

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA PLADESAN
LTDA**

JORGE ENRIQUE GUERRA BENJUMEA

DAVID ANTONIO BEJARANO CARVAJAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA PLADESAN
LTDA**

DAVID ANTONIO BEJARANO CARVAJAL

JORGE ENRIQUE GUERRA BENJUMEA

**Trabajo grado, presentado como requisito para optar al título de ingeniero
mecánico.**

Director

CARLOS BORRAS PINILLA

Ph.D, M.sc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

Dedicado a Dios y a la Santísima virgen María que me han dado salud, una hermosa familia y conocimiento durante mi vida.

A mis padres Pedro Antonio Bejarano y Miryam Carvajal Peña quienes con su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y sus sabios consejos han formado la persona que hoy soy.

A mi hermana Estefanía Bejarano que ha sido una gran mujer en mi vida, un gran ejemplo de salir adelante y ha estado a mi lado en todo momento.

A mi primo Javier Orlando Torrado que ha sido como un hermano para mí.

A la CDC por todas las anécdotas que nos quedan.

A mis familiares, amigos y compañeros que hicieron más fácil este trayecto.

Le dedico esta libro a mi mama Amparo del Socorro Benjumea Max que a ella todo se lo debo y todo me lo ha dado.

A mi tia Cecilia benjumea que en vida me ayudo y me alento a terminar mis estudios, a su esposo Fabio Villegas que despues de todo siempre estuvo ahi apoyandome.

A mis amigos del colegio. no seria lo que soy ahora si no fuera por sus enseñanzas.

A mis amigos David,Dario, Marlon,Diego que en gran parte este triunfo personal es de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan sus agradecimientos a:

Juan Manuel Gimenes, director de proyectos PLADESAN, por abrirnos las puertas de la empresa y por toda su colaboración y paciencia prestada durante el desarrollo del proyecto.

Ruber Díaz, coordinador de aplicaciones PLADESAN, por la colaboración prestada y por servirnos de guía en el transcurso del proyecto.

Édinson Tapias, encargado de las labores de mantenimiento PLADESAN, por su disposición, por sus consejos y aportes en el transcurso del proyecto.

Carlos Borrás nuestro director de proyecto, por el apoyo al proyecto y por sus consejos y correcciones en este trabajo.

A la escuela de ingeniería mecánica y a la Universidad Industrial de Santander por la formación que nos ha brindado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	26
1. GENERALIDADES DE PLADESAN LTDA.	27
1.1. Pladesan LTDA.	27
1.1.1. Nuestra vision	27
1.1.2. Nuestra pasión:	27
1.1.3. Valores	28
1.2. Aseguramiento de calidad	28
1.2.1. Sistema de gestión de calidad.	28
1.2.2. Ubicación	29
1.3. Tecnologías pladesan Ltda	29
1.3.1. Materiales y compuestos polimericos especializados	29
1.3.2. Compuestos plásticos conductivos	29
1.4. Lineas de producción	30
1.4.1. Nuevas tecnologías disponibles con polímeros	30
1.4.2. Bandas eslabonadas plásticas para transportadores	30
1.4.3. Rodillos 100 % plásticos para transportadores	31
1.4.4. Llantas y soportes para procesos extremos	31
1.4.5. Bujes y rodamientos plásticos de alta resistencia al desgaste	31
1.5. Fabricantes de equipos- oem	32
1.5.1. Diseño y desarrollo colaborativo. manufactura a su medida.	32
1.6. Envases/Empaques	33
1.6.1. Reducción de costos usando tecnología	33
1.6.1.1. Optimización de la producción de envases y empaques	33
1.7. Soluciones avanzadas	34
1.7.1. Desarrollos especializados	34
1.8. Estructura organizacional pladesan Ltda.	34

1.8.1.	Diagrama de procesos pladesan ltda	36
1.8.1.1.	(Sistema gestion de calidad.)	36
1.9.	Procesos de producción pladesan ltda.	37
1.9.1.	Distribucion de los espacios, planta de produccion principal pladesan ltda.	37
1.9.2.	Bloque de metal-mecánica	38
1.9.3.	Bloque de inyección	41
2.	DIAGNÓSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PLÁSTICOS DE SANTANDER (PLADESAN LTDA)	50
2.1.	Introducción al diagnóstico de mantenimiento	50
2.2.	Tipos de mantenimiento	51
2.2.1.	Mantenimiento correctivo.	51
2.2.2.	Mantenimiento Preventivo.	51
2.2.3.	Mantenimiento Predictivo.	52
2.2.4.	Mantenimiento Proactivo.	53
2.3.	Objetivos para el diagnóstico del mantenimiento	54
2.4.	Inventario de las maquinas en pladesan ltda	54
2.5.	Aplicación de los instrumentos de diagnóstico	56
2.5.1.	Cuestionario primer nivel	56
2.5.1.1.	Resultados de los cuestionarios de primer nivel	61
2.6.	Identificación de las fuentes de información:	61
2.7.	Resultados para el personal en el área de mantenimiento	62
2.8.	Resultados para la parte de control de actividades de mantenimiento	63
2.9.	Resultados para los programas de conservación	64
2.10.	Resultados para el cuestionario en la parte administrativa del mantenimiento	66
2.11.	Diagrama de pareto aplicado	67
2.12.	Análisis del comportamiento de las maquinas área de inyección de plásticos	68

2.12.1. Análisis de fallos bloque inyección:	68
2.13. Análisis de fallos de las máquinas en la elaboración de moldes para inyecciones en el área de metal-mecánica	71
2.14. Análisis de costos para la empresa Pladesan Ltda para máquinas que están paradas o que no están funcionalmente listas	75
2.15. Descripción del área de mantenimiento Pladesan Ltda.	77
2.16. Diagnóstico del estado actual de la documentación	78
2.17. Programación de mantenimiento preventivo	80
2.18. Resultados global del diagnóstico de la gestión del área de mantenimiento	83
2.19. Diagnóstico de gestión de repuestos	83
3. CRITICIDAD	85
3.1. Propuesta de mejora al modelo de gestión de mantenimiento de la empresa Pladesan Ltda.	85
3.2. Análisis de criticidad	85
3.2.1. Concepto preliminar	86
3.2.2. Definición del análisis de criticidad	87
3.2.3. Información requerida.	91
3.2.4. Manejo de la información.	92
3.2.5. Precondiciones para el Análisis de Criticidad.	92
3.3. Procedimiento para la aplicación del análisis de criticidad	93
3.3.1. Identificación de los equipos a estudiar	93
3.4. Definición del alcance y objetivo del estudio.	95
3.5. Selección del personal a entrevistar.	95
3.6. Importancia del estudio.	95
3.7. Recolección de datos.	96
3.8. Verificación y análisis de datos.	101
3.9. Resultados del estudio.	102

3.10.Codificación	112
3.10.1. Codificación de equipos e inventario	112
4. ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (RCA)	115
4.1. Aplicación del análisis causa raíz	116
4.2. Niveles del análisis causa raíz	117
4.3. Identificación del mal actor	118
4.4. Análisis teórico practico del proceso de la aplicación de la metodología análisis de causa raíz (RCA)	120
4.4.1. Informe sobre fallas repetitivas en el sistema de calefacción de las inyectoras en PLADESAN LTDA.	120
4.4.1.1. Términos de referencia para ordenar el análisis	120
4.4.1.2. Organización del equipo de trabajo para el análisis RCA	121
4.4.2. Análisis de causa raíz mediante la herramienta árbol lógico de fallas	122
4.4.2.1. Introducción al árbol lógico de fallas	122
4.4.3. Pasos del árbol lógico de fallas	124
4.4.4. Descripción de los eventos presentados en las inyectoras	125
4.4.5. Descripción de los modos de falla en el sistema de calefacción del cañón de las inyectoras	127
4.4.6. Planteamiento de hipótesis de falla	129
4.4.7. Verificación de las hipótesis	130
4.4.7.1. Hipótesis 1	130
4.4.7.2. Hipótesis 2	130
4.4.7.3. Hipótesis 3	131
4.4.7.4. Hipótesis 4	132
4.4.7.5. Hipótesis 5	133
4.4.7.6. Hipótesis 6	133
4.4.7.7. Hipótesis 7	134
4.4.7.8. Hipótesis 8	134

4.4.7.9.	Hipótesis 9	134
4.4.7.10.	Hipótesis 10	135
4.4.7.11.	Hipótesis 11	135
4.4.8.	Estudio y verificación de las causas físicas	136
4.4.8.1.	Hipotesis 1. rotura en los cables (sulfatación y corrosión): Mala instalación de las resistencias	137
4.4.8.2.	Hipotesis 2. resistencias quemadas: Mala selección de las resistencias por parte del encargado de comprarlas e instalarlas	137
4.4.9.	Estudio y verificación de causas humanas	137
4.4.10.	Estudio y verificación de las causas latentes	140
4.4.11.	Recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla	150
4.4.12.	Propuesta de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla	151
4.4.12.1.	Introducción	151
4.4.12.2.	Justificación	151
4.4.12.3.	Objetivo:	152
4.4.12.4.	Proceso metodológico	152
4.4.13.	Plan de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla.	153
4.4.13.1.	Recomendación 1	153
4.4.13.2.	Recomendación 2	155
4.4.13.3.	Recomendación 3	156
4.4.13.4.	Recomendación 4	157
5.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	159
5.1.	Antecedentes de los sistemas de información	159
5.2.	Generalidades de los sistemas de información	160
5.2.1.	Sistema	160
5.2.2.	Enfoque sistémico.	161

5.2.3.	Sistema de información.	161
5.3.	Objetivos de los sistemas de información	162
5.4.	Elementos básicos de los sistemas de información para mantenimiento	164
5.5.	Consideraciones de los sistemas de información aplicados al área de mantenimiento	165
5.6.	Clases de sistemas de información	167
5.6.1.	Sistemas de información manuales	167
5.6.2.	Sistemas de información computarizados.	168
6.	Implementacion del maintenance assistant en pladesan ltda.	169
6.1.	Modulos	169
6.1.1.	Account	169
6.1.1.1.	Dashboard	169
6.1.2.	System	171
6.1.2.1.	Server administration	172
6.1.2.2.	Data administration	173
6.1.2.3.	Cloud	173
6.1.3.	Admin	174
6.1.3.1.	Accounts and users	174
6.1.3.2.	CMMS	177
6.1.4.	Cmms	179
6.1.4.1.	Assets	180
6.1.4.2.	Maintenance	181
6.1.5.	Supply	184
6.2.	Dinámica de la implementación del software maintenance assitant en PLADESAN LTDA	184
6.3.	Dinámica de la implementación del software maintenance assitant en PLADESAN LTDA para las áreas de inyección y metal-mecánica	185
6.4.	Generación de reportes de mantenimiento en pladesan ltda.	188

