre sus capacidades.

a) Personal:

La comparación del personal idóneo para cada doctrina la haremos en relación a su cualificación.

Estimamos que hay una escala de mayor a menor en las necesidades de cualificación del personal, empezando por la de predicción y terminando por la de corrección. La de predicción está fundamentada en personal de alta cualificación, sobre todo el empleado en la diagnosis precoz de las averías, ya que este personal debe desarrollar complejos algoritmos para poder determinar la velocidad de deterioro de los sistemas. El resto de las acciones de mantenimiento pueden llegar a ser muy parecidas en las tres doctrinas.

La doctrina de prevención necesitará personal cualificado para poder atender las acciones de mantenimiento tradicionales, en cambio en la de corrección, no será necesario demasiado personal, ya que no va a merecer la pena, porque normalmente cuando ocurra el fallo tendrá consecuencias derivadas de cualquier índole, y el personal se limitará a desmontar subconjuntos y enviarlos a un escalón de mantenimiento superior, que tendrá la dimensión que le corresponda y similar al de las otras doctrinas.

b) Material:

La diferencia fundamental entre las doctrinas en cuanto al material de mantenimiento se refiere, está en el material de repuesto y de consumo en el mantenimiento y en el de los sistemas de vigilancia y conducción de los sistemas empleados durante el funcionamiento.

En la doctrina de prevención, al poder conocer cuando se va a producir el fallo y en qué parte del sistema, se podrá acopiar con antelación suficiente el material de repuesto y consumo de obligada sustitución en el desmontaje y montaje para la restauración del sistema. Por tanto, no se deberán emplear muchos recursos económicos en el almacenamiento de

dichos materiales, y se deberán adquirir solamente los necesarios para la restauración a las condiciones de funcionamiento.

En esta doctrina, para poder llegar a conocer cuando se producirá el fallo y en qué parte, se precisarán equipos para la vigilancia, detección, análisis y proceso de los parámetros, de alta cuantía económica por ser éstos generalmente de tecnología avanzada.

En la doctrina de prevención, el material de repuesto y consumo de obligada sustitución deberá estar acopiado para su utilización según el programa de mantenimiento previsto. Este material deberá estar almacenado para un periodo de tiempo determinado del ciclo de vida del sistema. Esto lleva consigo la consecuente inmovilización del recurso financiero utilizado para la adquisición y el almacenamiento del mismo.

El material necesario para el control en la doctrina de prevención será solamente el de vigilancia de los parámetros de funcionamiento como elementos de la conducción del sistema.

Prácticamente no se necesitará acopio de materiales de repuesto y consumo en la doctrina de corrección, ya que no podrá conocerse ni donde ni cuándo se producirá el fallo y, una vez producido éste, no se sabrá cual será la trascendencia del mismo para la rehabilitación del sistema.

El material de vigilancia y conducción en esta doctrina será similar al empleado en la doctrina de prevención.

c) Documentación:

La documentación más compleja y la programación de acciones de mantenimiento cae del lado de la doctrina de prevención, y se generará antes de la entrega del sistema al usuario, conteniendo los periodos y eventos necesarios para llevar a cabo el programa de mantenimiento así como su calendario y programación.

La documentación para la doctrina de corrección se generará, como se ha dicho antes, en el momento en que se produzca el fallo, ya que la reconstrucción se hará normalmente partiendo de las publicaciones de construcción, conducción y servicio.

La documentación de la doctrina de predicción será de muy compleja elaboración y consistirá en plantear al usuario acciones de “pasa o no

pasa” que le ayuden en la decisión de parar el sistema para su regeneración. Cuando corresponda efectuar una acción de mantenimiento para llevar al sistema a sus condiciones de funcionamiento será muy similar a la de prevención en lo que se refiere al montaje, desmontaje, sustitución y prueba de subsistemas y equipos.

CAPACIDADES	DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO		
	PREDICCIÓN	PREVENCIÓN	CORRECCIÓN
PERSONAL	Alta cualificación	Media cualificación	Baja cualificación
MATERIAL	Poco almacén y equipos costosos	Mucho almacén y equipos medios	Poco almacén y equipos medios
DOCUMENTACIÓN	De alta tecnología	De tecnología media	Rutinaria

CUADRO 2.3
COMPARACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LAS DOCTRINAS
(Fuente: elaboración propia.)

En el cuadro 2.3 se resume la comparación entre las capacidades de las doctrinas.

2.5. PARÁMETROS DEL MANTENIMIENTO

En este epígrafe se exponen las distintas perspectivas de tratar los parámetros del mantenimiento dependiendo de que se contemple desde el punto de vista del mantenedor o no. Se tratarán en este desarrollo los que consideramos de interés en el ámbito que tratamos.

Inicialmente vamos a establecer la manera en que se va a considerar el vocablo “parámetro” en el presente trabajo.

El *Diccionario de la Lengua Española* (RAE, 2001) define el término *parámetro*:

De para- y -metro.

1. m. Mat. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

Por otro lado, la enciclopedia ENCARTA (2000) le da al mismo vocablo el siguiente significado:

(para- + metro)

m. Línea constante e invariable que entra en la ecuación de algunas curvas, esp. en la de la parábola.

2 Variable tal que otras variables pueden ser expresadas por funciones de ella.

3 fig. Elemento importante cuyo conocimiento es necesario para comprender un problema o un asunto.

Creemos que estas dos definiciones pueden ayudar a establecer la adoptada para la tesis.

Tomaremos la acepción que considera al parámetro como una variable de una familia de elementos, que pueden ser deducidos en función de otros, que son importantes para el conocimiento de la actividad del mantenimiento, y que pueden ser expresados mediante un valor numérico.

Se pueden considerar como parámetros del mantenimiento gran número de variables que intervienen en él, aunque los generalmente tratados en el diseño son los de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Otros parámetros considerados en el mantenimiento, como son la modularidad, seguridad, accesibilidad, etc., están incluidos en los anteriormente citados.

Por ejemplo, los parámetros de modularidad y accesibilidad estarán comprendidos en la mantenibilidad, y el parámetro de seguridad está relacionado de alguna forma con el de fiabilidad aunque, por su importancia, este parámetro tiene un tratamiento específico en la mayoría de los sistemas de envergadura objeto de este trabajo, como pudieran ser los buques, instalaciones o industrias y aeronaves.

Por su importancia y trascendencia en el ámbito del mantenimiento los expuestos anteriormente de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, son los parámetros que vamos a tratar dentro de este epígrafe y que ya se han venido mencionando a lo largo del presente trabajo.

2.5.1. FIABILIDAD

Este parámetro se ha tenido en cuenta siempre desde el momento en que se acomete un diseño, y de alguna forma está mediatizado por las condiciones de funcionamiento y el ambiente en que va a ser utilizado el sistema.

Nachlas (1995:17 y 18) establece como definición básica de fiabilidad la siguiente:

Fiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado.

Daremos por válida esta definición a los fines de este trabajo de investigación introduciendo algunas modificaciones, con lo cual quedaría como sigue:

Probabilidad de que un producto, equipo o sistema realice la función especificada de forma satisfactoria durante un periodo de tiempo fijado, cuando trabaja bajo unas condiciones de operación predeterminadas.

La fiabilidad se mide numéricamente mediante la cuota de fallos o tasa de fallos (establecida en el contrato), que es el número de fallos por unidad de tiempo.

Existe todo un tratado sobre fiabilidad y una bibliografía suficiente que explican este parámetro desde el punto de vista del diseño que, a la postre, tendrá que cumplir las exigencias del cliente para el sistema dentro de unos márgenes realistas, y no vamos a entrar en ellos ya que no lo consideramos necesario para el propósito de la tesis.

Pero ¿qué ocurre con el mantenedor al que la fiabilidad viene impuesta por las condiciones de diseño del sistema que va a mantener?. Por muy buenos programas de mantenimiento que lleve a la práctica el mantenedor, nunca podrá mejorar la fiabilidad del diseño (ver Knezevic, 1996 a:180), y en esta afirmación, generalmente compartida en el mundo de la ingeniería de diseño, es donde discrepamos. Como consecuencia de dicha discrepancia *exponemos una nueva forma de enfocar este parámetro* dentro del concepto actual del mantenimiento debido al nuevo entorno que estamos exponiendo en el presente trabajo de investigación.

El nuevo enfoque que obtiene este parámetro es el de que se puede mejorar la fiabilidad del diseño durante el ciclo de vida del sistema mediante un *rediseño* que mejore sus condiciones de mantenimiento. Esta mejora viene dada por el profundo conocimiento que adquiere el mantenedor de dicho sistema, o bien por la variación de los requerimientos que se le exigen.

La única forma de mejorar la fiabilidad es acudir a un cambio de ingeniería en el diseño, que se le encomendaría a la oficina técnica de la organización que acomete el mantenimiento del sistema y que, generalmente, estará de acuerdo con la casa constructora del mismo.

Esto hace que el mantenedor considere a la fiabilidad desde otro punto de vista dando por conocida la fiabilidad de diseño.

En este orden de cosas, es interesante la definición de fiabilidad que (Knezevic, 1996 a:204 a) da en su tratado de mantenibilidad, en el glosario de términos de dicho tratado que expone al final de su obra:

Característica inherente de un elemento relativa a su capacidad para mantener la funcionabilidad, cuando se usa como está especificado.

Entendiendo por funcionabilidad el mismo autor en el citado glosario (Knezevic, 1996 a:205) lo siguiente:

La característica inherente de un producto, relativa a su capacidad de realizar una función especificada, de acuerdo con unos requisitos específicos y bajo una condición operativa especificada.

Para el mantenedor, la fiabilidad constituye una meta deseable a alcanzar, y para conseguirlo debe seguir el programa de mantenimiento que le marca el constructor.

Desgraciadamente, en los sistemas complejos existe a veces una gran desviación de este parámetro respecto a lo que sería lo deseado, lo que obliga al mantenedor a realizar acciones de mantenimiento correctoras en fallos incidentales, variando así las previsiones de fiabilidad que acaban por acortar el tiempo entre acciones de mantenimiento previstas en el diseño.

Lo anterior suele terminar con un rediseño del sistema bajo la responsabilidad del mantenedor.

Al final, lo que interesa al mantenedor es que como mínimo se cumplan las especificaciones de diseño en cuanto a la fiabilidad, evento que, según nuestra experiencia, raras veces ocurre, sobre todo en la puesta en

funcionamiento de nuevos sistemas, sin que esto deba confundirse con la tasa de fallos prematura del mismo. Por nuestra experiencia, podemos decir que sólo los sistemas experimentados a través del tiempo que han sido reformados una y otra vez cumplen con una fiabilidad compatible con la de diseño.

2.5.2. MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad puede ser definida de varias formas pero, en cuanto a la cuantificación del parámetro, está bastante consensuado expresarlo en términos probabilísticos. Sin embargo, en la presente tesis no vamos a entrar en el estudio cuantitativo de los parámetros del mantenimiento, y se van a pasar por alto las distintas técnicas matemáticas aplicables para la obtención de los mismos.

La norma MIL-STD-721B, DoD, 1996 USA define este parámetro como:

Mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo averiado sea restaurado completamente a su nivel operativo, dentro de un periodo de tiempo dado, cuando la acción de reparación se efectúa de acuerdo con los procedimientos preestablecidos.

Otra forma de ver la mantenibilidad sería la expuesta por Knezevic (1996 a:47):

La mantenibilidad es la característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica.

Knezevic (1996 a:29) dice que: "...en realidad, la mantenibilidad es una dimensión de la fabricación del sistema y una política de gestión del mantenimiento del sistema..."

En esta afirmación, Knezevic implícitamente señala que el mismo parámetro tiene dos aspectos: uno de construcción y otro que es el de mantenimiento; el de construcción como "dimensión de la fabricación", y el otro pertenece a "la política de gestión del mantenimiento del sistema".

También se puede definir como una característica de diseño, expresada en términos probabilísticos, de que un sistema no necesite una acción de mantenimiento mas de un número de veces en un periodo de tiempo determinado.

Otra forma de definirla sería relacionándola con el coste del mantenimiento, de tal manera que éste no supere una cantidad monetaria dada.

Baldin, *et al.* (1982:85) la definen como:

La mantenibilidad es la probabilidad de que la intervención de mantenimiento se lleve a cabo dentro de un tiempo t .

Como se observa, esta definición está asociada a las acciones de mantenimiento y se puede considerar como un dato numérico de cara exclusiva al mantenedor, cosa que estimamos muy favorablemente, porque las mediciones de este parámetro que habitualmente se contemplan están dirigidas al diseño.

Sin embargo, para el mantenedor, la mantenibilidad va asociada a la facilidad en el mantenimiento para recuperar un sistema de la forma más sencilla y con la mayor economía de recursos posibles. Esta afirmación nos lleva a considerar aspectos de la mantenibilidad tales como son la accesibilidad, la simplicidad y la modularidad, que se pueden considerar como subparámetros de la mantenibilidad, y que tienen una gran importancia para el mantenedor a la hora de llevar a cabo las acciones de mantenimiento.

La accesibilidad da idea de la facilidad de montaje y desmontaje de los componentes de un sistema; la modularidad lleva implícita la facilidad de intercambio de un componente averiado por otro en buenas condiciones de uso; y la simplicidad presume que todo lo que se mantiene está a la vista y que ni el entendimiento de su funcionamiento ni su mantenimiento son complejos.

Los subparámetros pueden ser cuantificables, pero ya hemos señalado que no vamos a entrar en el aspecto de cuantificación de los mismos, y ello podría ser una propuesta de investigación, como tema de estudio en el futuro.

De las definiciones e ideas debatidas en este epígrafe, conviene destacar el aspecto que interesa al mantenedor, ya que es de lo que nos estamos ocupando en el presente estudio.

2.5.3. DISPONIBILIDAD

El parámetro “disponibilidad” lo consideramos un parámetro debatido, puesto que existen muchas formas de tratarlo, aunque la idea de fondo las asemeja unas a otras. Se van a presentar varias definiciones de distintas fuentes que acreditan lo dicho.

Baldin, *et al.* (1982:81 y 82):

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo de buen funcionamiento del sistema productivo calculada durante un periodo de tiempo largo.

Knezevic (1996 a:27):

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento.

Nachlas (1995:212):

La disponibilidad (puntual) de un dispositivo es la probabilidad de que funcione en cualquier instante de tiempo.

La disponibilidad límite de un dispositivo es el límite matemático de la función de disponibilidad puntual.

La disponibilidad media de un dispositivo a lo largo de un periodo de tiempo es la integral de la función disponibilidad en dicho intervalo.

La disponibilidad media límite de un dispositivo es el límite matemático de la función de disponibilidad media.

Villanueva, G. (1997:125):

Disponibilidad inherente es la probabilidad de que un sistema, en condiciones de trabajo especificadas y sin acciones de mantenimiento preventivo, funcione satisfactoriamente en un momento determinado. Se excluyen los conceptos de tiempo disponible y tiempos logísticos y administrativos.

Disponibilidad conseguida es la probabilidad de que un sistema, en condiciones de trabajo especificadas, y en condiciones reales de entorno (herramientas y repuestos disponibles, mano de obra calificada etc.) funcione satisfactoriamente en un momento determinado. Se incluye el concepto de mantenimiento preventivo y correctivo.

Disponibilidad operacional es la probabilidad de que un sistema, en condiciones de trabajo especificadas, y en un entorno operacional real, funcione satisfactoriamente en un momento determinado. Esta definición incluye tiempos logísticos y administrativos.

Como fruto de la experiencia y del estudio de nuestra concepción, podemos decir que la disponibilidad puede definirse también como la probabilidad de que el equipo o sistema no haya tenido fallos en el tiempo, ó en caso de tenerlos sea reparado en un tiempo menor que el máximo permitido.

También se puede definir como la probabilidad de que al ser usado un equipo en determinadas condiciones, funcione satisfactoriamente cuando se le requiera.

En la Flotilla de Aeronaves de la Armada la disponibilidad de las distintas escuadrillas se mide por la razón de aeronaves listas para operación dividido por el número total de aeronaves de esa escuadrilla.

Como puede observarse, las distintas definiciones empleadas se acomodan a la manera que resulta más útil a la organización que las usa.

2.6. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN LAS DOCTRINAS

A la vista de lo desarrollado en el epígrafe anterior, tendremos que efectuar unas delimitaciones en los parámetros para poder ver su influencia en las distintas doctrinas. Estas delimitaciones se corresponden con la determinación del tiempo continuado de operación (disponibilidad), la fiabilidad requerida para el diseño del sistema y la mantenibilidad establecida para el mismo. Téngase en cuenta que otros parámetros de mantenimiento se han considerado aquí como subparámetros de los tratados en el anterior epígrafe.

También se ha de tener en cuenta qué tipo de necesidad se desea satisfacer con el sistema, su complejidad y con qué doctrina se va a mantener el mismo, en el caso hipotético de que el mismo sea concebido, como ya se ha dicho, bajo la perspectiva de una única doctrina. Otro factor importantísimo es el costo del sistema que tendrá que ser compatible con la necesidad a satisfacer por el mismo.

Naturalmente, lo ideal sería que todos los sistemas independientemente de la doctrina de mantenimiento que se les aplicara, tuvieran los parámetros de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (se abrevian como FMD) en las mejores condiciones, pero esto no es posible ya que podría ser muy costoso.

2.6.1. INFLUENCIA EN LA DOCTRINA DE PREDICCIÓN

En esta doctrina contemplamos la fiabilidad únicamente desde el punto de vista del diseño, ya que suponemos que está pactada por el comprador en

unas prescripciones técnicas que estén de acuerdo con el periodo y condiciones de operación establecidas para el sistema. En este planteamiento, el mantenedor recibe un sistema en el que debe ir prediciendo el estado del mismo en el futuro durante un periodo de tiempo determinado, teniendo solamente como referencia la fiabilidad establecida.

Es deseable que un sistema que vaya a concebir el mantenimiento con los criterios de la doctrina de previsión obtenga buenos valores del parámetro de mantenibilidad, ya que éste mejora cualquier acción de mantenimiento. Por ello debe tenerse en cuenta que cuando se decida acometer la reparación o sustitución de un subcomponente o equipo, es posible que dentro de ese mismo conjunto se haya detectado que otro de su mismo componente superior, aunque todavía esté en condiciones de buen funcionamiento, se halle en una fase de deterioro avanzada. Entonces se deberá aprovechar la oportunidad, y sustituirlo o cambiarlo.

Pongamos como ejemplo ilustrativo del párrafo anterior el caso de un motor de explosión del que se ha predicho que el desgaste de su eje de cigüeñales está aproximándose al límite admisible previamente establecido, y a cuyos cojinetes de cabeza de biela, aunque aún se hallan en el periodo de vida útil, se ha calculado que les quedan pocas horas de funcionamiento. Entonces, al ir a sustituir el eje, se aprovechará la oportunidad de cambiar también los cojinetes. Por experiencia propia, esto puede llegar a ocurrir con mucha frecuencia en la aplicación de la doctrina de predicción. Por lo tanto la buena mantenibilidad que tenga el sistema influye en la eficacia del mantenimiento.

En cambio, el parámetro que ejercerá una influencia decisiva es el de la disponibilidad que, aplicando lo expuesto en el párrafo anterior, se alargará siempre que sea posible mediante las acciones de mantenimiento de oportunidad.

En el mantenimiento basado en esta doctrina se dará la máxima importancia al parámetro disponibilidad, media a la mantenibilidad y baja a la fiabilidad ya que, como es sabido, por muy bien que se realice el mantenimiento, a lo máximo que se puede aspirar es a obtener la fiabilidad de diseño. Este último parámetro se tomará como punto de partida.

2.6.2. INFLUENCIA EN LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN

En una doctrina de prevención, el parámetro de mayor relieve es la mantenibilidad, porque el sistema se detendrá en un tiempo fijo previsto, para unas acciones de mantenimiento prefijadas y con una duración asumida. En consecuencia, tanto las componentes inspeccionadas y evaluadas para ser remplazadas, como las de obligada sustitución, estarán disponibles para realizar acciones de mantenimiento de regeneración del sistema.

La fiabilidad será la que se haya demandado al diseñador del sistema, y estará plenamente estudiada puesto que en este parámetro está basada la doctrina de prevención, ya que las paradas del sistema se efectúan precisamente por el valor de este parámetro. Por tanto, la importancia de este parámetro en la prevención sería media.

En el contexto de mantenibilidad y fiabilidad, el parámetro de disponibilidad está totalmente condicionado a los parámetros anteriores, y su importancia será baja porque ha de resultar la disponibilidad prevista.

2.6.3. INFLUENCIA EN LA DOCTRINA DE CORRECCIÓN

En un sistema amparado por esta doctrina el parámetro de mayor importancia es la fiabilidad, ya que cuanto más fiable sea mayor será el periodo de operación. Pensamos que este tipo de sistema debe ser concebido para desecharlo cuando se produzca el fallo. Por tanto, lo destacable en el mismo es que sea muy fiable y, consecuentemente, la disponibilidad dependerá de la fiabilidad para cualquier tipo de operación.

La mantenibilidad casi no se tiene en cuenta, bien porque el sistema se desecha una vez ha fallado, o porque su regeneración necesita un despiece completo y éste se llevaría a cabo en instalaciones adecuadas.

En esta doctrina, la mayor influencia la tiene la fiabilidad, seguida de la disponibilidad y, por último la mantenibilidad.

Para ilustrar mejor las ideas que pretendemos exponer en este epígrafe se pone el siguiente ejemplo.

El helicóptero antisubmarino SH3D de la Armada lleva un subsistema hidráulico que sirve para el manejo de los controles de vuelo del mismo, tren de aterrizaje, máquina de izado y arriado del sonar, etc. Este subsistema cuenta con tres bombas hidráulicas, que en el programa de mantenimiento del sistema se contemplan con el concepto de sustitución para devolverlo a su condición de funcionamiento (NAVAIR 01-230 HLE-6, 1991:Card 10), es decir, que estas bombas estarán funcionando en el helicóptero hasta que se detecte su mal funcionamiento y, en este caso, se mandan al tercer nivel para su regeneración.

PARÁMETROS /DOCTRINAS	Fiabilidad	Mantenibilidad	Disponibilidad
Predicción	VALOR BAJO	VALOR MEDIO	VALOR ALTO
Prevenición	VALOR MEDIO	VALOR ALTO	VALOR BAJO
Corrección	VALOR ALTO	VALOR BAJO	VALOR MEDIO

CUADRO 2.4
 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN LAS DOCTRINAS
 (Fuente: elaboración propia)

En el cuadro 2.4. se pone de manifiesto la influencia de los parámetros de mantenimiento en las doctrinas.

2.7. EPÍLOGO

Con independencia de las conclusiones que se recojan al final de nuestro trabajo, queremos hacer, a modo de resumen, algunas recapitulaciones sobre las cuestiones abordadas en este capítulo. Así tendremos lo siguiente:

1. Respecto a los vocablos vigilancia, diagnóstico, pronóstico y predicción cabe destacar que:
 - a) Vigilancia, en el contexto que nos ocupa, conlleva la acción de llevar registro de los parámetros de funcionamiento de un sistema.

- b) El diagnóstico se puede obtener a través del estudio de los registros obtenidos durante la vigilancia.
 - c) Mediante el diagnóstico de los eventos de un sistema se puede hacer un pronóstico de futuro de los que pueden suceder.
 - d) La predicción en el mantenimiento da idea de la velocidad de deterioro de un sistema debido a su funcionamiento.
2. En lo relativo a las definiciones de las distintas doctrinas, destacamos que:
- a) La doctrina de predicción establece que el sistema no ha de pararse en su periodo de operación hasta que haya evidencias objetivas y predeterminadas para ello.
 - b) En la doctrina de prevención se establece cuando se ha de detener el sistema, en base a la fiabilidad calculada en el diseño, para inspeccionar y/o sustituir elementos del mismo.
 - c) La doctrina de corrección es aquella que no detiene el sistema, hasta que éste lo hace por defecto de algunos de sus componentes.
3. La diferencia que existe entre las diversas doctrinas pasa por las que tienen las acciones de mantenimiento, sus organizaciones y capacidades.
4. Los parámetros que se han discutido presentan los siguientes aspectos:
- a) Son contemplados desde distintos puntos de vista: uno el que tiene el mantenedor y otro el que estudia el diseñador.
 - b) La importancia de la influencia de dichos parámetros viene condicionada por el tipo de doctrina que se escoja para las acciones de mantenimiento.

CAPITULO 3

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 3

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

3.2. TEORÍA DE LOS SISTEMAS

3.2.1. Concepto de sistema

3.2.2. Ingeniería de los sistemas

3.2.3. Los programas de mantenimiento y la ingeniería de sistemas

3.3. LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y SUS COMETIDOS

3.3.1. Los programas de mantenimiento

3.3.1.1. La mejora de la actuación en los programas de mantenimiento

3.3.1.2. Parámetros de actuación en los programas de mantenimiento

3.3.1.3. Estrategias para la mejora de la actuación en los programas de mantenimiento

3.3.1.4. Las innovaciones en los programas de mantenimiento

3.3.2. Cometidos de los programas de mantenimiento

3.3.2.1. Responsabilidades de la dirección

3.3.2.2. Responsabilidades de la función de apoyo logístico

3.3.2.3. Responsabilidades de la función de mantenimiento

3.4. LOS NIVELES Y LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

3.4.1. Acciones de mantenimiento del nivel 1

3.4.2. Las acciones de mantenimiento de nivel 2

3.4.3. Las acciones de mantenimiento de nivel 3

3.5. LAS FUNCIONES DE LA PRODUCCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

3.5.1. La dirección en la producción

3.5.2. El control de la producción

3.6. INFLUENCIA DE LAS DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO EN LOS PROGRAMAS

3.6.1. La doctrina de corrección en los programas de mantenimiento

3.6.2. La doctrina de prevención en los programas de mantenimiento

3.6.3. La doctrina de predicción en los programas de mantenimiento

3.7. EPÍLOGO

CAPÍTULO 3

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

En los dos primeros capítulos se ha expuesto lo que es el mantenimiento y lo que son las doctrinas del mismo. En cuanto al mantenimiento, lo que se ha estudiado en el capítulo 1 ha sido su enfoque en el contexto actual, que varía, o más bien diríamos que evoluciona, hacia una forma más global de concebirlo, y en este mismo sentido, en el capítulo 2 hemos introducido en la manera clásica de dividir el mantenimiento los conceptos de doctrinas de mantenimiento que se acomodan mejor al entorno en que se mueve hoy día el tema que se estudia en el presente trabajo.

El propósito de este capítulo es proporcionar criterios que permitan llevar a la práctica los programas de mantenimiento, basándose en el aspecto teórico del mismo que se ha expuesto en los capítulos anteriores, y dejando a un lado los conceptos de los tipos o clases de mantenimiento, y contemplándolo desde la perspectiva que se plantea en el presente trabajo, que se considera de vigencia en el ámbito que nos ocupa.

En la actualidad, las acciones de mantenimiento que se aplican a los sistemas no son puras bajo la perspectiva de las definiciones que se han dado de doctrinas en el capítulo 2, ya que cualquier sistema moderno de mediana complejidad es una conjunción de acciones de mantenimiento de prevención, de predicción, de corrección, de rediseño, de registros, de estudio y de toda acción que se lleve a efecto con el propósito de mantener el sistema en las condiciones de funcionamiento para las que fue diseñado a través de su ciclo de vida. Como consecuencia, lo que se viene haciendo al mantenimiento de los sistemas, son acciones de mantenimiento de distinta índole basadas en la mezcla de las doctrinas que se han expuesto en el capítulo 2.

Esta manera de estudiar los programas de mantenimiento contrasta con la forma tradicional de hacerlo, que se limita a buscar calificativos de tipos o

clases de mantenimiento cuando, en realidad, lo que se intenta expresar son nombres de acciones de mantenimiento.

Como consecuencia de lo que se estudia en los capítulos precedentes, se plantea una visión poco habitual del entorno del mantenimiento, ya que hasta el presente se le concedía una acepción de tipo práctico. Por tanto, el propósito del capítulo es exponer lo que entendemos por programas de mantenimiento y cuáles son sus cometidos. Como se verá, están compuestos por una gran variedad de acciones de mantenimiento que están inspiradas o se desprenden de las explicaciones que se dieron en el capítulo 2 de dichas acciones en cada una de las doctrinas.

Previamente, en el epígrafe 3.2 se realiza una revisión de algunos conceptos como el de sistema o de ingeniería de los sistemas, que van a ser adoptados a lo largo del capítulo y se han venido utilizando en los precedentes. Estos conceptos de alguna forma han sido el motor que ha generado la moderna concepción del mantenimiento. En el epígrafe 3.3 se tratan de forma general todos los puntos de lo que es un programa de mantenimiento y cuáles son sus cometidos.

En el epígrafe 3.3.1 se han considerado todos los aspectos que, a nuestro juicio, deben ser el marco amplio para los asuntos en los que están implicados los programas de mantenimiento, poniendo especial énfasis en la mejora de la actuación de los mismos a través de los parámetros o elementos que lo componen, en los aspectos relativos a como se deben tratar las innovaciones en ellos. Los cometidos de los programas se desarrollan en el epígrafe 3.3.2, determinando cuáles son las responsabilidades de la dirección, las de la función de apoyo logístico y las de la función de mantenimiento. Los párrafos de estos epígrafes son en sí mismos, un punto de partida para desarrollar una metodología al aplicar un programa de mantenimiento a un sistema o sistemas.

En los tres subepígrafes del 3.4 se propone lo que, en nuestra opinión, deben ser los niveles de mantenimiento con las respectivas tareas que, según el criterio de este trabajo, les deben ser asignadas a los niveles 1, 2 y 3, explicado de forma muy general.

No se debe pasar por alto, y por eso se trata en el epígrafe 3.5, la importancia que tiene para una organización de mantenimiento la forma de

entender y actuar en los procesos productivos que hace que esa manera de trabajar sea peculiar del mantenimiento, que es por lo que defendemos que existe una doctrina poco descrita del mismo.

