

CONTENIDO

Prefacio	19
Reconocimientos	23
Acerca de los autores	25
Abreviaturas y acrónimos	27
1 Sistemas de mantenimiento	29
1.1. Introducción	29
1.2. Actividades de planeación	32
1.2.1. Filosofía del mantenimiento	32
1.2.2. Pronóstico de la carga de mantenimiento	34
1.2.3. Planeación de la capacidad de mantenimiento	35
1.2.4. Organización del mantenimiento	36
1.2.5. Programación del mantenimiento	36
1.3. Actividades de organización	37
1.3.1. Diseño del trabajo	38
1.3.2. Estándares de tiempo	38
1.3.3. Administración de proyectos	38
1.4. Actividades de control	39
1.4.1. Control de trabajos	39
1.4.2. Control de inventarios	39
1.4.3. Control de costos	40
1.4.4. Control de calidad	40
1.5. Administración orientada a la calidad y capacitación	40
1.6. Comportamiento humano	41
1.7. Terminología del mantenimiento	41

Resumen	44
Ejercicios	44
Bibliografía seleccionada	44
2 Operaciones y control del mantenimiento	47
2.1 Introducción	47
2.2 Ciclo de control del mantenimiento	48
2.3 Sistema de órdenes de trabajo de mantenimiento	50
2.3.1 Diseño de la orden de trabajo	51
2.3.2 Flujo del sistema de órdenes de trabajo	53
2.4 Conservación de registros	54
2.4.1 Tarjeta de trabajo (reporte)	54
2.4.2 Registro de la historia del equipo	56
2.5 Estructura del control de mantenimiento	57
2.5.1 Coordinación y planeación de las órdenes de trabajo	59
2.6 Procesamiento de órdenes de trabajo	61
2.7 Retroalimentación de información y acción correctiva	62
2.7.1 Control del trabajo	63
2.7.2 Control de costos	66
2.7.3 Control de calidad	67
2.7.4 Control de la condición de la planta	67
2.8 Diseño eficaz de un programa de mantenimiento	68
2.8.1 Mantenimiento planeado	68
2.8.2 Mantenimiento de emergencia	69
2.8.3 Mejora de la confiabilidad	69
2.8.4 Programa de administración del equipo	70
2.8.5 Reducción de costos	70
2.8.6 Capacitación y motivación de los empleados	71
Resumen	71
Ejercicios	72
Bibliografía seleccionada	73
3 Mantenimiento preventivo, conceptos, modelos y análisis	75
3.1 Introducción	75
3.2 Mantenimiento preventivo	77

3.3	Tecnologías de diagnóstico	82
3.3.1	Análisis de vibraciones	82
3.3.2	Análisis de lubricantes	83
3.3.3	Termografía	83
3.3.4	Ultrasonido	84
3.3.5	Monitoreo de efectos eléctricos	84
3.3.6	Penetrantes	84
3.4	Modelos para decisiones de reemplazo	84
3.5	Elementos del mantenimiento planeado	87
3.5.1	Administración del plan	88
3.5.2	Inventario de las instalaciones	88
3.5.3	Identificación del equipo	88
3.5.4	Registro de las instalaciones	88
3.5.5	Programa específico de mantenimiento	89
3.5.6	Especificación del trabajo	89
3.5.7	Programa de mantenimiento	89
3.5.8	Control del programa	89
3.6	Modelos matemáticos para políticas óptimas de mantenimiento preventivo	90
3.6.1	Reemplazo preventivo óptimo basado en la edad (política tipo I)	91
3.6.2	Método de la sección dorada	93
3.6.3	Reemplazo preventivo óptimo a intervalos constantes (política tipo II)	97
3.6.4	Extensiones de las políticas I y II	100
3.7	Modelos de inspección	101
3.7.1	Programa óptimo de inspección que minimiza el costo esperado para una sola máquina	102
3.7.2	Modelo de maximización de utilidades para la inspección de una sola máquina	104
3.7.3	Modelo de inspección para minimizar el costo esperado con reparaciones mínimas	105
3.7.4	Modelo para coordinar la inspección de un grupo de máquinas	107
3.8	Mantenimiento preventivo imperfecto	109
3.8.1	Suposiciones y notación de los modelos	110
3.8.2	Modelo del enfoque 1	111
3.8.3	Modelo del enfoque 2	113
3.8.4	Modelo del enfoque 3	114
3.9	Modelo de tiempo de demora	115
	Resumen	118

