

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	21
CAPÍTULO 2	
EL MANTENIMIENTO EN LA SEGUNDA DÉCADA DEL SIGLO XXI	29
2.1. LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO DURANTE EL SIGLO XX	31
2.2. OBJETIVOS Y MÉTODOS DEL MANTENIMIENTO AVANZADO .	38
2.3. LA INTEGRACIÓN DE “MANTECNOLOGÍAS”. SU NECESIDAD ...	42
2.4. OBSERVANCIA NORMATIVA	45
2.4.1. Generalidades	45
2.4.2. Normativa de seguridad	46
2.4.3. Novedades de la nueva Directiva 2006/42/CE (RD 1644/08)	52
2.5. EL MANTENIMIENTO EN ESPAÑA POR SECTORES. TENDENCIAS	57
2.5.1. Centros de trabajo	58
2.5.2. La Organización	58
2.5.3. Gastos o costes	60
2.5.4. Control de costes y situación presupuestaria.....	61
2.5.5. Externalización del mantenimiento	62
2.5.6. Planificación, lanzamiento y control de los trabajos.	62
2.5.7. Sistemas informáticos	64
2.5.8. Formación	65
2.5.9. La dirección del mantenimiento	66
CAPÍTULO 3	
TERMINOLOGÍA, NORMAS Y RATIOS DE CONTROL EN MANTENIMIENTO	67
3.1. INTRODUCCIÓN	69
3.2. LA NORMA UNE-EN-13306:2011 SOBRE TERMINOLOGÍA ...	70
3.3. LA NORMA UNE-EN-13460:2009 SOBRE DOCUMENTACIÓN	72

3.4. LA NORMA UNE-EN-15341:2008 SOBRE INDICADORES	76
3.5. FORMULACIONES CIENTÍFICAS DEL MANTENIMIENTO	77
3.5.1. La Norma EN 61703 sobre expresiones matemáticas del mantenimiento	83
3.6. CURVAS DE WEIBULL PARA EL ESTUDIO DE FIABILIDAD	85
3.7. RATIOS DE CONTROL. SU DEFINICIÓN Y CÁLCULO	90

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS ORGANIZATIVAS DEL MANTENIMIENTO AVANZADO 95

4.1. LA NECESIDAD DE INTEGRAR NUEVAS TÉCNICAS	97
4.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD (RCM)	98
4.2.1. Antecedentes históricos en varios sectores	98
4.2.2. La Norma UNE 20812 y el RCM.....	101
4.2.3. Metas y objetivos a alcanzar basándonos en RCM..	102
4.2.4. Aplicación práctica del análisis por RCM	109
4.2.5. Proceso de implantación del RCM.....	112
4.3. LA NORMA EN 60300-3-11 SOBRE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD	119
4.4. MANTENIMIENTO BASADO EN FIABILIDAD Y SEGURIDAD MBFS	124
4.5. MANTENIMIENTO SEGÚN ESTADO	133
4.6. MANTENIMIENTO EN PRODUCCIÓN (TPM)	136
4.6.1. Antecedentes históricos y objetivos	136
4.6.2. Las “Cinco S” en el mantenimiento autónomo o TPM	138
4.6.3. La implantación de TPM	141
4.6.4. Problemas para la implantación de TPM.....	145
4.7. EL MANTENIMIENTO EN PROYECTO.....	150
4.8. MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO	154
4.8.1. Mantenimiento periódico	155
4.8.2. La lubricación	160
4.8.3. Mantenimiento reglamentario o legal.....	162
4.8.4. Mantenimiento de seguridad.....	164
4.9. PLANIFICACIÓN BASADA EN ANÁLISIS DE RIESGO RBM: MÉTODOS HAZOP Y FMECA	166
4.10. LOS CRITERIOS RAMS APLICADOS AL MANTENIMIENTO ..	170