El planteamiento que se hace en esta tesis no tendría ningún objeto si no explicamos como creemos que influyen las doctrinas de mantenimiento expuestas en los programas de mantenimiento, lo que se hace en el epígrafe 3.6 y se desarrolla en los tres subepígrafes del mismo, que intentan diferenciar las distintas y variadas influencias de cada una de las tres doctrinas (subepígrafes 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3).

3.2. TEORÍA DE LOS SISTEMAS

Desde el principio de este trabajo se ha venido utilizando el término “sistema”, y aunque en el glosario se explica la acepción con que se está tomando en la tesis, conviene hacer algunas precisiones sobre él debido a la importancia que tiene en el estudio que nos ocupa.

3.2.1. CONCEPTO DE SISTEMA

Inicialmente se va a describir lo que distintos autores entienden por sistema, para ello se considera importante la síntesis que Portillo Franquelo (1996:47-51) hace desde la perspectiva de distintas disciplinas, destacando la acepción que él mismo, de forma general, hace sobre el asunto diciendo que:

Un sistema consiste en un acto mental mediante el cual se selecciona, de entre un número infinito de relaciones entre cosas, un conjunto de elementos cuyas relaciones indican cierta coherencia y unidad de propósito y que permiten la interpretación de hechos que de otra manera parecerían una sucesión de actos arbitrarios.

Centrando el concepto de sistema dentro del ámbito del mantenimiento, Drew (1995:18) define un sistema desde la perspectiva de la dinámica como:

Un conjunto interconectado de elementos cuya *estructura* determina todas las modalidades del *comportamiento* dinámico. El *comportamiento* se refiere a los valores de las variables del sistema a lo largo del tiempo. La *estructura* se puede describir como el número, disposición, polaridad y orden de los bucles de reglamentación en el modelo del sistema.

En cambio Blanchard (1996:110) en el glosario de su tratado sobre ingeniería de sistemas, define lo que es un sistema desde una perspectiva más generalista, que transcribimos de forma literal porque da idea de la acepción que se está aplicando al presente trabajo:

Una combinación de recursos (como seres humanos, materiales, equipos, software, instalaciones, datos, etc.) integrados de forma tal que cumplan una función específica en respuesta a una necesidad designada de un usuario. No solo incluye los recursos utilizados directamente en el cumplimiento de la misión (esto es, equipo principal, software operativo, personal usuario), sino también los diferentes elementos del apoyo (como por ejemplo: equipos de apoyo y prueba, repuestos y requisitos relacionados de inventario, personal de mantenimiento e instalaciones).

Un sistema está hecho por el hombre, ocupa espacio físico, es dinámico por naturaleza, según Drew (1995:18), y es de lazo abierto en términos de ser interactivo e interdisciplinar.

Para nosotros, una vez expuestas las anteriores definiciones y utilizándolas como base, la acepción sería la siguiente:

SISTEMA: un sistema está diseñado para satisfacer una necesidad, que debe explicitarse en forma dinámica en cuanto a que debe establecerse un período de tiempo de utilización en unas condiciones ambientales, así como la disponibilidad, mantenibilidad, etc., y además establecer cuáles o cómo han de ser los recursos que se le asignen desde el momento en que surge la necesidad hasta que se considere obsoleto dicho sistema.

3.2.2. INGENIERÍA DE LOS SISTEMAS

Visto el concepto de sistema que se está utilizando en este trabajo de investigación, en el entorno actual del diseño y desarrollo de los mismos, se aplica la disciplina que se denomina ingeniería de los sistemas. Esta disciplina contempla los sistemas de una manera global, como ya se ha mencionado en el capítulo 1 en la definición que se ha adoptado de mantenimiento.

Igualmente citamos a Blanchard (1996:18), y transcribimos la definición que da para la ingeniería de sistemas, por ser el concepto que se está aplicando al diseño y desarrollo en este estudio:

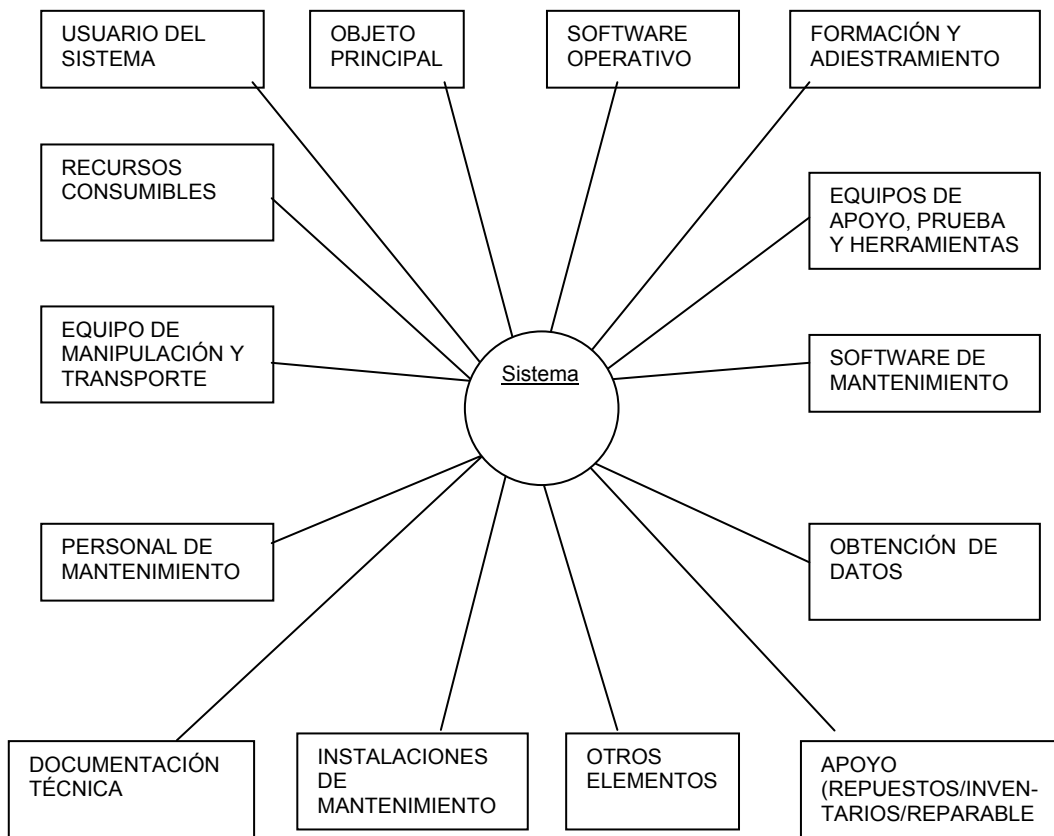


FIGURA 3.1
 COMPONENTES DE UN SISTEMA
 Fuente: adaptada de Blanchard (1996:23)

La ingeniería de sistemas puede definirse como: la aplicación de técnicas científicas y de ingeniería para transformar una necesidad operativa en la descripción de los parámetros de prestaciones de un sistema y en su configuración mediante la utilización de un proceso iterativo de definición, síntesis, análisis, diseño, prueba y evaluación; integrar los parámetros técnicos relacionados y asegurar la compatibilidad de todas las interrelaciones físicas, funcionales y del programa de forma que se consiga la mejor definición y diseño del sistema completo; e integrar los aspectos de fiabilidad, mantenibilidad, seguridad, supervivencia, de personal y otros similares en el proceso global de ingeniería para conseguir los objetivos técnicos, de coste y de calendario fijados.

En la figura 3.1 se sintetizan lo que estimamos que son los componentes de un sistema que han de tenerse en cuenta cuando la ingeniería tenga que diseñarlo, fabricarlo, producirlo y apoyarlo durante el ciclo de vida del mismo.

3.2.3.LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

Como consecuencia del estudio de la figura 3.1, se desprende que el apoyo logístico contemplado de forma integral es lo que engloba los recursos aplicables para que el sistema cumpla con lo especificado, pues según se dijo en la definición de mantenimiento adoptada para la tesis, éste es una de las funciones de ese apoyo. Decimos que el mantenimiento de los sistemas se efectúa o se lleva a la práctica a través de programas de mantenimiento y éstos han de ser diseñados por la ingeniería de sistemas teniendo en cuenta todos los componentes del mismo descritos en la figura 3.1.

Establecidos los enfoques que se le están dando a lo que es un sistema y su ingeniería en cuanto a su diseño y desarrollo, pasamos a la exposición del tema propio de este capítulo. A lo largo de él se aplicarán los conceptos de la metodología de los sistemas respecto de los programas de mantenimiento. No se debe perder la perspectiva global con que se estudian los sistemas en la ingeniería de los mismos.

3.3. LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y SUS COMETIDOS

Los programas de mantenimiento están diseñados desde el inicio de la concepción de los sistemas, y modernamente desde el propio establecimiento de la necesidad se genera la cuestión de mantenerlos. Lo que ocurre es que sólo en los sistemas complejos de cierta envergadura tienen verdadera entidad los programas de mantenimiento.

Al referirnos a un sistema complejo queremos decir un sistema tal que implica no sólo a muchos medios técnicos y económicos sino a una filosofía de interacción del sistema con el mundo que le rodea; así Sarabia (1997:150) en su monografía *Teoría General de Sistemas*, comenta lo siguiente respecto a los sistemas complejos:

Es a través de esta posibilidad de integración como la sistémica, el paradigma de la complejidad, mezcla de arte, ciencia, intuición y heurística, que permite modelar sistemas complejos, es hoy un sistema y una filosofía de pensamiento en plena expansión en cuanto a las ciencias que confluyen en él: desde los campos del

conocimiento tradicionalmente asociados a ella, como las ciencias de la ingeniería y la organización, a las que, aún no tan jóvenes, se van incorporando, como las ciencias políticas y morales, la sociología, la biología, la psicología y la psiquiatría, la lingüística y la semiótica, o las que por su juventud han sido integradas casi desde su nacimiento, cual ocurre con la informática, la inteligencia artificial o la ecología.

Los sistemas actuales cuando son entregados por el fabricante a los usuarios llevan consigo, a requerimiento del comprador, un programa de mantenimiento.

Los programas de mantenimiento están basados en las exigencias contractuales del comprador de acuerdo con los requisitos del sistema que se va a adquirir para una determinada funcionalidad.

Esto ocurre tanto con las organizaciones estatales como privadas, incluyendo en estas últimas las de la Defensa Nacional, que por la variedad y complejidad de los sistemas que utiliza, tienen una organización que efectúa el apoyo a los sistemas adquiridos.

Primeramente estudiaremos los programas de mantenimiento y seguidamente sus cometidos.

3.3.1. LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Blanchard (1996:37-42) describe como “al analizar los requisitos del sistema, la tendencia de los diseñadores es atender a la parte operativa del sistema y a lo relacionado con ella descuidando el mantenimiento y el apoyo logístico, lo que ha dado lugar en el pasado a problemas de envergadura en los sistemas durante el funcionamiento” y continúa asegurando que “la experiencia ha demostrado que gran parte del coste del sistema durante su ciclo de vida corresponde a las actividades de mantenimiento y apoyo de las últimas fases de su vida, que puede ser hasta el 75 por ciento del coste total del ciclo de vida del sistema”. Al hablar de la “última fase de vida” se entiende que corresponde al periodo de tiempo de operación, una vez superada la fase de funcionamiento inicial que, naturalmente, tiene más averías.

El objetivo de un programa de mantenimiento aplicado a uno o varios sistemas es lograr la seguridad y el buen funcionamiento del mismo, vigilando

el suministro y el uso óptimo de los recursos de personal, material, documentación y fondos que se le asignen.

La metodología para lograr el objetivo de un programa de mantenimiento ha de estar encaminada a efectuar las mejoras necesarias para la eficaz aplicación de los recursos, y al buen funcionamiento del sistema durante su ciclo de vida.

La mejora de la actuación debe estar enfocada al esfuerzo necesario de la organización para conseguir la satisfacción del cliente como un requisito principal de la misma.

Como un requisito previo, los objetivos de la organización deben entenderse claramente y deben comunicarse a todos sus miembros. Es esencial que todos conozcan sus tareas, y entiendan su contribución al logro de los objetivos, siendo sensibles a los requisitos de las exigencias del cliente.

Basándonos en la propia experiencia, podemos decir que:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO es el conjunto de acciones a las que se somete un sistema, para que conserve y/o controle a todos sus subsistemas y componentes, con las condiciones de funcionamiento previamente especificadas para su ciclo de vida.

3.3.1.1. LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Debe ser un propósito el obtener una mejora continua de los procesos productivos de las acciones de mantenimiento para la economía de recursos. El trabajo en equipo, la comunicación y el conocimiento de los recursos, son elementos críticos para el éxito de la organización. Consideramos que la mejora de la actuación debe ser un objetivo para lograr las metas siguientes:

- Aumentar la claridad de lo que es el programa de mantenimiento, para que sea conocido por todos los miembros de la organización.
- Asegurar y mejorar la calidad de forma que se puedan acreditar ante el cliente todas las acciones encaminadas para su satisfacción.

- Progresar en la disponibilidad tendiendo a la de proyecto, de forma que se pierdan las menores horas posibles durante el funcionamiento del sistema.
- Progresar en el mantenimiento mejorando los métodos de trabajo de producción y analizando los resultados obtenidos.
- Reducir los costos mediante una buena gestión de los recursos aplicados al programa de mantenimiento.
- Estar preparados para maneras de operar excepcionales que no sean las habituales, como puede ser trabajar con los sistemas menguados o en condiciones ambientales difíciles.
- Trabajar en la mejora de las contrataciones para la obtención de los recursos que se van a aplicar al programa de mantenimiento.
- Progresar en el espíritu de equipo de la organización creando canales de información de forma vertical y horizontal, para que mediante el entendimiento se llegue a una estrecha colaboración entre el personal de la misma.

Se deben tener en cuenta las innovaciones tecnológicas para la mejora de los programas de mantenimiento, pero no se debe olvidar que las innovaciones tienen en sí mismas variedad de riesgos muchas veces desconocidos, entre otros de concepción técnica, los considerados por Benevides Velasco (1998:127-135), para lo cual deben ser estudiados y evaluados cuidadosamente para que dichas innovaciones y sus posibles riesgos puedan ser abordados y/o asumidos.

Con respecto a esta cuestión es importante el anexo “c” de la publicación PECAL–170 “Análisis, Evaluación y Control de riesgos” en el contexto de la calidad, cuando se analiza este aspecto en PECAL–170 (1997:c-1) diciendo que:

La gestión de riesgos es el proceso de análisis, evaluación y control de riesgos para reducir la probabilidad de concurrencia de un suceso no deseado y su impacto.

Esta gestión del riesgo esta contemplada bajo el contexto de la OTAN, en la delegación de las funciones de los representantes del aseguramiento de la calidad¹ (RAC) entre naciones que tienen en común programas de diseño,

1. RAC, término utilizado en la OTAN para designar a los representantes oficiales de la calidad.

desarrollo y producción. El que una norma de calidad de la OTAN estudie y tenga en cuenta el riesgo en el diseño y desarrollo en diseños de sistemas corrobora lo expresado por nosotros en el párrafo anterior, ya que se considera que dentro de este ámbito se encuadran los programas de mantenimiento en el diseño de los sistemas que tienen en común los de los países que pertenecen a la OTAN, que se hace extensivo a los que tiene cada país en particular.

3.3.1.2. PARÁMETROS DE ACTUACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Los programas de mantenimiento tienen unos elementos o parámetros de actuación que sirven para conocer el estado de la organización con respecto al mantenimiento bajo su responsabilidad. Los conceptos que se manejan a continuación son una adaptación de publicaciones de la U. S. NAVY, UNE-EN ISO 9000 (2000) y los documentos de mantenimiento de la Armada. Se utilizan en el contexto de este estudio de investigación porque basándose en ellos se pueden modificar para adaptarlos al nuevo entorno. Entre los citados elementos o parámetros cabe destacar los siguientes:

- PRODUCTIVIDAD

Alrededor de la productividad de las acciones de mantenimiento giran los demás elementos, ya que éstos están muy interrelacionados. Siempre debe contemplarse la productividad desde el punto de vista de la manera en cómo influye en la efectividad, la eficacia, la calidad, la innovación, la calidad de vida en el trabajo, y la evaluación de resultados en consonancia con los recursos empleados.

La productividad relaciona las salidas creadas por un sistema con las entradas, *así como el proceso de la transformación de entradas en salidas.*

Las entradas se pueden traducir en entradas de personal, métodos, material, componentes listas para el uso, subcomponentes, equipos, partes de equipos, equipos de apoyo, herramientas de mano, métodos, publicaciones técnicas, directivas técnicas, datos, y ambiente de funcionamiento de los sistemas y de sus programas de mantenimiento.

Estas entradas se transforman en salidas tales como la operación completa de los sistemas, de sus componentes, de fabricaciones, de inspecciones y calibración. Estas salidas son imprescindibles para lograr el apoyo logístico y el mantenimiento requerido por los sistemas.

Con respecto al párrafo anterior Mondelo y Gregori (1996:16) en su tratado de *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*, establecen que:

La compatibilidad entre las entradas, deseos manifiestos y latentes de los usuarios, y las salidas, funciones que nuestro sistema cubrirá, es la señal identificativa del sistema, o sea, el indicador de la calidad de nuestro proyecto.

La satisfacción del cliente vendrá dada por las salidas que proporcione nuestro programa de mantenimiento, apoyo logístico y acciones de mantenimiento, sobre el sistema a mantener. En la figura 3.2. se muestra la satisfacción del cliente en función de las entradas de los recursos aportados.

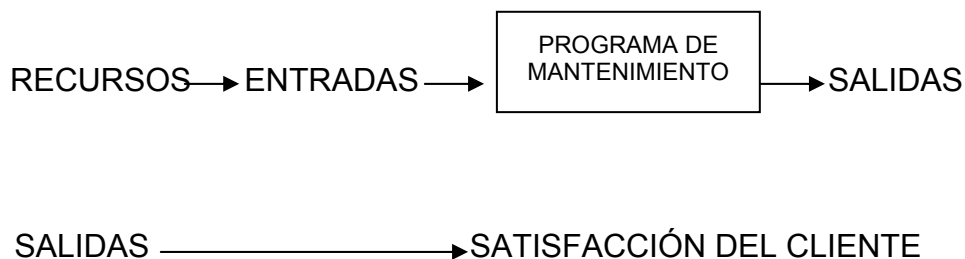


FIGURA 3.2

RECURSOS DE ENTRADA CONVERTIDOS EN SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Fuente: adaptada de Mondelo y Gregori (1996:16)

- EFICACIA

La eficacia da idea de los rendimientos y nos dice en qué manera se están consiguiendo los objetivos del programa de mantenimiento. En nuestra opinión, se podría expresar como el *grado de eficacia*, que sería “el ratio entre el número de objetivos del programa conseguidos, con un aceptable grado de satisfacción, con respecto el numero de objetivos propuestos”.

- EFICIENCIA

La eficiencia es la relación entre los resultados finales y los recursos que se habían previsto. Tiene que ver con la buena utilización de los recursos asignados por el personal. Como se ve, este elemento depende en gran medida de la eficacia del personal, que a todos los niveles de una organización, se dedica a la gestión y aplicación del mantenimiento y la obtención de los recursos para la ejecución del mismo. En este campo puede ser de gran utilidad el *plan continuado* que tenga dicha organización para *la formación y el adiestramiento*.

- CALIDAD

La calidad establece el grado de satisfacción del cliente, que generalmente es el utilizador del producto y/o la reparación del mismo según se haya solicitado por él mismo. Generalmente, esta satisfacción exigible está plasmada en un contrato con su correspondiente pliego de prescripciones técnicas.

- INNOVACIÓN

La innovación es la creatividad aplicada a los procesos productivos de las acciones mantenimiento, por ejemplo rediseños que mejoren la fiabilidad, desarrollo de nuevos procesos de la reparación que mejoren la mantenibilidad, así como tareas que puedan llevar a una mejora de la disponibilidad de los sistemas.

- CALIDAD DE VIDA EN EL TRABAJO

La calidad de vida en el trabajo es una cualidad que afecta a la moral, orgullo y motivación del personal de una organización de mantenimiento. Por otra parte toda esta materia esta regulada en las *Ley de Prevención de Riesgos Laborales de 1995*.

- DISPONIBILIDAD

La disponibilidad del sistema está afectada por la habilidad del mantenedor para que el sistema realice la misión prevista utilizando los recursos asignados y, de hecho, este elemento o parámetro, que es básico en el campo del mantenimiento, está afectado por todos los anteriores.

En programas de mantenimiento a los que se les aplican importantes recursos y se les exige elevadas prestaciones de funcionamiento, debido a lo

costoso de los recursos aplicados, las mejoras de la actuación, aunque se consideren relativamente pequeñas, tienen un impacto sustancial al reducir los costos o mantenerlos lo más bajos posibles y deben recibir la atención y el apoyo debido.

3.3.1.3. ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

La estrategia para la mejora de la actuación debe establecer los objetivos de actuación específicos mediante un plan que proporcione directrices a toda la organización. Para lograr eficazmente estos objetivos, debe existir un compromiso, un sentido de responsabilidad, y una voluntad de llevarlos a cabo. Estos objetivos específicos pueden ser unos objetivos de personal, objetivos de organización, de apoyo logístico y de acciones de mantenimiento:

a) Objetivos de personal:

Prácticamente, todas las organizaciones que se dedican al mantenimiento tienen en sus planes la formación y el adiestramiento de su personal técnico. A modo de ejemplo citaremos algunas de ellas y sus planes a tal fin.

La empresa EADS CASA tiene publicados los cursos de formación técnica de mandos (CASA:1993), entre los que se pueden citar los siguientes:

- Tratamiento y protecciones superficiales.
- Curso de medición básica.
- Reparaciones estructurales.
- Etc.

La aviación naval de la Marina de los EE.UU. tiene la publicación OPNAVINST 1500. 11G, que contiene las responsabilidades y los procedimientos para su programa de formación y adiestramiento.

Para la formación de sus oficiales de mantenimiento de aeronaves, la Armada Española ha diseñado un plan del que somos coordinador, que conjunta las enseñanzas de la Escuela de Máquinas de la Armada de El Ferrol, la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Aeronáuticos de

Madrid y la Escuela de Dotaciones Aeronavales de la Base Aeronaval de Rota. En esta formación, que tiene un carácter continuado se dan cursos escritos por Sánchez, *et al.* (1996) Programa de Análisis Espectrométrico de Aceites (PAESA-INTA) y cursos sobre “análisis de fallos en servicio de origen mecánico y por corrosión, prevención y control de la corrosión y aplicación al mismo de los ensayos no destructivos”.

Como se observa, la inquietud por la formación del personal en general, y de los mandos en particular, es común en el ámbito del mantenimiento y consigue una mejor utilización de los recursos, así como una mejora en la actuación en el mantenimiento.

PERSONAL	- Desarrollar un plan de formación y adiestramiento de directivos para mejorar su profesionalidad en el mantenimiento, para la definición del perfil profesional del cargo de un “director de mantenimiento” que lleve a un buen fin el programa.
	- Trabajar en la línea de mantener unas plantillas de personal lo más estable posibles, para mejorar la experiencia de las mismas.
	- Implementar el entrenamiento técnico para asegurar "el estado del arte" adecuado de la formación y el adiestramiento.
	- La vigilancia de las actividades del trabajo que realiza nuestro personal para contribuir a mejorarlas, haciendo que el trabajo sea cada vez mejor.

CUADRO 3.1

ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN RESPECTO DEL PERSONAL

(Fuente: elaboración propia)

No sólo debe darse una buena formación al personal de mantenimiento, sino que se debe tener muy en cuenta la plantilla de trabajo en sus distintas categorías. Con adecuadas plantillas se consigue permanencia de personal en sus puestos de trabajo ya que éste está bien

dimensionado, con el beneficio de la veteranía para la mejora de la actuación en el mantenimiento.

En el cuadro 3.1. se resumen las estrategias para la mejora de la actuación respecto del personal en los programas de mantenimiento.

b) Objetivos de organización:

Las organizaciones que se dedican a la actividad del mantenimiento de sistemas complejos deben tomar medidas concretas para la mejora de las actuaciones en el mantenimiento y deben poseer herramientas de análisis que se lo permitan. El ministerio de Defensa ha coordinado los laboratorios de metrología y calibración de los ejércitos y organismos dependientes de ella organizando la Comisión Técnico-Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa, que fue implantada por Orden Ministerial 112/2000 de 14.04.2000, (Boletín Oficial de Defensa, B.O.D. nº. 82 de 27 abril del 2000), a la que pertenece este doctorando desde el 30 de junio del año 2000, y que pretende mejorar y aprovechar los métodos de calibración que tienen los distintos laboratorios de la Defensa.

Las organizaciones deberán diseñar una metodología que permita establecer vías de información para detectar y corregir los problemas que se puedan presentar. Una metodología que se puede aplicar, y algunas organizaciones están siguiendo, es el establecimiento de “no conformidades y acciones correctoras o preventivas” que establecen los sistemas ISO y PECAL en materia de aseguramiento de la calidad.

Las decisiones a tomar para la mejora de la actuación deben partir de la dirección por los cauces que en la metodología se hayan establecido. En el caso del Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada, los POC 131 y 141, redactados por este doctorando y que actualmente están en vigor habiendo sido aprobados por la jefatura, establecen los cauces adecuados para detectar las no conformidades del sistema de calidad en el mantenimiento, así como la metodología a seguir para el establecimiento de las acciones preventivas o correctoras que se han de llevar a cabo.

Es importante que los individuos que forman parte de una organización que se dedica al mantenimiento estén motivados para que

pongan de su parte interés en llevar a cabo lo mejor posible las acciones de mantenimiento que se le asignen, y como ya decíamos en el capítulo 2, epígrafe 2.3.1, al explicar porque hablábamos de doctrinas y no de tipos de mantenimiento: “que los estudiosos, trabajadores y todas las personas que se dedican al mantenimiento aprenden y siguen los planes que se les proponen y actúan con tal propiedad en su forma de hacer que las costumbres que tiene esta profesión son fácilmente reconocibles en el mundo entero”. En resumen, que se sientan orgullosos de la profesión que desempeñan, existiendo una comunicación constante entre todos los individuos de la organización para la mejora de la actuación.

Respecto a la motivación de los individuos de una organización la Revista General de Marina publica un artículo de Aznar Almazán, J. (2001:189) que dice:

Aunque la motivación es un factor intangible, el conocimiento de cómo motivar a los empleados no es un completo misterio. Este artículo describe cómo sintonizar la motivación para mejorar la productividad.

La dirección debe estar atenta a las posibles mejoras en los procesos productivos que emanen de las actuaciones individuales, para evaluarlas, estudiarlas y, si son un beneficio que mejoren las actuaciones de las acciones de mantenimiento, implantarlas.

Las organizaciones que se dedican al mantenimiento pueden ser reclamadas en situaciones difíciles o de emergencia como es el caso de los sistemas empleados en la Defensa Nacional. Por tanto, aquellas organizaciones que trabajen para ella y creemos que, en general, para sistemas propios de servicios públicos, deben estar preparadas y capacitadas para acciones de mantenimiento en escenarios y condiciones difíciles.

c) Objetivos de apoyo logístico:

En el cuadro 3.2. se resumen las ideas para la mejora de la actuación respecto de los procesos organizativos en los programas de mantenimiento.

MEJORA DE LA ACTUACIÓN EN LOS METODOS DE ORGANIZACIÓN	- Desarrollar las medidas necesarias, proporcionando las herramientas analíticas apropiadas.
	- Crear nuevos métodos, asignándole los recursos necesarios para mantenerlos a través del tiempo.
	- Establecer una vía para que la dirección pueda detectar los problemas existentes en la organización, para corregirlos.
	- Cualquier mejora sustancial en la organización es responsabilidad de la dirección, debido a los cauces que debe establecer para la resolución de los problemas.
	- Comunicación constante con todos los miembros de la organización, para mejorar la motivación de los individuos que se traducirá en la mejora continua de las actuaciones de cada uno de ellos.
	- Asegurar el funcionamiento de la organización en circunstancias de urgencias, debido a cualquier anomalía del sistema o de los recursos.
	- Identificar las prácticas y los procedimientos de las mejores actividades individuales y llevarlas a cabo junto con otras actividades, cuando sean factibles y su costo sea eficaz, estudiándolo a través del análisis de las actuaciones entre los distintos estamentos de la organización.
	- Identificar, evaluar, e informar del impacto de las organizaciones actuales, los programas en curso, y prácticas que impidan los objetivos de mejora.

CUADRO 3.2
ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN RESPECTO DE LA ORGANIZACIÓN

(Fuente: elaboración propia)

Como se ha dicho, el apoyo logístico a los sistemas se planea desde el momento en que el sistema se está diseñando. En consecuencia, los responsables de planear el apoyo deberán estar informados de las necesidades que el mantenimiento del sistema tendrá a lo largo de su ciclo de vida. En este sentido se implantó la Instrucción del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada 06/92 (1992): *El apoyo logístico integrado en la Armada*, la cual en sus objetivos dice lo siguiente:

5. OBJETIVOS DEL APOYO LOGÍSTICO INTEGRADO

5.1.-Los Objetivos del Apoyo Logístico Integrado (ALI) son:

- a) Determinar los requisitos de apoyo necesarios para todo el Ciclo de Vida de las Unidades o Sistemas deducidos de su Perfil de Misión y sus parámetros de disponibilidad, Operatividad y Alistamiento.
- b) Integrar los requisitos de apoyo en el Proyecto de la Unidad o Sistema.
- c) Determinar los medios de apoyo necesarios.
- d) Realizar el Seguimiento Técnico del Material, durante la Fase en Servicio.

Puede verse que el objeto de este documento es la previsión de las necesidades del sistema durante su ciclo de vida.

No sólo se debe estudiar el apoyo logístico necesario para que las actuaciones en los programas de mantenimiento tiendan a ser mejorables, sino que además este apoyo ha de ser consolidado. El sentido que le damos al vocablo “consolidado” se explica adecuadamente en la Instrucción 01/95 del Jefe del Estado Mayor de la Armada (1995): que dice así en el epígrafe 4.1.1.:

Todos los sistemas y equipos pertenecientes a una Unidad o Instalación Naval tendrán un apoyo de aprovisionamiento, que será debidamente establecido. Este apoyo se consolidará para la totalidad de los sistemas y equipos y no constituirá por tanto la suma de las necesidades individuales de cada uno de ellos.