7. Conclusiones	191
BIBLOGRAFIA	194
A. Inventario	195
A.1. Inventario completo pladesan ltda.	195
B. Planes de Mantenimiento	198
B.1. Muestra planes de mantenimiento maintenance assistant pladesan ltda.	198
B.2. Instructivos Servidor	201
C. Teoria análisis causa raíz	204
C.1. Introducción	204
C.2. Análisis causa raíz como estrategia de confiabilidad operacional	205
C.2.1. Aplicación de la confiabilidad	206
C.2.2. Mejoras potenciales al usar la confiabilidad operacional	207
C.2.3. Estrategias de la confiabilidad operacional	207
C.2.4. Herramientas de la confiabilidad operacional	208
C.3. Análisis causa raíz (RCFA)	210
C.3.1. Enfoque tradicional / Análisis de fallas	211
C.3.2. Análisis Causa Raíz	211
C.3.3. Beneficios del RCA	212
C.3.4. ¿Cuándo se usa el RCA?	212
C.3.5. Clases de fallas	213
C.3.6. Causas raíces RCFA	213
C.3.7. Aplicación del RCA	214
C.4. Técnicas de análisis para la determinación de la causa raíz que origina el problema	215
C.4.1. Lluvia de ideas (Brainstorming)	215
C.4.1.1. Objetivo de la lluvia de ideas	216

C.4.1.2.	¿Cuándo debe ser utilizada la lluvia de ideas?	216
C.4.1.3.	Procedimiento (lluvia de ideas)	216
C.4.1.4.	Variantes	217
C.4.1.5.	Ventajas de la lluvia de ideas	217
C.4.2.	Multivotación	218
C.4.2.1.	¿Cuándo debe ser utilizada la Multivotación?	218
C.4.2.2.	¿Cómo se utiliza la Multivotación?	218
C.4.2.3.	Notas importantes	219
C.4.3.	Los cinco porqués (Five whys)	219
C.4.3.1.	Objetivo de los cinco porqués (Five whys)	220
C.4.3.2.	¿Cuándo debe ser utilizado los cinco porqués (Five whys)?	220
C.4.3.3.	¿Cómo se utiliza los cinco porqués (Five whys)?	220
C.4.4.	Diagrama causa-efecto (Ishikawa) o diagrama de espina de pescado	221
C.4.4.1.	Objetivos del diagrama causa-efecto (Ishikawa)	222
C.4.4.2.	Cuándo debe ser utilizado el diagrama causa-efecto (Ishikawa)?	223
C.4.4.3.	¿Cómo se utiliza el diagrama causa-efecto (Ishikawa)?	223
C.4.4.4.	Ventajas de el diagrama causa-efecto	225
C.5.	Metodología del RCA	227
C.6.	Proceso genérico de RCA	227

LISTA DE FIGURAS

	pág.
1. Estructura organizacional de PLADESCAN LTDA.	35
2. Mapa de procesos para la gestión de calidad PLADESCAN LTDA.	36
3. Mapa de procesos para la gestión de calidad PLADESCAN LTDA.	37
4. Diseño CAD	38
5. Diseño CAM	38
6. Maquina CNC PLADESCAN LTDA	39
7. Maquinado en CNC PLADESCAN LTDA	39
8. Maquinado en CNC PLADESCAN LTDA	40
9. Maquinado en TORNO CNC PLADESCAN LTDA	40
10. Molde para inyección de plástico	41
11. Material en stock PLADESCAN LTDA	42
12. Tintura para el material en polvo	42
13. Tintura para el material en gránulos	43
14. Maquina mezcladora de tinte y material	43
15. Material sin tinte directo en tolva	44
16. Deshumificador	44
17. Inyectora 4 PLADESCAN LTDA	45
18. obtención de base para visera en inyección	45
19. Base para visera en inyección	46
20. Trituradora para material de reciclaje	46
21. Atemperador PLADESCAN LTDA.	47
22. CHILERS PLADESCAN LTDA..	47
23. COMPRESORES PARALELO Y ACUMULADOR PLADESCAN LTDA.	48
24. COMPRESORES PARALELO Y ACUMULADOR PLADESCAN LTDA	48
25. PLANTA ELECTRICA PLADESCAN LTDA.	49
26. Fragmento inventario de máquinas PLADESCAN LTDA	55

27. Escala de colores para la calificación de los ítems de las encuestas	61
28. Grafico de resultados encuesta personal	62
29. Grafico de resultados encuesta control	63
30. Grafico de resultados encuesta programas de conservación	64
31. Gráficos de resultados encuesta mantenimiento para la administración	66
32. Pieza polimérica (pala de arrastre)	68
33. Tabulación de datos de fallas bloque inyección	69
34. Diagrama de Pareto fallas en el bloque inyección	70
35. Moldes para inyección de plásticos	71
36. Frecuencia de fallas en el bloque metal-mecanica	74
37. Diagrama de Pareto costo de no operación de las maquinas	76
38. Ubicación del área de mantenimiento dentro de la estructura organizacional de PLADESAN LTDA.	79
39. Aspectos de la confiabilidad operacional	86
40. Ecuación de criticidad	89
41. Ecuación de criticidad	96
42. Formato de encuestas Análisis Criticidad.	98
43. Ponderaciones de los parametros del analisis de criticidad.	99
44. Puntajes finales para la inyectora 7.	102
45. Ecuacion de criticidad simplificada.	102
46. Resultados análisis criticidad equipos PLADESAN LTDA.	111
47. Codificación maquinas PLADESAN LTDA.	113
48. Inventario PLADESAN LTDA	114
49. Árbol lógico de falla	115
50. Partes básicas de una inyectora de plástico	119
51. Descripción de pasos para la construcción de un árbol lógico de fallas	123
52. Pasos árbol lógico de fallas	124
53. Primer paso para la construcción del árbol lógico de fallas (EVENTO)	125

54. Resistencias quemadas o en mal estado	126
55. Daños en el cableado del sistema calefacción	126
56. Monitor de control	127
57. Material saliente	128
58. Motor hidráulico	128
59. Modos de falla	129
60. Revisión termocuplas	130
61. Análisis de continuidad y ohmiamje de las resistencias	131
62. Cableado sistema de calefacción cañón de inyección	132
63. Formatos donde se almacena la información para el cuadro de la máquina para los procesos PLADESAN LTDA	132
64. Revisión del motor hidráulico	133
65. Revisión del sistema de refrigeración del bajante	134
66. Hipótesis	135
67. Hipótesis de las causas físicas	136
68. Verificación de las causas humanas	139
69. Estudio y verificación causas latentes	141
70. Codigos de color	142
71. Árbol lógico de fallas completo	143
72. Modo de fallas	144
73. Hipotesis	144
74. Hipotesis Modo de fallas 2	145
75. Hipotesis Modo de fallas 3	145
76. Causas fisicas Modo de fallas 1	146
77. Causas fisicas Modo de fallas 2	147
78. Causa Humanas Modo de fallas 1	148
79. Causa Humanas Modo de fallas 2	148
80. Causas latentes Modo de fallas 1	149
81. Causas latentes Modo de fallas 2	149

82. Enfoque sistémico	161
83. Comportamiento de un sistema de información	162
84. Flujo de datos de un sistema de información	165
85. Account	169
86. interfaz login	169
87. interfaz login	170
88. Dashboard	170
89. Quick Links	171
90. System	171
91. Server Settings	172
92. Network Settings	172
93. Data Backup And Restore	173
94. Admin	174
95. Your Business	175
96. Users	176
97. Users	176
98. Users groups	177
99. CMMS Settings	177
100.Asset Events	178
101.Maintenace Types	178
102.Reasons to set assets online and offline	179
103.CMMS	180
104.Scheduled Maintenace and Work orders	182
105.Scheduling	183
106.Task	184
107.Supply	184
108.Mapa de la lógica órdenes de trabajo	187
109.Dinámica del uso del maintenance para el área de inyección	188

110.Pantalla de reportes PLADESAN LTDA	189
111.Pantalla de reportes PLADESAN LTDA	190
112.visión de la mejora continua	204
113.Refrán	204
114.Focos para la gestión en la producción industrial	205
115.Confiabilidad operacional	206
116.Mejoras con la confiabilidad operacional	207
117.herramientas fundamentales de confiabilidad operacional	209
118.RCA	211
119.Causa de los problemas	215
120.Ejemplo Multivotación	219
121.Ejemplo de los cinco porqués (Five whys)	221
122.Concepto de causa-efecto en el esqueleto de pescado	222
123.Esquema del diagrama causa-efecto (Ishikawa)	222
124.Diagrama causa-efecto	225
125.Ejercicio aplicando el diagrama causa-efecto (Ishikawa)	226
126.Ejercicio aplicando el diagrama causa-efecto (Ishikawa)	226
127.Metodología RCA	227
128.Proceso genérico de RCA	227

LISTA DE TABLAS

	pág.
1. Encuesta de mantenimiento al personal	57
2. Encuesta de mantenimiento parte administrativa	58
3. Encuesta de mantenimiento programas de conservación	59
4. Encuesta de mantenimiento parte de control	60
5. Encuesta de mantenimiento programas de conservación	73
6. Criterios para establecer la frecuencia de inspecciones e intervenciones para una maquina en general.	82
7. EQUIPOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD	94
8. Ponderaciones y resultados inyectora numero 7	103
9. Ponderaciones y resultados inyectora número 8 Análisis criticidad	104
10. Ponderaciones y resultados conjuntos de chilers Análisis criticidad	104
11. Ponderaciones y resultados compresores en paralelo Análisis criticidad	105
12. Ponderaciones y resultados inyectora 9 Análisis criticidad	105
13. Ponderaciones y resultados inyectora numero 10 Análisis criticidad	106
14. Ponderaciones y resultados Inyectora numero 11 Análisis criticidad	106
15. Ponderaciones y resultados Tolva dosificadora Análisis criticidad	107
16. Ponderaciones y resultado deshumidificador Análisis criticidad	107
17. Ponderaciones y resultados Atemperador Análisis criticidad	108
18. Ponderaciones y resultados CNC 30 (2003) Análisis criticidad	108
19. Ponderaciones y resultados CNC v-30 (2001) Análisis criticidad	109
20. Ponderaciones y resultados CNC v-20 (2005) Análisis criticidad	109
21. Ponderaciones y resultados Torno CNC Análisis criticidad	110
22. Ponderaciones y resultados Planta eléctrica Análisis criticidad	110
23. Ponderaciones y resultados Servidor principal Análisis criticidad	111

RESUMEN

Título:

Plan de mantenimiento para la empresa PLADESCAN LTDA.¹

Autor:

David Antonio Bejarano Carvajal

Jorge Enrique Guerra Benjumea ²

Palabras claves: Mantenimineto, Preventivo, RCA,

El siguiente informe se presenta el cumplimiento de los objetivos del plan de proyecto de grado, desarrollado en la empresa plásticos de Santander PLADESCAN LTDA, el objetivo principal es aumentar la eficiencia, rentabilidad y competitividad de la empresa PLADESCAN LTDA mediante la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos que poseen. El desarrollo del proyecto se realizó en las siguientes fases. En la primera se estableció un análisis completo de la empresa y de su proceso de producción.