CAPÍTULO 5

MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO NUEVA “MANTECNOLOGÍA”	177
5.1. NOCIONES BÁSICAS.....	179
5.1.1. ¿Por qué mantenimiento predictivo o según condición frente a mantenimiento preventivo sistemático?	183
5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE VIBRACIONES	188
5.2.1. Fundamento físico-matemático del procedimiento ..	188
5.2.2. Sistemas y equipos de medida	194
5.2.3. Evaluación de vibraciones, síntomas, orígenes y normativa	199
5.2.4. Aplicación de interés: diagnóstico de rodamientos	202
5.2.5. Aplicaciones del análisis de vibraciones a otros elementos	206
5.2.6. Procesos de implantación y puesta en marcha	208
5.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITES.....	214
5.3.1. Introducción y fundamentos físicos	215
5.3.2. Sistemas de clasificación de aceites	218
5.3.3. Técnicas de análisis predictivos de aceites. Tribología	220
5.3.4. Aditivos: Modificadores de las propiedades	226
5.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA TEMPERATURA. TERMOGRAFÍA	227
5.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS	231
5.5.1. Detección de asimetrías rotóricas mediante análisis espectrales de corriente	235
5.5.2. Métodos de diagnóstico del estado de aislamiento	238
5.5.2.1. Medidas con ondas de choque	238
5.5.2.2. Ensayo mediante escalones de tensión ...	241
5.5.2.3. Ensayos de tangente de delta	245
5.5.2.4. Ensayo de flujo de dispersión	247
5.6. MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICADO EN BATERÍAS.....	250
5.7. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN.....	252
5.8. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	255

5.9. MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE INSTRUMENTACIÓN. EJEMPLO DE VÁLVULAS	266
--	-----

CAPÍTULO 6

LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN MANTENIMIENTO	269
---	------------

6.1. PRINCIPALES PROBLEMAS ACTUALES DE LOS DEPARTAMENTOS DE MANTENIMIENTO Y DE SUS RESPONSABLES	272
6.2. MEJORA GLOBAL DE LA EFICACIA DEL SERVICIO.....	274
6.3. COMPARACIÓN DE TÉCNICAS EN CUANTO A SU EFECTIVIDAD	276
6.4. MEJORA DE LOS RENDIMIENTOS INDIVIDUALES	278
6.5. SATURACIÓN DE JORNADAS. ÓRDENES DE TRABAJO	285

CAPÍTULO 7

LA CALIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE EN MANTENIMIENTO	293
--	------------

7.1. REVISIÓN DE LA SITUACIÓN EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS.....	295
7.2. EL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y DE SUS EFECTOS (AMFE).....	297
7.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ISO 9000 EN MANTENIMIENTO	301
7.4. SISTEMA DE CALIDAD MEDIOAMBIENTAL EN MANTENIMIENTO. ISO 14000	305
7.5. INTEGRACIÓN DE CERTIFICACIONES DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE	309
7.6. NORMATIVA DE GESTIÓN ENERGÉTICA	319
7.7. LAS NUEVAS VERSIONES DE LAS NORMAS ISO 9001:2015 E ISO 14001:2015	320
7.7.1. Introducción	321
7.7.2. La nueva ISO 9001:2015	321
7.7.2.1. ¿Cómo se va a estructurar la nueva Norma 9001?	322

7.7.2.2. Aplicabilidad, exclusiones y nuevos criterios	325
7.7.2.3. Aparece la pregunta lógica de cómo realizar la transición de una versión de la norma 9001 (2008) a la nueva de 2015	327
7.7.3. La nueva ISO 14001:2015	328
7.7.3.1. ¿Cómo se va a estructurar la nueva norma 14001?	329
7.7.3.2. Aplicabilidad, exclusiones y nuevos criterios	331
7.7.3.3. Aparece la pregunta lógica de cómo realizar la transición de una versión de la norma 14001 (2008) a la nueva de 2015	333