Evidentemente, un sistema puede tener varios subsistemas que tengan en común varias componentes, el apoyo a los materiales que son comunes no es la suma de los apoyos de cada uno, sino un cálculo común como si se tratara del apoyo de un solo sistema. Al cálculo mencionado se le llama “consolidar”. La consolidación se emplea para calcular los repuestos necesarios para un sistema que tiene componentes comunes.

Las autoridades o responsables de contratar con proveedores deben llevar al ánimo de éstos que los contratos no deben ir a la baja con

respecto al precio, sino que se hacen con vistas al apoyo del ciclo de vida de un sistema, con lo cual de alguna manera se les puede garantizar la compra de una producción más o menos consensuada.

APOYO LOGÍSTICO	- Crear un sistema de información de las necesidades logísticas del programa de mantenimiento.
	- Efectuar esfuerzos para asegurar un apoyo consolidado para proporcionar componentes o materiales para las reparaciones.
	- Los proveedores den evidencias a través del tiempo de que sus productos han pasado el debido control de calidad, y que consideren los contratos como apoyo durante el ciclo de vida de los sistemas.

CUADRO 3.3
ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN
RESPECTO DEL APOYO LOGÍSTICO

(Fuente: elaboración propia)

Se debe insistir en que los proveedores muestren evidencias a través del tiempo de que los productos suministrados por ellos han pasado el debido control de calidad, y estimular a los proveedores y diseñadores para que tengan esto en cuenta y no sólo se considere el precio inicial de los productos suministrados, sino que se tengan en cuenta los contratos de apoyo durante el ciclo de vida de los sistemas.

En el cuadro 3.3. se resumen las ideas para la mejora de la actuación respecto del apoyo logístico en los programas de mantenimiento.

d) Objetivos de acciones de mantenimiento:

Al presentarse en los programas de mantenimiento acciones de restauración de los sistemas de elevada cuantía económica se debe evaluar si es o no rentable la reparación, o por el contrario es acertada la compra de un elemento nuevo. Para la debida resolución de este dilema conviene establecer algún procedimiento que asegure la adecuada actuación. El Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de

Aeronaves de la Armada ha puesto en vigor el (POC-032) “Procedimiento de definición, composición y responsabilidades de la Junta de Revisión de Materiales”, propuesto por este doctorando, que de una forma colegiada técnica estudia y decide sobre inutilidades de material y sobre asuntos de mantenimiento como el expuesto de la regeneración de un sistema.

En una organización como son las que corresponden a la Defensa Nacional, tener la capacidad de mantenimiento de un determinado sistema puede llegar a ser vital. Un ejemplo evidente de ello sería el mantenimiento de las aeronaves o los sistemas del Portaviones Príncipe de Asturias, cuando está desempeñando sus cometidos en la mar. Esta filosofía se puede hacer extensiva a otras organizaciones con características parecidas, como podrían ser sistemas instalados en plataformas petrolíferas en medio de la mar.

Otra estrategia que se debe tener muy en cuenta en los programas de mantenimiento para la mejora de las actuaciones es el maximizar los parámetros del mantenimiento de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

ACCIONES DE MANTENIMIENTO	- Tener conocimiento del impacto financiero de las decisiones de las acciones de mantenimiento de reparación, identificando si los componentes deben ser reparados o sustituidos por otros nuevos.
	- Poner énfasis especial en la capacidad de reparación de sistemas o subsistemas vitales, para no perder independencia en las reparaciones.
	- Realizar los esfuerzos necesarios para satisfacer los parámetros del mantenimiento tales como son la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, dedicando recursos a la mejora continua de estos parámetros.

CUADRO 3.4
ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACTUACIÓN RESPECTO DE LAS
ACCIONES DE MANTENIMIENTO

(Fuente: elaboración propia)

En el cuadro 3.4. se resumen las ideas para la mejora de la actuación respecto de las acciones de mantenimiento en los programas de mantenimiento.

El programa de mantenimiento deberá prever los planes para la mejora de las actuaciones de manera ágil. Estos planes se revisarán periódicamente para repasar y acometer la resolución de problemas que implican la mejora de actuación del sistema a mantener, revisar o agregar objetivos, y realizar su aplicación. Los planes de mejora han de ser supervisados por la dirección de la organización, debiéndose evaluar las iniciativas que se llevaron a cabo, los resultados que se lograron, así como la revisión de los mismos y los nuevos objetivos para sacar conclusiones.

3.3.1.4. LAS INNOVACIONES EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Los programas de mantenimiento deben enfocar las medidas que se adopten para la mejora del mantenimiento del sistema del que se ocupan. Las nuevas técnicas y conceptos deben evolucionar periódicamente para efectuar las revisiones necesarias y aplicarlas en el futuro al sistema, de tal forma que mejoren su disponibilidad. Para ayudar a este esfuerzo se debe:

- Dotar a la organización de los recursos necesarios para los nuevos métodos de mejora de actuación y de las técnicas de dirección de la actuación.
- Generar los esfuerzos de mejora de actuación para la ayuda técnica de las actividades de mantenimiento de los sistemas.
- Difundir las ideas de mejora de actuación entre todas las actividades del programa de mantenimiento.
- Generar el conocimiento para la mejora de la actuación de los programas.
- Comprobar que las acciones emprendidas por orden de la dirección se han cumplimentado.

Para asegurar la capacidad de funcionamiento y disponibilidad del sistema o sistemas, se debe reforzar la capacidad del mantenimiento, y

preparar los recursos necesarios para las acciones de mantenimiento, debiendo conseguir el mejor partido de ellos para lograr la mejora de actuación. Las iniciativas de mejora de actuación en cada nivel de mantenimiento contribuyen a lograr las metas a un costo eficiente. Se debe animar a los individuos de la organización para que participen y aporten sus mejores esfuerzos. El desafío de mantener el sistema en el mejor estado de funcionamiento de forma económica debe ser continuo.

Las mejoras en la actuación vienen dadas en gran medida por las innovaciones, entendiendo como innovación la descripción de Benavides Velasco (1998:77):

Como un proceso sistemático y deliberado mediante el cual se pretende alterar determinados factores de la empresa. A través de este proceso se conciben nuevas ideas que, una vez desarrolladas, permiten la introducción en el mercado de nuevos productos y procesos, la adopción por parte de la empresa de nuevas estructuras organizativas en el empleo de nuevas técnicas comerciales, de gestión, etc.

Las innovaciones, cuando son aplicadas de la manera adecuada a los sistemas, facilitan el que a estos se les pueda prolongar su ciclo de vida a veces de forma espectacular, como es el caso del ya mencionado helicóptero antisubmarino SH3D de la Armada Española que, como ya se dijo, entró en servicio el 26 de mayo de 1966. Estas innovaciones en los programas deben contemplar todas las acciones de mantenimiento para permitir el buen funcionamiento del sistema a lo largo de su ciclo de vida.

Debe tenerse en cuenta que durante el paso del tiempo a los sistemas se han efectuado innovaciones a éstos, pudiendo sufrir transformaciones profundas como son los SLEP (Service Life Extension Program), que las Fuerzas Armadas de los EE.UU. llevan o están llevando a cabo en multitud de ocasiones. Véase como ejemplo el mencionado helicóptero SH3D del párrafo anterior.

3.3.2. COMETIDOS DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

A fin de desarrollar lo expuesto en el epígrafe anterior, los cometidos de un programa de mantenimiento consisten en:

- La regeneración de equipos y componentes del sistema a mantener en la configuración establecida, así como suministrar el apoyo logístico necesario del material y recursos al nivel de mantenimiento que corresponda con la óptima economía de recursos.
- La protección de los agentes corrosivos que deterioran los sistemas, a través de la puesta en práctica de un programa de prevención y control activo de la corrosión y la oxidación.
- La aplicación de un plan que asegure eficazmente el análisis sistemático y uso de los datos para mejorar las condiciones de los equipos y componentes del sistema.

Podemos decir, al referirnos en el párrafo anterior a un plan, que:

PLAN DE MANTENIMIENTO: lo definimos como las acciones de logística y de mantenimiento que se establecen en el programa de mantenimiento, que permiten a través del tiempo (plasmando sobre un cronograma las acciones) de la manera más eficaz posible, lograr los objetivos del programa.

El plan de mantenimiento debe:

- Asignar las acciones de mantenimiento que corresponden a cada nivel de mantenimiento en el tiempo.
- Definir los contratos en apoyo a las acciones de mantenimiento de cada nivel.
- Establecer y llevar a cabo los procedimientos necesarios para ejecutar el control de los presupuestos asignados durante la aplicación del plan.
- Establecer y solicitar el apoyo de los recursos necesarios a la dirección para cada nivel de mantenimiento.

3.3.2.1. RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN

Independientemente de los objetivos que cualquier dirección de una organización tenga, la de mantenimiento presenta las peculiaridades que se comentan a continuación.

La dirección es la responsable del mantenimiento del sistema o sistemas a su cargo, así como del material necesario para el buen funcionamiento del

mismo. También es responsable de la coordinación del programa de mantenimiento y asignación de los medios logísticos que lo apoyan.

En el caso de que se efectúe el mantenimiento de varios sistemas, la dirección ha de considerar el material común a los mismos para obtener una mayor economía de recursos, y tener en cuenta lo dicho en el epígrafe 3.3.1.3 en el apartado de apoyo logístico respecto de la consolidación de los repuestos y materiales.

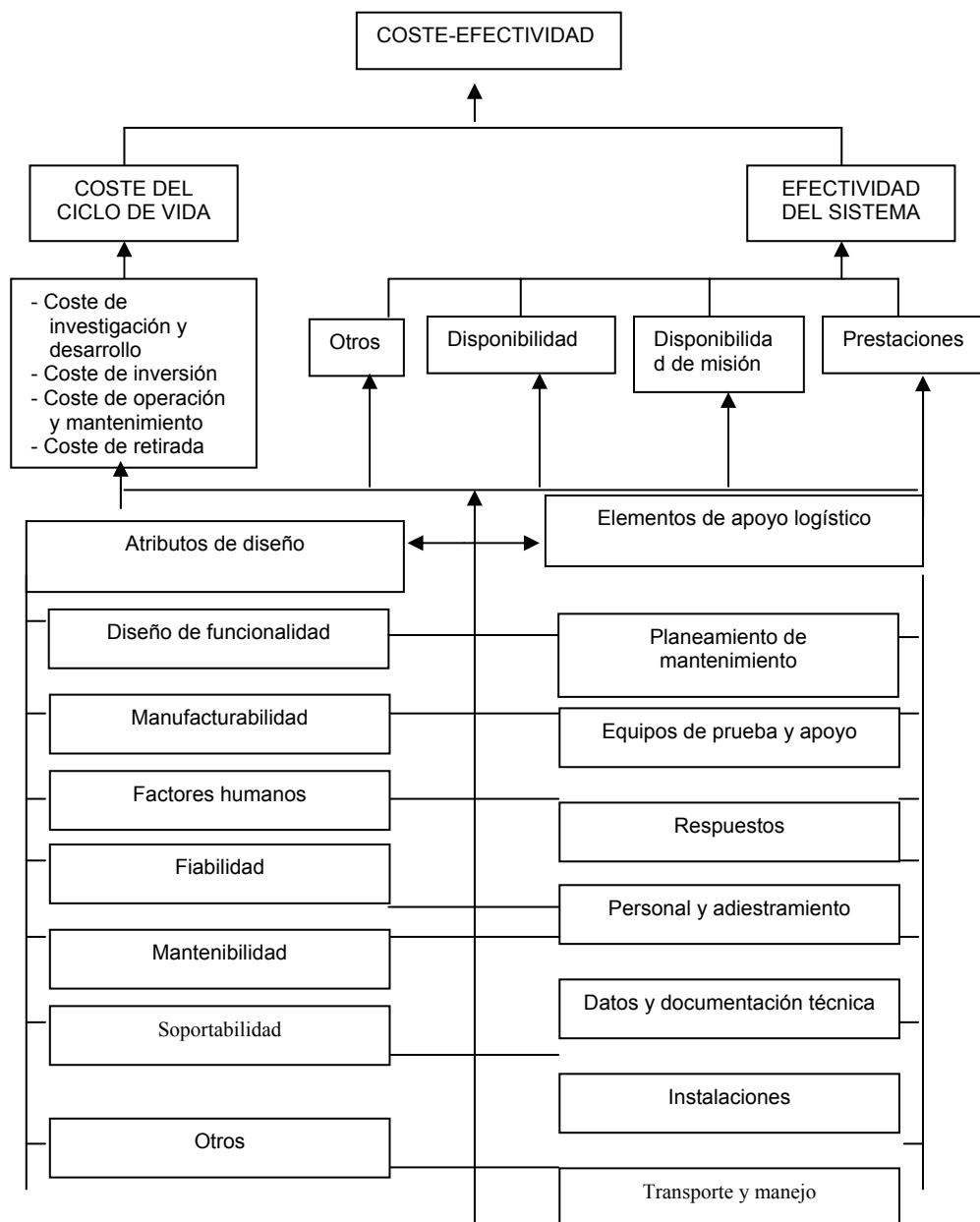


FIGURA 3.3
ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL COSTE-EFECTIVIDAD
(Fuente: adaptada de Fabrycky, 1997:16)

En referencia a lo mencionado anteriormente para obtener una buena economía de recursos, Fabrycky (1997:14-17) dice que:

Para obtener una economía de recursos ha de tenerse en cuenta el binomio coste-efectividad. Para ello han de estar claros los objetivos principales del programa de mantenimiento. La manera de establecer los criterios de medida que evalúen los costes y la efectividad del programa, a veces es complicada...

Como puede verse en la figura 3.3, los elementos para el cálculo del binomio coste-eficacia son a veces difíciles de cuantificar por el mantenedor, pero si se obtienen los datos de diseño de estos elementos pueden ser altamente orientativos para algunos estudios.

Si la organización de mantenimiento es responsable del mantenimiento de varios sistemas, como se ha mencionado antes, debe coordinar los esfuerzos de los subjefes de cada sistema. Cada subjefe será responsable ante la dirección del buen mantenimiento del sistema que de él depende. Los subjefes se preocuparán del material necesario para el apoyo al mantenimiento del sistema bajo su responsabilidad.

La dirección será responsable de la configuración de los sistemas mantenidos, así como del personal, y la aplicación de los procedimientos de trabajo y de las acciones de mantenimiento que sobre ellos se efectúen.

La dirección también será responsable de los subconjuntos reparables y las acciones de mantenimiento de END y calibración de los equipos y materiales. En el caso de mantenimiento de distintos sistemas, cada subjefe será responsable de solicitar los apoyos necesarios de la dirección para el mantenimiento de su sistema.

3.3.2.2. RESPONSABILIDADES DE LA FUNCIÓN DE APOYO LOGÍSTICO

La función de apoyo logístico debe planificar el apoyo de un sistema hasta su obsolescencia. Se ha hablado prácticamente de todas las actividades del ciclo de vida de un sistema pero no se ha tratado la retirada, desecho, rehabilitación, reutilización; en resumen ¿qué ocurre con un sistema cuando está obsoleto?. Blanchard (1996:72-73) reconoce que a esta actividad se le ha prestado muy poca atención en el pasado y dice:

... por ello, existen muchos elementos obsoletos que no pueden consumirse, reciclarse, dejarse fuera de servicio sin crear un impacto negativo en el entorno, y sus costes de desecho serán tremendos.

El mismo autor, un poco más adelante, explica que: “Por eso le corresponde a la ingeniería de sistemas, diseñar para desechabilidad desde el principio, bien reciclándolo o destruyéndolo con un impacto mínimo calculado en el medio ambiente, y es precisamente a la función de apoyo logístico a la que le corresponde esta tarea”.

La responsabilidad del apoyo proporciona la logística necesaria al funcionamiento y al mantenimiento del sistema o sistemas, haciendo posible tener el material localizado cuando y donde se necesita. El objetivo es establecer las relaciones entre el proveedor y el usuario de la forma más simple posible, dentro de los límites que la dirección haya dado.

El apoyo debe efectuar la investigación, diseño, desarrollo, prueba, adquisición, y logística para la obtención de los recursos necesarios para mantener el sistema o los sistemas a su cargo.

Por lo general, el material de apoyo a un programa de mantenimiento consiste en productos de repuesto para el sistema, artefactos varios, instrumentos eléctricos, accesorios de todo tipo, equipos de seguridad, equipos de apoyo en tierra común o estándar, equipo de apoyo de tierra peculiar de cada sistema, el equipo fotográfico y/o el meteorológico que se requiera.

Para la obtención de los productos mencionados es de general reconocimiento en el mundo del mantenimiento que un servicio de aprovisionamiento debe, haciendo un resumen de lo que para esta materia dice el ya mencionado OPNAVINST 4790. 2G. (1998) y la Instrucción del Jefe del Estado Mayor de la Armada 01/95 (1995):

- Determinar los requisitos de los materiales en categorías y profundidad.
Esta responsabilidad incluye el dirigir y coordinar el aprovisionamiento, la identificación, trazabilidad y traslado de artículos a las divisiones de producción para que sean utilizados.
- Contratar, hacer cumplir los requisitos y consolidar los materiales necesarios para llevar a cabo los programas de mantenimiento.

- Conseguir el material necesario a través de las distintas vías existentes de comercialización.
- Establecer los lugares adecuados para el almacenaje del material, distribuirlo y reponerlo en los puntos en los que sea necesario, para emplearlo por las divisiones de producción, identificando el material solicitado para entregarlo en los lugares donde sea preciso.
- Gestionar el material sobrante del programa de mantenimiento según las directrices que emanen de la dirección.
- Mantener los catálogos de las listas de partes de los componentes del sistema o sistemas a mantener. La función de catalogación incluye el obtener o asignar un número de almacén a los productos que se han de almacenar para apoyar al programa de mantenimiento.
- Determinar el sistema y requisitos de reparación de componentes reparables, pudiendo ser encargados a medios de la vía comercial ajena a la organización.
- Desarrollar, emitir y poner al día los registros de los requisitos de los proveedores exteriores a la organización, que suministran materiales o servicios de mantenimiento exteriores a la misma.”

Los requerimientos expuestos del aprovisionamiento forman parte de lo que se denomina *Apoyo Logístico Integrado* a un sistema. La forma de contemplar este apoyo se entiende como lo hace Blanchard (1996: 96) exponiendo:

De forma similar a como se considera en los sistemas la prueba y evaluación, la producción y/o construcción, la capacidad global de apoyo del sistema, se deben considerar de forma concurrente.

Aunque el término “integrado” no es de nuestro gusto, en este caso lo vemos aplicable porque especifica que es lo que está integrado (el apoyo a un sistema durante todo su ciclo de vida como una unidad integrada).

Un programa de mantenimiento efectuado durante el diseño del sistema deberá contar con su Plan de Apoyo Logístico Integrado (PALI) que garantice todas las acciones y elementos necesarios durante su ciclo de vida.

3.3.2.3. RESPONSABILIDADES DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO

En este epígrafe se aportará lo que nosotros estimamos son las principales funciones del mantenimiento. Se presentarán distintas referencias que demuestran que lo que se expone es generalmente asumido en el mundo del mantenimiento.

Las responsabilidades de la función mantenimiento están ligadas a los tres conceptos aportados en la definición de mantenimiento adoptada para la tesis (epígrafe 1.2.2): el *apoyo logístico, la configuración y el ciclo de vida* de un sistema. En el epígrafe anterior se han desarrollado las funciones del apoyo logístico y en el presente vamos a exponer las del mantenimiento. Ambas se consideran complementarias dentro de lo que constituye un programa de mantenimiento. Se van a tener presente en todo momento los conceptos de *configuración, apoyo logístico y ciclo de vida* del sistema o sistemas a mantener.

Conviene resaltar que el significado del vocablo mantenimiento usado en este epígrafe, no tiene el mismo matiz que el que hasta ahora se ha venido empleando; por decirlo de otra forma, el que se ha venido considerando era “mantenimiento” con mayúsculas como un concepto de la ingeniería de sistemas, que tiene el significado de las aportaciones que debe tener del mundo exterior para que el sistema no se degenere (en relación con el concepto de *entropía*); en cambio en el contexto del epígrafe se considera como la particularización de la influencia del mundo exterior en un programa de mantenimiento, más bien en el sentido de acciones de mantenimiento para conseguir el buen funcionamiento del sistema o sistemas a lo largo de su ciclo de vida.

Las funciones del mantenimiento dentro de un programa se traducen en acciones de la más diversa índole. En relación con la afirmación anterior se recuerda lo expuesto en el segundo párrafo del epígrafe 1.3.1. “las acciones que se emplean exclusivamente en el ámbito de mantenimiento, que son genéricas porque las utilizaremos para designar actividades diversas como: conjunto de tareas, estudios, trabajos, asesoramientos, labores de coordinación, etc., que están encaminadas a efectuar algo en cualquier sistema

que esté sometido a un plan de mantenimiento”. Estas acciones pueden ser del tipo de las que a continuación se exponen:

a) Las acciones de mantenimiento de organización

Estas acciones consisten en preparar los procedimientos adecuados para la dirección del mantenimiento, los planes del mismo, mantener al alcance de las acciones de mantenimiento toda la documentación necesaria para ello, tomar medidas oportunas para la mejora de las actuaciones, etc.

Una de las principales acciones será la de preparar la documentación necesaria para una adecuada gestión de la configuración, de vital importancia para el mantenimiento de los sistemas.

Al hablar de los conceptos básicos del mantenimiento industrial, Rey Sacristán, (1997:12) dice que:

El mantenimiento debe ser planificado eliminando la improvisación. Debe existir un exacto programa anual de Mantenimiento basado en el coste real de “reparaciones” de cada máquina o instalación de trabajo.

Respecto de la recopilación de la información para el seguimiento técnico para optimizar los recursos del mantenimiento, la Directiva 002/90 del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada dice así:

Análisis continuo de todos los datos incluidos en los informes y partes que se derivan de la ejecución de las acciones de mantenimiento, con objeto de detectar averías repetitivas y consumos anormales, y vigilar la disponibilidad de los sistemas, para actuar sobre su fiabilidad y mantenibilidad. Los cambios o modificaciones a que den lugar estos estudios, deben quedar recogidos en la Configuración ...

Haciendo énfasis en la importancia de este asunto en párrafo siguiente de la misma directiva, ordena:

El necesario y preceptivo seguimiento técnico exige que las unidades e instalaciones eleven los datos e informes técnicos de las acciones de mantenimiento que realicen en la forma que se establezca y a los organismos logísticos que se determinen por el AJAL².

2. Almirante Jefe de Apoyo Logístico.

b) Acciones de mantenimiento en el apoyo logístico

Teniendo en cuenta que el mantenimiento se define como una función del apoyo logístico, las acciones de mantenimiento estarán ligadas y deberán coordinarse según el planteamiento del apoyo.

Para lograr la eficacia necesaria en el mantenimiento se deben establecer las necesidades logísticas del mismo, de forma que los recursos que se deban aplicar estén debidamente evaluados.

Las acciones de mantenimiento del apoyo logístico se deben planificar, diseñar, etc. para todo el ciclo de vida del sistema o sistemas que se mantienen.

Las acciones que se plantean en este entorno del apoyo son generalmente aceptadas como se demuestra en la referencia que se citó en la página 165 sobre la Instrucción 06/92 del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada sobre los objetivos del apoyo logístico integrado.

De igual manera, la OTAN en su documento del *military committee 319* (MC 319) para la política y principios logísticos dice:

3.- POLÍTICAS Y PRINCIPIOS LOGÍSTICOS

c. Política Logística

(1) General

(a) El apoyo logístico deberá ser proporcionado equilibrando los suministros en tiempo de paz y las situaciones de los bienes logísticos y consumibles de guerra con la capacidad de reaprovisionar y reforzar para asegurar el apoyo continuo en tiempo oportuno.

Con las citas referentes al apoyo logístico, queremos reforzar que, en el ambiente del mantenimiento, los conceptos e ideas que se han expuesto son de uso común.

c) Responsabilidades en la formación y el adiestramiento

Para poder determinar el perfil del personal encargado del mantenimiento del sistema se debe catalogar cada puesto de trabajo y cada actividad, y establecer las cualificaciones del personal al que se le van a asignar dichas funciones.

Una vez establecidas las funciones del personal habrá que diseñar el programa de formación y adiestramiento de dicho personal. Deberá elegirse con especial cuidado el centro o la entidad que se responsabilice

de impartir la formación, debido a la profunda trascendencia que tiene a la hora de efectuar las tareas encomendadas.

La importancia de estos requisitos la recoge la sección 1 de la JAR - 145 (1991:1-2) en la forma siguiente:

(b) The JAR – 145 approved maintenance organisation must employ sufficient personnel to plan, perform, supervise and inspect the work in accordance with the approval.

(c) The competence of personnel involved in maintenance must be established in accordance with a procedure and to a standard acceptable to the Authority.

En este sentido, destacamos lo que Drew (1995:113) en el resumen del capítulo 3 de la monografía Dinámica de Sistemas Aplicada, escribe sobre el mantenimiento de las infraestructuras dando una importancia grande a la formación:

La cantidad de dinero que se ha de dedicar al personal para la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las obras publicas por el gran nivel de formación y cualificación en variadas disciplinas que siempre se ha requerido.

Como puede verse todo el personal del mantenimiento debe tener las debidas acreditaciones para las actividades que se le encomienden, y éstas deben estar sancionadas por las autoridades competentes.

d) Acciones de mantenimiento respecto del aprovisionamiento

La responsabilidad de estas acciones pasan por el canal de información a la dirección de la organización para que se apoyen las adquisiciones de material necesario para el programa de mantenimiento.

Ante las posibles alternativas de adquisición de material, deben estudiarse éstas para una más eficaz actuación en la adquisición de repuestos, material de consumo, equipos de prueba, herramientas, etc.

Apoyar operativamente al mantenimiento para confeccionar listas de material necesario con los medios disponibles para llevar a cabo el mantenimiento del sistema.

La Directiva 002/90 con respecto de las acciones de mantenimiento que debe efectuar el aprovisionamiento, dice:

EL MATERIAL, especialmente de repuestos, necesario para ejecutar las acciones de mantenimiento, constituye un factor posibilitante cuya importancia es primordial. Su definición previa es imprescindible para conseguir su disponibilidad en cantidad,

calidad, momento y lugar oportunos, objetivos permanentes del Aprovisionamiento. La correcta determinación de las necesidades de pertrechos³ y repuestos, y su eficaz gestión, facilitan la oportuna realización de las acciones de mantenimiento.

La cita anterior pone de manifiesto el concepto que se pretende aportar al contexto que nos ocupa.

e) Responsabilidades de las acciones en actividades del mantenimiento

Como se ha dicho, las actividades del mantenimiento han de estar efectuadas por personal acreditado y entrenado para efectuarlas. Resulta curiosa en este sentido la definición de mantenimiento de la aviación naval americana expuesta en el 1.2.1 (OPNAVINST 4790. 2G., 1998: c-29) que dice que, para que se le pueda dar el sentido de mantenimiento que propone dicha definición, éste debe ser realizado con personal y medios acreditados. Por todo lo anterior, el personal que se dedica al mantenimiento debe estar adecuadamente formado.

Las organizaciones que se dedican a esta actividad (el mantenimiento) deben asegurarse de que existe un programa de metrología y calibración que acredite que los instrumentos de trabajo que lo precisen están debidamente trazados.

Para llevar a cabo las tareas de mantenimiento se debe utilizar el material requerido para cada acción. Es una actividad principal del mantenimiento tener en cuenta y solicitar por el trámite establecido en cada organización el material necesario para efectuar las acciones de mantenimiento.

Es aceptada la función de solicitud de material como actividad del mantenimiento, como se puede comprobar en la Instrucción 01/91 del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada, en la que respecto a este asunto expone:

La petición del material necesario para la ejecución de una acción de mantenimiento programado, sea preventivo, correctivo o de modificación es responsabilidad del Escalón de Mantenimiento que la tenga asignada o corresponda su ejecución, quien deberá solicitarlo con la debida antelación.

En el cuadro 3.5 se incluye un resumen de las funciones del mantenimiento.

3. Material de consumo y/o de apoyo.

RESPONSABILIDADES DE LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO	
ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar las directrices en los procedimientos, la dirección técnica, y la revisión por la dirección en cada nivel de mantenimiento. - Preparar el plan de mantenimiento del sistema o sistemas a mantener, con los procedimientos documentales en alcance y profundidad suficientes, para definir las acciones de mantenimiento, las organizaciones de las mismas y establecer las responsabilidades de forma clara para realizar estas acciones. - Preparar un programa de gestión de la configuración, para la identificación y trazabilidad de la misma, que recoja los cambios debidos a revisiones técnicas, comprobaciones, validaciones y control de procesos, montajes y desmontajes de equipos, estado de implementación de directivas técnicas y una lista de las componentes del sistema a mantener que han de ser sustituidas según el programa de mantenimiento, para que se puedan establecer las exigencias de almacén del material necesario. - Hacer recomendaciones a la dirección para establecer un plan de recogida de datos de mantenimiento que reduzca las acciones redundantes, la economía de tiempos, y la información necesaria, para asegurar que todas las acciones son compatibles para todos los niveles de mantenimiento. - Aportar la asistencia técnica necesaria para el estudio de los recursos del programa, el diseño de los planes de mantenimientos, y para el diseño del apoyo logístico, que sostiene la aplicación del mismo.
APOYO LOGÍSTICO	<ul style="list-style-type: none"> - Actuar en la coordinación con la función del apoyo logístico. - Establecer las necesidades logísticas que proporcionan el apoyo para el mantenimiento de los sistemas, haciendo de esta forma que las acciones de mantenimiento sean efectivas. - Planificar, diseñar, desarrollar y llevar a cabo toda la información que sirva de apoyo a la decisión, para que la utilice en aplicarlo al ciclo de vida total del sistema que se mantiene.
FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar el perfil del personal que va a formar parte de la organización que se va a encargar del mantenimiento del sistema. - Preparar y diseñar un plan de formación y adiestramiento para el personal de la organización.
APROVISIONAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar el aprovisionamiento para las acciones de mantenimiento sobre el sistema, preparando las listas de material y de medios que están autorizados y disponibles, necesarios para el mantenimiento del sistema. - Suministrar un apoyo operativo en todos los campos a las actividades de aprovisionamiento. - Establecer una vía que mejore en lo posible las actuaciones en la materia del aprovisionamiento. - Desarrollar y mantener sistemas de información con la dirección para que ésta apoye directamente al programa de mantenimiento.
ACTIVIDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar un programa de metrología y calibración como una parte del programa de mantenimiento. - Asesorar a la dirección en el desarrollo de programas de formación y adiestramiento para el personal asignado al mantenimiento del sistema. - Solicitar el material necesario para llevar a las acciones de mantenimiento que se encomienden.