En la segunda fase, se desarrolló un análisis y diagnóstico del estado del sistema de gestión de mantenimiento existente, así como también el estado de los equipos. Tercero se desarrolló un modelo de gestión para la empresa que comprendía un análisis de criticidad, planes de mantenimiento preventivo y codificación, para cada uno de los equipos con los que cuenta la empresa PLADESCAN LTDA en su planta de producción, posteriormente se realizó un análisis RCA (causa raíz) para las fallas más repetitivas en el área de inyección durante el año 2021 y finalmente se implementó el sistema de información de la empresa de la mano con un software de mantenimiento para la administración del mantenimiento en la empresa.

¹Trabajo de grado

²Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Carlos Borrás Pinilla

ABSTRACT

Title:

Preventive maintenance plan for PLADESCAN LTDA.³

Author:

David Antonio Bejarano Carvajal

Jorge Enrique Guerra Benjumea⁴

Key words: Maintenance, Preventive, RCA

The following report includes the aims of the graduation project plan developed in PLADESCAN LTDA, a plastic company in Santander. The main purpose is to increase efficiency, profitability and competitiveness of the company through the development of a preventive maintenance plan, for the most critical equipment the company own. The project was developed in different phases. During the first one, a complete analysis of the company and its process was established. In the second step, an analysis and diagnosis of the current maintenance management system, as well as the condition of the equipment were developed. During the third phase, a management model for the company that included a criticality analysis, preventive maintenance a plans and encoding for the equipment involved in the company's production was developed. Later, a RCA (root cause analysis) for the most common failures in the injection area during 2012 was performed. And finally, a company's information system was implemented, guided by a maintenance software for the company's maintenance management.

³" Degree work "

⁴"School of physics and mechanical engineering, School of Mechanical Engineering, Mr. Carlos Borrás Pinilla."

INTRODUCCION

El mantenimiento industrial, ha tenido una gran evolución en los últimos 30 años, este cambio ha traído nuevas políticas e ideologías que se han ensamblado a la forma con que las empresas de clase mundial trabajan hoy en día.

Los sistemas de control, las redes de automatización, la sensorica, la robótica hacen parte de nuevas tecnologías que cada día se hacen más comunes en la mayoría de los procesos de manufactura, este tipo de innovaciones hacen que el mantenimiento forme parte de este nuevo mundo y que se necesite de nuevas técnicas para que esta área ayude a las empresas a ser más rentables, eficientes y productivas. El crecimiento tecnológico, la globalización y los tratados comerciales entre países hacen que los tiempos improductivos de una empresa tengan un efecto muy grande en la producción, costo de producción, calidad o servicio y satisfacción del cliente, lo que trata de llevar a las empresas a adoptar sistemas de producción justo a tiempo, y lo que se busca es evitar que pequeñas averías puedan causar el paro de una planta. Además de esto se busca cada día una mayor automatización donde existan relaciones estrechas entre el estado de una máquina y la calidad del producto.

En Bucaramanga estos nuevos conceptos y tecnologías tienen que implementarse, es por esto que razón que PLADESAN LTDA tiene que implantar las nuevas formas de gerenciamiento del mantenimiento para que se convierta en una organización más competitiva, elevando su eficiencia, seguridad en los procesos y la calidad. PLADESAN LTDA quiere dejar de lado el mantenimiento rudimentario y entrar en las políticas de mantenimiento de última generación, comenzando por el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo apoyado con software con el cual tendrá el área de mantenimiento en un alto nivel de organización lo que le traerá enormes beneficios los cuales son factor importante en su crecimiento y consolidación en el mercado.

1. GENERALIDADES DE PLADESAN LTDA.



1.1. Pladesan LTDA.

Plásticos de Santander es una empresa especializada en el diseño, desarrollo y manufactura de partes de precisión y ensamblajes para aplicaciones de alto desempeño. Nuestras soluciones usan normalmente materiales termoplásticos de altas especificaciones; sin embargo también desarrollamos soluciones con materiales termofijos, metales e inclusive ensamble entre estos cuando se requiere. . . cuando la aplicación, el volumen y el costo lo requieren, usamos materiales de propósito general que entreguen un desempeño apropiado. Plásticos de Santander opera desde 1962 en Bucaramanga, Colombia.

1.1.1. Nuestra vision

Entregamos soluciones de alto desempeño para sus necesidades industriales. Plásticos de Santander Ltda. - PLADESAN se especializa en el diseño, desarrollo y manufactura de partes de precisión y ensamblajes de alto desempeño para fabricantes originales de equipos y procesos industriales con altos requerimientos; ejecutados mediante procesos de servicio estructurados.

1.1.2. Nuestra pasión:

Innovación y Mejoramiento. Soportados en nuestro principal factor de éxito “ Capacidades y conocimiento aplicado”, nuestro equipo de trabajo entrega soluciones que

desafían las soluciones comunes, al mismo tiempo que excedemos expectativas y construimos nuevas tendencias que integran lo tecnológico, económico, ecológico y personal.

Nos motiva la creación de valor para todos nuestros socios, Todos nuestros desarrollos buscan principalmente la reducción de costos y aumento de márgenes de utilidad para nuestros clientes, socios, accionistas, equipo de trabajo y la sociedad en general, por esta razón nuestra relación precio/calidad sigue siendo un factor crítico de éxito

1.1.3. Valores

Operamos de acuerdo con dos valores corporativos básicos: ÉTICA en nuestras relaciones con clientes, socios y trabajadores; e INTEGRIDAD en todos nuestros procesos de servicio.

1.2. Aseguramiento de calidad

1.2.1. Sistema de gestión de calidad.

PLADESAN LTDA mantiene un sistema de gestión de calidad alineado con el estándar ISO9001 que presta soporte a los procesos de diseño de partes y ensambles, desarrollo de herramental y moldes, mecanizados e inyección de materiales poliméricos. Certificado de inspección de materiales, usos regulados del material reciclado, registros de puesta a punto de máquinas y producción, especificaciones de productos disponibles 24 horas en el punto de trabajo, inspecciones definidas de control de calidad y sus registros; son algunas de las actividades que garantizan que sus lotes de producto mantienen una calidad homogénea.

1.2.2. Ubicación

La empresa PLADESAN LTDA cuenta con una única planta ubicada en la carrera 15 No 3-34 en la ciudad de Bucaramanga-Colombia, con un área de 500 m^2 donde se encuentra tanto la planta de producción como las oficinas principales.

1.3. Tecnologías pladesan ltda

1.3.1. Materiales y compuestos polimericos especializados

Podemos realizar desarrollos para aplicaciones que requieren un nivel superior de desempeño del material polimérico. Nuestro apoyo puede estar tanto en el diseño de la parte como en la sección del material.

Tenemos experiencia en aplicaciones reemplazo de partes estructurales, conducción y disipación de electricidad, coeficientes de fricción y desgastes reducidos, conducción y disipación de calor, resistencia química mejorada, resistencia térmica mejorada, protección de interferencia electromagnética, resistencia de envejecimiento mejorada.

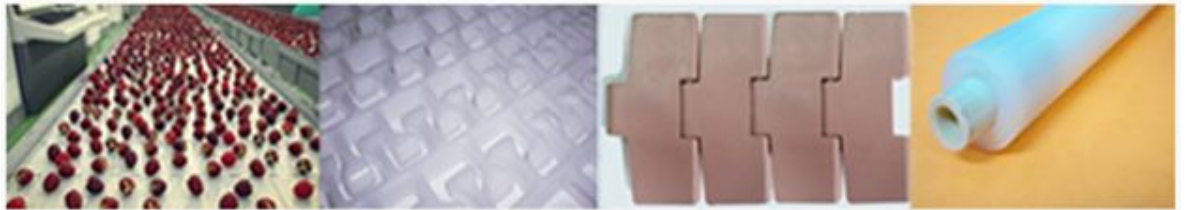
Trabajamos también con materiales elastómeros especializados según la aplicación. Podemos crear compuestos termoplásticos específicos para sus necesidades, ajustando sus costos a lo estrictamente necesario. Los desarrollos realizados con nuestros clientes incluyen materiales que van desde las resinas de propósito general, hasta compuestos basados en resinas de alto desempeño.

1.3.2. Compuestos plásticos conductivos

Tenemos experiencia en fabricación de compuestos conductivos eléctricos de resistencia controlada. No importa si sus requerimientos son conducción, disipación

de estática o anti-estática podemos ser sus socios para selección y producción por lotes de material conductor de “Resistencia eléctrica con tolerancias estrechas”. El 100 % del material es sometido a exigentes pruebas de calidad en nuestra planta acorde con los requerimientos del cliente.

1.4. Líneas de producción



1.4.1. Nuevas tecnologías disponibles con polímeros

Buscando soportar las líneas de producción en sus esfuerzos de aumento de productividad, mejoramiento operacional y reducción de costos; PLADESAN mantiene una investigación constante en tecnologías poliméricas aplicadas a procesos productivos. El resultado son 4 grupos de soluciones:

1.4.2. Bandas eslabonadas plásticas para transportadores

- Contamos con modelos estándar del mercado.
- Tenemos posibilidad de mejorar cualquier modelo existente o desarrollar nuevas referencias de acuerdo a sus especificaciones con unos costos de desarrollo muy bajos.
- Fabricadas con materiales importados.
- Materiales aprobados FDA para contacto directo con alimentos cuando aplica.

- Relación directa fabricante - usuario final que nos permite reducir los costos de la solución.
- Posibilidad de versiones con recubrimientos superiores de alta fricción o empujadores.

1.4.3. Rodillos 100 % plásticos para transportadores

- Tamaño y diseño personalizable.
- Diseños de acuerdo a la capacidad de carga o resistencia requerida.
- Resistentes a la corrosión y procesos de limpieza diaria.
- Tamaño y diseño personalizable.
- Vida útil equivalente o superior a las soluciones comunes del mercado a costos inferiores.
- Livianos y de fácil mantenimiento.