Ejercicios	118
Referencias	120
4 Medición del trabajo de mantenimiento	123
4.1 Introducción	123
4.2 Técnicas de la medición del trabajo	124
4.2.1 Estudio de tiempos	125
4.2.2 Procedimientos del estudio de tiempos	125
4.3 Muestreo de trabajo	130
4.3.1 Número de observaciones requeridas para un estudio de muestreo de trabajo	131
4.3.2 Planeación de un estudio de muestreo de trabajo	132
4.4 Gráficas de control	135
4.4.1 Introducción	135
4.4.2 Construcción de las gráficas de control	135
4.5 Sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos	136
4.5.1 Sistema MTM-2	137
4.5.2 Procedimientos para el establecimiento de un estándar predeterminado	138
4.6 Datos estándar	138
4.6.1 Introducción	138
4.6.2 Pasos para el desarrollo de datos estándar	139
4.7 Estimación	139
4.7.1 Introducción	140
4.7.2 Estimación comparativa (inserción)	141
4.7.3 Aplicación de la estimación comparativa	141
Resumen	143
Ejercicios	144
Bibliografía seleccionada	145
5 Pronósticos y planeación de la capacidad de mantenimiento	147
5.1 Introducción	147
5.2 Aspectos preliminares para los pronósticos	148
5.3 Técnicas para pronósticos cualitativos	149
5.4 Técnicas de pronósticos cuantitativos	151
5.4.1 Promedio móvil simple	151

5.4.2	Promedio móvil ponderado	152
5.4.3	Análisis de regresión	153
5.4.4	Suavización exponencial	156
5.4.5	Pronósticos estacionales	160
5.5	Análisis de errores	163
5.6	Pronósticos del trabajo de mantenimiento	164
5.7	Planeación de la capacidad de mantenimiento	166
5.8	Enfoques determinísticos para la planeación de la capacidad	167
5.8.1	Método del <i>tableau</i> heurístico	167
5.8.2	Programación lineal y entera para la planeación de la capacidad de mantenimiento	173
5.9	Técnicas estocásticas para la planeación de la capacidad	178
5.9.1	Modelos de líneas de espera	179
5.9.2	Simulación estocástica	182
5.10	Mantenimiento por contrato	186
	Resumen	187
	Ejercicios	187
	Referencias	190
6	Planeación y programación del mantenimiento	191
6.1	Introducción	191
6.2	Planeación	193
6.3	Programación	197
6.3.1	Elementos de una programación acertada	198
6.4	Sistema de prioridades para los trabajos de mantenimiento	199
6.5	Técnicas de programación	200
6.5.1	Enfoques de programación matemática para la programación del mantenimiento	202
6.5.2	Método de la ruta crítica	204
6.5.3	Técnica de revisión y evaluación de programas (PERT)	212
6.5.4	Enfoques de la programación entera y estocástica para la programación del mantenimiento	213

6.6	Mantenimiento con paro de la planta	222
6.6.1	Planeación del mantenimiento con paro de la planta	223
6.6.2	Programa del mantenimiento con paro de la planta	226
6.6.3	Informe del mantenimiento con paro de la planta	227
	Resumen	227
	Apéndice	228
	Ejercicios	229
	Referencias	230
7	Control de los materiales del mantenimiento	233
7.1	Introducción	233
7.2	Componentes del almacén de mantenimiento	234
7.2.1	Refacciones	234
7.2.2	Existencias del mantenimiento normal	234
7.2.3	Herramientas	235
7.3	Costos de los materiales de mantenimiento	235
7.3.1	Costo del artículo	235
7.3.2	Costo de tener en inventario el artículo	235
7.3.3	Costo del artículo en el momento de su salida	235
7.4	Procedimiento para el control del almacén de mantenimiento	237
7.4.1	Requisición	237
7.4.2	Control de inventarios	237
7.4.3	Artículos para almacenar	238
7.4.4	Análisis ABC	238
7.5	Sistemas de inventarios	239
7.5.1	Tamaño de lote económico	240
7.5.2	Nivel de reorden	243
7.5.3	Existencias de seguridad	244
7.5.4	Política eficaz para hacer pedidos	245
7.6	Políticas de ordenamiento para reparaciones	246
7.6.1	Vínculo de la demanda y la tasa de fallas	247
7.6.2	Estimación de las unidades de refacciones necesarias para el reemplazo en caso de fallas	247

7.7	Clasificación de las refacciones	250
7.7.1	Estrategias de pedidos de refacciones con base en su clasificación	250
7.7.2	Agrupamiento de refacciones de acuerdo con su grado crítico y costo	250
	Resumen	251
	Ejercicios	251
	Referencias	252
8	Control de la calidad del mantenimiento	253
8.1	Introducción	253
8.2	Responsabilidades de control de calidad	255
8.3	Programas de inspección y verificación	256
8.4	Control estadístico de procesos en el mantenimiento	257
8.4.1	Recopilación de datos	258
8.4.2	Lista de verificación	258
8.4.3	Histograma	260
8.4.4	Diagrama de causa y efecto (espina de pescado)	264
8.4.5	Gráfica de Pareto (análisis ABC)	267
8.4.6	Gráficas de control	268
8.4.7	Diagrama de dispersión	269
8.4.8	Análisis del modo de fallas y efectos	270
8.5	Control de calidad de los trabajos de mantenimiento	270
8.5.1	Factores relacionados con los procedimientos y las normas	274
8.5.2	Factores relacionados con el personal	275
8.5.3	Factores relacionados con los materiales	275
8.5.4	Factores relacionados con las herramientas y el equipo	275
8.6	Círculos de calidad	276
8.7	Vínculo del mantenimiento con la calidad	277
	Resumen	280
	Ejercicios	280
	Referencias	281