CUADRO 3.5
 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO
 (Fuente: elaboración propia)

El apoyo que proporciona la función del mantenimiento, principalmente está orientado a la dirección técnica en materias que implican al sistema a mantener. Una parte del esfuerzo de esta función se dedica a establecer un sistema centralizado que permita la solución de los problemas, preparando directivas y documentación técnicas que acrediten cuáles y cómo son las soluciones aportadas.

Por la importancia que la configuración tiene dentro del campo de los sistemas, y principalmente en el del mantenimiento, vamos a entrar más de lleno en este elemento.

En el epígrafe 1.2.3.2 se ha establecido el concepto de configuración adoptada en la tesis y ahora se va a exponer un ejemplo de lo que es la gestión de la configuración de un sistema y cómo está implicado su programa de mantenimiento.

Isdefe (1996:106-118), dada la importancia de la configuración, hace referencia a los conceptos que se han definido en el capítulo 1 en el epígrafe reseñado anteriormente, aplicando estos conceptos al Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares (SCTM) dentro del contexto de planeamiento e implantación del Sistema de Defensa de Mando, Control y Coordinación del Ministerio de Defensa.

El SCTM es un sistema de cobertura nacional con soporte de red en estaciones fijas, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades operativas de telecomunicación (voz, mensajes, datos e imágenes) que requirieron los usuarios del Sistema de Mando y Control Militar.

El subsistema de Gestión y Supervisión del SCTM tiene como objetivo principal posibilitar la operación, administración, y mantenimiento de sus elementos y componentes, para lo cual es esencial la función de la gestión de la configuración. La gestión de la configuración es un concepto requisitorio de la ingeniería de sistemas para controlar los cambios del sistema a lo largo de su ciclo de vida.

Las funciones de la gestión de la configuración se aplicaron al control de la configuración de la red (física y lógica) y apoyo logístico (mantenimiento y aprovisionamiento) que se soportaron en unas aplicaciones informáticas de base de datos en dos partes diferenciadas:

- Una base de datos de planos estáticos y dinámicos de configuración de la red.
- Otra base de datos alfanumérica, que dan la identificación y descripción de los componentes de la red.

Esto permitirá:

- La identificación de los elementos de la red.
- El control de cambios, así como la distribución automática a los responsables del sistema.
- El control de estado de los elementos de la red.

3.4. LOS NIVELES Y LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Antes de describir las acciones de mantenimiento que se van a aplicar a un sistema debemos establecer lo que es el funcionamiento continuado del mismo.

En general, durante el funcionamiento continuado de un sistema existen controles para vigilar que éste es correcto y de acuerdo con las especificaciones para las que fue concebido. Esta vigilancia o monitorización descrita anteriormente en el capítulo 2 epígrafe 2.2, debido a los avances de la tecnología nos permite obtener un seguimiento exhaustivo de sus condiciones.

Conviene separar claramente qué parte corresponde al funcionamiento operacional del sistema, y cuál a las acciones de mantenimiento del mismo, ya que en algunas ocasiones son difíciles de determinar qué acciones corresponden al funcionamiento y cuáles al mantenimiento.

En el epígrafe siguiente nos ocuparemos de las acciones de mantenimiento, entendiendo que todas las demás funciones del sistema no corresponden al mantenimiento del mismo.

3.4.1. ACCIONES DEMANTENIMIENTO DEL NIVEL 1

Las acciones de mantenimiento del nivel 1 contienen, entre otras, lo que se denominan *acciones de mantenimiento de servicio*, y son aquéllas que se

prestan al sistema cuando éste está en su periodo de funcionamiento operativo.

Conviene destacar el concepto de vigilancia de los parámetros del sistema durante la operación como acciones de mantenimiento, ya que la vigilancia puede ser la misma, pero el concepto de su aplicación distinto según sea del operador o del mantenedor. A continuación se pone un ejemplo ilustrativo de la idea que pretendemos exponer:

El sistema considerado en este ejemplo es un helicóptero, en cuyos procedimientos para disponerlo en la condición de salir a volar existe una secuencia de tareas a efectuar para el arranque de sus turbinas de gas. En este arranque la vigilancia de los parámetros de la turbina tiene como objetivo el salir a volar. Por el contrario se utilizaría de la misma manera el procedimiento de arranque de la turbina de gas citada, si se va a efectuar la comprobación de un subsistema de la aeronave como por ejemplo el de corriente alterna. En el segundo caso sería un procedimiento que forma parte de una acción de mantenimiento, por tanto sería una acción de mantenimiento de primer nivel.

Son acciones de mantenimiento de servicio las que se aplican antes, durante, o después del funcionamiento operativo del sistema, tales como:

- Engrases y lubricación.
- Revisiones antes de la puesta en función.
- Revisiones al parar el funcionamiento.
- Limpieza.
- Suministro de combustible.
- Suministro de energía eléctrica.
- Lavado y secado.
- Otras.

Estas acciones de mantenimiento deben estar perfectamente definidas en el programa de mantenimiento del sistema, como todas aquéllas que sigan un plan.

Por lo general, las acciones de mantenimiento de este nivel están bajo la responsabilidad de la dirección del operador del sistema, y consideramos que es primordial para este nivel el control de la configuración del sistema.

Con esto, se quiere decir que la dirección debe vigilar que el sistema permanece con todos los elementos de funcionamiento y mantenimiento para lo que fue concebido o diseñado. En este sentido, las acciones de mantenimiento están basadas fundamentalmente en llevar registros historiales de las vicisitudes que sufra el sistema en el área de mantenimiento, como pueden ser los cambios de piezas componentes, subsistemas, etc., siendo también responsabilidad de la dirección operativa mantener un registro de horas de funcionamiento del sistema.

Las revisiones de nivel 1 pueden ser de los siguientes tipos:

- Revisiones a efectuar diaria, semanal, mensual y anualmente.
- Revisiones cuando se cumpla o se presente una condición previamente establecida.
- Cambio o sustitución de componentes o materiales del sistema.
- Incorporación de directivas técnicas para las que esté capacitado este nivel, normalmente relacionadas con las revisiones anteriormente expuestas.
- Corrección de incidentales de la capacidad de este nivel.

3.4.2. LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE NIVEL 2

También en las acciones de mantenimiento del nivel 2 existen acciones de servicio, que normalmente se efectúan como colofón de las acciones de mantenimiento de este nivel. Generalmente en el nivel 2 se puede tomar el criterio de que el sistema, al pasar al primer nivel de mantenimiento, se haya puesto a cero horas cuando corresponda; por ejemplo: un sistema que tenga cuatro clases de revisiones de nivel 1, cada 100 horas A, B, C y D, y una revisión mayor cada 1000 horas de nivel 2, cuando se haya cumplido este ciclo de 1000 horas repetirá dos revisiones de 100 horas, la A y la B, pues durante la revisión mayor, además de ella se pasarán las revisiones de primer nivel C y D. Con esto queremos decir que normalmente el nivel 2 debe estar capacitado para efectuar revisiones de nivel 1. Las revisiones de nivel 2 son del siguiente tipo:

- Ensayos no destructivos.

- Calibración correspondiente al nivel.
- Determinadas pruebas de banco, generalmente como comprobación de acciones correctoras de subsistemas.
- Micro soldadura de componentes electrónicos.
- Reparación de subsistemas y componentes, generalmente de cambio de piezas.
- Inspecciones de los sistemas completos para verificar el estado de los mismos.
- Corrección de incidentales de las capacidades de este nivel.
- Análisis de fluidos combustibles, lubricantes, hidráulicos y de refrigeración.

3.4.3. LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO DE NIVEL 3

Como regla general, el nivel 3 tiene la capacidad de los otros dos niveles, aunque con una capacidad productiva menor. El nivel 1 puede producir mayor número de horas/hombre en las acciones de mantenimiento de su nivel que el nivel 3, aunque tenga la capacidad de efectuar dichas acciones de mantenimiento.

El nivel 3 acomete acciones de desensamblado y ensamblado de subsistemas y sistemas hasta los niveles más bajos, como pueden ser los despieces completos de una turbina de gas.

Las acciones de mantenimiento de nivel 3 suelen ser:

- Desensamblado y ensamblado de un sistema hasta el nivel más elemental de sus componentes.
- Inspecciones de cualquier tipo de profundidad, para decidir si una pieza de un componente esta lista para el uso o si se puede regenerar.
- Reparaciones o regeneraciones de subsistemas, componentes y piezas.
- Fabricación de subsistemas, componentes y piezas.
- Diseño o rediseño de subsistemas, componentes y piezas.
- Diseñar y fabricar herramientas especiales para el mantenimiento del sistema para ser utilizadas en cualquier nivel de mantenimiento.

CRITERIO	PRIMER ESCALÓN	SEGUNDO ESCALÓN		TERCER ESCALÓN
¿Hecho en dónde?	En el emplazamiento operativo o donde esté localizado el componente principal	Unidades móviles o semi- móviles	Unidades fijas	Instalaciones industriales
		Camión, furgoneta, caseta móvil o equivalente	Taller fijo o de campo	Actividad especializada de reparación, o planta del fabricante
¿Hecho por quién?	Personal operativo del sistema/equipo (baja cualificación de antenimiento)	Personal asignado a unidades fijas, móviles o semimóviles(cualificación intermedia de mantenimiento)		Personal de almacén o personal de producción (mezcla de calificaciones de fabricación intermedia y alta de mantenimiento)
¿De quién es el equipo?	Uso del equipo de la organización	Equipo propiedad de la organización usuaria		
¿Tipo de trabajo realizado?	Inspección visual Comprobación operativa mantenimiento menor Ajustes externos Sustitución de elementos	Inspección detallada y comprobación del sistema de mantenimiento mayor Reparación y modificaciones de equipos principales Ajustes difíciles Calibración limitada Sobrecarga del primer escalón de mantenimiento		Ajustes difíciles en fabrica Reparación y modificación de equipos complejos Revisión y reconstrucción Calibración detallada Apoyo Sobrecarga del segundo escalón de mantenimiento

CUADRO 3.6
REPARTO DE ASIGNACIONES A LOS NIVELES DE MANTENIMIENTO
(Fuente: adaptado de Blanchard, 1996:40)

- Diseñar, rediseñar y fabricar equipos de apoyo y bancos de prueba para el mantenimiento de los sistemas para que sean utilizados en cualquier nivel de mantenimiento.
- Diseñar, rediseñar y fabricar elementos para el funcionamiento de los sistemas.

El nivel 3 de mantenimiento debe:

- Mantener y operar con los recursos asignados de una forma completa y eficaz de operación en los sistemas y equipos de mantenimiento.
- Fabricar partes y ensamblar componentes y subcomponentes cuando sea necesario.

Colaborar con la oficina técnica en los diseños y rediseños de los sistemas que se mantienen cuando así se requiera.

- Estructurar las necesidades y problemas que existan en el apoyo logístico, tanto en el aprovisionamiento como en el mantenimiento de los sistemas.
- Perfilar con los otros niveles de mantenimiento las actividades que pudieran ser comunes, y asignar como se deben repartir entre los distintos niveles.
- Asumir otras funciones que le puedan ser asignadas por la dirección.

3.5. LAS FUNCIONES DE LA PRODUCCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

La función de dirección persigue “el logro eficaz de objetivos de la empresa”. El mantenimiento se ha definido en el epígrafe 1.2.2. como “la función del apoyo logístico que comprende las acciones de mantenimiento que se ejercen sobre los sistemas para que, conservando una configuración especificada, cumplan con el requerimiento exigido en cada momento y satisfagan la necesidad para la que fueron diseñados durante su ciclo de vida útil”. Cuando estos dos conceptos se combinan, podemos definir la dirección del mantenimiento como:

DIRECCIÓN EN EL MANTENIMIENTO: llevar a cabo las acciones necesarias para mantener en funcionamiento y/o restaurar el sistema

o equipo a una condición de funcionalidad, con un consumo óptimo de los recursos asignados.

Las acciones de mantenimiento dentro de una empresa u organización que se dedica al mantenimiento se traducen en ordenes de trabajo de producción, las cuales no se diferencian de los sistemas productivos estándares en cuanto a su control y evaluación.

3.5.1. LA DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Es la responsabilidad de la dirección de una organización de mantenimiento la manera de manejar los recursos de una forma eficaz. Para lograr esta tarea se debe mantener el control de los variados elementos que están dentro de su área de responsabilidad. La dirección eficaz depende de la disponibilidad de la información del estado actual de los elementos del sistema a mantener. La dirección debe establecer un sistema adecuado que proporcione esta información.

Las funciones y responsabilidades productivas en los programas de mantenimiento que se efectúan al sistema o sistemas a mantener son la aplicación de unos determinados recursos a los trabajos en los distintos niveles de mantenimiento.

Un método de esas condiciones se diseña para efectuar una economía de recursos, y debe además obtener la información necesaria para el control de las acciones de mantenimiento. El sistema de comunicación debe ser tal que asegure la información entre la dirección del programa de mantenimiento, los centros de trabajo, y la función de apoyo logístico que es esencial para un eficaz funcionamiento de la organización. Para cada vicisitud que ocurra en los procesos productivos del mantenimiento, el método de información debe permitir el rápido conocimiento desde el centro de trabajo a la dirección.

La dirección del programa de mantenimiento ha de preocuparse por el estado del sistema, el estado de la disponibilidad del mismo, el estado de higiene y seguridad en el trabajo del personal, el estado del equipo de apoyo, los requisitos de la carga de trabajo, y los recursos de personal.

3.5.2. EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

El funcionamiento eficaz respecto de la función de la producción requiere un punto de mando centralizado a través del cual debe pasar toda la información involucrada en el mantenimiento del sistema. En una organización de mantenimiento, este puesto de mando debería ser un control de producción.

El director del control de producción sería responsable de orientar la línea global del esfuerzo de la producción. Esta responsabilidad se ejerce principalmente a través de varios supervisores de las distintas divisiones de producción.

El personal del control de producción será el responsable del esfuerzo productivo real dentro de los centros de trabajo a su cargo. Este personal debe mantener informado al responsable del control de producción, comunicándole cualquier problema que pueda afectar al rendimiento del centro de trabajo. Usando este método, el personal de control de producción controlará que el trabajo que se está efectuando esté supervisado por el principio de excepción.

Un sistema de información ha de ser una herramienta de la dirección de producción que proporcione un despliegue de la información vital. El sistema pone en correlación toda la información del estado de la producción, con la capacidad de los recursos que se deben aplicar a la misma.

La información permite conocer que no estén total o parcialmente disponibles los medios que puedan repercutir en diferencias de la fiabilidad por discrepancias encontradas, por ejemplo, en las herramientas y en el equipos de apoyo, y la información debe determinar la importancia relativa en cada caso.

La habilidad de repasar la situación global y determinar qué recursos están disponibles capacita al personal del control de producción para llevar a cabo sus deberes de la forma más eficaz.

3.6. INFLUENCIA DE LAS DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO EN LOS PROGRAMAS

Para establecer un programa de mantenimiento aplicado a un sistema, este tema ya se tiene en cuenta desde el momento en que está en la fase de

definición, y ha de pensarse o decidirse qué doctrina de mantenimiento va a globalizar el programa que se va a aplicar al sistema en cuestión.

Como se ha visto en el capítulo 2, es importante determinar cuál es la doctrina que se va a definir para el sistema porque, dependiendo de la doctrina a aplicar, las cantidades y tipos de recursos que se asignen al mantenimiento pueden llegar a ser diferentes en cuanto a su disponibilidad de aprovisionamiento, cualificación de personal, herramientas y equipos de apoyo, financiación del almacenamiento de material de repuesto y consumo, etc.

Debe existir un equilibrio entre los planes de mantenimiento y los programas de mantenimiento. Queremos expresar aquí que puede que la doctrina aplicada sea, por ejemplo, de prevención y sin embargo se desarrollen planes de mantenimiento con el concepto de la doctrina de predicción para determinadas acciones de mantenimiento. Para explicar la idea mejor, pongamos el ejemplo siguiente.

Establezcamos el subsistema de la caja de reducción de engranajes de un buque que reduce las revoluciones de un motor que trabaja a un régimen de revoluciones del orden de 3.000 r.p.m. a las del eje del buque que son del orden de 200 r.p.m. Esta caja ha de ser reconocida, por ejemplo, a las 3.000 horas de funcionamiento. Cuando se acumulen estas horas el subsistema se debe detener y la caja reductora debe ser desmontada y, pongamos por caso, medir los huelgos entre los dientes del engranaje. Si, mediante un sistema de análisis de concentración de partículas de desgaste de las superficies rozantes, se puede determinar el estado de desgaste de los dientes del engranaje, en el caso de que este desgaste fuera muy bajo se podría alargar la vida de funcionamiento del subsistema caja de reducción de engranajes por un período mayor de tiempo.

En el ejemplo anterior se habría adoptado un programa de mantenimiento basado en la doctrina de prevención, ya que a determinadas horas habría que abrir la caja de engranajes y reconocer y, en cambio, se habrían aplicado técnicas de la doctrina de predicción al establecer un sistema que permite conocer el estado de deterioro sin desmontarla.

Desde la declaración de necesidades para la adquisición de un sistema en donde exista la opción de elegir como va ser el mantenimiento del mismo en

el futuro, deben plantearse y estudiarse tanto la viabilidad del sistema como la viabilidad del apoyo logístico del mismo y, por lo tanto, su mantenimiento.

3.6.1. LA DOCTRINA DE CORRECCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Cualquier programa de mantenimiento puede basar las acciones en la doctrina de corrección o doctrina al fallo. Este fallo ocurrirá más tarde o más temprano dependiendo de las condiciones de diseño y/o de funcionamiento, y no debe estar contemplado como un fallo incidental. Las acciones de mantenimiento basadas en esta doctrina están diseñadas para cuando exista el evento del fallo del sistema a mantener. Se le suelen denominar acciones de mantenimiento condicionales debido al uso de una mala traducción de los manuales de mantenimiento americanos del término "*on condition*". Para nosotros, este término quiere decir cuando ocurra el evento.

Citemos como ejemplo el caso de las bombas de hidráulico de los helicópteros de la Quinta Escuadrilla de helicópteros de la Armada que, en su manual NAVAIR 01- 230 HLE- 6, especifica que el mantenimiento de las mencionadas bombas de hidráulico son "*on condition*", es decir, cuando dejen de funcionar adecuadamente y se observe cualquier anomalía en el funcionamiento. Otra acción de mantenimiento "*on condition*" podría ser aquella que se efectúa cuando es necesario cambiar el tipo de aceite de lubricación de un motor, bien por necesidades logísticas o de mejora. La necesidad logística vendría impuesta por la facilidad o dificultad de abastecimiento del aceite de lubricación, y la necesidad de mejora podría ser el beneficio por la incorporación al mismo de agentes antioxidantes que favorezcan la vida del motor. Para este supuesto debe existir un proceso totalmente identificado de actuación.

3.6.2. LA DOCTRINA DE PREVENCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Conviene citar en este apartado las distintas acciones de mantenimiento que se pueden plantear en los programas de mantenimiento basados en la doctrina de prevención. Estas acciones de mantenimiento se pueden dividir de la forma siguiente:

- Acciones puramente preventivas o de sustitución sistemática sin ningún otro tipo de consideración.
- Acciones basadas en la inspección, que tienen un periodo regular de tiempo, en las que la componente o la pieza se sustituye o no dependiendo del estado de la misma observado en la inspección.
- Acciones basadas en el estado o la condición del sistema a mantener, que lo que persigue es ver el estado del sistema mediante unas inspecciones, y alargar o acortar el tiempo de la siguiente inspección dependiendo de cómo se encuentren las componentes del sistema. Esto se consigue mediante el diseño a priori de un sistema objetivo de valoración preparado al efecto, que establezca la puntuación o nota que merece cada una de las componentes del mismo, y dependiendo de la puntuación obtenida por el sistema se tomará una decisión previamente acordada.
- Las acciones basadas en la oportunidad. Estas acciones son aquéllas que se efectúan al sistema cuando, por ejemplo, en el desmontaje del principal se detecta que un subsistema o componente cercano no está en las condiciones debidas, por lo que se le efectúa otra acción de mantenimiento que lo restablezca a unas condiciones óptimas de funcionamiento, aprovechando así los recursos puestos a disposición de la primera acción de mantenimiento.

Puede ser un requisito del contrato de compra o de mantenimiento decidir cuál de las anteriores opciones habrá de tomarse dependiendo del sistema a adquirir o mantener.

3.6.3. LA DOCTRINA DE PREDICCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Cuando en un programa de mantenimiento se plantea o es posible seguir la doctrina de predicción en algunas de las acciones de mantenimiento, hay que establecer previamente cuáles han de ser los parámetros sobre los que se van a efectuar los estudios de predicción. Seguidamente, ha de diseñarse el plan de toma de dichos parámetros, el programa informático a aplicar en el caso que así se requiera, la metodología del estudio etc.

Normalmente, se toman varios parámetros del mismo sistema como podría ser el control de los parámetros de la lubricación y los de toma de vibraciones del sistema. Esta metodología de trabajo asegura que se han contemplado los distintos aspectos del funcionamiento del sistema.

Difícilmente un constructor tradicional se va responsabilizar o colaborar con el utilizador en un trabajo de estas características, ya que sería tanto como decirle al fabricante que su programa de mantenimiento tradicional basado en una doctrina preventiva es demasiado costoso, y ello lo favorecería, ya que seguiría fabricando piezas para los cambios sistemáticos previstos en el programa de mantenimiento. Pero en este caso se debe tener en cuenta que es el comprador el que ha de poner sus condiciones al vendedor cuando va a adquirir el sistema.

La tendencia actual de las compañías de avanzada tecnología no es el dificultar este tipo de iniciativas, sino unirse a ellas y ser partícipe de este tipo de programas basados en la predicción.

En sistemas muy complejos y sofisticados, que son los que en la actualidad funcionan en el campo de la aeronáutica y el espacial, es cada vez más impensable que, con los sistemas de mantenimiento tradicionales, se pueda afrontar su elevado costo y garantizar la seguridad de funcionamiento.

3.7. EPÍLOGO

Con independencia de las conclusiones que se recojan al final de nuestro trabajo, queremos hacer, a modo de resumen, algunas recapitulaciones sobre las cuestiones abordadas en este capítulo. Así tendremos lo siguiente:

1. Respecto a la concepción de los programas de mantenimiento cabe destacar que:
 - a) Los programas de mantenimiento de los sistemas actuales son una mezcla de acciones de mantenimiento basadas en las distintas doctrinas. Dichas acciones de mantenimiento pueden tener carácter predictivo, preventivo o correctivo.
 - b) Las acciones de mantenimiento están inspiradas en alguna de las tres doctrinas de mantenimiento, predicción, prevención y corrección.
 - c) Los programas de mantenimiento en la actualidad son un compendio de las tres doctrinas, con una tendencia cada vez mayor hacia la doctrina de predicción, debido a las innovaciones, los avances tecnológicos y la economía de recursos.
 - d) El macro objetivo de un programa de mantenimiento es la mejora continua de los procedimientos y métodos, para aumentar la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema o sistemas mantenidos.
2. En lo relativo a las innovaciones y propuestas de mejora en todas las acciones de mantenimiento, éstas han de ser estudiadas con detenimiento para evaluar si son eficaces y de bajo riesgo, para que al aplicarlas repercutan en el buen mantenimiento del sistema o sistemas.
3. Para poder llevar a buen término los cometidos de un programa de mantenimiento, han de estar definidas las funciones de la dirección, del apoyo logístico, las de las acciones de mantenimiento y las de la producción.
4. Se debe determinar con la mayor exactitud posible cuáles son las acciones de mantenimiento que corresponden a cada nivel del mismo.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO EMPÍRICO

CAPITULO 4

ESTUDIO EMPÍRICO

4.1. INTRODUCCIÓN

4.2. METODOLOGÍA EMPLEADA

4.2.1 Objetivo y marco teórico

4.2.2. La unidad y el nivel de análisis

4.2.3. La selección de los casos: el caso piloto

4.2.4. El protocolo de los casos

4.2.5. Diseño de la entrevista

4.2.6. Modelo de cuestionario

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.3.1. Informe general

4.3.2. Discusión de los resultados

4.3.3. Contraste de hipótesis

4.4. EPÍLOGO

CAPÍTULO 4

ESTUDIO EMPÍRICO

4.1. INTRODUCCIÓN

Una vez expuestos los conceptos y las definiciones en los precedentes capítulos, interesa conocer si las ideas que se han desarrollado pueden soportar el funcionamiento de los programas de mantenimiento que existen en la realidad y que están siendo aplicados a sistemas de diversos tipos.

También puede ocurrir que se encontraran en la práctica aplicaciones indebidas o con conceptos anómalos respecto de los que se han expuesto en este trabajo de investigación, ello llevará a una discusión que permitirá que nos reafirmemos en las hipótesis planteadas.

Se pretende hacer un estudio en empresas u organizaciones pertenecientes a sectores dispares, que nos puedan aportar una visión lo más general posible de las distintas maneras de llevar los programas de mantenimiento de los sistemas en sus entornos correspondientes. Para ello se aplica el estudio de casos, método que según Yin (1984) se trata de:

Una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real, cuando las fronteras del fenómeno y el contexto no son evidentes, y en las que se utilizan múltiples fuentes de evidencia.

Lo primero que se plantea es determinar el método a aplicar en el trabajo de investigación, lo que se hace en el epígrafe 4.2 decantándose en la metodología correspondientes al estudio de casos porque reúne los aspectos planteados de elaboración y discusión (Jensen, 1993), que se consideran adecuadas para la explicación de la evolución que el concepto de mantenimiento ha experimentado (Van de Pen y Poole, 1990). En los subepígrafes correspondientes se describen cuales son los objetivos y el marco teórico planteados, el tipo de investigación realizado, la unidad y nivel de análisis, la selección del caso piloto, el protocolo de los casos, el diseño de la entrevista y finalmente el modelo de cuestionario.

Una vez establecida la metodología y como parte de ella, se debe confeccionar un cuestionario que sirva de guía para las entrevistas a realizar y que esté diseñado de la forma más flexible para que se pueda dentro del área que nos ocupa, mediante las citadas entrevistas, estudiar los planteamientos efectuados a lo largo del presente trabajo de investigación respecto de los sistemas que funcionan en la realidad.

El diseño de la entrevista se discute en el epígrafe 4.2.5 habiéndose decidido que la población idónea serían empresas de cierta entidad que se dediquen al mantenimiento, o aquéllas que por su envergadura lo llevan directamente. En el epígrafe 4.2.6 queda confeccionada una guía del modelo de cuestionario de los planteamientos que se van a tratar en las entrevistas. Las preguntas concretas de las que consta abren una vía de diálogo para recabar las ideas o manera de actuación de las entidades en el mantenimiento.

En el epígrafe 4.3.1 se efectúa un informe general de los resultados obtenidos, de esta forma queda en mayor evidencia las generalidades de las respuestas de las organizaciones entrevistada con las características observadas en ellas.

La comparación con los planteamientos del *marco teórico* se realiza en el epígrafe 4.3.2 y con las hipótesis hechas a lo largo del estudio de investigación en el 4.3.3, en el que se plantea una discusión que permite comprobar que en efecto dichas hipótesis se encuentran dentro del contexto actual del mantenimiento y finalmente en el epígrafe 4.4 donde sin menoscabo de las conclusiones finales del estudio y a modo de resumen, se destacan las ideas más significativas del presente capítulo.

4.2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Asumiendo para este estudio de investigación el concepto de *metodología* utilizado por Silverman (1993), se ha planteado a lo largo de los capítulos 1, 2, y 3, un tratamiento doctrinal de los conceptos que defendemos en el ámbito del mantenimiento. Se ha ido estableciendo el marco teórico del estudio de investigación basado en la bibliografía existente de mantenimiento y de la disciplina de ingeniería de sistemas, documentos de mantenimiento y

apoyo logístico de la Armada y la U. S. Navy, documentación de sistemas de calidad aplicables al mantenimiento, etc., los cuales se consideran representativos en el ámbito que nos ocupa. Instrucciones, manuales, normas y publicaciones vigentes en la materia de la Flotilla de aeronaves que son de aplicación al tema que se trata, han sido de utilidad por lo que de aplicación real significan.

La teoría construida se ha explicado a lo largo de los tres primeros capítulos contrastándola con las fuentes documentales citadas en la *introducción* y el proceso seguido para la discusión de los conceptos, ha sido aceptar o rebatir propuestas para completar ideas, ya que se estima que es la forma más adecuada para abordar el planteamiento teórico.

Para ello se va a seguir la orientación de Pérez Aguilar (1998) para el estudio de casos en cuanto a las distintas etapas en que se dividen los mismos. Estas etapas son: “el objetivo del estudio, el marco teórico, tipo de investigación, unidad y nivel de análisis, la selección de los casos, el caso piloto, el protocolo de cada caso e informe general: resultado y conclusiones”. Coincide este enfoque con el expuesto por Rialp (1998:6) sobre las “etapas y factores de diseño para la investigación empírica con estudio de casos”, que nos reafirma en el camino escogido para nuestra investigación.

Se considera que el presente trabajo se puede plantear por medio de un caso explicativo y se han seguido las directrices obtenidas de Bonache Pérez (1998 y 1999).