CAPÍTULO 8

CONTRATACIÓN EXTERNA DEL MANTENIMIENTO	337
8.1. INTRODUCCIÓN Y TENDENCIAS MUNDIALES	339
8.2. DIAGNÓSTICO PREVIO DE LAS ACTIVIDADES A EXTERNALIZAR	340
8.3. ESTRATEGIAS Y RAZONES PARA ABORDAR LA EXTERNALIZACIÓN	341
8.4. CAUTELAS PREVIAS ANTE LA EXTERNALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	346
8.5. AUTOAUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO	349
8.6. LA NORMA UNE-EN 13269:2007	350
8.6.1. Antecedentes	350
8.6.2. Introducción.....	350
8.6.3. La adecuada elaboración de un contrato de mantenimiento: análisis – pliegos de condiciones – ofertas.....	351
8.6.4. El seguimiento y control de un contrato de mantenimiento.....	353
8.6.5. La estructura de contrato propuesta por la Norma..	355
8.6.6. Conclusiones.....	362
8.7. PREPARACIÓN DE PLIEGOS DE CONDICIONES	363
8.7.1. Pliegos de condiciones técnicas	366

8.7.2. Pliegos de condiciones legales o jurídicas	371
8.7.3. Aspectos financieros o económicos	374
8.7.4. Pliego de condiciones generales	379
8.8. LA SOLICITUD DE OFERTAS Y SU COMPARACIÓN	381
8.9. EL PROCESO EN EMPRESAS SUJETAS A LA LEY DE CONTRATOS DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS	388
8.10. LA REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DE LOS CONTRATOS DE MANTENIMIENTO	389
8.11. CALIFICACIÓN DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS ..	391
8.12. LOS NUEVOS CONTRATOS “GANADOR-GANADOR” (WIN-WIN).....	393

CAPÍTULO 9

REINGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

401

9.1. EL TRINOMIO COSTES-DISPONIBILIDAD-FIABILIDAD. SU EVOLUCIÓN Y ESTANCAMIENTO	403
9.2. LA REINGENIERÍA COMO ÚNICA POSIBILIDAD DE CIERTAS MEJORAS	404
9.3. ANÁLISIS DE MEJORAS. EL MANTENIMIENTO MODIFICATIVO...	407
9.4. REINGENIERÍA INTEGRADA DE LA ORGANIZACIÓN. NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO	408
9.5. GRUPOS DE TRABAJO	410
9.6. NUEVAS ADQUISICIONES, EL PAPEL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	412
9.7. EL <i>BENCHMARKING</i>	413

CAPÍTULO 10

LA GESTIÓN ECONÓMICA DE MANTENIMIENTO

419

10.1. INTRODUCCIÓN	421
10.2. COSTES DIRECTOS E INDIRECTOS, FIJOS Y VARIABLES ..	423
10.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTES DE MANTENIMIENTO	425
10.4. LA GESTIÓN DE COSTES POR ACTIVIDADES: MÉTODOS ABC Y ABM	427

10.4.1.	El método ABC	428
10.4.2.	Aplicación práctica del método ABC en mantenimiento	430
10.4.3.	El sistema ABC y la gestión de costes tradiciona	431
10.4.4.	El sistema ABM	433
10.5.	LOS CONCEPTOS GENERADORES DE COSTE DIRECTO: PERSONAL, REPUESTOS Y SERVICIOS	434
10.5.1.	Coste del personal	434
10.5.2.	Repuestos fungibles e inventariables	436
10.5.3.	El almacén de mantenimiento. Su gestión	440
10.5.4.	Costes de los servicios externos	445
10.6.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN CONTABLE	447
10.7.	LOS COSTES EN EL MANTENIMIENTO AVANZADO	449
10.8.	COSTES DEL CICLO DE VIDA (LCC)	450
10.8.1.	El ciclo de vida de un activo físico	454
10.8.2.	La Norma 60300-3-3 sobre “Guía de aplicación del cálculo del coste de vida”	456
10.8.3.	Mantenimiento de Activos (<i>Asset Management</i>)	461
10.9.	ANÁLISIS DE INVERSIONES	463
10.10.	EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL EN MANTENIMIENTO	465
10.11.	PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE DESVIACIONES	470
10.12.	GESTIÓN DE REPUESTOS Y CONTRATOS PBL	474