9	Productividad de los sistemas de mantenimiento	283
9.1	Introducción	283
9.2	Medidas de entrada	283
9.3	Medidas de salida	285
9.4	Medidas dentro del sistema	290
9.5	Índices de mantenimiento	291
9.5.1	Administración del mantenimiento	291
9.5.2	Eficacia del mantenimiento	293
9.5.3	Costos de mantenimiento	295
9.6	Comparaciones de medidas	297
9.7	Análisis de tendencias	298
	Resumen	298
	Ejercicios	298
	Referencias	299
10	Sistemas computarizados para la administración del mantenimiento	301
10.1	Introducción	301
10.2	Panorama de los sistemas computarizados para la administración del mantenimiento	302
10.3	Módulos del SCAM	304
10.3.1	Módulo para la administración del equipo	305
10.3.2	Módulo de control de órdenes de trabajo	306
10.3.3	Módulo de administración de las especialidades de mantenimiento	309
10.3.4	Módulo de suministro y control de materiales	309
10.3.5	Módulo de informes de desempeño	311
10.3.6	Informes de mantenimiento	314
10.4	Evaluación de los sistemas computarizados para la administración del mantenimiento	316
10.5	Evolución de los SCAM para un mantenimiento eficaz	319
	Resumen	324
	Ejercicios	324
	Referencias	325

11	Capacitación en mantenimiento	327
11.1	Introducción	327
11.2	Destreza	328
11.2.1	Niveles de destrezas	328
11.3	Actividades de la capacitación en mantenimiento	329
11.3.1	Política de capacitación	329
11.3.2	Evaluación de la situación actual	330
11.3.3	Análisis de necesidades	332
11.3.4	Diseño de un programa de capacitación	333
11.3.5	Implantación del programa de capacitación	334
11.3.6	Evaluación de la eficacia	335
	Resumen	336
	Ejercicios	336
	Bibliografía seleccionada	337
12	Auditoría del mantenimiento y mejora continua de los sistemas de mantenimiento	339
12.1	Introducción	339
12.2	Factores en el esquema de calificaciones de auditoría	340
12.2.1	Organización y personal	340
12.2.2	Productividad de la mano de obra	342
12.2.3	Capacitación gerencial	342
12.2.4	Capacitación del planificador	342
12.2.5	Capacitación de los técnicos	342
12.2.6	Motivación	342
12.2.7	Administración y control del presupuesto	343
12.2.8	Planeación y programación de las órdenes de trabajo	343
12.2.9	Instalaciones	343
12.2.10	Control de almacenes, materiales y herramientas	343
12.2.11	Mantenimiento preventivo e historia del equipo	343
12.2.12	Ingeniería y monitoreo de las condiciones	344
12.2.13	Medición del trabajo e incentivos	344
12.2.14	Sistema de información	344
12.3	Proceso jerárquico analítico para determinar el peso de los factores	345
12.4	Análisis ABC (gráfica de Pareto)	347

12.5. Análisis de causas fundamentales y acción correctiva posible	348
12.5.1 Organización y personal	349
12.5.2 Productividad de la mano de obra	349
12.5.3 Capacitación gerencial	349
12.5.4 Capacitación del planificador	350
12.5.5 Capacitación de los técnicos	350
12.5.6 Motivación	350
12.5.7 Administración y control del presupuesto	350
12.5.8 Planeación y programación de las órdenes de trabajo	351
12.5.9 Instalaciones	351
12.5.10 Control de almacenes, materiales y herramientas	351
12.5.11 Mantenimiento preventivo e historia del equipo	352
12.5.12 Ingeniería y monitoreo de las condiciones	352
12.5.13 Medición del trabajo e incentivos	352
12.5.14 Sistema de información	353
12.6 Estudio de caso para la mejora de la productividad del mantenimiento	353
Resumen	355
Ejercicios	355
Referencias	355
13 Avances en los conceptos del mantenimiento	357
13.1 Introducción	357
13.2 Diseño de la factibilidad del mantenimiento	358
13.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad	360
13.4 Mantenimiento productivo total	363
13.4.1 Otorgamiento de facultades a los empleados	364
13.4.2 Administración del equipo	364
13.4.3 Implantación del MPT	367
13.5 <i>Benchmarking</i> y mantenimiento de clase mundial	368
13.6 Reingeniería de procesos en mantenimiento	370
13.6.1 Análisis de procesos	370
13.6.2 Costeo basado en las actividades	372
13.6.3 <i>Benchmarking</i> competitivo	372

Resumen	374
Ejercicios	374
Referencias	375
Apéndice A Repaso estadístico	377
Apéndice B Confiabilidad y análisis de fallas	407
Apéndice C Métodos de optimización	411
Índice	415