4.2.1 OBJETIVO Y MARCO TEÓRICO

El objetivo de este estudio es *el ámbito del mantenimiento dentro de la ingeniería de sistemas*, para averiguar el grado de implantación en la vida real de la teoría edificada en los capítulos 1, 2 y 3 de este trabajo de investigación en los sistemas que están funcionando, y de esta forma abrir un camino innovador a la moderna concepción del mantenimiento conforme al planteamiento teórico efectuado.

El marco teórico preliminar (Bonache, 1999 y Yin, 1989) se ha edificado en los tres primeros capítulos del trabajo que nos ocupa, y en ellos se ha

estudiado con detenimiento todos y cada uno de los planteamientos que se quieren tratar en el ámbito del mantenimiento. Los epílogos de cada capítulo contienen un resumen del marco teórico de la investigación efectuada obtenidos de las referencias bibliográficas correspondientes mencionadas en la tesis y las aportaciones de la propia experiencia. Se seguirá de esta manera el concepto de la aportación en este sentido que hace Eisenhardt (1989) respecto de la discusión con la hipótesis emergentes.

A continuación se hace un resumen de los epílogos de los capítulos precedentes para centrar el marco teórico establecido:

- El mantenimiento en la actualidad adquiere un relieve importante en la ingeniería de sistemas.
- Para el vocablo mantenimiento se pueden encontrar definiciones con el significado actual que tiene dicho vocablo en el ámbito profesional del mantenimiento.
- En el ámbito del mantenimiento caben destacar las siguientes particularidades:
 - a) Todas las acciones y/o tareas que se ejercen sobre un sistema se van a denominar de forma genérica acciones de mantenimiento. Dichas acciones de mantenimiento dependen de los recursos que se le asignen.
 - b) Los sistemas de la calidad condicionan en gran medida las estructuras de las organizaciones de mantenimiento.
 - c) El mantenimiento es un área de la ingeniería con carácter propio. En consecuencia las organizaciones de mantenimiento deben contar con una oficina técnica que se ocupe de los cambios de ingeniería.
 - d) Los procesos productivos en el entorno del mantenimiento son peculiares.
- Se ha establecido en el epígrafe 2.2 la acepción que se les van a dar en el mantenimiento a los vocablos *vigilancia*, *diagnóstico*, *pronóstico* y *predicción*, para de esta manera abordar que los tipos o clases de mantenimiento se han sustituido por las definiciones de las distintas doctrinas en las que se destaca que:

- a) La doctrina de predicción establece que el sistema no ha de pararse en su periodo de operación hasta que haya evidencias objetivas y predeterminadas para ello.
 - b) En la doctrina de prevención se establece cuando se ha de detener el sistema, sobre la base de la fiabilidad calculada en el diseño, para inspeccionar y/o sustituir elementos del mismo.
 - c) La doctrina de corrección es aquella que no detiene el sistema, hasta que éste lo hace por defecto de algunos de sus componentes.
- Los programas de mantenimiento de los sistemas actuales son una mezcla de acciones de mantenimiento basadas en las distintas doctrinas.
 - El macro objetivo de un programa de mantenimiento es la mejora continua de los procedimientos y métodos, para aumentar la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema o sistemas mantenidos.
 - En lo relativo a las innovaciones y propuestas de mejora en todas las acciones de mantenimiento, han de ser estudiadas con detenimiento para evaluar si son eficaces y de bajo riesgo, para que al aplicarlas repercutan en el buen mantenimiento del sistema o sistemas.

Acotado el marco teórico de la investigación se procederá a contrastarlo, con nuestra experiencia en este campo y las entrevistas realizadas a organizaciones significativas para de esta forma determinar el “cómo” y el “porqué” (Yin, 1989) de la relación entre el marco teórico establecido y la realidad del mantenimiento de los sistemas.

Las variables o factores que van a influir en el trabajo de investigación pasan por las propuestas presentadas en el marco teórico, que partiendo de definiciones y conceptos debatidos en los capítulos del trabajo, van a ir influyendo en los casos reales que se van a estudiar, algunas veces desechando antiguos concepto y otras veces completándolos.

Los casos a estudiar se han escogido en dos ámbitos, uno el medio militar y el otro el medio civil, y dentro de ellos se han tomado sistemas que entendemos pueden ser significativos en cada uno de los ámbitos citados.

4.2.2. LA UNIDAD Y EL NIVEL DE ANÁLISIS

Una vez fijados los objetivos y el marco teórico del trabajo, la investigación que se va a efectuar se dirige a contrastar, mediante un método hipotético-deductivo o método deductivo de contraste (Prieto, 1998:8), que en mundo del mantenimiento se cumplen las propuestas doctrinales que se plantean, haciendo una explicación del “porqué” y el “cómo” se cumplen o no lo hacen, aplicando la *lógica de replicación* (Robinson, 1951).

Se van a obtener los datos reales mediante la entrevista a diversas organizaciones que constituirán los diferentes casos en el mantenimiento de sistemas que consideramos significativos, que partiendo de un caso piloto se ha extendido a otros más. No se van a considerar subunidades de los mismos.

La unidad de análisis se define para el caso piloto que es el que consideramos más avanzado en cuanto a los conceptos sobre el mantenimiento que se aportan, que ayudará a delimitar las fronteras del estudio (Rialp, 1998:9). En este caso se ha considerado que sea el Segundo Escalón de la Flotilla de Aeronaves, por las razones que se expondrán y debido a la proximidad y facilidad de acceso a sus métodos y procedimientos.

El nivel de análisis que se efectuará en los siguientes casos se cree que bastará con la profundidad empleada en el estudio realizado para el caso piloto, ya que se espera que ésta sea suficientemente demostrativa.

El primer nivel de análisis se hará al estado de conceptos de la organización sobre el entorno del mantenimiento, el segundo se efectuará sobre las doctrinas de mantenimiento y el tercero sobre los recursos aportados al mismo para llevar a cabo los programas de mantenimiento. Téngase en cuenta que el vocablo recurso se va a aplicar no como un aporte dinerario sino como las especies que se adquieren con él.

4.2.3. LA SELECCIÓN DE LOS CASOS: EL CASO PILOTO

La muestra debe poner de manifiesto la capacidad de aprendizaje (Stake, 1994) sobre como se desarrollan los programas de mantenimiento en distintos sectores que disponen de sistemas que se pueden denominar complejos desde

el punto de vista del mantenimiento, o bajo la perspectiva del volumen o trascendencia que tienen para el utilizador o consumidor, por la capacidad explicativa de los mismos en situaciones complejas (Sutton, 1997) y flexibilidad en el trabajo de investigación que pueda permitir cambiar los supuestos teóricos iniciales (Stoecker, 1991).

Como apuntan Yan y Gray (1994) se ha decidido que se considerarán casos que pueden acercarse lo suficiente a la certeza de lo que se plantea en el presente estudio, como ya se ha dicho, analizar organizaciones que operan con sistemas que trabajan en los tres medios: tierra, mar y aire, y dentro de éstos, sistemas que tienen objetivos distintos como son los civiles y los militares. Aunque según Mintzberg (1997:585) no es significativo el tamaño de la muestra, se ha considerado tomar cuatro casos, más por la representatividad que las organizaciones tienen para el presente trabajo que por el número en sí mismo. De esta manera se sigue lo considerado por Eisenhardt (1989) que recomienda tomar entre cuatro y diez.

En la línea expresada anteriormente se han elegido los siguientes sistemas:

- a) En el ámbito militar las organizaciones son el Segundo Escalón de la Flotilla de Aeronaves (designada para estudiarla como el caso piloto) en la Base Naval de Rota y las Instalaciones del Segundo Escalón de Mantenimiento en Rota (ISEMER). La primera mantiene el avión de combate Harrier Plus y los helicópteros de la Armada SH3D, SH60B, etc. La segunda organización mantiene el grupo de combate formado por el portaviones, fragatas, transportes y buques anfibios. Las mencionadas organizaciones tienen la capacidad del nivel 3 especificado en el epígrafe 1.3.2.1, para el mantenimiento y desarrollan su actividad en mar y aire.
- b) En el ámbito civil y entorno de tierra se han elegido dos empresas pesadas en el campo industrial, estando ambas situadas en la provincia de Algeciras, una de ellas trabaja en la actividad de la petroquímica: CEPSA y la otra en la de la metalurgia: ACERINOX.

Como se ha mencionado por su conocimiento y proximidad, se ha decidido que el “caso piloto” para el estudio a realizar en esta investigación sea

el Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada, que nos va a permitir diseñar la orientación de las preguntas a efectuar a los demás casos escogidos. Además su selección se realizó por las siguientes razones:

- Pertenecer a la organización en cuestión como jefe de la división de gestión de calidad y esta situación permitirnos un profundo conocimiento de la entidad.
- El tiempo que se ha permanecido en la organización siete años en total.
- La accesibilidad a las personas directivas del entorno aeronaval en la Armada, que hace cotidiano el debate de los aspectos que se plantean en el presente trabajo de investigación.
- Debido a el contacto casi diario con organizaciones de mantenimiento que utilizan procedimientos y técnicas de última generación en el campo que nos ocupa, que permite mantener con facilidad discusión de los temas que nos ocupan aplicados a las mismas.

El estudio del caso piloto va a permitir depurar los conceptos del marco teórico respecto de las entrevistas para el resto de los casos en un proceso que dará como resultado la remodelación, supresión y variación de factores de la entrevista que se consideren tradicionales en el mundo del mantenimiento.

4.2.4. EL PROTOCOLO DE LOS CASOS

Se va a utilizar el procedimiento de la entrevista abierta y el protocolo que se aplicará en ellas será estructurado por un cuestionario que constituirá el eje de los coloquios, favoreciendo en los mismos captar las opiniones y sugerencias de las personas entrevistadas.

La categoría del personal entrevistado estará a nivel de jefe de mantenimiento o de producción al mayor grado de responsabilidad posible dentro de cada organización.

Como señala Bonache (1998:123) se va a utilizar el estudio de los casos como estrategia de la investigación, que parte de las propuestas teóricas que se han planteado y analizará para cada caso como se comporta en la práctica,

generando explicaciones que aclaren mediante comentarios a la entrevista su acercamiento o distanciamiento del marco teórico que se propone.

Como se ha dicho en el párrafo anterior la metodología empleada se concreta en que la estrategia se materializa a partir de la teoría explicada anteriormente, la comprobación de conceptos teóricos con los diversos casos estudiados completarán la táctica a seguir, y la técnica utilizada será la confección de una tabla categorizada de las respuestas obtenidas mediante una encuesta guía que será debatida con el caso tipo. Las entrevistas se le efectuarán a un personal que en cada caso se considere capacitado para responder a los temas de mantenimiento que se tratan recabando de este personal las sugerencias oportunas que completen el estudio.

En el caso que las entrevistas nos lleven a planteamientos distintos de los propuestos, nos acercaremos al estudio de los mismos para ver si pueden ser absorbidos o no por los que se han efectuado en el marco teórico.

4.2.5. DISEÑO DE LA ENTREVISTA

En primer lugar una vez elegidas las organizaciones objeto de análisis, se pasa a plantear las cuestiones que nos interesa detectar, para de esta forma estructurar las preguntas de la entrevista y la dirección de las mismas para obtener los resultados a contrastar.

El diseño de las preguntas se hará de manera que podamos analizar a través de sus contestaciones mediante la entrevista, todos los planteamientos que se han expuesto en los capítulos 1, 2 y 3 y de esta forma poder contrastarlos con la organización y con el entrevistado. Se tendrá en cuenta lo dicho por Maxwell (1998) en el sentido de no confundir las preguntas centrales de la investigación con otras que van a orientar las respuestas de las anteriormente citadas.

Se presenta a continuación el eje de las cuestiones a debatir en las entrevistas, para lo cual se ha establecido el cuestionario orientativo del epígrafe 4.2.6., que va a permitir no desviarse de los asuntos que se pretenden tratar.

La entrevista a realizar con el representante de la organización debe aportar respuestas a las cuestiones planteadas en este trabajo de investigación.

Primeramente se obtendrán los datos de identificación de las organizaciones a entrevistar con preguntas adecuadas tales como la razón social, ubicación, sector de actividad, número de empleados, clientes de la empresa, facturación de la actividad de mantenimiento, facturación total, nombre y cargo de la persona encuestada, título académico del responsable del mantenimiento.

Conocer la facturación de la organización y qué parte de ella se aplica a la tarea del mantenimiento dará idea de la importancia que para la misma tiene esta actividad o si por el contrario aprovecha sus medios para sacar mayor rendimiento a los recursos de los que dispone destinándolos a otras actividades. También se debe conocer de la valoración total de los recursos asignados al mantenimiento del sistema o sistemas, qué porcentajes se aplican a documentación, material y personal que se obtendrá de las cuestiones de la entrevista VII.46 1, 2 y 3 (tanto por ciento de la valoración de recursos y capacidades). En el apartado I del cuestionario se exponen las preguntas correspondientes a la identificación general de la organización entrevistada.

Seguidamente se recabarán datos sobre la definición del sistema o sistemas a mantener y el ámbito donde desarrollan su trabajo. Nos interesa conocer algunos detalles más concretos de ellos como son los siguientes:

- Nombre del fabricante y su nacionalidad.
- Fecha de fabricación del sistema que nos dará idea de su tecnología.
- Fecha de adquisición del sistema por el usuario.
- Numero de individuos que trabajan en el sistema, que revelará la envergadura de la organización que lo mantiene.
- Si el sistema trabaja en tierra, mar o aire.
- Necesidad que satisface el sistema.

Estas cuestiones se tratan en los apartados II y III del cuestionario, que se ocupa del ámbito e identificación del sistema o sistemas.

Con los apartados I, II y III, se identificarán parámetros generales correspondientes a las organizaciones y a los sistemas. La estrategia general

del cuestionario se plantea una vez efectuada las identificaciones citadas anteriormente. Para establecer el programa de mantenimiento que se aplica al sistema, y dirigir la entrevista hacia los conceptos de la organización sobre los planteamientos teóricos que se han presentado, se llevan a cabo en las respuestas obtenidas de los apartados IV y V respectivamente del cuestionario.

Es interesante la procedencia de la fuente del diseño del programa de mantenimiento, ya que pudiera darse uno de los posibles casos, que el mantenimiento estuviera diseñado por el propio usuario o por una organización ajena al mismo y al constructor. En el ítem 23 del apartado IV se contempla este asunto.

Para centrar el tema se debe obtener una breve descripción del programa de mantenimiento, así como los objetivos del mismo, desarrollo del plan general, duración del ciclo completo de mantenimiento, periodicidad menor en la que hay que aplicar una acción de mantenimiento, número de acciones de mantenimiento programadas, tipos de las acciones para determinar si son acciones predictivas, preventivas o correctivas.

Se debe conocer si el sistema mantenido tiene medios de vigilancia, si los parámetros de la vigilancia durante el periodo de operación se registran y lo que es más importante, si estos registros se explotan de alguna manera para orientar en determinadas acciones de mantenimiento. De la explotación de los registros de la vigilancia obtendremos si se aplica a esa acción de mantenimiento una doctrina concreta.

El saber si se aplica a algunos de los sistemas mantenidos el concepto de tiempo hasta el fallo, nos dirá si a alguno de ellos el mantenimiento se acomete bajo la doctrina de corrección y en este caso, se puede saber qué tiempo previsto suele pasar hasta el primer fallo.

Aunque es difícil en este tipo de cuestionario preguntar sobre conceptos, se va a intentar descubrir las ideas que la organización tiene sobre los siguientes temas:

- Qué concepto tiene la organización de lo que es mantenimiento.
- Intentar concretar la idea que tiene la organización sobre las acciones de mantenimiento predictivas, preventivas y correctivas.

Las respuestas sobre los tipos de acciones de mantenimiento va a permitir descubrir la entidad y la complejidad del programa de mantenimiento porque pueden variar desde una de servicio a otra que lleve implícita la regeneración del sistema.

Debemos interrogar si existe una regeneración o revisión mayor del sistema para partir de cero y, si esto ocurre, con qué periodicidad sucede en años, meses o días.

Otro dato importante que se debe conocer de las acciones de mantenimiento es si son a tiempo fijo, por ciclos, según condición del sistema y si son acciones según oportunidad.

Nos dará idea de la fiabilidad del sistema el conocer cada cuanto tiempo se ha de detener por fallo no previsto, diario, semanal, mensual o anual.

Si se acomete una acción de mantenimiento que está programada, en los sistemas que se mantienen, será bueno obtener la información sobre qué porcentaje de procesos requiere una acción correctora o sustitución de una pieza o componente por excesivo deterioro o cambio sistemático. El porcentaje de correcciones en las acciones de mantenimiento del sistema también dará información de cómo ha sido el diseño del parámetro fiabilidad.

El obtener información sobre el tiempo medio de duración de las acciones correctoras en el total de las acciones de mantenimiento programadas del sistema o sistemas mantenidos nos indicará el grado de mantenibilidad del mismo.

En el apartado VI del cuestionario se dirige la entrevista hacia las acciones de mantenimiento que tiene que aplicar el programa y de esta forma poder penetrar en la profundidad con que se lleva el mismo. Dependiendo de esta profundidad, la entrevista se ira dirigiendo al terreno teórico planteado para el estudio de casos siempre manteniendo la orientación de las preguntas del cuestionario en todas las entrevistas efectuadas para poder si cabe realizar una replicación literal o disímil según convenga.

Por último en el apartado VII, se profundizará en los recursos que se dedican al mantenimiento y a las capacidades de las organizaciones encuestadas para llevarlo a cabo el estudio de la organización y en que profundidad esta implementado el programa o programas de mantenimiento.

Con respecto a los recursos que venimos analizando a través del estudio de investigación, su costo con respecto al personal dependerá de la cualificación del mismo, en consecuencia deberemos obtener información de cual es su cualificación y qué porcentaje de las retribuciones totales asignadas a personal le corresponden a titulados superiores, titulados medios, formación profesional, personal sin cualificar y el tanto por ciento de otro personal.

En relación con los recursos documentales para la aplicación del programa de mantenimiento, determinar cómo se desarrolla el plan, cómo son los procesos productivos, si existe un sistema de aseguramiento de la calidad en la organización, etc., debe poner de manifiesto la acreditación de todo el entorno de la misma a la actividad del mantenimiento.

Se deben reconocer en los índices de los manuales técnicos, calidad, procesos, etc., como se efectúa la gestión de la documentación y los procesos.

La tipología de recursos de material que se asignan al mantenimiento desde dentro de la organización nos ayuda a profundizar en el apoyo de la misma. Estos recursos pueden ser repuestos, subcomponentes, equipos, material de consumo, equipos de apoyo en tierra, herramientas estándares o especiales.

De los recursos generados por la organización para el mantenimiento debe conocerse cuántos de ellos se aportan a la solicitud de apoyo de otras entidades, dando idea de la autonomía que tiene en los programas de mantenimiento.

Otra forma de evaluar la organización respecto a los programas de mantenimiento que efectúa, es la consideración de si tiene instalaciones de laboratorios de calibración, de ensayos no destructivos (END) o destructivos, laboratorios de análisis de fluidos y oficina técnica, así como si tiene implementado un sistema de calidad y un control de procesos especiales.

4.2.6. MODELO DE CUESTIONARIO

A continuación se reproduce el cuestionario diseñado como eje central de las entrevistas a realizar a las distintas organizaciones. Consta de siete

apartados con sus respectivas cuestiones las cuales van orientadas a dirigir el núcleo de las conversaciones que se van a mantener.

Los tres primeros apartados tratan respectivamente de las identificaciones de las organizaciones, ámbito en el que desarrollan su actividad e identificación del sistema o sistemas a mantener. La identificación de los sistemas dará una idea de su complejidad y de la necesidad que satisfacen.

Los apartados IV, V, y VI, profundizan sobre los programas de mantenimiento utilizados, conceptos sobre mantenimiento que aplica la organización y acciones de mantenimiento que se llevan a cabo. Tanto los conceptos sobre mantenimiento como de sus acciones tienen especial influencia sobre los programas.

Finalmente las cuestiones del apartado VII, tratan principalmente de las capacidades y recursos que se aplican a los sistemas que mantienen las distintas organizaciones entrevistadas. En cualquier organización o entidad que se dedique al mantenimiento, la cuantía de los recursos que se asignen al mismo determinará de manera definitiva la envergadura de las acciones de mantenimiento que pueda acometer, para tener el sistema mantenido en las condiciones necesarias de su funcionamiento.

CUESTIONARIO DE ENTREVISTA PARA LAS ORGANIZACIONES QUE SE DEDICAN A LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS

I. IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

1. Razón social (nombre)
2. Ubicación
3. Sector de actividad
4. Número de empleados

5. Clientes de la empresa
6. Facturación de la actividad de mantenimiento
7. Facturación total
8. Nombre de la persona encuestada
9. Cargo de la persona encuestada
10. Responsable del mantenimiento
11. Título académico

II. ÁMBITO DE LOS SISTEMAS SOBRE LOS QUE SE APLICA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

12. Tierra
13. Mar
14. Aire
15. Dentro del ámbito del sistema ¿qué necesidad satisface?

III. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA O SISTEMAS

16. Nombre (En el caso que sean varios sistemas rellénesse lo correspondiente de cada uno en una hoja independiente)
17. Fabricante
18. Nacionalidad de la fabricación

- 19. Fecha de fabricación
- 20. Fecha de adquisición por el usuario
- 21. Breve descripción de su funcionalidad
- 22. Número de individuos del sistema

IV. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- 23 Fuente del diseño del Programa de Mantenimiento (subráyese lo que corresponda o escríbase en las líneas de puntos)

Fabricante, la propia organización, empresa ajena o combinación de:

..... y.....

- 24. Breve descripción del Programa de Mantenimiento
- 25. Objetivos del Programa
- 26. Desarrollo del Plan general del Programa
- 27. Duración del ciclo completo de mantenimiento
- 28. Periodicidad menor
- 29. Número de acciones de mantenimiento programadas
- 30. Tipos de las acciones:

1. Acciones predictivas	SI	NO	%..... del total
2. Acciones preventivas	SI	NO	%..... del total
3. Acciones correctivas	SI	NO	%..... del total

.....
.....
.....
.....

36. Concepto de la organización (empresa) de lo que es una acción de mantenimiento correctiva

.....
.....
.....
.....

VI. ACCIONES DE MANTENIMIENTO

37. ¿Existe una regeneración del sistema para partir de cero?

SI NO (Táchese lo no procedente); En caso de ser afirmativa diga cada cuanto tiempo sucede: Años Meses Días.

38. ¿Cómo son las acciones de mantenimiento? :

1. ¿Son a tiempo fijo? SI NO (Táchese lo no procedente)
2. ¿Son acciones por ciclos? SI NO (Táchese lo no procedente)
3. ¿Son acciones según condición del sistema? SI NO (Táchese lo no procedente)
4. ¿Son acciones según oportunidad? SI NO (Táchese lo no procedente)

39. ¿Cada cuánto tiempo medio ocurren fallos no previstos? (Subrayar la opción u opciones que correspondan, en caso de ser varias especificar el %)

1. Diario

2. Semanal
3. Quincenal
4. Mensual
5. Trimestral
6. Semestral
7. Anual
8. Otros periodos (Indicar el periodo)...

40. Cuándo acomete una acción de mantenimiento que esta programada, en los sistemas que mantiene, ¿en qué porcentaje de procesos se requiere una acción correctora o sustitución de una pieza o componente?

1. En un 10 %
2. En un 20 %
3. En un 50 %
4. En un 80 %
5. En un 100 %
6. En un.....%

41. Indicar el tiempo medio de duración de las acciones correctoras en las acciones de mantenimiento del sistema o sistemas mantenidos.

42. ¿Se aplica a algunos de los sistemas o sistema mantenido el concepto de tiempo hasta el fallo? (Rodéese con un círculo lo que proceda)

1. Sí
2. No

43. En el caso de ser afirmativa la pregunta anterior ¿qué tiempo previsto suele pasar en el sistema o sistemas hasta el primer fallo?

.....

44. ¿Tiene el responsable de acometer una acción de mantenimiento los registros de funcionamiento del sistema o sistemas que mantiene?

.....

45. ¿Se utilizan los datos de vigilancia y/o registros de funcionamiento para tomar decisiones en las acciones de mantenimiento?

.....

VII. RECURSOS Y CAPACIDADES

46. De la valoración de los recursos asignados al mantenimiento del sistema o sistemas, ¿qué porcentajes se aplican a documentación, material y personal?

1. %..... al material empleado
2. %..... a la obtención de la documentación aplicada
3. %..... al personal que interviene en las acciones de mantenimiento

47. Del personal que interviene en las acciones de mantenimiento ¿cuál es su cualificación y que % de las retribuciones totales asignadas a personal le corresponde?

1. N°. de titulados superiores..... % de recursos de personal...
2. N°. de titulados medios..... % de recursos de personal...
3. N°. de formación profesional..... % de recursos de personal...
4. N°. de personal sin cualificar..... % de recursos de personal...
5. Otro personal..... % de recursos de personal...

48. Documentación y su gestión: responder a las siguientes cuestiones.

1. ¿Existe un único documento que recoja todas las actividades de la organización con respecto al mantenimiento?. (Táchese lo que no proceda).

a) SI b) NO

2. En el caso de que en la cuestión anterior existan más de un documento ¿pueden ser relacionados a continuación, expresando al final el numero de tipos de ellos diferentes que existen?.

.....
.....
.....
.....

Nº de tipos de documentos = a.....

3. Diga a continuación que método sigue la organización para la actualización de la documentación. Describir brevemente.

.....
.....
.....

49. En los centros de trabajo ¿se utilizan directamente los manuales técnicos o de ellos se generan órdenes para cada acción de mantenimiento?. (Subráyese lo que corresponda).

1. Se utilizan directamente. 2. Se generan órdenes de trabajo.

50. Respecto a los recursos de material, repuestos, subcomponentes, componentes y equipos, material de consumo, equipos de apoyo en tierra, herramientas estándar y especiales, etc. ¿qué porcentaje

55. En caso afirmativo ¿cuál es la procedencia de los métodos de ensayo?

.....

56. ¿Tiene la organización laboratorios de análisis de fluidos?. (Táchese lo que no proceda).

1. SI 2. NO

57. ¿Cuenta la organización con una oficina técnica?. (Táchese lo que no proceda).

1. SI 2. NO

58. En el caso de que tenga una oficina técnica ¿tiene acreditada la organización la capacidad de cambio al diseño?. (Táchese lo que no proceda).

1. SI 2. NO

59. ¿Tiene la organización un manual de gestión de calidad y una colección de procedimientos operativos escritos?. (Táchese lo que no proceda).

1. SI 2. NO

60. ¿Cuenta la organización con una lista de procesos especiales debidamente requisitados?. (Táchese lo que no proceda).

1. SI 2. NO

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este epígrafe nos ocupamos de tres cuestiones: el informe general, la discusión de los resultados y el contraste con las hipótesis planteadas en el trabajo de investigación. Con respecto al informe general se da a grandes rasgos las primeras impresiones de los resultados de las distintas entrevistas.

La comparación de los resultados de las entrevistas con el marco teórico establecido, se va a discutir en dos sentidos: el primero para destacar lo significativo de las contestaciones recibidas en relación con el marco teórico del estudio empírico, y el segundo para contrastar o refutar las hipótesis planteadas en el estudio de investigación.

El cuestionario se ha presentado a organizaciones de distintas áreas en cuanto a los objetivos que en ellas se persiguen, con la idea de que se destaque la generalización que se plantea en las hipótesis en el ámbito del mantenimiento, para que quede patente su contrastación con la realidad de este ámbito y se vea que las cuestiones planteadas son ciertas. Esta misma variedad nos hace reflexionar y discutir los asuntos tratados en la entrevista en contraste con todas las propuestas teóricas que se han ido planteando.

4.3.1. INFORME GENERAL

Se han conseguido entrevistas con altos ejecutivos de las organizaciones, dando de esta forma el carácter formal que se pretendía. En el caso de la Armada los entrevistados eran los directos responsables ante las jefaturas de las organizaciones y en el caso de las empresas civiles los jefes de ingeniería del mantenimiento de las mismas.

No se han encontrado eventos dignos de mención en lo que se refiere a la identificación de las empresas y organizaciones, solamente cabe destacar la diferencia entre ellas por razón de sus objetivos, que las distingue claramente ya que la Armada no tienen un fin lucrativo al contrario de lo que ocurre con las empresas civiles.

Los sistemas que se han estudiado en las entidades escogidas son singularmente diferentes, lo que permitirá un mayor contraste de opiniones en

el análisis de los resultados de las entrevistas. La variedad en los sistemas se ha buscado para ver si se pueden obtener conclusiones uniformes.

Las respuestas a las cuestiones sobre los planteamientos teóricos, como se verá en el estudio suelen ser uniformes, lo que va a permitir sacar conclusiones que sean aplicables de una forma general.

Las respuestas obtenidas respecto del diseño de los programas de mantenimiento son en general una mezcla de diseño propio, lo que recomiendan las casas constructoras y la experiencia de las organizaciones, esto da una visión amplia de lo que son los programas de mantenimiento actuales.

En general la vigilancia durante el funcionamiento se lleva a cabo en las entidades entrevistadas, lo que no es tan común entre ellas es el registro de los parámetros de funcionamiento para poder sacar conclusiones en caso de mejora del mantenimiento o corrección de averías.

Los conceptos sobre mantenimiento al fallo o correctivo y preventivo son uniformes en las contestaciones que se han ido recogiendo durante las entrevistas, en cambio no se encuentra uniformidad como se verá en la discusión en el caso de mantenimiento de predicción.

Una idea bastante aproximada de la importancia que tiene el mantenimiento en cada institución se va a determinar con los recursos que cada una de ellas aplican al mismo. En función de los recursos que asigne cada organización es posible apreciar la capacidad de la misma.

Como se tiene constancia se da mucha importancia a los recursos que se aplican al personal que lógicamente es el punto de partida para una buena gestión en el mantenimiento.

