

---

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	11
<b>1 RESUMEN</b> .....	13
<b>2 INTRODUCCIÓN</b> .....	25
<b>2.1 OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL</b> .....	26
<b>2.2 HIPÓTESIS</b> .....	27
<b>2.3 APORTACIONES Y CONTENIDO POR CAPÍTULOS DE LA TESIS DOCTORAL</b> .....	28
<b>2.4 DEFINICIONES</b> .....	30
<b>2.5 DEFINICIÓN DE NECESIDAD</b> .....	37
<b>2.6 RESEÑAS HISTÓRICAS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b> .....	38
<b>2.6.1 ANTIGUAS CIVILIZACIONES</b> .....	38
<b>2.6.2 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b> .....	38
<b>2.6.3 DÉCADAS 40 Y 50</b> .....	39
<b>2.6.4 INICIOS DEL TPM EN DÉCADA DE LOS 50 (INDUSTRIA MANUFACTURERA)</b> .....	39
<b>2.6.5 CREACIÓN DE TPM EN DÉCADAS DE LOS 60 Y 70 (INDUSTRIA MANUFACTURERA)</b> .....	40
<b>2.6.6 TEROTECNOLOGÍA, DÉCADA DE LOS 60</b> .....	40
<b>2.6.7 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DÉCADAS 50, 60 Y 70 (INDUSTRIA DE PROCESOS)</b> .....	40
<b>2.6.8 INTRODUCCIÓN DEL GMAO DÉCADA DE LOS 80</b> .....	41
<b>2.6.9 RCM, INICIO EN DÉCADA DE LOS 70</b> .....	41
<b>2.6.10 ACTUALIDAD</b> .....	42
<b>3 ESTADO DEL ARTE</b> .....	45
<b>3.1 OBJETIVOS</b> .....	45

---

<b>3.2 RCM ((RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD))</b> .....	46
<b>3.2.1 CÁLCULO DE CRITICIDADES</b> .....	47
<b>3.2.2 AMFEC (ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS EFECTOS Y CRITICIDAD)</b> .....	47
<b>3.2.3 NPR (NÚMERO DEL PONDERACIÓN DEL RIESGO)</b> .....	48
<b>3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO</b> .....	49
<b>3.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> .....	49
<b>3.3.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b> .....	49
<b>3.4 KPI's (KEY PERFORMANCE INDICATORS). INDICADORES DE GESTIÓN</b> .....	50
<b>3.5 TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL))</b> .....	51
<b>3.6 LCC (LIFE CYCLE COST (COSTE DEL CICLO DE VIDA))</b> .....	51
<b>3.7 PUBLICACIONES AUTOR TESIS</b> .....	52
<b>3.8 CONCLUSIONES</b> .....	54
<b>4 DEFINICIÓN DEL MÉTODO RCM EN LA ACTUALIDAD</b> .....	55
<b>4.1 OBJETIVOS</b> .....	55
<b>4.2 INTRODUCCIÓN</b> .....	56
<b>4.3 LAS 7 PREGUNTAS BÁSICAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE RCM [JOHN MOUBRAY]</b> .....	57
<b>4.3.1 FUNCIONES Y ESTÁNDARES DE FUNCIONAMIENTO EN LA UBICACIÓN OPERATIVA</b> .....	58
<b>4.3.2 FALLOS FUNCIONALES</b> .....	60
<b>4.3.3 MODOS DE FALLOS</b> .....	62
<b>4.3.4 EFECTOS DE FALLO</b> .....	65
<b>4.3.5 CONSECUENCIAS DE FALLO</b> .....	65
<b>4.3.6 VALORACIÓN DE CADA FALLO</b> .....	66
<b>4.3.6.1 GRAVEDAD</b> .....	66

---

4.3.6.2 FRECUENCIA DE FALLO .....	67
4.3.6.3 DETECTABILIDAD .....	68
4.3.6.4 NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR).....	68
4.3.7 ACTIVIDADES PROACTIVAS PARA PREVENIR LOS FALLOS	69
4.4 METODOLOGÍAS.....	85
4.5 RESULTADOS .....	87
4.6 CONCLUSIONES .....	88
<b>5 DESARROLLO DE LA MEJORA DEL MÉTODO RCM.....</b>	<b>91</b>
5.1 OBJETIVOS.....	91
5.2 DESARROLLO .....	91
5.3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	93
<b>6 ESTRUCTURACIÓN DE ACTIVOS.....</b>	<b>95</b>
6.1 OBJETIVOS.....	95
6.2 DESARROLLO ESTRUCTURACIÓN DE ACTIVOS.....	96
6.3 CASO DE ESTUDIO SISTEMAS POR NIVELES.....	98
6.4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	100
<b>7 CÁLCULO DE CRITICIDADES .....</b>	<b>103</b>
7.1 OBJETIVOS.....	103
7.2 DESCRIPCIÓN .....	104
7.3 CÁLCULO DE CRITICIDADES SEGÚN ASPECTOS LEGALES Y PUNTOS CRÍTICOS DE LAS INSTALACIONES.....	105
7.3.1 INTRODUCCIÓN.....	105
7.3.2 DESARROLLO Y PROCESO DE CÁLCULO .....	105
7.3.3 CASO DE ESTUDIO.....	110