1.4.4. Llantas y soportes para procesos extremos

- Soportes diseñados para resistir condiciones de corrosión severa.
- Llantas especiales para manejo de altas cargas e impactos.
- Modelos especiales que no requieren lubricación ni mantenimiento.

1.4.5. Bujes y rodamientos plásticos de alta resistencia al desgaste

- Disminuya la periodicidad de cambio de rodamientos.
- Reemplace los bujes de bronce, aumentando la vida útil del componente y disminuyendo desgaste sobre los ejes.

- Elimine fuentes de contaminación para su proceso. No requieren lubricación ni mantenimiento.
- Diseño personalizable para cada necesidad.
- Costos de reposición reducidos.

1.5. Fabricantes de equipos- oem



1.5.1. Diseño y desarrollo colaborativo. manufactura a su medida.

Nuestra especialidad son las aplicaciones con altas exigencias de desempeño y funcionalidad. Adicionalmente contamos con un área de producción que trabaja 24 horas al día para estar a su ritmo de producción.

Trabajamos con una metodología de desarrollo flexible que nos permite poder ofrecer soluciones viables en costo para nuestros clientes aun cuando los volúmenes de consumo sean pequeños.

Trabajamos rutinariamente con clientes en otras ciudades y en otros países; basados en planos de especificaciones, muestras físicas, visitas en sitio o instrucciones de diseño. Cuando aplica Pladesan genera planos antes del desarrollo para que el cliente apruebe; y garantizar así su conformidad.

Nuestra experiencia nos permite asistir a socios y clientes en selección de materiales poliméricos. Desde piezas para interiores de cabinas en aviones comerciales hasta la consolidación y reemplazo de partes metálicas estructurales por materiales poliméricos.

Contamos con tecnologías CAD/CAE que soportan nuestros procesos de diseño y nos permiten intercambiar experiencias y sugerencias con nuestros clientes. Nuestros segmentos de mercado incluyen Industria Alimenticia, Médica, Aviación, Petróleo, Moda, Petroquímica, Construcción y Equipos Electrónicos.

1.6. Envases/Empaques



1.6.1. Reducción de costos usando tecnología

1.6.1.1. Optimización de la producción de envases y empaques

En PLADESAN nos concentramos en las actividades que más influyen sobre sus costos de envases y empaques plásticos por inyección, y las optimizamos con tecnología para convertirlas en disminución de costos. Sea que el cliente tiene un costo objetivo definido o que requiera una mejor oferta de costos, nuestra propuesta está basada en un análisis del producto actual, nivel de consumo y proyecciones,

requerimientos de producto, herramental existente o requerido y logístico. Proveen soluciones en esta línea para empresas listadas entre las 100 más grandes de Colombia.

1.7. Soluciones avanzadas

1.7.1. Desarrollos especializados

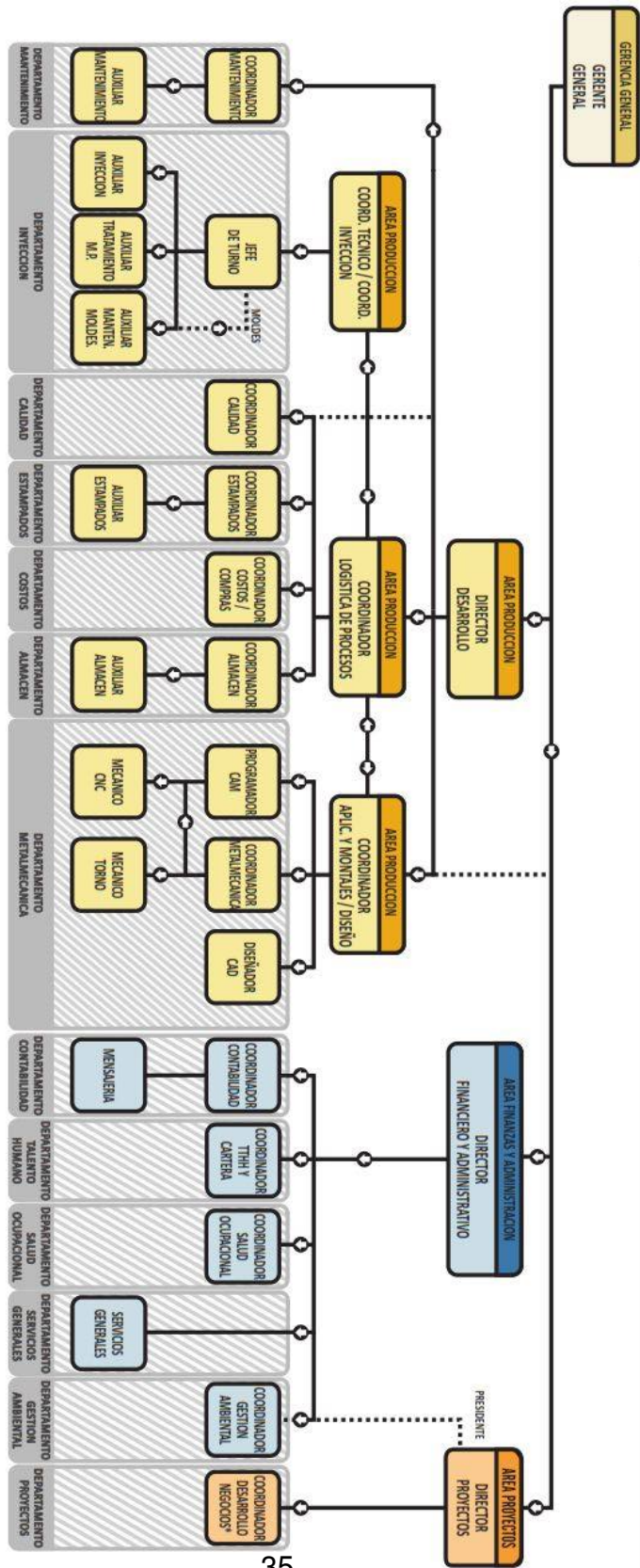
Cuando se requiere implementar nuevas tecnologías, mejorar componentes de alto desempeño, reemplazar metales, aumento de competitividad o solucionar problemas en ambientes y condiciones muy agresivas, las soluciones comunes y estándares del mercado se quedan muy cortas. Desde hace más de 10 años PLADESAN desarrolla nuevas tecnologías y métodos de fabricación para clientes de sectores especializados de la industria. Estos incluyen:

- Fabricación de menor costo
- Consolidación de partes y operaciones
- Procesos con mayor control que habilitan especificaciones de producto más exigentes
- Aumento de vida útil de componentes

1.8. Estructura organizacional pladesan ltda.

PLADESAN LTDA, es una empresa creada en la ciudad de Bucaramanga desde el año 1962. La estructura organizacional actual de la empresa se muestra en la figura 1

Figura 1: Estructura organizacional de PLADESCAN LTDA.



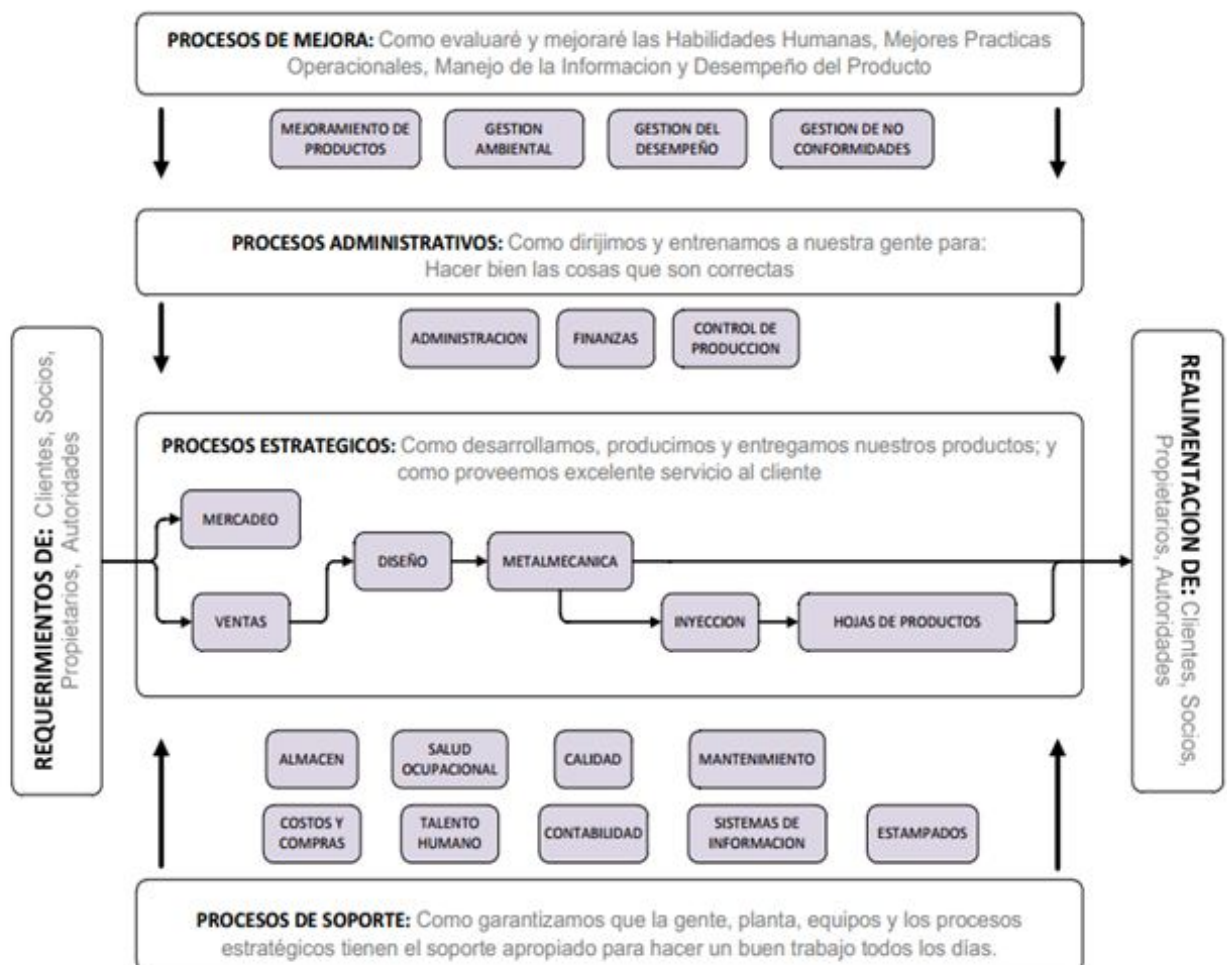
*Un Coord. Desarrollo Negocios debe tener a cargo: Facturación, Exportaciones, Servicio al Cliente y Atención al Público en primera persona.