Es significativo de las capacidades de las organizaciones entrevistadas la potencialidad de sus laboratorios de calibración, ensayos destructivos y no destructivos, laboratorios de análisis químicos, etc.

Las respuestas que se han ido obteniendo de las distintas organizaciones se resumen y se tabulan para tener mayor accesibilidad a la comparación y explicación de las cuestiones.

Los resultados, contestaciones y debates aportados se van a comparar y a discutir con cada una de las hipótesis planteadas en la tesis que responden a los planteamientos teóricos propuestos.

4.3.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las cuestiones planteadas en el marco teórico expuestas en los tres primeros capítulos, y las reseñadas en el epígrafe 4.2.1, se han tenido en cuenta a la hora de dirigir las entrevistas con los representantes de las distintas organizaciones. Como se ha dicho, la espina dorsal del coloquio con los interlocutores responsables se ha ceñido al cuestionario planteado anteriormente en el epígrafe 4.2.6.

Primeramente repasaremos las respuestas dadas por el Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves (en adelante Segundo Escalón) para comprobar que las cuestiones a plantear en los siguientes diálogos con el resto de las organizaciones están bien enfocadas. De esta forma se buscará una concordancia de las respuestas, si la hubiere, para que en los diálogos mantenidos con las otras organizaciones distintas al Segundo Escalón, permitan una replicación en las respuestas de las entrevistas que se pretenden efectuar. Al hacer mención de las cuestiones planteadas, siempre en el contexto de este epígrafe la numeración que se cita es la adoptada para los cuadros 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6.

PRIMERA CUESTIÓN TEÓRICA: *el mantenimiento en la actualidad toma un relieve importante en la ingeniería de sistemas.*

Se obtiene la información y discute en los items I.6, I.7 (facturación del mantenimiento respecto del total), II.15 (necesidades que se satisfacen), IV.24, IV.25 (objetivos y descripciones de los programas de mantenimiento) y V.33 (concepto de mantenimiento de las respectivas organizaciones) del cuestionario planteado.

El Segundo Escalón aclara, con sus respuestas que se resumen en los cuadros a las cuestiones planteadas, demostrando la importancia que adquiere el mantenimiento de los sistemas bajo su responsabilidad, asignando la totalidad de sus recursos al mismo ya que ésta es su actividad.

En la cuestión II. 15 de la guía para la entrevista, se refiere a la necesidad que satisface el sistema objeto del mantenimiento. Este asunto es lo primero que se plantea en la disciplina de la ingeniería de sistemas que según Blanchard (1996:110) los sistemas se idean y desarrollan para satisfacer necesidades y tiene mucha importancia el mantenimiento de los mismos, que contribuye a que no se deterioren y cumplan con los objetivos previstos.

La definición de sistema adoptada para la tesis en el epígrafe 3.2.1, esclarece y determina el planteamiento de la pregunta 15 que nos ocupa, para el contexto de la entrevista.

La necesidad que satisfacen los sistemas mantenidos por el Segundo Escalón (la defensa nacional) tienen una gran trascendencia, que se pone de manifiesto debido a la complejidad de los mismos, la importancia que tiene el mantenimiento para que estén disponibles en un alto grado de eficacia. Esto se consigue gracias a un buen apoyo logístico del que forma parte el mantenimiento. Lo dicho se corrobora con la contestación (cuadro 4.3) a la cuestión IV. 25 (objetivos del programa de mantenimiento) en el que el objetivo de la organización es conseguir la máxima operatividad con la mayor seguridad posible.

La respuesta a la cuestión V. 33 (concepto de mantenimiento de la organización), resumida en el cuadro 4.4, evidencia la importancia que la organización que nos ocupa le da al mantenimiento que se expuso en el capítulo I y que se transcribe a continuación:

La función del apoyo logístico que comprende las acciones que se han de ejercer sobre las unidades y sistemas para conservarlos permanentemente en las mejores condiciones de eficacia en configuración¹... El concepto general en el que debe inspirarse el mantenimiento de unidades y sistemas responderá a los siguientes principios:

- Realizar el mantenimiento mínimo necesario para garantizar la conservación de la fiabilidad, la seguridad del material, y aumentar la disponibilidad operativa.
- Efectuar las acciones de mantenimiento en el escalón más bajo posible teniendo en cuenta las capacidades disponibles en las diversas instalaciones de mantenimiento.
- Simplificar en lo posible los mantenimientos, haciendo máximo uso de autocomprobaciones, diagnósticos y otras técnicas adecuadas.

1. El termino configuración se ha propuesto añadirlo a la definición de la Armada para el entorno del Arma Aérea.

ORGANIZACIÓN				
ITEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
I.1	Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada	Compañía Española de Petróleos	ACERINOX, S.A.	Instalaciones del Segundo Escalón de Mantenimiento en Rota (ISEMER)
I.2	Base Naval de Rota	Campo de Gibraltar	Los Barrios (Campo de Gibraltar)	Base Naval de Rota
I.3	Aeronaval militar	Petroquímica	Siderometalúrgica	Naval militar
I.4	155 militares y 7 civiles.	930	1.643	279 empleados civiles y militares.
I.5	Escuadrillas de aviones y helicópteros	Suministro de productos petroquímicos	Línea blanca de electrodomésticos, menaje, productos industriales, etc.	Portaaviones, fragatas, buques de asalto anfibio y petrolero de flota.
I.6	7.21 millones de euros (facturación orientativa interna) + 7.21 millones de euros a factorías de apoyo. Año 2001.	31.25 millones de euros/año	7.21 millones de euros año 1999.	15.32 millones de euros en año 2001.
I.7	14.42 millones de euros año 2001.	35. 25 millones de euros	99.41 millones de euros año 1999.	Ídem.
I.8	Capitán de Fragata Alemany.	D. Juan Clavijo.	No da su nombre	Capitán de Fragata Díaz de Guevara.
I.9	Jefe de producción	Jefe de ingeniería del mantenimiento	Jefe de ingeniería y mantenimiento	Jefe de producción.
I.10	El jefe de la organización	El jefe de este departamento	El mismo	Ídem.
I.11	Enseñanza superior militar	Ingeniero industrial enseñanza superior	Ingeniero industrial enseñanza superior	Enseñanza superior militar

CUADRO 4.1
SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE IDENTIFICACIÓN DE ORGANIZACIONES
(Fuente: elaboración propia)

Se considera que las contestaciones dadas por la *organización piloto*, hacen adecuada las cuestiones I.6, I.7, II.15, IV.24, IV.25 y V.33 propuestas en el epígrafe a, que destacan la importancia del mantenimiento de los sistemas modernos, para plantearlas a las otras organizaciones que se van a entrevistar.

CEPSA en este sentido responde que debido a que su actividad principal no es el mantenimiento, éste tiene gran importancia para la empresa, ya que del buen funcionamiento de los sistemas depende la seguridad del entorno y la de la factoría como se aclara en la nota a pie de página en la respuesta del cuadro 4.3 a la cuestión IV. 24 (descripción del programa de mantenimiento).

El volumen de dinero que aplica esta organización al mantenimiento 31.25 millones de euros, significa un 1,22 por ciento de sus ventas lo que no se considera un volumen adecuado en comparación de lo que gasta ACERINOX, ya que es una empresa de otra actividad industrial, como se verá seguidamente.

Las necesidades que satisfacen los sistemas de la compañía son vitales en el mundo de hoy y no se cree que necesite comentarios. Se puede considerar una replicación literal con la obtenida del Segundo Escalón ya que la defensa nacional se considera una necesidad primaria en los países modernos de nuestro entorno, para corroborar esta afirmación basta ver el porcentaje que se dedica a la defensa directa e indirectamente a este cometido.

También la contestación que CEPSA da en el cuadro 4.3, a la cuestión IV. 25 (objetivos del programa de mantenimiento) se puede considerar igualmente una replicación literal con la del Segundo Escalón ya que obtener la máxima disponibilidad, respuesta a la cuestión IV. 25, se corresponde con la del Segundo Escalón de máxima operatividad con la máxima seguridad. Como se observa en la respuesta del cuadro 4.3 de CEPSA a la cuestión IV. 24, también se persigue la seguridad.

La discusión nos lleva a un asunto que subyace y se explicita a lo largo del presente trabajo de investigación y es *la comunidad de ideas y filosofía en el campo del mantenimiento de sistemas*. Por otro lado la respuesta que da la empresa a la cuestión en el cuadro 4.4 a V. 33 (utilización de datos de funcionamiento para efectuar acciones de mantenimiento) refuerza lo hasta

ahora argumentado, ya que también en este caso se le da prioridad a la seguridad.

ORGANIZACIÓN				
TEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
II.12	Tierra, mar y aire	Tierra	Tierra	Mar
II.15	Defensa nacional	Combustibles y materias primas	Necesidades domésticas, construcción, industria alimentaria, etc.	Defensa nacional
III.16	Aviones y helicópteros de la Armada.	-Sistemas de transformación de crudos en productos derivados. Com-puestos de equipos estáticos y dinámicos. -Un sistema peculiar de producción de dichos pro-ductos	Calderas, compresores, bombas, hornos, líneas de decapado, líneas de laminación en frío y en caliente, etc.	Grupo de combate, grupo anfibio y petrolero de flota.
III.17	Bell, Boeing, Sikorsky, etc.	Conjunto de fabricantes	Varios nacionales y extranjeros	Empresa Nacional Bazán de El Ferrol.
III.18	EE.UU. y Reino Unido.	Varios países	Variadas nacionales y extranjeras	Española.
III.19	Entre años 60 y 2002.	Continúa desde 1965	1972 con ampliaciones	Entre años 87 y 94.
III.20	Ídem.	N/A	N/A	Ídem.
III.21	Los aviones en misiones de caza, ataque al suelo, bombardeo, etc. Helicópteros misiones antisubmarinas transporte, ataque, etc.	N/A	Fabricación de laminados, perfiles y barras	Salvaguarda de los intereses nacionales en la mar.
III.22	17 Harrier, 12 Sh3D, 12 Sh60B, etc.	N/A	De 2 a 6 líneas o sublíneas de fabricación	1 portaviones, 6 fragatas, 2 buques de asalto anfibio y 1 petrolero de flota

CUADRO 4.2

SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE ÁMBITO E IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

(Fuente: elaboración propia)

Seguidamente se pasa a discutir las respuestas que la empresa ACERINOX contesta respecto del marco teórico que nos ocupa.

ITEMS	ORGANIZACIÓN			
	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
IV.23	Combinación de: Navy, Casa fabricante y Armada.	Fabricante y la propia organización	Fabricante, la propia organización	US. NAVY y Armada Española.
IV.24	Acciones de mantenimiento predictivas, preventivas y correctivas.	Normas y procedimientos basados en experiencia propia ²	Mantenimiento productivo total (TPM).	Adaptación de la US Navy. Uno de ellos es el Inte-grated Condition Asses-ment System (ICAS), en experimentación. El Inte-grated Class Maintenance Plan (ICMP) en vigor en la Armada. Programas con acciones de predicción, prevención y corrección.
IV.25	Máxima operatividad con la máxima seguridad.	Máxima disponibilidad	Disponible al mínimo coste	Máxima disponibilidad operativa.

CUADRO 4.3.a

SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

(Fuente: elaboración propia)

Dentro del contexto empresarial las respuestas de la compañía valen para contrastar los conceptos de mantenimiento en el mundo civil. Lo más interesante de la institución es el concepto de mantenimiento que aplica y que se estudiará más adelante. Este concepto es el concepto de *mantenimiento productivo total* (total productive maintenance, TPM)³.

2. En adelante se utilizará para designar el mantenimiento productivo total la sigla TPM.

3. La prioridad del trabajo de mantenimiento se efectúa en función del riesgo que el equipo/sistema presenta cuando se detecta el fallo, en esta caso se levanta una no-conformidad y se analiza el riesgo según matriz de Fiabilidad/nº. de fallos. En el caso de que este en la matriz por encima del perfil del riesgo la reparación ha de ser inmediata.

ORGANIZACIÓN				
ITEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
IV.26	Inspecciones de 100 horas, overhaul, Hot inspections...	Basado en el MRC	Basado en el TPM	Acciones programadas y acciones correctivas.
IV.27	En estructuras y fuselajes entre 1.000.y 1.500 horas. En turbinas entre 1.000 y 3.000 horas.	Para turbinas de gas y compresores por horas, Teniendo en cuenta el RBM	N/A	Tiempo promedio de 4 años.
IV.28	500 horas.	Diaria.	Diaria	Diaria, semanal...
IV.29	Apoya 17 planes de mantenimiento con unas 6.000 acciones.	Se cuentan por miles	Unas 360 al año para 40 unidades principales	2.000 al año.
IV.30.1	3 %	30 % ⁴	2 %	- ⁵
IV.30.2	96 %	20 %	68 %	1. + 2. = 23,53 % del total ⁶
IV.30.3	1 %	50 %	30 %	58,82 % del total ⁷
IV.31	SI (los aviones)	Mediante sistemas automáticos en su mayoría ⁸	No.	Sí.
IV.32	SI (los aviones)	Sí.	No.	Sí. ⁹

CUADRO 4.3 (continuación)
SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO
(Fuente: elaboración propia)

-
4. Encontramos diferencia del concepto aplicado para las acciones predictivas del que se expone en el estudio de investigación. El concepto aplicado se corresponde con el concepto de pronóstico propuesto en el epígrafe 2.2 del capítulo 2.
 5. 8.550 acciones de mantenimiento totales al año,
 6. 2.000 programadas.
 7. 5.000 acciones correctivas + 1.700 incidentales.
 8. Queremos resaltar en este punto lo que se ha dicho con respecto a la monitorización en el sentido de que la monitorización era antiguamente los sentidos del experto utilizador epígrafe 2.2.
 9. Se utilizan en Electrónica: comunicaciones, redares, sonares, etc. en el primer escalón a nivel de usuario. ISEMER no tiene en cuenta.

La empresa dedica al mantenimiento de su sistema productivo el 7,25 por ciento de sus ventas, que se considera una cantidad interesante ya que su montante es de 7,21 millones de euros y que como se ha dicho antes su porcentaje difiere del de CEPSA en lo relativo al gasto destinado al mantenimiento.

Las necesidades que satisfacen los productos que fabrica la factoría son muy utilizados en la actualidad tanto en los servicios como en la construcción considerando que resuelven una exigencia muy reclamada en la vida corriente; esta contestación expuesta en el cuadro 4.2, se corresponde con la cuestión II.15 (satisfacción de la necesidad). El sistema que produce estos productos de alta demanda actual debe tener una eficiencia notable, que se consigue gracias a las inversiones para el *TPM* que contesta el interlocutor de la empresa en el cuadro 4.3 que se aplica en ella, dando respuesta al ítem IV. 24 (descripción del programa de mantenimiento).

La contestación a la cuestión IV. 25 (objetivos del programa de mantenimiento) es la consecuencia de la filosofía del *TPM* que es tender hacia la caída cero en la productividad.

El concepto que maneja la compañía (ítem V. 33, concepto de mantenimiento) del mantenimiento es aquel que está orientado a la productividad, como se decía anteriormente basado en la caída cero en la misma o sea según se contesta “la máxima productividad con el mínimo coste”.

Finalmente en la entrevista obtenida con el ISEMER, que reglamentariamente esta acogido a los conceptos doctrinales de la Armada que como el Segundo Escalón pertenece a ella, en la practica los conceptos de los programas de mantenimiento que se aplican se diferencian en la manera de llevarlos a la practica, ya que en una aeronave se consideran distintas las circunstancias de operación principalmente debido al medio en que se desenvuelven. Por ese motivo se consideran que se deben tratar de manera diferente respecto del mantenimiento.

A continuación se pasa a estudiar las respuestas dadas por la organización a las cuestiones planteadas, encontrándose que la cifra dineraria que la Armada emplea en mantener las principales unidades navales y las aeronaves son semejantes (contestación al ítem I.6).

ORGANIZACIÓN				
ITEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
V.33	El de Armada (Epígrafe 1.2.1. Directiva del Jefe del Estado Mayor de la Armada 02/90 (1990)), introduciendo el concepto de configuración.	La función es obtener la máxima disponibilidad al mínimo coste con prioridad de la seguridad.	Mantenimiento orientado a la productividad. Máxima disponibilidad con el mínimo coste.	Concepto de mantenimiento es el reglamentario en la Armada. Epígrafe 1.2.1. Directiva del Jefe del Estado Mayor de la Armada 02/90 (1990).
V.34	Acciones de mantenimiento encaminadas a predecir el fallo.	Detección del fallo potencial, para tomar acciones antes del fallo funcional ¹⁰	No parar el sistema viendo su estado mediante análisis y estudio de tendencia en parámetros de funcionamiento mediante análisis de aceites, toma de vibraciones y control de temperaturas.	Investigar el estado del sistema para evitar su desmontaje si no es necesario. Se lleva a cabo por medio de análisis de vibraciones, termografía, etc.
V.35	Acciones de mantenimiento encaminadas a prevenir el fallo.	Efectuar acciones de mantenimiento con frecuencia fija y revisar o sustituir	Programación de tareas basadas en la experiencia de la vida de los elementos y de los síntomas. Inspección durante el funcionamiento	No cambio sistemático se estudia la condición del sistema por inspecciones y se aplica el criterio de acciones de mantenimiento de oportunidad.
V.36	Acciones de mantenimiento encaminadas a regenerar el sistema cuando falla.	Reparación en campo o en taller para eliminar la causa raíz de la avería ¹¹	Regeneración a una condición de funcionamiento	Se aplica el criterio de mantenimiento al fallo.

CUADRO 4.4
SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO
(Fuente: elaboración propia)

Debe exponerse que la Armada cuenta con otros buques que no se mantienen en esta entidad, lo cual aclara que lo dedicado al mantenimiento de

10. Obsérvese el contraste de la definición dada con el concepto expuesto en el epígrafe 2.3.2.1.

11. Nuestra acepción es concordante con la expuesta aportando el concepto de regeneración explícitamente.

buques en el ISEMER es sólo una parte de los recursos que la Armada aplica a este menester.

La necesidad que satisfacen los sistemas mantenidos es la misma que en el caso del Segundo Escalón como se resume en el ítem II.15 (necesidades que atiende el sistema) del cuadro 4.2.

Como se observa los objetivos de los programas de mantenimiento del Segundo Escalón y del ISEMER varían en cuanto a que el primero amplía su objetivo con la seguridad debido al medio en que actúan (respuesta al ítem IV.25, objetivos del programa de mantenimiento, del cuadro 4.3.a).

Al igual que en el párrafo anterior la respuesta dada por la organización en el ítem V.33 (concepto de mantenimiento de la organización) se diferencia levemente de la dada por el Segundo Escalón aumentando éste el concepto de configuración. Debido a que no es lo mismo que una aeronave vaya en configuración de reconocimiento que la misma aeronave vaya en configuración de ataque a buques.

SEGUNDA CUESTIÓN TEÓRICA: *para el vocablo mantenimiento se pueden encontrar definiciones con el significado actual que tiene dicho vocablo en el ámbito profesional del mantenimiento.*

La definición aportada en el presente trabajo de investigación, en la que se distinguen claramente los conceptos de apoyo logístico, configuración y ciclo de vida de un sistema, acoge a las definiciones de mantenimiento que se han plantean en el ámbito profesional y que se pasan a exponer a continuación.

Las respuestas obtenidas de las organizaciones entrevistadas referentes al ítem V.33 (concepto de mantenimiento), resumidas en el cuadro 4.4, ponen de manifiesto el concepto que cada una de ellas tienen del mantenimiento, destacando que el concepto de la *configuración* está explicitada en el Arma Aérea y en cuanto al ISEMER, al igual que en todas las dependencias de la Armada respecto de la configuración, al que se aplica la Instrucción de organización 08/98 del Almirante Jefe del Apoyo Logístico sobre control de la configuración cuyo objeto es:

Establecer criterios, procedimientos y responsabilidades para ejercer un Control que posibilite a la Armada conocer en todo momento las características funcionales, físicas y

fabricantes de los sistemas y equipos instalados en los BUI¹², para facilitar un Apoyo Logístico eficaz a lo largo de su Ciclo de Vida.

ITEMS	ORGANIZACIÓN			
	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
VI.37	3 Años.	3 Años, referido a compresores y turbinas de gas	NO	NO ¹³
VI.38	De todo tipo	Generalmente según condición ¹⁴	Son acciones según condición del sistema	Sí ¹⁵
VI.39	Diario.	Diario	Diario	Diario ¹⁶
VI.40	10 %.	En un 80 %	En un 100 %	100 %.
VI.41	N/A.	El 70 % del tiempo	El 80 % del tiempo	No es significativo si hay material en almacén, pero si no lo hay puede ser de un 100 % más.
VI.42	Sí	Sí	Sistemas de poca implicación y generalmente redundantes	Sí.
VI.43	N/A.	3 años se aplica a las bombas	Años	N/A.
VI.44	Sí.	Sí	Sí si existen	No.
VI.45	Sólo aviones.	Sí.	Sí.	Se utilizan en primer esca-lón para determinar en equipos electrónicos la avería. En general en fallos incidentales.

CUADRO 4.5

SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO

(Fuente: elaboración propia)

18. BUI siglas que quieren decir Buques, Unidades e Instalaciones.

12. Existe a nivel de algunos subsistemas.

13. Una vez contestada esta pregunta se repreguntó cómo se determinaba la condición: la respuesta fue que en los sistemas dinámicos por monitorización permanente o periódica y en los sistemas estáticos por END, inspección con reclasificación y de acuerdo con los reglamentos oficiales al efecto.

14. Algunas de ellas como las obras de varada y revisión de maquinas principales.

15. 46 5 diarios en la totalidad de los buques que se mantienen.

Asegurar que los sistemas y equipos instalados disponen de un apoyo documental actualizado, específicamente de los manuales técnicos y documentación de mantenimiento, aprovisionamiento y planos.

El concepto de configuración no está explicitado de manera concreta en las empresas CEPESA y ACERINOX, debido a que el énfasis de las compañías está sobre todo puesto en los sistemas que permiten la producción de las mismas y la única razón de los cambios se efectúa por necesidades de mejora de la producción para mantener la competitividad, no obstante esto demuestra que se producen los cambios de configuración para que el sistema se actualice y satisfaga las necesidades para lo que fueron ideados de forma satisfactoria combatiendo la obsolescencia de los mismos.

De todas maneras el concepto está implícitamente reconocido en las contestaciones que las citadas empresas en el cuadro 4.2, dan al ítem III.19 (fecha de fabricación de los sistemas), que en un caso se mantiene una renovación de subsistemas y equipos desde los años sesenta hasta la actualidad y en el otro caso se mantienen ampliaciones de los sistemas productivos desde el año 1972. En ambos casos el cambio o la modificación de los sistemas productivos está generado por necesidades productivas de actualización, que demuestran la necesidad de los cambios de configuración para mantener actualizados los sistemas de producción que resuelven la necesidad para lo que fueron creados.

Se puede considerar *replicaciones disímiles* respecto del caso piloto en el sentido de que explícitamente no se contempla la configuración como en el caso piloto que se documenta pero en cambio se desprende de la actuación de las compañías civiles.

La cuantía dineraria para el *apoyo logístico* que cada organización aporta al mantenimiento queda patente en las contestaciones al ítem I.6 (facturación asignada al mantenimiento) del cuestionario planteado. De igual manera las respuestas expuestas en los cuadros 4.6 y 4.6 (continuación), a las preguntas de los ítems VII. 46, VII. 47, VII. 50 y VII. 51 (recursos y capacidades) de la guía de las entrevistas que tratan de los recursos aportados para el mantenimiento, detallan los porcentajes de material, documentación y personal que emplea cada ente en apoyo a mantenimiento, así como la casi totalidad de

la financiación del mismo incluidos tanto los recursos consumidos como los dedicados a colaboraciones externas.

Para obtener el concepto de *ciclo de vida* que tiene cada organización se tendrá que recurrir a respuestas dadas a distintas cuestiones que declaren explícita o implícitamente este concepto.

Para el ISEMER y el Segundo Escalón el concepto que tienen del ciclo de vida queda patente en la Instrucción de organización 08/98 del Almirante Jefe del Apoyo Logístico sobre control de la configuración reseñada anteriormente, en cambio el ciclo de vida de los sistemas de las empresas civiles no quedan dichos de forma explícita aunque sí de manera implícita en la respuesta II.19 (fecha de fabricación de los sistemas), resumidas en el cuadro 4.2, en la que se pone de manifiesto que los sistemas de ambas compañías se perpetúan en el tiempo con actualizaciones periódicas que prolongan la vida de sus sistemas en el tiempo mientras puedan seguir eficientemente satisfaciendo la necesidad existente.

Lo que las compañías civiles acometen para la modernización de sus sistemas lo hacen de igual manera las entidades militares ya que lo que ambas procuran es la no obsolescencia de los componentes de los sistemas que en sí mismos continúan siendo capaces de satisfacer la necesidad objeto de su creación como ejemplo se trae de nuevo el programa de la marina de los EE. UU. US. NAVY (1989):

Airframe Change nº. 399 part 3 (AFC-399, part 3), SH-3H Service Life Extension Program (SLEP) incorporation of.

En consecuencia de lo expuesto en el párrafo anterior existe una *replicación literal* en el comportamiento de las cuatro organizaciones entrevistadas en esta materia con el caso piloto, ya que la refabricación de los sistemas se lleva a cabo para evitar la obsolescencia de los mismos tanto en el terreno civil como militar.

TERCERA CUESTIÓN TEÓRICA: *En el ámbito del mantenimiento caben destacar las siguientes particularidades:*

- *Todas las acciones y/o tareas que se ejercen sobre un sistema se van a denominar de forma genérica acciones de mantenimiento. Dichas*

ORGANIZACIÓN				
ITEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
VII.46	58,5 % al material empleado 4,5 % a la documentación y el 37 % al personal.	-20 % al material empleado -10 % a la obtención de la documentación a -70 % al personal que interviene en las acciones	-40 % al material -N/A a la documentación -60 % al personal	60 % en material, 0 % en documentación y 40 % en personal.
VII.47.1	5,5 %	10 % de los recursos	Superiores 4 – 2 %	10 %
VII.47.2	6,1 %.	20 % de los recursos	Medios 16 – 8 %	5 %.
VII.47.3	57,4 %.	60 % de los recursos	Profesional 180 – 90 %	80 %.
VII.47.4	30,8 %.	10 % de los recursos	N/A	5 %.
VII.47.5	N/A.	N/A	N/A	N/A
VII.48.1	Sí.	Sí.	No.	No.
VII.48.2	N/A.	Todo recogido en el mismo documento	N/A	Sistema de calidad, instrucciones interiores, manuales de funcionamiento y mantenimiento de equipos, etc.
VII.48.3	Contratos con fabricantes, la US. Navy y medios propios.	De acuerdo con el sistema de calidad. En mantenimiento fecha de revisión cada 2 años	Experiencia	Las publicaciones de mantenimiento son actualizadas por la jefatura de Apoyo Logístico de la Armada.
VII.49	Se utilizan directamente	Se generan ordenes de trabajo	Se generan órdenes de trabajo.	Se generan ordenes de trabajo.
VII.50	100 %.	90 % del total	90 % del total	100 %.
VII.51	50 % ajenos.	80 % contratado	40 % contratado	45 %.

CUADRO 4.6
SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE RECURSOS Y CAPACIDADES
DE ACCIONES DEL MANTENIMIENTO
(Fuente: elaboración propia)

acciones de mantenimiento dependen de los recursos que se le asignen.

- *Los sistemas de la calidad condicionan en gran medida las estructuras de las organizaciones de mantenimiento.*
- *El mantenimiento es un área de la ingeniería con carácter propio.* En consecuencia las organizaciones de mantenimiento deben contar con una oficina técnica que se ocupe de los cambios de ingeniería.
- *Los procesos productivos en el entorno del mantenimiento son peculiares.*

Los planteamientos teóricos que se estudian en el primer apartado se resumen en dos aspectos, el primero se refiere a los distintos tipos de acciones de mantenimiento y el segundo a los recursos asignados al mismo. El primero referente a los conceptos de las acciones de mantenimiento se presentan en las respuestas dadas a los items V. 34, V. 35, V. 36 (conceptos de las organizaciones sobre acciones de mantenimiento), VI. 38, VI. 40, VI. 41, VI.44 y VI.45 (aspectos y tipos de acciones de mantenimiento) planteadas para la entrevista, que se muestran en los cuadros 4.4 y 4.5 como resumen de ellas, y el segundo respecto del planteamiento teórico en el tratamiento de los recursos que se aplican al mantenimiento se trata en el apartado VII (recursos aplicados al mantenimiento) del mismo cuadro.

Todas las organizaciones entrevistadas entienden y utilizan el termino de *acciones de mantenimiento* en el mismo sentido que se plantea en el epígrafe 1.3.1, y se corrobora con las contestaciones que dan las mismas a los items dichos anteriormente de los apartados V y VI presentadas en el párrafo anterior. En dichas contestaciones se habla de distintas acciones de mantenimiento.

Cuando se habla de los recursos que las organizaciones dedican al mantenimiento en la entrevista que nos ocupa, que es el segundo aspecto a tratar, se resume en las respuestas a los items del apartado VII.

Como se ve en el cuadro 4.6, se han contemplado los recursos que cada organización aplica al personal, documentación y material que discutimos a continuación teniendo siempre en cuenta los resultados de la entrevista del caso piloto.

ORGANIZACIÓN				
ITEMS	SEGUNDO ESCALÓN	CEPSA	ACERINOX	ISEMER
VII.52	Sí.	Sí.	Sí.	No.
VII.53.1	600 estándares	6 estándares	30	No.
VII.53.2	2.800 Items.	Miles	Miles	Miles
VII.54.1	Sí.	No ¹⁷ .	Sí	No.
VII.54.2	No.	No.	Sí	No.
VII.55	La US. Navy y propios.	Contratado	Elaboración propia	N/A.
VII.56	Sí.	Sí.	Sí ¹⁸ .	No.
VII.57	Sí.	Sí.	Sí	Sí.
VII.58	Sí.	No.	Sí.	Sí.
VII.59	Sí, basado en familia Iso 9000.	Sí, basado en familia Iso 9000 .	Sí, basado en familia Iso 9000.	Sí, basado en familia Iso 9000.
VII.60	Sí.	Sí.	Sí.	Sí.