---

<b>7.4 CÁLCULO DE CRITICIDADES SEGÚN ASPECTOS OPERATIVOS Y NIVELES DE IMPACTO .....</b>	<b>114</b>
<b>7.4.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>114</b>
<b>7.4.2 DESARROLLO Y PROCESO DE CÁLCULO .....</b>	<b>115</b>
<b>7.4.3 CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>119</b>
<b>7.5 CÁLCULO DE CRITICIDADES SEGÚN CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPO .....</b>	<b>132</b>
<b>7.5.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>132</b>
<b>7.5.2 DESARROLLO Y PROCESO DE CÁLCULO .....</b>	<b>133</b>
<b>7.5.3 CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>139</b>
<b>7.5.3.1 FIABILIDAD 1 .....</b>	<b>140</b>
<b>7.5.3.2 FIABILIDAD 2 .....</b>	<b>142</b>
<b>7.5.3.3 FIABILIDAD 3 .....</b>	<b>147</b>
<b>7.5.3.4 APLICACIÓN A EQUIPOS DE UNA PLANTA INDUSTRIAL .....</b>	<b>148</b>
<b>7.6 RESULTADOS .....</b>	<b>153</b>
<b>7.6.1 ASPECTOS LEGALES Y PUNTOS CRÍTICOS .....</b>	<b>153</b>
<b>7.6.2 ASPECTOS OPERATIVOS Y NIVELES DE IMPACTO .....</b>	<b>153</b>
<b>7.6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>154</b>
<b>7.7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>155</b>
<b>8 AMFEC. APORTACIONES Y MEJORAS AL MÉTODO ACTUAL..</b>	<b>157</b>
<b>8.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>157</b>
<b>8.2 IMPLEMENTACIÓN BASES DE DATOS DE MODOS DE FALLOS ..</b>	<b>158</b>
<b>8.2.1 DESARROLLO Y PROCESO DE CÁLCULO .....</b>	<b>158</b>
<b>8.2.2 CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>162</b>
<b>8.3 ESTUDIO NPR (NÚMERO DE PONDERACIÓN DEL RIESGO).....</b>	<b>168</b>
<b>8.3.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>168</b>

---

8.3.2 NPR MACROSCÓPICO .....	169
8.3.2.1 GRAVEDAD .....	169
8.3.2.2 FRECUENCIA DE FALLOS.....	170
8.3.2.3 CÁLCULO.....	171
8.3.3 NPR MICROSCÓPICO .....	172
8.3.3.1 CÁLCULO .....	174
8.3.3.2 CASO DE ESTUDIO DE NPR MICROSCÓPICO. CÁLCULO DE NPR DEL MODO DE FALLO RODAMIENTO DETERIORADO EN UNA BOMBA CENTRÍFUGA .....	176
8.3.4 PONDERACIÓN DE NPR .....	179
8.3.5 RANGO NPR .....	184
8.4 RESULTADOS .....	185
8.5 CONCLUSIONES .....	186
<b>9 PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>189</b>
9.1 OBJETIVOS .....	189
9.2 MATRIZ DE DECISIONES .....	190
9.3 PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO .....	190
9.3.1 DEFINICIÓN .....	190
9.3.2 CASO DE ESTUDIO.....	192
9.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	196
9.4.1 DEFINICIÓN .....	196
9.4.2 CÁLCULO DE COSTES.....	197
9.4.3 CASO DE ESTUDIO.....	200
9.5 RESULTADOS .....	207
9.6 CONCLUSIONES .....	207

---

<b>10</b>	<b>INDICADORES DE GESTIÓN</b> .....	209
10.1	OBJETIVOS .....	209
10.2	INTRODUCCIÓN .....	209
10.3	CONCEPTO REPETITIVIDAD .....	211
10.4	INCIDENCIAS Y COSTES .....	211
10.4.1	PROCESO DE CÁLCULO .....	211
10.4.1.1	INCIDENCIAS .....	211
10.4.1.2	COSTE .....	213
10.4.1.3	COSTE - INCIDENCIAS .....	214
10.4.2	CASO DE ESTUDIO .....	216
10.5	MAPA DE VALORES CRÍTICOS E INDICADORES .....	222
10.5.1	BOMBA .....	222
10.5.1.1	PROCESO DE CÁLCULO BOMBA .....	222
10.5.1.1.1	INCIDENCIAS BOMBA .....	222
10.5.1.1.2	COSTE BOMBA .....	224
10.5.1.2	CASO DE ESTUDIO BOMBA .....	225
10.5.2	REACTOR .....	229
10.5.2.1	PROCESO DE CÁLCULO REACTOR .....	229
10.5.2.1.1	INCIDENCIAS REACTOR .....	229
10.5.2.1.2	COSTE REACTOR .....	230
10.5.2.2	CASO DE ESTUDIO REACTOR .....	231
10.6	ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN INDUSTRIAS DE PROCESOS .....	235
10.7	RESULTADOS .....	239
10.8	CONCLUSIONES .....	241
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	243

<b>12</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>247</b>
<b>13</b>	<b>ANEXO I: NOMENCLATURA.....</b>	<b>269</b>
<b>14</b>	<b>ANEXO II: ECUACIONES .....</b>	<b>291</b>
<b>15</b>	<b>ANEXO III: TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS .....</b>	<b>311</b>