1.8.1. Diagrama de procesos pladesan ltda

1.8.1.1. (Sistema gestion de calidad.)

A continuación se muestra el mapa general de los procesos que tiene la empresa PLADESAN LTDA, en su sistema de gestión de calidad, este mapa se muestra en la figura 2 .

Figura 2: Mapa de procesos para la gestión de calidad PLADESAN LTDA.



Fuente: PLADESAN LTDA.

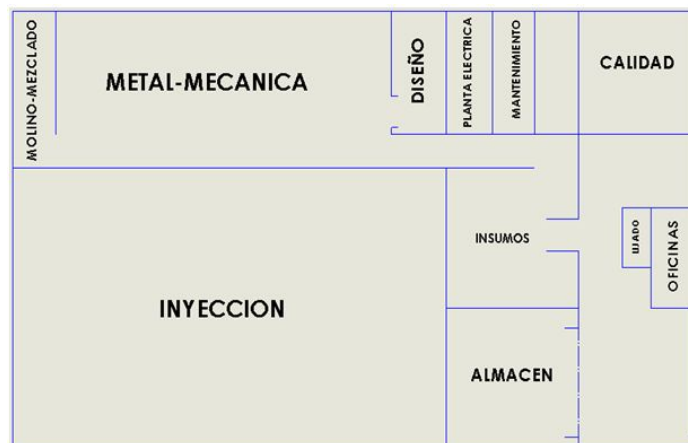
1.9. Procesos de producción pladesan ltda.

PLADESAN LTDA tiene su producción dividida en dos grandes bloques, el primero es el del diseño y producción de moldes para inyección y soplado de plásticos aunque el proceso de soplado la empresa no lo realiza, y la parte de inyección para producir cualquier pieza a partir de un polímero.

Una de las grandes fortalezas de PLADESAN LTDA es su “know how” ya que en los dos bloques de producción cuentan con personal altamente calificado que junto con su experiencia son tal vez el activo más valioso que la empresa posee. La capacidad de análisis en el diseño de moldes, la destreza, experiencia y pericia con que se manejan los materiales y la forma como se fabrican los productos, hacen de PLADESAN LTDA una empresa altamente competitiva en su gremio.

1.9.1. Distribucion de los espacios, planta de produccion principal pladesan ltda.

Figura 3: Mapa de procesos para la gestión de calidad PLADESAN LTDA.



Fuente: El autor

1.9.2. Bloque de metal-mecánica

Este gran bloque tiene como comienzo elaborar en CAD un producto nuevo, o si el cliente lleva lo que quieren obtener por ejemplo un recipiente, los encargados de diseño lo miden, lo examinan y elaboran el diseño en CAD.

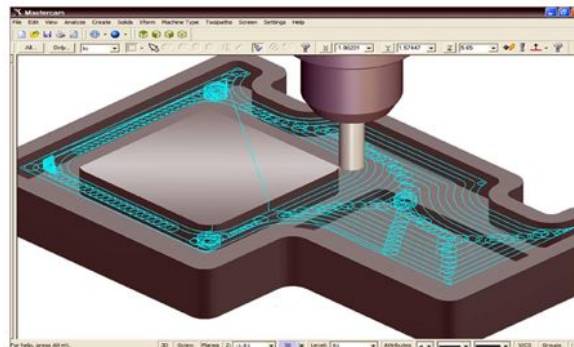
Figura 4: Diseño CAD



Fuente: http://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/Images/cad_tcm903-110207.jpg

Una vez está la pieza, las piezas o el modelo se dirige el modelo CAD con los encargados del CAE quienes se encargan de los códigos para la elaboración de la pieza en las maquinas CNC. Cuando los códigos y la maquina CNC están listos se maquina el bloque de material para obtener lo que se quiere, en este caso la pieza de un molde para inyección.

Figura 5: Diseño CAM



Fuente: http://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/Images/cad_tcm903-110208.jpg

Las maquinas CNC que posee paladean, son máquinas de referencia leadwell v30 y v20.

Figura 6: Maquina CNC PLADESAN LTDA



Fuente: PLADESAN LTDA.

Los bloques para los moldes son maquinados en CNC como esta, y también algunos dependiendo de la necesidad pasa por el torno CNC, taladro, erosionadora y otras máquinas periféricas a los CNC principales para llegar a un producto final que es el molde para la inyección de polímeros en la obtención de una pieza específica.

Figura 7: Maquinado en CNC PLADESAN LTDA



Fuente: PLADESAN LTDA.

Figura 8: Maquinado en CNC PLADESAN LTDA



Fuente: PLADESAN LTDA.

Figura 9: Maquinado en TORNO CNC PLADESAN LTDA



Fuente:PLADESAN LTDA.

Habiendo terminado el maquinado en CNC, torno CNC y equipos periféricos para rectificar o añadir alguna característica al producto final según la necesidad, se obtiene un molde en acero para la inyección de plásticos y así poder producir piezas en grandes cantidades, la calidad de las piezas de plástico dependerá de las dimensiones y superficies del molde, el correcto diseño de los canales por donde fluye el plástico y el correcto tratamiento que se le dé al material durante cada paso del proceso de inyección

Figura 10: Molde para inyección de plástico



Fuente: http://www.bizrice.com/upload/20120113/Car_bumper_injection_mold_plastic_mold_plastic.jpg

En los procesos de inyección los moldes se elaboran de acero ya que las presiones con que el cañón de inyección empuja el material hacia el molde son muy elevadas por lo que otros materiales por su fragilidad como cerámicos no servirían , también se manejan temperaturas que un polímero no aguantaría bajo esas cargas de trabajo.

1.9.3. Bloque de inyección

Los procesos de inyección de plásticos son variables y dependen de las propiedades del polímero que se procesara y de las características que se quieren al final de proceso. El proceso comienza escogiendo el insumo adecuado para la pieza que se va a elaborar, este proceso de selección del material idóneo dependerá de la experiencia en la elaboración de esta pieza. PLADESAN LTDA maneja un stock donde se tienen los materiales más usados en la elaboración de piezas de polímero comunes.

Figura 11: Material en stock PLADESCAN LTDA



Fuente: Almacén materias primas PLADESCAN LTDA.

Luego de la selección del material, se busca si es necesario el color que requiere el material que es una especie de tinte y se meten en una máquina que lo mezcla uniformemente. Este tinte puede ser granular como el material o en polvo como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 12: Tintura para el material en polvo



Fuente: Almacén materias primas PLADESCAN LTDA.

Figura 13: Tintura para el material en gránulos



Fuente: Almacén materias primas PLADESAN LTDA.

Figura 14: Maquina mezcladora de tinte y material



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

La máquina de mezclado tiene las RPM recomendadas para el mezclado de tinte granulado y material, la mezcla de material y tinte en polvo se realiza directamente en la tolva. Es más usado el tinte granulado ya que no produce suciedad como el polvo y es más fácil de manejar ya que el material mezclado con tinte granular se vierte en la tolva con total facilidad.

Dependiendo del proceso que tenga el polímero, se verterá el material directamente en la tolva o se tendrá que utilizar equipos auxiliares como el deshumidificador, en el caso que la aplicación exija que el material tiene que entrar en la inyectora con una humedad más baja que la del ambiente, en otro caso donde haya que secar el material previamente, en el secador.

Figura 15: Material sin tinte directo en tolva



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

Si el material necesita verse con una humedad específica, se necesita de un equipo auxiliar llamado deshumidificador Figura 16 el cual seca el material y lo introduce en una tolva especial herméticamente cerrada para evitar que la humedad del ambiente se mezcle con el material y se dañe el proceso. El movimiento de material se lleva a cabo gracias a un sistema neumático el cual permite transportar el material seco hacia la tolva dosificadora por medio de tubería flexible.

Figura 16: Deshumidificador



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

En el proceso de inyección se tienen en cuenta muchas variables, como por ejemplo la temperatura a la que debe estar el molde, la velocidad con que entra el material por el cañón, las condiciones del material en la tolva y el ritmo con que entra a la inyectora, el tamaño del molde, el tipo de inyectora y otras variables post proceso. Estas variables se controlan gracias a la experiencia y conocimiento que tienen los empleados en PLADESAN LTDA y esto hace que el producto final tenga las especificaciones deseadas.

Figura 17: Inyectora 4 PLADESAN LTDA



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

Figura 18: obtención de base para visera en inyección



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

Figura 19: Base para visera en inyección



Fuente: Área de inyección PLADESAN LTDA.

En todos los procesos que realiza PLADESAN LTDA se hace un reciclaje de material con las rebabas que quedan después de obtener la pieza, dependerá del color del material y del estado con que sale, solo se puede utilizar un 10% de material reciclado en un nuevo proceso para no afectar la calidad del producto final.

Las rebabas son trituradas en una maquina molino y luego se deposita en los bultos para material de reciclaje. También se trituran piezas defectuosas desde que cumplan con los requerimientos para poder reciclarse.

Figura 20: Trituradora para material de reciclaje



Fuente: Área de inyección PLADESAN LTDA.

Cuando el proceso lo requiere, es necesario mantener el molde a cierta temperatura en la inyectora, para esto se utiliza otro equipo periférico llamado atemperador que es un intercambiador de calor por aceite. El posee unas mangueras que van conectadas al molde y el hace recircular aceite caliente o frío dependiendo de la temperatura deseada.

Figura 21: Atemperador PLADESAN LTDA.



Fuente: Area de inyección PLADESAN LTDA.

La refrigeración de las maquinas se realiza mediante dos chilers que trabajan juntos y enfrían agua para utilizarla como medio refrigerante en cualquier dispositivo, especialmente en los atemperadores y deshumidificadores. Estos están ubicados en el segundo piso de la empresa y se lleva el agua por medio de tubería hacia los equipos.

Figura 22: CHILERS PLADESAN LTDA..



Fuente: Planta de produccion PLADESAN LTDA.

Para la demanda neumática PLADESAN LTDA cuenta con dos compresores trabajando en paralelo, por el momento no están automatizados pero al fallo de uno se pone en funcionamiento el otro, a veces solo se usa uno y se pone otro para mantenimiento. Para almacenar el aire comprimido se cuenta con un tanque que recibe dos entradas, una de cada compresor.

Figura 23: COMPRESORES PARALELO Y ACUMULADOR PLADESAN LTDA.



Fuente: Planta de produccion PLADESAN LTDA.

Figura 24: COMPRESORES PARALELO Y ACUMULADOR PLADESAN LTDA



Fuente: Planta de produccion PLADESAN LTDA.