CUADRO 4.6 (continuación)
SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE RECURSOS Y CAPACIDADES
DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO
(Fuente: elaboración propia)

El Segundo Escalón (caso piloto) dedica la mayor parte de los recursos, al igual que el ISEMER al material estarían ambos en *replicación literal*, mientras que CEPSA y ACERINOX estarían en *replicación disímil* respecto del caso piloto ya que existe una diferencia sustancial en cuanto a la aplicación de recursos de material que en las empresas citadas serian en ambas en torno a una media del 30 por ciento. Esta disparidad corrobora las filosofías de las entidades en cuanto a la aplicación de los recursos porque el elevado porcentaje que las empresas civiles gastan en el personal se ve compensado sobradamente con el esfuerzo de la Armada en formar a su personal y no está contemplado en estos porcentajes. Es interesante ver (respuesta al ítem VII. 50, financiación de materiales empleados en el mantenimiento) que prácticamente la financiación del material en todos los entes corre por cuenta

16. No cuentan con laboratorio pero ejercen la actividad en forma de apoyo exterior.

17. Tiene laboratorios de materiales metálicos.

de ellos, demostrando la particularidad y variedad de los materiales que se aplican al mantenimiento de cada sistema.

Por el análisis de los porcentajes que se dedican al personal que en las respuestas del cuadro 4.6, de los apartados VII. 47. 1, VII. 47. 2, VII. 47. 3 y VII. 47. 4 (categoría profesional del personal de mantenimiento), se explicita que la mayor parte de recursos se dedican al personal con formación profesional en todos los entes entrevistados; en resumidas cuentas al que ejecuta el mantenimiento de manera manual. Téngase en cuenta que los porcentajes del 5, 5 por ciento y el 10 por ciento respectivamente que se aplican en Segundo Escalón e ISEMER no tienen en cuenta los recursos empleados por la Armada para la formación del personal de cualquier titulación. Muchos de ellos en el caso del Arma Aérea están formados en EE. UU. en todas las categorías.

De la discusión del párrafo anterior se deduce la conclusión que los recursos que las organizaciones, tanto civiles como militares, empleados en el personal tienen una importancia trascendental en el mundo del mantenimiento, que reciben una formación diferenciada de otras profesiones.

Los recursos que se emplean en la documentación es difícil compararlos ya que la obtención de la misma se realiza de forma variada. En el caso del Segundo Escalón se paga parte con el dinero de los programas de armas, parte con presupuestos del mantenimiento. En CEPESA viene asociada con los equipos que se compran o se genera en la propia empresa, lo mismo que ocurre en ACERINOX pero con distintas secciones de asignación y en el ISEMER es enviada desde la Jefatura de Apoyo Logístico con cargo a distintos capítulos presupuestarios.

El segundo apartado de la *tercera cuestión teórica* trata temas de los condicionamientos de la calidad en el terreno del mantenimiento. Independientemente de las acreditaciones que puedan aportar cada una de las organizaciones entrevistadas, que no se van a estudiar en las entrevistas, interesa ver como la materia en cuestión afecta al funcionamiento de cada entidad en el mantenimiento de los sistemas que utilizan.

Las respuestas a los temas sobre los sistemas de calidad están implícitamente tratadas desde la cuestión VII. 52 a la VII. 56, VII. 59 y VII. 60 (laboratorios y documentación de calidad), ya que el que la organización tenga

laboratorios de calibración, ensayos no destructivos y laboratorios de análisis lleva consigo un control de calidad de los sistemas y su equipo de apoyo. Se consideró adecuado este asunto al diseñar la entrevista y más al comprobar que en el Segundo Escalón (caso piloto) los laboratorios de calibración, ensayos no destructivos y análisis de fluidos pertenecían a la división de gestión de la calidad, en consecuencia se ha estudiado la calidad desde la perspectiva de los laboratorios.

Todas las entidades cuentan con laboratorios de calibración menos el ISEMER, que el no tenerlos se debe a que la Armada cuenta con laboratorios para este menester comunes a las distintas organizaciones existentes para el mantenimiento de los buques.

Las respuestas a las cuestiones VII. 52, VII. 53. 1 y VII. 53. 2 (cuestiones sobre laboratorios de calibración) dan idea de la envergadura de los laboratorios de cada organización y la importancia que tienen para el normal hacer de las tareas de mantenimiento ya que se cuentan por miles los utensilios con los que cuentan las entidades.

Lo que se estudia para los laboratorios de calibración es igualmente aplicable para los de ensayos no destructivos y los de fluidos según se demuestra en las contestaciones correspondientes a los items del cuadro 4.6, VII. 54, VII. 54. 1 y VII. 54. 2 (laboratorios de ensayos). Sólo el ISEMER carece de ellos por la misma razón que se dijo para los de calibración.

Por causa de su actividad ACERINOX cuenta con laboratorios de ensayos destructivos (VII. 54. 2) en lugar de no destructivos y por la misma cuestión los laboratorios de fluidos son de materiales metálicos.

Respecto de las respuestas a la pregunta VII. 60, que trata de procesos especiales, el tenerlos da idea del grado de implantación de un sistema de calidad en las organizaciones.

Se pasa a estudiar el párrafo tercero de la *tercera cuestión teórica* que trata de las oficinas técnicas en el mantenimiento. Las respuestas a los ítems VII. 57 y VII. 58 (oficinas técnicas de mantenimiento) demuestran al ser contestadas por las distintas organizaciones que en el mantenimiento existe una forma particular de ejercer la función de ingeniería. Por otro lado el tener acreditada la capacidad de cambio al diseño en algunas entidades entrevistadas, lleva implícitos dos asuntos uno el de rediseñar el mantenimiento de sus sistemas y otro que al estar acreditadas han superado algún criterio de calidad. Tan sólo la compañía CEPESA no tiene la capacidad de diseño pero su oficina técnica resuelve los problemas de esa índole que se le plantean incluidos los de mantenimiento.

La última *cuestión teórica* que nos ocupa plantea la peculiaridad de los procesos productivos del mantenimiento, que como se resume en las contestaciones a los ítems IV, V, VI y VII (programas, conceptos, acciones y capacidades del mantenimiento) los procesos productivos que generan las actividades del mantenimiento en lo referente a dichos apartados son peculiares del entorno del mantenimiento y no se considera que sea necesario plantear una argumentación distinta a la que hasta ahora se ha efectuado.

Se observan que son acciones programadas de distinta índole a las que pudieran dar lugar un proceso de fabricación o construcción de un sistema o componente.

CUARTA CUESTIÓN TEÓRICA: Se ha establecido en el epígrafe 2.2 la acepción que se les van a dar en el mantenimiento a los vocablos vigilancia, diagnóstico, pronóstico y predicción, para de esta manera abordar *que los tipos o clases de mantenimiento se han sustituido por las definiciones de las distintas doctrinas* en las que se destaca que:

- La *doctrina de predicción* establece que el sistema no ha de pararse en su periodo de operación hasta que haya evidencias objetivas y predeterminadas para ello.
- En la *doctrina de prevención* se establece cuando se ha de detener el sistema, en base a la fiabilidad calculada en el diseño, para inspeccionar y/o sustituir elementos del mismo.

- La *doctrina de corrección* es aquella que no detiene el sistema, hasta que éste lo hace por defecto de algunos de sus componentes.

En las respuesta de las entidades correspondientes al apartado V de la guía de la entrevista, se cuestiona a las organizaciones en V. 33, V. 34, V. 35 y V. 36 sobre los conceptos y acciones de mantenimiento predictivas, preventivas y correctivas. El debate de estos conceptos con las personas interlocutoras, muestra que es uniforme aunque incompleto la aplicación de ellos e indagando en el porque, se obtiene que la organización CEPESA y ACERINOX no lo aplican de forma completa en las definiciones planteadas; en cambio la Armada tanto en el Segundo Escalón como en el ISEMER están más acorde con la definición adoptada para la tesis en el epígrafe 1.2.2.

Como se observa en las contestaciones a los items IV. 30. 1 y V. 34 las acciones de mantenimiento predictivas se contemplan en las organizaciones lo que ocurre que el concepto que se tiene de ellas a veces no es concurrente. En este sentido se aclaró en el capítulo 2 epígrafe 2.2, las acepciones de dichos vocablos en el presente trabajo de investigación. Seguidamente se pasa a discutir las respuestas y comentarios de las distintas entrevistas respecto al tema que se plantea.

En las conversaciones sostenidas con las distintas organizaciones se tuvo un dialogo respecto de las cuestiones reseñadas en los items V. 34, V. 35 y V. 36 (conceptos de las organizaciones de las distintas acciones de mantenimiento) que denotan que el concepto que tienen respecto a las distintas clases de acciones de mantenimiento es parecido. Las contestaciones a los referidos items están expuestas en el cuadro 4.4.

Parece importante destacar respecto de las acciones de mantenimiento de *predicción*, que las respuestas son muy parecidas a primera vista, pero profundizando en ellas no lo son tanto. Las referencias que se van a tomar para comparar las distintas formas de ver las acciones de mantenimiento *predictivo* se van a fundar en las acepciones de los vocablos estudiados en el epígrafe 2.2, vigilancia, diagnóstico, pronóstico y predicción, y que ahora se demuestra la importancia que dichas acepciones tienen de cara al entorno del mantenimiento.

La respuesta dada por la organización piloto (Segundo Escalón) a la cuestión V. 34 (concepto de acción de mantenimiento predictiva) es clara y contundente “acciones de mantenimiento encaminadas a *predecir* el fallo”. Recordando lo expuesto en el epígrafe 2.2 respecto del vocablo *predicción* que establece que en el mundo del mantenimiento predicción “es el análisis sistemático y científico de parámetros que, durante el funcionamiento normal de un sistema, den idea de la velocidad de deterioro del mismo y permitan evaluar su estado mediante pruebas que no precisen detenerlo”.

La contestación de CEPESA a la pregunta es “detección del fallo potencial, para tomar acciones antes del fallo funcional”. En esta explicación subyacen los conceptos de *vigilar*, *diagnosticar* y *pronosticar* un fallo funcional y en ese momento tomar acciones antes de que se produzca.

Las acepciones que en el epígrafe 2.2. se dio a estos vocablos en el entorno del mantenimiento son para *vigilancia* “ cuando el sistema está trabajando y se le conduce. La forma de vigilar los sistemas es mediante instrumentos que reflejan los parámetros de trabajo de los mismos”, el significado dado para *diagnóstico* es el de ver “el estado de “salud” de un sistema complejo en funcionamiento por la observación de los síntomas del mismo, sobre todo por su *vigilancia* durante el funcionamiento” y finalmente con el *pronóstico* “se puede vaticinar si un sistema funciona o no adecuadamente; incluso se puede parar porque de continuar funcionando puede producirse una avería. Siempre da idea de que si algo funciona bien no hay porque realizar ninguna acción y si algo va mal se toman medidas, tales como detener el funcionamiento del sistema”. Se ve que las acepciones expuestas se separan en CEPESA de la que se ha establecido para este trabajo de investigación.

El concepto que tiene de una acción de mantenimiento de predicción la empresa ACERINOX es “no parar el sistema viendo su estado mediante análisis y estudio de tendencia en parámetros de funcionamiento mediante análisis de aceites, toma de vibraciones y control de temperaturas”. Las acepciones de los vocablos tratados en el epígrafe 2.2 se estima que en este caso son aplicables el de *vigilancia* y en una amplia aplicación el de *diagnóstico* considerando que se puede considerar el “estudio de tendencias de los parámetros de funcionamiento” como efectuar una diagnosis del sistema

durante su funcionamiento, este concepto se separa del establecido para el caso *tipo*, lleva a la conclusión que la empresa que nos ocupa no aplica acciones de mantenimiento predictivo en el sentido que se está considerando en el presente trabajo de investigación.

Por último el ISEMER el concepto que maneja en la aplicación de acciones de mantenimiento de predicción es el de “investigar el estado del sistema para evitar su desmontaje si no es necesario. Se lleva a cabo por medio de análisis de vibraciones, termografía, etc.”. Se entresacan los conceptos de *diagnóstico* y *pronóstico* ya que por medio de los materiales utilizados diagnostican el estado del sistema o componente, y de esta forma pronostican si existe fallo en los parámetros de funcionamiento o si las especificaciones están dentro de lo permitido y que previamente han sido establecido. Este concepto está más acorde con el de acciones de mantenimiento de prevención que se pasan a estudiar a continuación.

La larga experiencia acumulada en nuestra vida profesional nos ha demostrado, que las acciones de vigilar, pronosticar y diagnosticar no llevan por sí solas a predecir ni a conocer la velocidad de deterioro de un sistema, que es lo que se establece en el marco teórico propuesto.

Las respuestas de las entidades al ítem V. 35 (que debieran ser uniformes no lo son porque no existe uniformidad en el ya viejo concepto de *mantenimiento preventivo* como tipo. Las respuestas del Segundo Escalón (caso piloto) y de Cepsa se consideran uniformes, por el contrario las contestaciones de ACERINOX y el ISEMER no lo son ni entre ellas ni con las otras organizaciones (véase cuadro 4.4).

Las dos primeras entidades tienen un concepto de acciones de mantenimiento preventivo que se corresponden con las dichas en el marco teórico y no se considera necesaria ninguna discusión sobre ello.

ACERINOX previene el fallo con “programación de tareas basadas en la experiencia de la vida de los elementos y de los síntomas. Inspección durante el funcionamiento”, que lleva a plantear la siguiente cuestión ¿Si no existe un programa de tareas basta para prevenir el fallo la mera vigilancia? La respuesta es: *no* y por eso se contesta en tareas programadas basadas en la experiencia de la vida de los elementos. No se considera la forma habitual de efectuar un

programa de mantenimiento que generalmente está basado en las recomendaciones de las casas fabricantes.

El ISEMER no aplica el concepto tradicional de mantenimiento preventivo pero ejecuta acciones que “no hace cambios sistemáticos y estudia la condición del sistema por inspecciones y aplica además el criterio de *acciones de mantenimiento de oportunidad*”. Este tipo de acciones de mantenimiento se corresponden con acciones de la doctrina de predicción ya que las inspecciones de este tipo llevan a detener la marcha normal de funcionamiento del sistema para “examinarlo” y evaluar si esta aprobado o suspendido. Este planteamiento permite mediante la evaluación alargar la vida de funcionamiento de un sistema si el resultado de la inspección de éste ha sido satisfactorio.

Respecto de las contestaciones a la pregunta V. 36 (concepto de acciones de mantenimiento correctivas), las entidades entrevistadas aplican el mismo concepto que el hecho en el marco teórico, en consecuencia no se considera necesaria su discusión; salvo decir que el ISEMER en su respuesta va más allá y además de establecer el mismo concepto expresa que lleva a cabo lo que se llama en el presente trabajo de investigación doctrina de corrección. Se considera interesante este punto porque como se dijo en el epígrafe 2.3.4.1. se confunde el termino “mantenimiento correctivo” con “acciones de mantenimiento correctoras”.

QUINTA CUESTIÓN TEÓRICA: Los programas de mantenimiento de los sistemas actuales son una mezcla de acciones de mantenimiento basadas en las distintas doctrinas.

A la vista de las respuestas que las distintas organizaciones entrevistadas, queda patente en las correspondientes a las preguntas resumidas en los apartados IV. 30. 1, IV. 30. 2 y IV. 30. 3 (acciones de mantenimiento programadas) del cuadro 4.3, tratando de los distintos tipos de acciones de mantenimiento en su respectivos programas dan en tanto por ciento el numero de acciones predictivas, preventivas y correctivas. Demuestra que es de uso común este tipo de denominaciones en los programas de mantenimiento que utilizan en los sistemas de su responsabilidad.

SEXTA CUESTIÓN TEÓRICA: El macro objetivo de un programa de mantenimiento es la mejora continua de los procedimientos y métodos, para aumentar la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema o sistemas mantenidos.

Obsérvese que al contestar sobre las cuestiones de los objetivos de las organizaciones respecto del mantenimiento (IV. 25, objetivos de los programas de mantenimiento), todas coinciden en la optimización de algunos de los parámetros del mantenimiento. La respuesta del caso piloto (Segundo Escalón) mejora de la operatividad (disponibilidad) con seguridad (fiabilidad) es prácticamente la misma que para CEPESA que en esta cuestión plantea la máxima disponibilidad pero también en la respuesta del apartado siguiente (IV. 26, desarrollo de los planes de mantenimiento) dice que la filosofía de su mantenimiento está basada en la fiabilidad (MRC).

En ACERINOX la alta disponibilidad se asocia a un mínimo coste porque supone aumento de la competitividad en la producción, así mismo lo que prepondera en el ISEMER es la disponibilidad ya que para los buques de guerra este parámetro lleva apareado los otros de fiabilidad y mantenibilidad porque gran parte de sus mantenimientos lo hacen ellos mismos en la mar.

Generalmente las oficinas técnicas de estas organizaciones (respuestas en el cuadro 4.6 (continuación), a los ítems VII. 57 y VII. 58 sobre oficinas técnicas) hacen cambios o modificaciones en los componentes o subcomponentes, para mejorar algunos de los parámetros del mantenimiento en sus sistemas.

SÉPTIMA CUESTIÓN TEÓRICA: En lo relativo a las innovaciones y propuestas de mejora en todas las acciones de mantenimiento, han de ser estudiadas con detenimiento para evaluar si son eficaces y de bajo riesgo, para que al aplicarlas repercutan en el buen mantenimiento del sistema o sistemas.

Las innovaciones de los sistemas que mantienen las organizaciones encuestadas queda patente en las respuestas que estas dan a las cuestiones planteadas en los ítems III. 19 y III.20 (fecha de adquisición de los sistemas), donde la longevidad solo se consigue a través de modernizaciones innovando tanto en las estructuras de los sistemas como de su mantenimiento,

permitiendo que en la actualidad sigan actuando eficazmente como acredita la solera y solvencia de las organizaciones entrevistadas.

Se ha discutido el marco teórico establecido tomando como referencia las respuestas dadas por la organización tomada como piloto y se han ido planteando las replicaciones de las mismas tanto de forma literal como disímil, y como conclusión general de dichas entrevistas se corrobora que los planteamientos teóricos son de plena vigencia en el mundo del mantenimiento de las entidades seleccionadas.

4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Al efecto de verificar contrastando o refutando las hipótesis de partida en este epígrafe vamos a ir triangulando las respuestas obtenidas del cuestionario con las respuestas de las distintas organizaciones encuestadas y las hipótesis formuladas en la investigación, efectuando replicación literal y disímil con dichas propuestas teóricas.

H₁ El mantenimiento se define en la ingeniería de los sistemas como una parte de ella y dentro de este contexto se globalizan todos los conceptos que hasta ahora se han aplicado a las definiciones de mantenimiento.

a) Respuestas dadas por CEPSA.

En respuesta al ítem V-33, CEPSA define el mantenimiento como “la función cuyo objetivo es obtener de la instalación industrial la máxima disponibilidad al mínimo coste, siendo prioritario el objetivo de seguridad para el personal, material y medioambiente”. El concepto subyacente en esta definición está orientado hacia el contexto de la norma MIL-STD-2173(AS) sobre el RCM (Reliability-Centered Maintenance).

Esta definición también tiene semejanza con la formulada por Baldin y otros (1982:19), que a su vez transcribe la que dio la OCDE en 1963 y que a continuación se reproduce:

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos.

También se cita el mantenimiento entendido como una función empresarial en el epígrafe 1.2.1, formulado por (AECC, 1993) en el presente trabajo, que ha sido discutido en el capítulo primero comparándolo con el concepto que se ha adoptado en la tesis (epígrafe 1.2.2).

Se piensa que las definiciones anteriores, pueden ser integradas en la adoptada para la tesis enunciada en el epígrafe 1.2.2, ya que a modo de ejemplo, la proporcionada por la OCDE se considera como: "...el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos". La definición se está refiriendo a acciones de mantenimiento, que según lo expuesto en el epígrafe 1.3.1 sobre las mismas, se aplican al sistema para que éste de las prestaciones para las que fue concebido. Existe coincidencia entre el significado atribuido a las *acciones de mantenimiento* tanto por la OCDE y como la definición adoptada en la tesis.

b) Respuestas dadas por ACERINOX.

La definición proporcionada por ACERINOX está basada en el mantenimiento orientado a la productividad Total Productive Maintenance (TPM), que consiste en "obtener la máxima disponibilidad al mínimo coste efectuando acciones de mantenimiento predictivas y preventivas en elementos críticos, y acciones de mantenimiento correctoras en los no críticos".

El término *TPM* fue definido en 1971 por el Japan Institute of Plant Engineers, (hoy Japan Institute for Plant Maintenance) que persigue obtener una caída cero en la productividad, es decir, cero defectos en la producción planteándose los siguientes objetivos:

- Aumentar la eficacia de los sistemas productivos.
- Desarrollar un programa de mantenimiento para el ciclo de vida del sistema.
- Involucrar a todos los miembros de la organización en el mantenimiento.

- Incentivar el mantenimiento mediante la creación de grupos autóctonos que estén estimulados para la mejora del mismo.

Tanto la definición de la empresa como los conceptos del *TPM* se contemplan mediante las acciones de mantenimiento que hay que efectuar para obtener la máxima disponibilidad al mínimo coste.

Las anteriores definiciones están de acuerdo con la adoptada para la tesis en el epígrafe 1.2.2, ya que lo que persiguen las definiciones anteriores es conseguir la buena operación de los sistemas mediante acciones de mantenimiento.

c) Respuestas dadas por el ISEMER y el Segundo Escalón.

Las dos organizaciones mantienen el conocimiento de mantenimiento que recoge todos los conceptos de la definición aportada en la tesis.

Como conclusión a la hipótesis H_1 podemos afirmar que las definiciones que se han discutido de mantenimiento están acogidas o contenidas en la definición dada para la tesis, por consiguiente la admitimos como cierta.

H_2 *El entorno del mantenimiento tiene connotaciones peculiares en su forma de actuar que lo diferencian de otros entornos en el mundo de la técnica, la industria y la ingeniería.*

Las respuestas de las entidades entrevistadas demuestran que en ellas existe un entorno propio en el mantenimiento, que está reflejado en las contestaciones dadas sobre el mantenimiento y su entorno.

Las respuestas a los ítems V y VI (conceptos de mantenimiento y de sus acciones) preguntas 33 a 45 incluidas, demuestran que existen criterios sobre las acciones de mantenimiento y cuantifican los porcentajes correspondientes a cada una de ellas.

Dentro del ámbito del mantenimiento las contestaciones del concepto VII (recursos aplicados al mantenimiento, preguntas de 46 a 59) demuestran que estas organizaciones contemplan todos los aspectos tratados en el epígrafe 1.3 del presente trabajo.

A través de las respuestas dadas por las organizaciones en los conceptos correspondientes a las preguntas planteadas, demuestran que

existe un entorno diferenciado en la organización para el mantenimiento, por lo que consideramos contrastada positivamente la hipótesis H₂.

H₃ *El mantenimiento es una disciplina diferenciada en el concepto de ingeniería, que requiere unos conocimientos y formación especiales del personal que se dedica a él.*

A lo largo de todo el cuestionario se demuestra que las empresas entrevistadas a través de los contratos que tiene con entidades exteriores para el mantenimiento (ítem VII. 51, recursos dedicados a organizaciones ajenas del cuadro 4.6 (continuación), tienen en sus presupuestos una actividad diferenciada para ello, de forma que no es sólo una posible rutina de cada entidad, si no que cuentan con un presupuesto específico (respuestas al ítem I. 6 del cuadro 4.1.), que significa un capítulo importante dentro de cada organización, y para algunas de ellas como las de la Armada su volumen total de presupuesto.

Por otra parte en las respuestas a la cuestiones planteadas en el ítem VII. 46 (porcentaje económico asignado a los recursos del mantenimiento), como ya se ha discutido en el epígrafe anterior, la mayoría de los recursos que se asignan al mantenimiento corresponden al personal.

Por consiguiente se puede dar como cierta la hipótesis H₃ según la cual el personal que se dedica a la disciplina del mantenimiento se diferencia del que trabaja en otra actividad.

Se pasa a continuación a comparar las hipótesis H₄, H₅ y H₆, que se van a tratar de forma conjunta ya que así se han planteado en las entrevistas.

H₄ *Se puede hablar de doctrinas en el mantenimiento debido a la peculiaridad de su entorno y a la singularidad de los recursos que se le aportan de personal, material y documentación técnica.*

H₅ *Dependiendo de la doctrina de mantenimiento con que se diseñe un sistema, existen criterios diferenciados de actuación en el mantenimiento. La doctrina elegida va a depender de la necesidad que satisfaga el sistema, de su modo de operación y del ambiente donde se desarrolle su ciclo de vida.*

H₆ *Básicamente existen tres doctrinas de mantenimiento que son las de predicción, prevención y corrección, y todos los demás tipos o formas de mantenimiento se pueden acoger a estas tres doctrinas.*

En último párrafo del epígrafe 2.3.1, afirmamos que hablamos de doctrinas y no tipos de mantenimiento, por ser las acciones las que caracterizan a las doctrinas, en las organizaciones entrevistadas los conceptos que tienen las entidades de acciones de mantenimiento concuerdan con los establecidos en el presente trabajo para las acciones de cada doctrina (items V. 34, V. 35 y V. 36, tipos de acciones de mantenimiento). Se quiere dejar claro que discrepamos del concepto de acciones de mantenimiento predictivo que tiene la empresa CEPESA con respecto al presente trabajo, no obstante, todas las organizaciones entrevistadas conocen las acciones de mantenimiento en el sentido de predicción poniendo de manifiesto la comunidad de este vocablo en el mundo del mantenimiento.

Se concluye, ratificando el contenido de las hipótesis H₄, H₅ y H₆, que las doctrinas dan al mantenimiento de los sistemas formas características, esto es debido a los recursos al acometer las acciones que vienen condicionadas por la necesidad que satisface el sistema, el modo de operación y el ambiente donde se desarrolle su ciclo de vida.

H₇ *Los parámetros que afectan al mantenimiento se ven condicionados por la concepción doctrinal del mismo.*

En las respuestas a los items V. 33 (concepto de mantenimiento que aplican las organizaciones entrevistadas), la prioridad de las organizaciones en el mantenimiento es la disponibilidad de los sistemas que mantienen las distintas organizaciones entrevistadas a veces exigiéndole además la máxima seguridad y otras operatividad.

El parámetro disponibilidad condiciona a las acciones de mantenimiento acometidas para la optimización de este parámetro y la concepción del programa de mantenimiento (cuestión IV. 23 a 32 inclusive), estará orientado a la consecución de este fin. Por lo tanto la mediatización de los parámetros es evidente con respecto a la doctrina elegida o mejor dicho

con respecto a las acciones de mantenimiento que se acometan para conseguir el fin.

En el cuadro 2.4 correspondiente al epígrafe 2.6 muestra el resumen de la influencia de los parámetros en las doctrinas de mantenimiento. En el caso que nos ocupa la *disponibilidad* tiene un valor alto en la doctrina de predicción, bajo en la de prevención y medio en la de corrección. Ocurre justo al contrario con la *fiabilidad* teniendo la máxima importancia para la de corrección.

Por tanto, se contrasta positivamente la hipótesis dependiendo de la doctrina que se adopte en la concepción del mantenimiento del sistema se obtendrá mas o menos importancia para cada uno de los parámetros.

H₈ *Se pueden establecer criterios generales en los programas de mantenimiento de aplicación general a todos los sistemas.*

En el epígrafe 3.3.1 se ha expuesto cuales son los objetivos generales de los programas de mantenimiento: “lograr la seguridad y el buen funcionamiento de los sistemas, vigilando el suministro y el uso óptimo de los recursos”. En los items IV y V (programas y conceptos de mantenimiento) se pone de manifiesto que las entidades llevan a cabo en sus programas tanto de confección propia como adquiridos, (cuestión IV. 23 a 32 inclusive) la extracción de beneficios para el sistema a partir de su experiencia en ellos, experimentación y las adaptaciones de programas externos. Dicha revisión debe estar prevista y debe realizarse al menos cuando lo mande el sistema de calidad de las empresas (cuestión VII. 48.3).

Se desprende de las entrevistas que se cumplen los objetivos de los programas de mantenimiento ratificándose la hipótesis H₈ según la cual:

- *La mejora de la actuación en los programas de mantenimiento*
- *Parámetros de actuación en los programas de mantenimiento*
- *Estrategias para la mejora de la actuación en los programas de mantenimiento*
- *Las innovaciones en los programas de mantenimiento*

H₉ *Los criterios generales de aplicación de los programas de mantenimiento de los sistemas, deben establecer las funciones de los distintos estamentos de una organización.*

No se considera de interés el debatir esta hipótesis ya que a lo largo de las entrevistas sostenidas con los representantes de las distintas organizaciones se desprende que las mismas tienen criterios muy parecidos respecto a las distintas funciones que tienen asignadas las tareas del mantenimiento, circunstancia que nos lleva a aceptar sin necesidad de discutir lo expuesto en la hipótesis H₉.

H₁₀ *La mejora continua de la calidad es de plena aplicación en los programas de mantenimiento de los sistemas y son criterios que condicionan la forma de estructurarse de las organizaciones que se dedican al mantenimiento.*

Al tener las organizaciones un sistema de calidad basado en las normas de la familia ISO 9000, se prevé la mejora continua de los procedimientos de calidad y los procesos en general y en particular en los del mantenimiento, por lo que puede afirmarse la validez de la hipótesis H₁₀.