CAPÍTULO 11

11.	LAS RESPONSABILIDADES EN MANTENIMIENTO	479
11.1.	RESPONSABILIDADES JURÍDICAS.....	481
11.2.	EL HISTORIAL DE MÁQUINAS Y SISTEMAS	483
11.3.	LOS DOCUMENTOS EN MANTENIMIENTO	486
11.3.1.	Comunicaciones informales.....	486
11.3.2.	Comunicaciones formales	487
11.4.	LA ACTUALIZACIÓN DEL HISTORIAL DE MÁQUINAS TRAS REFORMAS	497

CAPÍTULO 12	
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN EN MANTENIMIENTO	499
12.1. INTRODUCCIÓN	501
12.2. LA PREVISIÓN DE FALLOS	503
12.3. LA PROGRAMACIÓN TÉCNICA DE REPARACIONES.....	505
12.4. LA PROGRAMACIÓN DE REVISIONES. MÉTODOS CPM, PERT Y GANTT	508
12.4.1. Método CPM	509
12.4.2. Método PERT.....	510
12.4.3. Diagrama de Gantt.....	513
12.5. LA PLANIFICACIÓN Y PREVISIÓN DE MATERIALES.....	515
12.6. INTEGRACIÓN, LANZAMIENTO Y CONTROL.....	521

CAPÍTULO 13	
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDA POR ORDENADOR (GMAO)	525
13.1. INTRODUCCIÓN	527
13.2. FUNCIONES DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA DE MANTENIMIENTO	534
13.3. LA ESTRUCTURA DE UN PROYECTO DE INFORMATIZACIÓN .	536
13.4. LA ORGANIZACIÓN COMO PASO PREVIO A LA INFORMATIZACIÓN. OBJETIVOS	538
13.5. DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GMAO	544
13.6. SITUACIÓN DEL MERCADO DE <i>SOFTWARE</i> DE MANTENIMIENTO	546
13.7. EL CASO CONCRETO DE SAP-R3	551
13.8. MOVILIDAD EN APLICACIONES INFORMÁTICAS	552

CAPÍTULO 14	
EL FACTOR HUMANO EN MANTENIMIENTO	555
14.1. EL FACTOR HUMANO Y EL CAMBIO	557
14.2. EL PERSONAL DIRECTIVO DE MANTENIMIENTO	561

14.3. EL PERSONAL TÉCNICO DE MANTENIMIENTO. HABILIDADES Y FORMACIÓN.....	563
14.4. EL PERSONAL OPERARIO DE MANTENIMIENTO	566
14.5. LA CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	568
14.6. FÓRMULAS DE MOTIVACIÓN E INCENTIVACIÓN EN MANTENIMIENTO	570
14.7. SISTEMAS RETRIBUTIVOS EN MANTENIMIENTO	574
14.8. LOS ESTILOS DE DIRECCIÓN EN MANTENIMIENTO.....	577
14.9. LA PARTICIPACIÓN Y DESCENTRALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	580
14.10. EL ERROR HUMANO Y LA ACCIDENTABILIDAD EN MANTENIMIENTO	582
14.11. CONSIDERACIONES SOBRE LAS DIFERENCIAS DE ERRORES EN PRODUCCIÓN Y EN MANTENIMIENTO	587
 ANEXO 1	
REGLAMENTOS	591
 ANEXO 2	
GLOSARIO SOBRE MANTENIMIENTO	619
 ANEXO 3	
DOCUMENTOS DE LA FASE OPERATIVA Y PUNTOS DE INFORMACIÓN DE LA ORDEN DE TRABAJO	
Traducción orientativa no vinculante de los Anexos A y B de la Norma europea EN 13460:2009, solamente utilizable a título de consulta	651
 ANEXO 4	
ÍNDICE DE MANUAL INTEGRADO DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE EN UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	671

ANEXO 5	
TABLAS DE AUTOAUDITORÍA	
Cuestionario de análisis de funcionamiento del mantenimiento	681
ANEXO 6	
CERTIFICACIÓN DE REFORMAS	695
ANEXO 7	
BIBLIOGRAFÍA.....	699