En la planta principal de PLADESAN LTDA existen problemas con la red eléctrica ya que son frecuentes los picos de corriente y las veces en que se va el servicio

eléctrico en el día, así sea por 30 segundos, para una maquina que este trabajando y debe ser iniciada a operación de nuevo, generando demoras y posibles daños tanto en las maquinas como en el producto, es por eso que PLADESCAN LTDA posee una planta eléctrica que provee de energía eléctrica en esos momentos cuando el servicio se pierde y generando así un fluido eléctrico constante en todo momento evitando paradas y fallas.

Figura 25: PLANTA ELECTRICA PLADESCAN LTDA.



Fuente: Planta de produccion PLADESCAN LTDA.

2. DIAGNÓSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PLÁSTICOS DE SANTANDER (PLADESAN LTDA)

2.1. Introducción al diagnóstico de mantenimiento

Durante el desarrollo del siguiente trabajo de diagnóstico, aplicaremos las herramientas vistas en la asignatura ingeniería de mantenimiento, para tener una vista previa de la situación de la empresa PLADESAN LTDA con respecto al área de manteniendo y tener certeza de cómo está funcionando esta área y encontrar puntos por mejorar, con el fin de elaborar un correcto programa de mantenimiento y permitir así un total aprovechamiento de los recursos de PLADESAN LTDA para lograr un alto grado de productividad.

El principal objetivo de este trabajo no es solo llegar a elaborar un programa de mantenimiento, sino también su implementación en PLADESAN LTDA para mejorar de esta manera su situación actual, ya que en la actualidad las empresas enfrentan retos debido a la globalización y tratados comerciales con otros países por lo que toda la organización debe tener en cuenta su crecimiento para ser competitiva y elevar su productividad con la optimización de recursos y reducción de costos.

Para lograr estos objetivos necesitamos tener los equipos y recursos en buen estado y con la mayor disponibilidad posible y un apoyo importante es el mantenimiento industrial.

2.2. Tipos de mantenimiento

2.2.1. Mantenimiento correctivo.

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible

2.2.2. Mantenimiento Preventivo.

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también

puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

2.2.3. Mantenimiento Predictivo.

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta

manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

2.2.4. Mantenimiento Proactivo.

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización.

Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

2.3. Objetivos para el diagnóstico del mantenimiento

Los objetivos para el diagnóstico de mantenimiento dentro de la empresa PLADE-SAN LTDA son los siguientes:

- Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual tiene que existir un sustento previo que indique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos (análisis de impacto económico, análisis de criticidad).
- Detectar los problemas que tiene la empresa concerniente al mantenimiento industrial.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería mecánica con respecto al área del mantenimiento, para dar solución a los problemas encontrados.

2.4. Inventario de las maquinas en pladesan ltda

Para comenzar a analizar la empresa en el área de mantenimiento, se realiza un inventario de todas las máquinas que están en la planta para saber el nivel de complejidad que requiere el mantenimiento en la empresa, además nos sirve para codificar cada máquina y de esta manera tener referencia de cada una con un código o un grupo.

El inventario se realizó en Excel y quedó guardado en la base de datos de la empresa. En la figura 26 se muestra una parte del inventario realizado, el inventario completo se puede encontrar en los anexos

Figura 26: Fragmento inventario de máquinas PLADESCAN LTDA

CENTRO COSTOS	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCION IP	NOMBRE ESTANDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
370	MET	204	TORNO CNC	LEADWELL T-6	2008 (AFROJO)	-	Torno CNC	5	L2TJH0055
300	DPR		PLADESAN-21 - DIRECCION PRODUCCION			192.168.0.103	Computador 21	0.5	
210	SCL		PLADESAN-22 - DESARROLLO DE NEGOCIOS			192.168.0.22	Computador 22	0.5	
1	GER		PLADESAN-24 - GERENCIAS			192.168.0.200	Computador 24	0.5	
1	GER		PLADESAN-25 - DIRECCION PROYECTOS			192.168.0.234	Computador 25	0.5	
110	CON		PLADESAN-26 - CONTABILIDAD			192.168.0.20	20-contabilidad	0.5	
110	CON		PLADESAN-27 - TALENTO HUMANO			192.168.0.43	43-Hrh	0.5	
100	DFA		PLADESAN-28 - ADMINISTRACION			192.168.0.8	8-finanzas	0.5	
200	DME		PLADESAN-31 - COSTOS / COMPRAS - VLADIMR			192.168.0.150	Computador 29	0.5	
370	MET		PLADESAN-30			192.168.0.30	Computador 30	0.5	
370	MET		PLADESAN-31			192.168.0.31	Computador 31	0.5	
310	INV		PLADESAN-34 - INYECCION	SEMPRON 2400*1.57GHZ,192MB 8G RAM, 40GB, DELL 17"		192.168.0.44	Computador 44	0.5	
230	ALM		PLADESAN-33 - MANTENIMIENTO / CALIDAD	SEMPRON 2800, 512MB, 80GB, SAMSUNG 17"		192.168.0.33	Computador 33	0.5	
100	DFA		SERVIDOR	ATHLON 2000, 512MB, 50GB		192.168.0.96	SERVIDOR-VIEJO	0.5	
100	DFA		SERVIDOR NUEVO			192.168.0.97	SERVIDOR	0.5	
370	MET		PROYECTOS-2			192.168.0.92	Proyectos 2	0.5	
370	MET		PLADESAN-32	ATHLON 3800 DUALCORE, 1024MB, VIDEO 256, 80GB, COMPAQ 17"		192.168.0.74	Computador 32	0.5	
400	MER		PLADESAN-42 - DESARROLLO DE NEGOCIOS	DualCore AMD Athlon 64 X2, 2700 MHz (13.5 x 200) 5200+ ,2 GB DDR2		192.168.0.42	42-des-negocios	0.5	
400	MER		PLADESAN-44 - DESARROLLO DE NEGOCIOS			192.168.0.44	44-des-negocios	0.5	
370	MET		AIRE ACONDICIONADO	SAMSUNG 8000 BTU			A.A. Diseño		
1	GER		AIRE ACONDICIONADO	LG 12000 BTU			A.A. Gerencia		
210	SCL		AIRE ACONDICIONADO	LG 8000 BTU			A.A. Mercadeo		
100	DFA		AIRE ACONDICIONADO	LG 12000 BTU			A.A. Finanzas		
310	INV	ATEM 1	ATEMPERADOR 1	SHINE STM-607-0			Atemperador	5.5	
310	INV	DESH 1	DESHUMIFICADOR 1	SHINE 3CD-30U50MM			Deshumificador 1	8.25	
310	INV	DESH 2	DESHUMIFICADOR 2	SHINE 3CD-30U50MM			Deshumificador 2	8.25	
310	INV	DOSIF 1	DOSIFICADOR VOLUMETRICO DE COLOR	SHINE SCM 75-12			DOSIFICADOR 1		
370	MET		POSTALLER-63	Intel core 2 Duo CPU E7300@ 2.66 GHZ, 2.676HZ, 1.99GB DE RAM		192.168.0.63	Postaller 2	0.5	

Fuente: Base de datos PLADESCAN LTDA.

2.5. Aplicación de los instrumentos de diagnóstico

Uno de los instrumentos de diagnóstico que aplicaremos son diversos cuestionarios que incluyen preguntas de primer nivel.

2.5.1. Cuestionario primer nivel

Evalué asignando una puntuación entera del 1 al 4 a cada uno de los siguientes ítems. Asígnese una puntuación máxima de 4 a la situación más conveniente o deseable para su empresa y una puntuación mínima de 1 a la peor situación.

Cuadro 1: Encuesta de mantenimiento al personal

1. Personal	
1.1 Las actividades que desarrolla el personal de mantenimiento está de acuerdo a sus potencialidades.	
1.2 El personal de mantenimiento percibe que es tomado en cuenta para la toma de decisiones en la empresa.	
1.3 El personal conoce las normas y políticas que se relacionan con sus actividades.	
1.4 El nivel de percepciones por concepto de salarios, prestaciones e incentivos al personal de mantenimiento es competitivo con respecto a empresas similares.	
1.5 Se tienen métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal de mantenimiento y se cumplen.	
1.6 El sistema de contratación y reclutamiento del personal de mantenimiento corresponde a las necesidades del área y no a algún otro criterio.	
1.7 La rotación de personal siempre se efectúa de acuerdo a las necesidades del área de mantenimiento.	
1.8 El personal con que cuenta mantenimiento a nivel supervisión o coordinación es el adecuado.	
1.9 El personal con que cuenta mantenimiento a nivel operativo.	
1.10 Existen programas o medios para que el personal mejore sus relaciones personales tanto al interior del grupo como con las demás áreas usuarias de sus servicios.	

Fuente: Diagnostico de mantenimiento para la empresa MGSA Mármoles realizado por el Ing. Iván Escalona

Cuadro 2: Encuesta de mantenimiento parte administrativa

2. Administración	
2.1 Se tienen bien definidos los objetivos del área de mantenimiento.	
2.2 Se tienen bien delimitadas las funciones del área de mantenimiento.	
2.3 La estructura organizativa de la empresa facilita el buen desempeño del mantenimiento	
2.4 El área de mantenimiento tiene bien definidos sus puestos y se respetan.	
2.5 Existen procedimientos y se conocen por todos para la ejecución de los trabajos de mantenimientos.	
2.6 Existe compatibilidad entre la toma de decisiones de producción y de las de mantenimiento.	
2.7 La planeación para las actividades de mantenimiento es una actividad permanente y controlada.	
2.8 Se planea a corto, mediano y largo plazo en mantenimiento.	
2.9 El personal de mantenimiento siempre sabe qué hacer, como hacerlo y cuando hacerlo.	
2.10 Se cuenta con el equipo y herramientas suficientes y adecuadas parara hacer el mantenimiento.	
2.11 Los usuarios del servicio de mantenimiento, conocen y respetan los procedimientos de este.	
2.12 Se tienen programas de actualización, capacitación y adiestramiento del personal de mantenimiento.	
2.13 Cuando se contrata apoyo externo de mantenimiento este es oportuno, eficaz y costeable.	
2.14 Se cuenta con asesoría y oportuna de los proveedores de los equipos y maquinaria.	
2.15 La mantenibilidad de los equipos seleccionados es un aspecto tomado en cuenta para la adquisición de nuevos equipos.	