H₁₁ *El concepto de mantenimiento de la ingeniería de sistemas cambia la perspectiva de los parámetros clásicos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.*

Las entidades empezaron su actividad con sistemas de hace años (ítem III. 19) y desde entonces han ido adquiriendo nuevos y modernizando los antiguos; esta modernización consiste generalmente en mejorar alguno o todos los parámetros con subsistemas más modernos, como son los elementos de control a través de ordenadores, lo que ha exigido un rediseño de los sistemas que han mejorado alguno de ellos. La moderna ingeniería de sistemas permite que esta realidad sea tomada en cuenta desde la concepción de los mismos. Por lo tanto los parámetros de mantenimiento se ven desde otra perspectiva desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas ya que en el pasado los sistemas se concebían como unas máquinas o enseres que resolvían una necesidad desde un contexto limitado, que no tenía en cuenta de una forma clara el periodo de

vida asociado al apoyo logístico continuado durante un periodo largo de tiempo, en consecuencia los parámetros de diseño iniciales pueden variarse mediante refabricación, lo que pone de manifiesto lo que propone la hipótesis H₁₁.

En este capítulo se ha estudiado las propuestas doctrinales expuestas en los tres primeros, respecto de la aplicación que hacen de ellas los sistemas que en la práctica están funcionando. Como se ha concluido de las respuestas de las entrevistas realizadas, la mayoría de las propuestas tiene vigencia en el mundo del mantenimiento de los sistemas y son de uso común en las organizaciones entrevistadas.

4.4. EPÍLOGO

Con independencia de las conclusiones que se recojan al final de nuestro trabajo, queremos hacer, a modo de resumen, algunas recapitulaciones sobre las cuestiones abordadas en este capítulo. Así tendremos lo siguiente:

1. La metodología empleada en la investigación realizada ha sido la *del estudio de casos* siguiendo para ello las etapas que le son propias.
2. Se estableció como objetivo central de la investigación *el estudio del mantenimiento dentro de la ingeniería de sistemas*.
3. El marco teórico que ha presidido la investigación queda delimitado por los siguientes conceptos:
 - El mantenimiento en la actualidad toma un relieve importante en la ingeniería de sistemas.
 - Para el vocablo mantenimiento se pueden encontrar definiciones con el significado actual que tiene dicho vocablo en el ámbito profesional del mantenimiento.
 - En el ámbito del mantenimiento caben destacar las siguientes particularidades:
 - a) Todas las acciones y/o tareas que se ejercen sobre un sistema se van a denominar de forma genérica acciones de mantenimiento.

Dichas acciones de mantenimiento dependen de los recursos que se le asignen.

- b) Los sistemas de la calidad condicionan en gran medida las estructuras de las organizaciones de mantenimiento.
 - c) El mantenimiento es un área de la ingeniería con carácter propio. En consecuencia las organizaciones de mantenimiento deben contar con una oficina técnica que se ocupe de los cambios de ingeniería.
 - d) Los procesos productivos en el entorno del mantenimiento son peculiares.
- Se ha establecido en el epígrafe 2.2 la acepción que se les va a dar en el mantenimiento a los vocablos *vigilancia*, *diagnóstico*, *pronóstico* y *predicción*, para de esta manera abordar que los tipos o clases de mantenimiento se han sustituido por las definiciones de las distintas doctrinas en las que se destaca que:
- a) La doctrina de predicción establece que el sistema no ha de pararse en su periodo de operación hasta que haya evidencias objetivas y predeterminadas para ello.
 - b) En la doctrina de prevención se establece cuando se ha de detener el sistema, debido a la fiabilidad calculada en el diseño, para inspeccionar y/o sustituir elementos del mismo.
 - c) La doctrina de corrección es aquella que no detiene el sistema, hasta que éste lo hace por defecto de algunos de sus componentes.
- Los programas de mantenimiento de los sistemas actuales son una mezcla de acciones de mantenimiento basadas en las distintas doctrinas.
- El macro objetivo de un programa de mantenimiento es la mejora continua de los procedimientos y métodos, para aumentar la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema o sistemas mantenidos.
- En lo relativo a las innovaciones y propuestas de mejora en todas las acciones de mantenimiento, han de ser estudiadas con detenimiento

para evaluar si son eficaces y de bajo riesgo, para que al aplicarlas repercutan en el buen mantenimiento del sistema o sistemas.

4. El tipo de investigación se va a efectuar mediante la realización de entrevistas escogiendo como unidad de análisis el caso piloto (Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves).
5. Para contrastar el caso piloto (Segundo Escalón) se han seleccionado las siguientes organizaciones: CEPSA, ACERINOX e ISEMER por considerarse idóneas a los efectos de la investigación planteada dado la envergadura y la variedad de medios y ambientes por ellas abordados.
6. Se escogió la entrevista personal como medio más idóneo para el desarrollo de esta investigación. La misma se realizará mediante un protocolo de cuestiones que permitan recoger todo tipo de opiniones y sugerencias.
7. Las respuestas se han sintetizado en los cuadros 4.1 al 4.6 recogidas en el análisis.
8. Los resultados y conclusiones se han ido extrayendo de los diálogos con las personas encuestadas corroborando en gran medida el marco teórico establecido previamente.
9. Las cuestiones planteadas en el estudio de los casos propuestos se han contrastado con las hipótesis de la tesis, corroborándose en general las que se han planteado.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Finalmente se van a detallar las principales *conclusiones* derivadas de nuestro trabajo en relación con las materias tratadas en cada uno de los capítulos que se han desarrollado.

C.1. DEL MANTENIMIENTO

Con respecto al mantenimiento en el entorno actual formulamos las siguientes conclusiones:

1. Las definiciones de mantenimiento que se han estudiado en el presente estudio en la realidad no están completas para el sentido que éste tiene dentro de la ingeniería de sistemas.
2. La definición de mantenimiento de sistemas tiene como principales componentes los conceptos de ciclo de vida, apoyo logístico y configuración.
3. Al ejercer el mantenimiento de un sistema se acometen acciones de muy variada índole, desde programaciones de tareas hasta rediseño y refabricación. Al conjunto de estas acciones dentro del entorno del mantenimiento se les denomina con la expresión genérica de *acciones de mantenimiento*.
4. Las organizaciones que se dedican o ejercen la actividad del mantenimiento, están estructuradas en niveles o escalones de mantenimiento y tienen unas estructuras y recursos de personal, material y documentación que le son peculiares diferenciable de cualquier otra rama de la ingeniería.
5. Las organizaciones que se dedican al mantenimiento de sistemas complejos tienen oficinas técnicas, ya que éste obliga al cambio al diseño y refabricaciones para obtener mejoras en los parámetros de

fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (parámetros del mantenimiento).

6. Los procesos productivos del mantenimiento tienen carácter propio especialmente los procesos especiales como son el pintado, la calibración de la instrumentación de los sistemas, los ensayos no destructivos (END) para componentes y piezas, etc.
7. El mantenimiento en el entorno actual ha evolucionado en su perspectiva, debido a la concepción que de él se tiene en la moderna ingeniería de sistemas.

C.2. DE LAS DOCTRINAS DE MANTENIMIENTO

Con respecto a las *doctrinas de mantenimiento* extraemos las siguientes conclusiones:

1. Del estudio de los vocablos *vigilancia*, *diagnóstico*, *pronóstico* y *predicción*, se han obtenido significados que tienen aplicación en el entorno del mantenimiento, de tal forma que éstos deben emplearse con propiedad cuando se trate del estudio de las *doctrinas del mantenimiento*.
2. Dentro de la disciplina de la ingeniería de sistemas en el entorno actual, es más apropiado *hablar de doctrinas* que de tipos o clases de mantenimiento.
3. En el contexto doctrinal que se ha estudiado se denomina *doctrina de predicción* a aquella que, mediante el estudio y el análisis, tiene por objeto intentar detectar precozmente los fallos, y no detener el sistema hasta que se encuentren datos objetivos que obliguen a ello. En definitiva se trata de calcular la velocidad de deterioro de los componentes de un sistema para que, de esa manera, no sea necesario parar su funcionamiento hasta que las componentes estén lo suficientemente deterioradas para ello.

4. Se denomina *doctrina de prevención* a aquella que, partiendo de los datos de diseño, de la fiabilidad, tiempo entre fallos del sistema, etc., prevé las acciones de mantenimiento necesarias que se deben aplicar antes de que el sistema falle por desgaste de los materiales que componen sus elementos y de esta manera no se detenga el sistema de forma imprevista.
5. Se denomina *doctrina de corrección* a aquella que se establece para el funcionamiento del sistema hasta que se produzca la avería. Una vez producida se detiene el sistema y con los acopios de recursos necesarios que dependen de la parte averiada, se acomete la rehabilitación del mismo de una forma programada que tiene en cuenta las condiciones de diseño previamente establecidas.
6. Las *acciones de mantenimiento* dan carácter propio a cada doctrina y se distinguen por las siguientes peculiaridades:
 - En la *doctrina de predicción* están encaminadas a predecir el fallo mediante el estudio de la velocidad de deterioro del sistema. El estudio de la velocidad de deterioro se desarrolla mediante el análisis de factores tales como el análisis espectrométrico del aceite lubricante, análisis de vibraciones, parámetros del sistema durante su funcionamiento, fallos en servicio, etc.
 - Las acciones de mantenimiento de la *doctrina de prevención* están fundamentadas en los cálculos de la fiabilidad del sistema durante su diseño, y se realizan para acometer acciones que prevengan el fallo. Las acciones de mantenimiento de esta doctrina prevén desmontajes, cambios de aceite, etc. según dos ideas la de tiempo y la de el estado mediante inspecciones.
 - En la *doctrina de corrección* las acciones de mantenimiento están encaminadas a restaurar las condiciones de funcionamiento del sistema mantenido cuando se produce el fallo. Las actuaciones para la restauración están programadas y previstas.

7. Las *organizaciones* que se dedican al mantenimiento están estructuradas debido a la influencia que sobre ellas ejercen las doctrinas de mantenimiento que apoyen al sistema o sistemas que mantienen, de la misma forma la cantidad y calidad de los recursos de personal, material y documentación que se le asignen también dependerán de la doctrina que se haya empleado.
8. Los parámetros del mantenimiento se contemplan bajo distintas perspectivas según sean estudiados y aplicados por el mantenedor o el diseñador.
9. La *fiabilidad* contemplada bajo el punto de vista del mantenedor depende en gran medida del comportamiento del sistema en un ambiente real con unas condiciones reales y puede ser modificada mediante cambios de ingeniería y rediseños.
10. Los aspectos que interesan al mantenedor del parámetro *mantenibilidad* son tales como la accesibilidad, la simplicidad y la modularidad, que están directamente implicados en las acciones de mantenimiento de montaje, desmontaje, regulación, etc. Es el mantenedor quien mejor puede hacer cambios en el sistema para mejorar este parámetro.
11. La *disponibilidad* de un sistema da idea de su tiempo de operación durante un periodo de tiempo determinado. Es el buen hacer del mantenedor para conseguir que los otros parámetros del mantenimiento (fiabilidad y mantenibilidad), se adecuen a las condiciones de la satisfacción de la necesidad para la que se ideó el sistema.
12. La importancia de los parámetros de mantenimiento respecto de las doctrinas adoptadas para el mantenimiento del sistema, varían con ellas. La mayor importancia a la fiabilidad se le otorga en la doctrina de corrección, a la mantenibilidad en la de prevención y a la disponibilidad en la de predicción.

C.3. DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Con respecto a los programas de mantenimiento formulamos las siguientes conclusiones:

1. En el mundo del mantenimiento se entiende que un *sistema* está diseñado para satisfacer una necesidad, esta necesidad debe explicitarse en forma dinámica en cuanto a que debe establecerse un período de tiempo de utilización en unas condiciones ambientales, así como la disponibilidad, mantenibilidad, etc., y además definir cuales o como han de ser los recursos que se le asignen desde el momento en que surge la necesidad hasta que se considere obsoleto dicho sistema.
2. La *ingeniería de sistemas* es una aplicación de técnicas para transformar una necesidad en prestaciones, mediante la utilización de un proceso iterativo de definición, síntesis, análisis, diseño, prueba y evaluación, para asegurar la compatibilidad de todas las interrelaciones físicas y funcionales, de forma que se consiga la mejor definición y diseño del sistema completo integrando los parámetros de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, guardando la interacción debida con las personas y el medio ambiente en el proceso global de ingeniería, para conseguir los objetivos técnicos, de coste y de calendario fijados.
3. El mantenimiento se lleva a la práctica a través de *programas de mantenimiento* que se diseñan por la ingeniería de sistemas, que los tienen en cuenta de una manera global a lo largo de su *ciclo de vida*.
4. Un *programa de mantenimiento* es el conjunto de acciones a las que se somete un sistema, para que conserve y/o controle a todos sus subsistemas y componentes, con las condiciones de funcionamiento previamente especificadas para su ciclo de vida.
5. Un *plan de mantenimiento* se entiende como las acciones de logística y de mantenimiento que se establecen en un *programa*, permitiendo a través del tiempo (plasmando las acciones sobre un cronograma) se logren los objetivos del mismo de la manera más eficaz posible.

6. En los programas de mantenimiento existen parámetros que permiten la *mejora continua en la actuación* de los mismos utilizando estrategias que lo hacen posible.
7. Las mejoras en los programas de mantenimiento dependen en gran medida de las *innovaciones* que se le apliquen, éstas deben estudiarse y evaluarse cuidadosamente debido al riesgo que toda innovación conlleva.
8. Los *cometidos* de los programas de mantenimiento pasan por la asignación de responsabilidades a las funciones de dirección, apoyo logístico y mantenimiento.
9. En un programa de mantenimiento se debe definir la profundidad y la extensión de las acciones que se acometan en cada nivel de mantenimiento.
10. Las doctrinas de mantenimiento influyen en los programas de mantenimiento. Los recursos condicionan el tipo de acciones de mantenimiento que se aplican a los sistemas y los programas están diseñados de acuerdo con los recursos que se asignen.

C.4. DEL ESTUDIO EMPÍRICO

Con respecto al *estudio empírico* formulamos las siguientes conclusiones:

1. Que estimamos idónea la *metodología del estudio de casos* como procedimiento de investigación en el mundo del mantenimiento, considerándolo como un área peculiar y multidisciplinar de la ingeniería de sistemas.
2. Dentro de la metodología del estudio de casos consideramos que el análisis de la investigación abordada se corresponde con un *caso explicativo*.
3. De la discusión de las respuestas obtenidas en las entrevistas y su contrastación con los planteamientos recogidos en las diferentes

hipótesis formuladas que responden al marco teórico establecido se obtiene:

- Que el mantenimiento toma un relieve especial en el contexto de la ingeniería de sistemas.
 - Que las definiciones y conceptos de mantenimiento que se utilizan por parte de las entidades estudiadas están dentro de lo establecido en el presente trabajo de investigación.
 - Que el mundo del mantenimiento es un contexto con personalidad propia en todas sus actividades y se puede considerar una rama de la ingeniería como puede ser la de diseño o fabricación.
4. Que para tratar los conceptos de doctrina en lugar de los de tipos o clases de mantenimiento, primero hay que convenir los significados de los vocablos *vigilancia*, *diagnóstico*, *pronóstico* y *predicción*.
 5. Los conceptos de acciones de mantenimiento de predicción, prevención y corrección son generalmente aceptados por las personas de las organizaciones estudiadas.
 6. Los programas de mantenimiento que se aplican a los sistemas de las entidades estudiadas están compuestos por una mezcla de acciones de mantenimiento de predicción, prevención y corrección.
 7. El objetivo principal común de los programas de mantenimiento que se aplican en el entorno de las organizaciones objeto de estudio es la disponibilidad de los sistemas.

A la vista de todo lo anterior y a modo de conclusión final podemos destacar:

- El mantenimiento toma una entidad propia dentro de la ingeniería de los sistemas.
- Los conceptos de doctrinas de mantenimiento se adaptan mejor a los nuevos planteamientos que los correspondiente tipos o clases de mantenimiento.
- Los programas de mantenimiento deben tenerse en cuenta desde el mismo momento en que se comienza el diseño de los sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

AECC (1993): *Recomendaciones para la preparación de planes de calidad de trabajos de mantenimiento para la Defensa*. Sección de Industria y Servicios para la Defensa de la AECC. Departamento de Publicaciones de la Asociación Española para la Calidad. Madrid.

AENOR (1994a): *Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad. Vocabulario. UNE-EN ISO 8402: 1994*. Asociación Española para la Normalización y Certificación. Madrid.

AENOR (1994b): *Gestión de la calidad y elementos del sistema de calidad. Gestión de la calidad y elementos del sistema de calidad. UNE-EN ISO 9004-1: 1994*. Asociación Española para la Normalización y Certificación. Madrid.

AENOR (1994c): *Sistema de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio posventa. UNE-EN ISO 9001:1994*. Asociación Española para la Normalización y Certificación. Madrid.

AENOR (1994d): *Sistema de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, la instalación y el servicio posventa. UNE-EN ISO 9002:1994*. Asociación Española para la Normalización y Certificación. Madrid.

AENOR (2000): *Sistema de Gestión de la calidad fundamentos y vocabulario. UNE-EN ISO 9000*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid.

AZNAR ALMAZÁN, J. (2001): "Motivación" *Revista general de Marina*. Madrid, pp. 189-201.

BALDIN, A., FURLANETTO, L., ROVERSI, A. y TURCO, F. (1982): *Manual de mantenimiento de instalaciones industriales*. Gustavo Gili. Barcelona.

BENAVIDES VELASCO, C. A. (1998): *Tecnología, innovación y empresa*. Pirámide. Madrid.

BLANCHARD, B. S. (1996): *Ingeniería de sistemas*. Isdefe. Madrid.

BONACHE PÉREZ, J. (1998): "El estudio de casos como estrategia de investigación: críticas y defensas". *IV Taller de Metodología. Metodología y técnicas de investigación en economía y dirección de empresas*. ACEDE. Ardenillo. La Rioja.

BONACHE PÉREZ, J. (1999): "El estudio de casos como estrategia de construcción teórica: características, críticas y defensas". *Cuadernos de economía y dirección de la empresa*, nº. 3, pp. 123- 140.

CASA (1993): *Formación técnica de mandos (FORTEMA). Cursos y Módulos, Temarios*. Construcciones Aeronáuticas S. A. Dirección de Organización y Recursos Humanos. Dirección de Personal. Subdirección de Planificación y Desarrollo de Recursos Humanos. Factoría de San Pablo. Sevilla.

CASA (1996a): *Curso de medición básica*. Construcciones Aeronáuticas S. A. Factoría de San Pablo. Sevilla.

CASA (1996b): *Reparaciones estructurales*. Construcciones Aeronáuticas S. A. Factoría de San Pablo. Sevilla.

CASARES, J. (1999): voz "inspección". En *Diccionario Ideológico de la Lengua Española*. Gustavo Gili. Barcelona.

DEI (1990): voz “mantenimiento”. En *Diccionario Enciclopédico Ilustrado ALFA*. Salvat. Barcelona.

DEL (1990): voz “configuración”. En *Diccionario Enciclopédico Larousse*. Planeta. Barcelona.

DEL (1990): voz “mantenimiento”. En *Diccionario Enciclopédico Larousse*. Planeta. Barcelona.

DIGAM (1997): *Curso de formación en técnicas de auditorías internas de la calidad*. Implantación de sistemas de calidad. Publicación de los Servicios Técnicos de la Dirección General de Armamento y Material. Base Naval de Rota. Cádiz.

DIRECTIVA DEL JEFE DEL ESTADO MAYOR DE LA ARMADA 02/90 (1990): *Criterios doctrinales para el apoyo logístico y para la gestión del mantenimiento en la Armada Española*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

DREW, D. R. (1995): *Dinámica de sistemas aplicada*. Isdefe. Madrid.

EISENHARDT, K. M. (1989): “Building Theories Cases Study Research”, *Academy of Management Review*, vol. 14, nº 4, pp. 532-550.

ENCARTA (2000): voz “diagnóstico”. En *ENCARTA 2000, Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta*. Planeta. Barcelona.

ENCARTA (2000): voz “parámetro”. En *ENCARTA 2000. Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta*. Planeta. Barcelona.

ENCARTA (2000): voz “predicción”. En *ENCARTA 2000. Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta*. Planeta. Barcelona.

ENCARTA (2000): voz “pronóstico”. En *ENCARTA 2000. Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta*. Planeta. Barcelona.

ENCARTA (2000): voz “vigilancia”. En *ENCARTA 2000. Enciclopedia electrónica de la Editorial Planeta*. Planeta. Barcelona.

FABRYCKY, B. S. (1997): *Análisis del coste del ciclo de vida de los sistemas*. Isdefe. Madrid.

INSTRUCCIÓN DEL ALMIRANTE JEFE DEL ESTADO MAYOR DE LA ARMADA 01/91 (1991): *El mantenimiento en la Armada*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

INSTRUCCIÓN DEL ALMIRANTE JEFE DEL ESTADO MAYOR DE LA ARMADA 06/92 (1992): *El apoyo logístico integrado en la Armada*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

INSTRUCCIÓN DEL ALMIRANTE JEFE DEL ESTADO MAYOR DE LA ARMADA 01/95 (1995): *El aprovisionamiento en la Armada*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

INSTRUCCIÓN DE ORGANIZACIÓN Nº. 08/98, DEL ALMIRANTE JEFE DEL APOYO LOGÍSTICO (1998): *Control de configuración*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

INTA (1984): *análisis de fallos en servicio de origen mecánico y por corrosión , prevención y control de la corrosión y aplicación al mismo de los ensayos no destructivos*. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas”. Torrejón de Ardoz. Madrid.

ISDEFE (1996): *Ingeniería de sistemas aplicada*. Isdefe. Madrid.

JAR-145 (1991): *Joint Aviation Requirements. JAR-145*. Joint Aviation Authorities Comité. Reino Unido.

JEFE DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE CASA (1996): *Tratamientos y protecciones superficiales*. Construcciones Aeronáuticas S. A. Factoría de San Pablo. Sevilla.

JENSEN, M. C. (1993): *The Case Method and Science*. Work paper. Harvard Business School.

KNEZEVIC, J. (1996 a): *Mantenibilidad*. Isdefe. Madrid.

KNEZEVIC, J. (1996 b): *Mantenimiento*. Isdefe. Madrid.

MAXWELL, J. A. (1998): "Designing a Qualitative Study". En Bickman, L. y Rog, D. J. (Eds.): *Handbook of Applied Social Research Methods*. Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 69-100.

MC 319 (1992): *NATO Principles and Policies for Logistics*. OTAN 1110. Bruselas.

MIL-STD-2173(AS) (1999): *Reability-Centred Maintenance Requeriments for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment*. Department of the Navy. Naval Air Systems Command. Washington.

MINTZBERG, H. (1979): "An Emerging Strategy of Direct Research", *Administrative Science Quaterly*, nº 24, pp. 580-589.

MONDELO, P. R. y GREGORI TORADA, E. (1996): *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*. Isdefe. Madrid.

NACHLAS, J. A. (1995): *Fiabilidad*. Isdefe. Madrid.

NAVAIR 01-230 HLE-6, Change 2. (1991): *Technical Manual Periodic Maintenance Requirement Cards Model HH/SH/VH-3A/D/G Aircraft*. Naval Air Systems Comand. Philadelphia.

O.M. 282/1981 (1981): *Orden Ministerial delegada 282/81 de 9 de septiembre, del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada, por la que se aprueba el Reglamento de Mantenimiento para la Fuerza Naval e Instalaciones de Apoyo*. Cuartel General de la Armada. Madrid.

O.M. 112/2000 (2000): *Orden Ministerial 112/2000 de 27 de abril del 2000, Boletín Oficial de la Defensa nº 82, por el que se organiza la Comisión Técnico Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa*. Ministerio de Defensa. Madrid.

OPNAVINST 1500. 11G, (1995): *Naval Aviation Training Program Policies and Procedures*. Department of the Navy. Secnav/Opnav Directives Control Office Washington Navy Yard, Bldg. 200 Washington, dc 20374-5074.

OPNAVINST 4790. 2H: (2001): *Naval Aviation Maintenance Program (NAMP)*. Department of the Navy. Secnav/Opnav Directives Control Office Washington Navy Yard, Bldg. 200 Washington, dc 20374-5074.

PECAL 150, (1994): *Publicación Española de Calidad, Requisitos Otan de aseguramiento de la calidad para el desarrollo software*. Ministerio de Defensa, Dirección General de Armamento y Material, Secretaría General Técnica. Madrid.

PECAL 100 (1995): *Publicación Española de Calidad, edición III, Guía general Otan de aseguramiento de la calidad*. Ministerio de Defensa, Dirección General de Armamento y Material, Secretaría General Técnica. Madrid.

PECAL 110 (1995): *Publicación Española de Calidad, edición III, Requisitos Otan de aseguramiento de la calidad para el diseño, desarrollo y producción*. Ministerio de Defensa, Dirección General de Armamento y Material, Secretaría General Técnica. Madrid.

PECAL 120, (1995): *Publicación Española de Calidad, edición III, Requisitos Otan de aseguramiento de la calidad para producción*. Ministerio de Defensa. Dirección General de Armamento y Material. Secretaría General Técnica. Madrid.

PECAL 170, (1997): *Publicación Española de Calidad, edición III, Guía OTAN para la delegación del aseguramiento oficial de la calidad*. Ministerio de Defensa, Dirección General de Armamento y Material, Secretaría General Técnica. Madrid.

PÉREZ AGUILAR, W. (1998): "El estudio de casos por patrones de comportamiento". *IV Taller de Metodología. Metodología y técnicas de investigación en economía y dirección de empresas*. ACEDE. Ardenillo. La Rioja.
POC-013 (2000): *Procedimiento Operativo de Calidad, POC-013: Guía para la elaboración de los libros de organización de las Dependencias del 2º Escalón de Mantenimiento de la Flota*. Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. Base Naval de Rota. Cádiz.

POC-181 (2000): *Procedimiento Operativo de Calidad, POC-181: Procedimiento para la formación y el adiestramiento*. Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de aeronaves de la Armada. Base Naval de Rota. Cádiz.

POC-032 (2002): *Procedimiento Operativo de Calidad, POC-032: Procedimiento de definición, composición y responsabilidades de la "Junta de Revisión de Materiales"*. Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. Base Naval de Rota. Cádiz.

POC-131 (2002): *Procedimiento Operativo de Calidad, POC-131: Procedimiento para el tratamiento de No Conformidades*. Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. Base Naval de Rota. Cádiz.

POC-141 (2002): *Procedimiento Operativo de Calidad, POC-141: Procedimiento de acciones correctoras y preventivas*. Segundo Escalón de Mantenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. Base Naval de Rota. Cádiz.

PORTILLO FRANQUELO, P. (1996): *Proyecto Docente de Investigador para el acceso al Cuerpo de Catedrático de Universidad*. Universidad de Málaga. (Inédito). Málaga.

PRIETO, M. B. (1998): "Análisis de casos en contabilidad de gestión". *IV Taller de Metodología. Metodología y técnicas de investigación en economía y dirección de empresas*. ACEDE. Ardenillo. La Rioja.

RAE (2001): voz "diagnóstico". En *Diccionario de la lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

RAE (2001): voz "mantenimiento". En *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

RAE (2001): voz "parámetro". En *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

RAE (2001): voz "predicción". En *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

RAE (2001): voz "pronóstico". En *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

RAE (2001): voz "vigilancia". En *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española. Espasa Calpe. Madrid.

REY SACRISTAN, F. (1975): *Gestión de mantenimiento en industrias y talleres*. CEAC. Barcelona.

REY SACRISTÁN, F. (1996): *Hacia la excelencia en el mantenimiento*. TGP Hoshin. Madrid.

REY SACRISTAN, F. (1997): *Mantenimiento de maquinas y equipos eléctricos*. Ceac. Madrid.

RIALP, A. (1998): "El método del caso como técnica de investigación y su aplicación al estudio de la función directiva". *IV Taller de Metodología. Metodología y técnicas de investigación en economía y dirección de empresas*. ACEDE. Ardenillo. La Rioja.

ROBINSON, W. S. (1951): "The logical structure of analytic induction". *American Sociological Review*, vol. 16, pp. 812-818.

SÁNCHEZ PASCUAL, A.; SÁNCHEZ-BRETAÑO, E. M.; MARINÉ, M. C. y PALACIAN FORCADA, F. J. (1996): *Programa de Análisis Espectrométrico de Aceites (PAESA-INTA)*. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas". Torrejón de Ardoz. Madrid.

SARABIA, A. A. (1997): *La teoría general de sistemas*. Isdefe. Madrid.

SILVERMAN (1993): *Interpreting Qualitativ Data*. SAGE.

STAKE, R. E. (1994): "Case Studies". En Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S.: *Hand book of Qualitative Research*. Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 236-247.

STANAG 4159 (1991): *Standardization agreement STANAG 4150: Doctrine et procedures Otan pour la gestion de la configuratio des materiels applicables aux programmes ou projets multinationaux menes en commun*. OTAN 1110. Bruselas.

STANAG 3150, (1994): *Standardization agreement STANAG 3150: Codification-Uniform System of Suplí Classification*. Military Agency for Standardization. OTAN 1110. Bruselas.

STANAG 3151, (1994): *Standardization agreement STANAG 3151: Codification-Uniform System of Item Identification*. Military Agency for Standardization. OTAN 1110. Bruselas.

STOECKER (1991): "Evaluating and rethinking the case study". *Sociological Review*, pp. 88-112.

SUTTON, R. I. (1997): "The virtues of cleset qualitative research". *Organization Science*, vol. 8 (1), pp. 97-106.

US. NAVY (1989): *Airframe Change n°. 399 part 3 (AFC-399, part 3), SH-3H Service Life Extension Program (SLEP) incorporation of*. DEPARTMENT OF THE NAVY. NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. Washington.

VAN DE VEN, A. H. y POOLE, M. S. (1990): "Methods to develop a graunded theory of innovation processes in the Minessota Innovation Research Program". *Organzation Science*, vol. 1, pp. 313-335.

VILLANUEVA GONZALES, G. (1997): *Aseguramiento de la calidad en la vida del producto: fiabilidad y mantenibilidad*. Master en Dirección de la Calidad Total. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid.

YAN, R. y GRAY, B. (1994): "Bargaining Power, Management control, and Performance in US-China Joint ventures: A Comparative Case Study". *Academy of Management Journal*.

YIN, R. K. (1989): *Case Study Research, Design and Methods*. SAGE publications. Newbury Park.