Fuente: Diagnostico de mantenimiento para la empresa MGSA Mármoles realizado por el Ing. Iván Escalona

Cuadro 3: Encuesta de mantenimiento programas de conservación

3. Programas de conservación	
3.1 Se tiene un inventario completo de todo aquello que demandará la atención del área de mantenimiento	
3.2 Se tiene algún criterio para dar prioridad a los trabajos de acuerdo a la importancia del equipo.	
3.3 Se conoce la ubicación física de todo los que contiene el inventario de conservación.	
3.4 Normalmente se cuenta con las refacciones de mas demanda y con una calidad adecuada.	
3.5 Las materias primas que se consumen en mantenimiento son las especificadas por el fabricante o al menos son equivalentes en calidad.	
3.6 Existen programas rectores de las actividades de mantenimiento.	
3.7 Los programas obedecen a un previo análisis de necesidades de los usuarios de los equipos e instalaciones.	
3.8 Los programas están apoyados por procedimientos claros y conocidos por los involucrados.	
3.9 Los programas describen claramente los tiempos de ejecución de cada trabajo.	
3.10 Las órdenes de trabajo tienen un seguimiento riguroso.	
3.11 Los programas permiten dar respuesta satisfactoria a las solicitudes de servicio.	
3.12 El sistema de información (papeleo y órdenes de trabajo) facilitan la ejecución de los trabajos.	
3.13 Se apoya en algún paquete computacional para la coordinación del mantenimiento.	
3.14 Se cuenta con la suficiente información técnica para la ejecución de los trabajos	
3.15 Existen medidas extraordinarias para responder rápidamente ante contingencias que demanden la intervención de mantenimiento.	

Fuente: Diagnostico de mantenimiento para la empresa MGSA Mármoles realizado por el Ing. Iván Escalona

Cuadro 4: Encuesta de mantenimiento parte de control

4. Control	
4.1 La evaluación en mantenimiento es una norma y es respetada por todos los integrantes del grupo de mantenimiento.	
4.2 La asignación del presupuesto para mantener obedece a un análisis de necesidades del mismo.	
4.3 Se tienen parámetros confiables para controlar los costos de ejecución de los trabajos de mantenimiento.	
4.4 Se tienen parámetros confiables para medir los trabajos que hace mantenimiento.	
4.5 Se conoce confiablemente la relación existente entre recursos disponibles para producir y la aportación que para ello hace el grupo de mantenimiento.	
4.6 Se tiene información acerca de los costos ocasionados por el mal mantenimiento.	
4.7 Se tienen estudios de confiabilidad del comportamiento de los equipos más importantes.	
4.8 Se tiene un seguimiento confiable de la información que se reporta en mantenimiento.	
4.9 Se tiene un manejo eficiente de los recursos asignados al mantenimiento.	
4.10 Toda la empresa reconoce clara y fehaciente la aportación que hace el grupo de mantenimiento	

Fuente: Diagnostico de mantenimiento para la empresa MGSA Mármoles realizado por el Ing. Iván Escalona

2.5.1.1. Resultados de los cuestionarios de primer nivel

Para mostrar los resultados obtenidos, tenemos la siguiente escala de colores y su equivalente a los puntajes:

Figura 27: Escala de colores para la calificación de los ítems de las encuestas



Fuente: El autor

2.6. Identificación de las fuentes de información:

El cuestionario de primer nivel se aplicara a los siguientes cargos:

Director desarrollo

Ing. Alberly Quintero

Director de proyectos

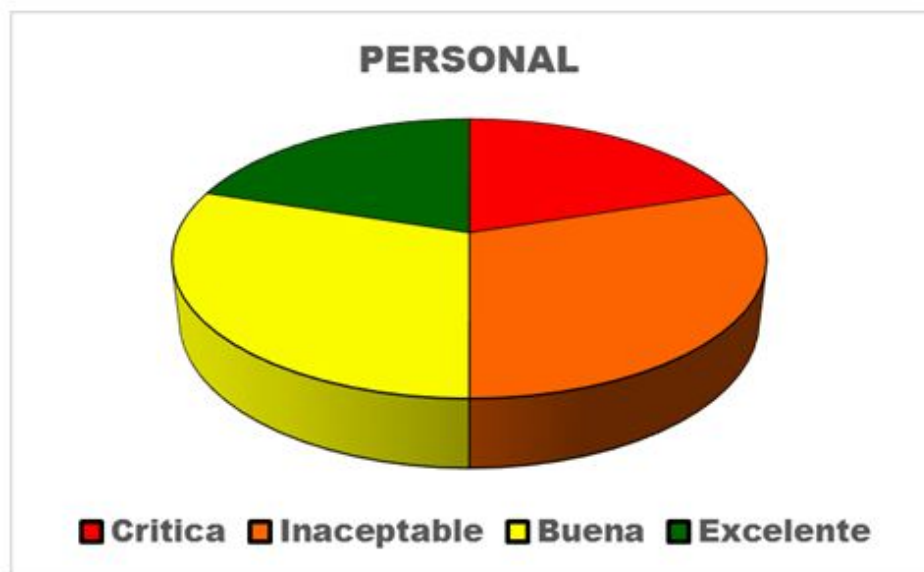
Ing. Juan Manuel Giménez

Coordinador de mantenimiento

Tecnólogo Electromecánico Edinson

2.7. Resultados para el personal en el área de mantenimiento

Figura 28: Grafico de resultados encuesta personal



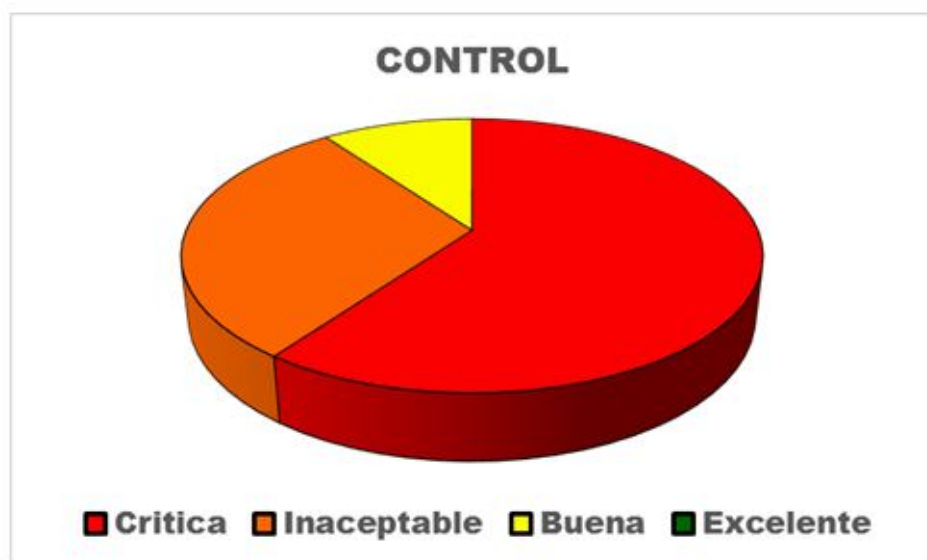
Fuente: El autor

Como se puede observar el 20 % de las actividades con respecto al personal están en una situación crítica, y esto se debe a que no existe una manera de evaluar el desempeño del personal de mantenimiento y tampoco hay una persona idónea para la supervisión de las actividades de mantenimiento.

Se ve también que el 30 % de las actividades caen en la calificación de inaceptable, algunas de las causas son, que a la hora de tomar decisiones que tienen efecto en la parte productiva, el área de mantenimiento no es tomado en cuenta. Por otro lado otras áreas presentan calificación buena o excelente y se podrían mantener y buscar siempre su mejora continua.

2.8. Resultados para la parte de control de actividades de mantenimiento

Figura 29: Grafico de resultados encuesta control



Fuente: El autor

Como se observa tenemos una gran parte de las actividades en situación crítica, esto se debe a diversas causas, una de estas es que la empresa no tiene un buen análisis de los costos e inventario en el área de mantenimiento, tampoco existe un análisis de confiabilidad del mantenimiento para los equipos más importantes y tampoco existe reporte de los costos que genera un mal mantenimiento.

Observamos en color naranja otra gran parte de las actividades que presentan una calificación de inaceptable, la razón de esta calificación es que no hay parámetros para calificar los trabajos de mantenimiento y también que el manejo de los recursos para el mantenimiento son inaceptables.

Si miramos los porcentajes de las actividades que se encuentran en estado crítico y las de estado inaceptable vemos que acumulan un 90 %, esto quiere decir que en esta área hay mucho trabajo por hacer en busca de la mejora continua.

Solo un 10 % de las actividades logran tener una calificación máxima de buena, es decir que ninguna de las actividades logra tener una calificación de excelente en esta área.

2.9. Resultados para los programas de conservación

Figura 30: Grafico de resultados encuesta programas de conservación



Fuente: El autor

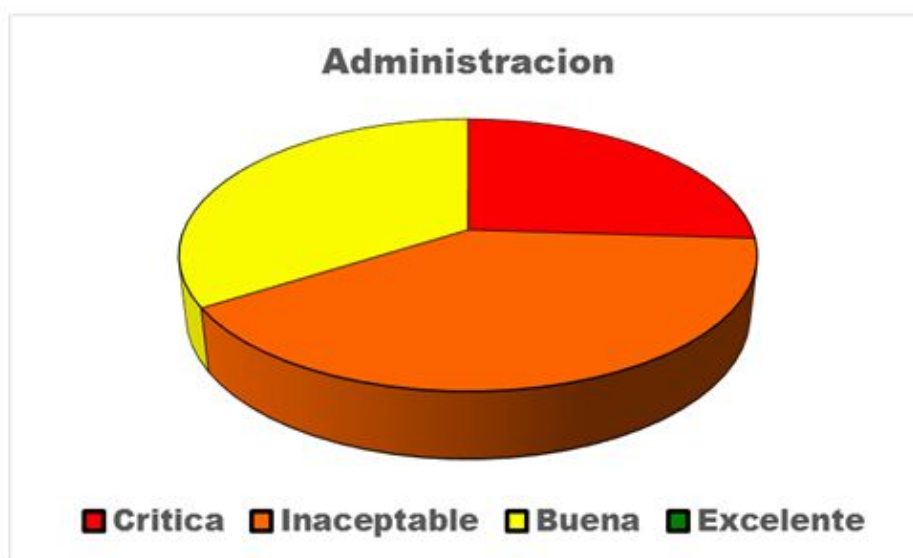
Observamos en la gráfica que aproximadamente el 40 % de las actividades se encuentran en estado crítico y esto se debe a que hay una falta de inventarios donde se tengan organizados los recursos de mantenimiento, tampoco existe un plan que nos permita seguir una estrategia para las actividades, aparte de eso no hay ordenes de trabajo, lo que genera que las intervenciones que conciernen al mantenimiento no tengan control alguno.

Se presenta un 20 % de actividades con calificación inaceptable debido a que no existen parámetros confiables para medir o calificar las actividades de mantenimiento, también porque no existe un análisis previo de la demanda de la maquinaria por los usuarios y tampoco hay un plan para responder ante inconvenientes que no estuviesen previamente planeados.

En esta sección del cuestionario hay un 34 % de actividades en situación buena y tan solo un 4 % de estas en calificación de excelente, lo que sugiere que también hay que trabajar para buscar el mejoramiento continuo.

2.10. Resultados para el cuestionario en la parte administrativa del mantenimiento

Figura 31: Gráficos de resultados encuesta mantenimiento para la administración



Fuente: El autor

En la parte administrativa encontramos que la estructura organizacional de la empresa PLADESAN LTDA no facilita las labores de mantenimiento, esto produce que existan un 26% de las actividades en este sector con calificación crítica, también obtenemos esta calificación porque no hay procedimientos planeados para la ejecución de las labores y no se cuenta con programas de capacitación al personal de mantenimiento para que su labor cada día sea más eficiente.

Encontramos también un gran porcentaje con calificación inaceptable, ya que no se tienen bien definidos los objetivos de la parte de mantenimiento y tampoco son efectivos los apoyos al mantenimiento cuando son contratados como apoyo externo.

En esta parte encontramos un 34% de las actividades con calificación buena lo

que nos anima a trabajar para buscar mejoras desde la parte organizacional para mejorar el estado en que funciona el área de mantenimiento.

Lamentablemente no existen actividades con calificación máxima.

2.11. Diagrama de Pareto aplicado

Mediante el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen mas relevancia, aplicando el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales).

Este principio dice que hay muchos problemas sin importancia, frente a unos pocos que son graves. Ya que en general el 80 % de los resultados se originan en el 20 % de los elementos.

El diagrama de Pareto es una gráfica donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para clasificar las causas. De modo que se pueden asignar un orden de prioridades.

En PLADESAN LTDA se desea analizar cuáles son los defectos y fallas más frecuentes en la elaboración de un producto específico para cada una de sus dos líneas principales de producción, que son el área de inyección y el área de metal-mecánica donde se fabrican los moldes para las inyectoras.

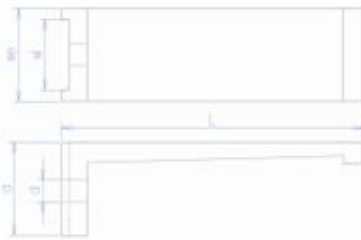
2.12. Análisis del comportamiento de las maquinas área de inyección de plásticos

En esta sección analizaremos cuales son los defectos y fallas que ocurren en el proceso de inyección para la elaboración de una paleta de arrastre de 125 mm. Seleccionamos esta pieza ya que para su manufactura se emplean la mayoría de máquinas y equipos periféricos del área de inyección.

Figura 32: Pieza polimérica (pala de arrastre)

Serie PAL 30

- Movimiento de producto a granel.



Material	Rango de temperatura (continua)	Aprobación FDA contacto directo
1353	-20 a 80°C	OK

Referencia	L	a	we	wi ⁽¹⁾	d
	mm	mm	mm	mm	mm
PAL30-100	100	40.5	40	30	9.8
PAL30-125	125	40.5	40	30	9.8
PAL30-135	135	40.5	40	30	9.8

¹ Tolerancias de fabricación: +0.00/-0.15 mm.

Fuente: Catálogos PLADESAN LTDA

2.12.1. Analisis de fallos bloque inyeccion:

Esta tabla contiene todos los fallos que se presentan en el proceso de inyección para la elaboración de una paleta de arrastre de 125 mm y también su frecuencia de ocurrencia anual tabulados en Excel .

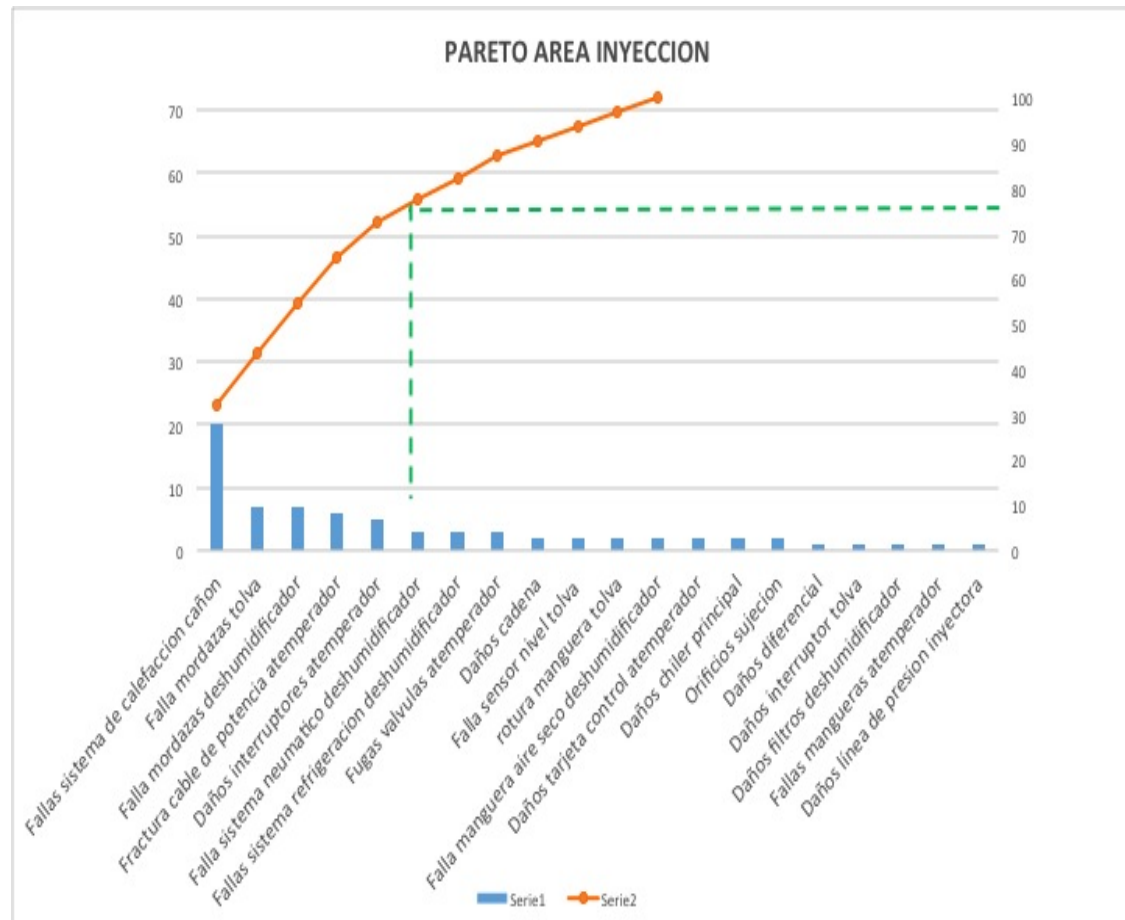
Figura 33: Tabulación de datos de fallas bloque inyección

	FRECUENCIA	%ACUMULADO	%
Fallas sistema de calefaccion cañon	20	32.25806452	32.2580645
Falla mordazas tolva	7	43.5483871	11.2903226
Falla mordazas deshumidificador	7	54.83870968	11.2903226
Fractura cable de potencia atemperador	6	64.51612903	9.67741935
Daños interruptores atemperador	5	72.58064516	8.06451613
Falla sistema neumatico deshumidificador	3	77.41935484	4.83870968
Fallas sistema refrigeracion deshumidificador	3	82.25806452	4.83870968
Fugas valvulas atemperador	3	87.09677419	4.83870968
Daños cadena	2	90.32258065	3.22580645
Falla sensor nivel tolva	2	93.5483871	3.22580645
rotura manguera tolva	2	96.77419355	3.22580645
Falla manguera aire seco deshumidificador	2	100	3.22580645
Daños tarjeta control atemperador	2	103.2258065	3.22580645
Daños chiler principal	2	106.4516129	3.22580645
Orificios sujecion	2	109.6774194	3.22580645
Daños diferencial	1	111.2903226	1.61290323
Daños interruptor tolva	1	112.9032258	1.61290323
Daños filtros deshumidificador	1	114.516129	1.61290323
Fallas mangueras atemperador	1	116.1290323	1.61290323
Daños línea de presion inyectora	1	117.7419355	1.61290323
TOTAL	73		

Fuente: Autor

Entonces el diagrama de Pareto para estos datos es el siguiente:

Figura 34: Diagrama de Pareto fallas en el bloque inycción



Fuente: Autor

Como podemos observar, son muchas las fallas que se presentan en este bloque de la empresa y esto es debido a que esta área es la que tiene el trabajo más pesado, ya que la producción de piezas plásticas es continua, es decir las máquinas están en operación constante y solo se paran por daños en las inyectoras o en algún equipo auxiliar.

Las maquinas inyectoras realizan operaciones repetitivas por periodos muy prolongados, ya que el tiempo de entrega de los pedidos es crucial para la satisfacción del

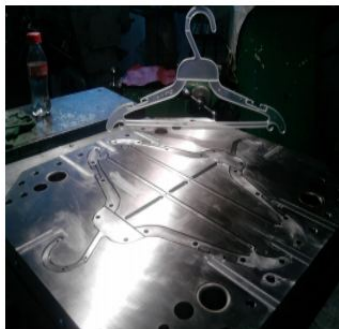
cliente, entonces este análisis es de gran valor a la hora de establecer la gestión de mantenimiento ya que tenemos un panorama claro de cómo tiende a comportarse este bloque con lo que concierne al mantenimiento.

Como se observa en la gráfica aproximadamente el 75 % de las fallas son producidas por el 25 % de los causantes, esto ocurre porque los equipos que intervienen en el proceso de inyección son de suma importancia y el paro de cualquiera de ellos por falla detiene de inmediato el proceso de producción por más simple que sea la falla, además los inconvenientes que se presentan en este proceso son muchos en comparación con el bloque de metal-mecánica.

2.13. Análisis de fallos de las maquinas en la elaboración de moldes para inyecciones en el area de metal-mecánica

En la elaboración de los moldes para la inyección de plásticos, PLADESCAN LTDA utiliza máquinas de control numérico CNC y tornos CNC, ya que la precisión de los moldes en sus dimensiones y superficies tienen que ser muy altas, porque de este molde dependerá la calidad del producto que se obtiene del proceso de inyección.

Figura 35: Moldes para inyección de plásticos



Fuente: Banco de moldes PLADESCAN LTDA

A continuación se presenta una tabla con las fallas que se presentan en todas las máquinas que intervienen en la elaboración de un molde cualquiera en la empresa PLADESAN LTDA, también contiene la frecuencia de ocurrencia de estas fallas anualmente tabulados en Excel.

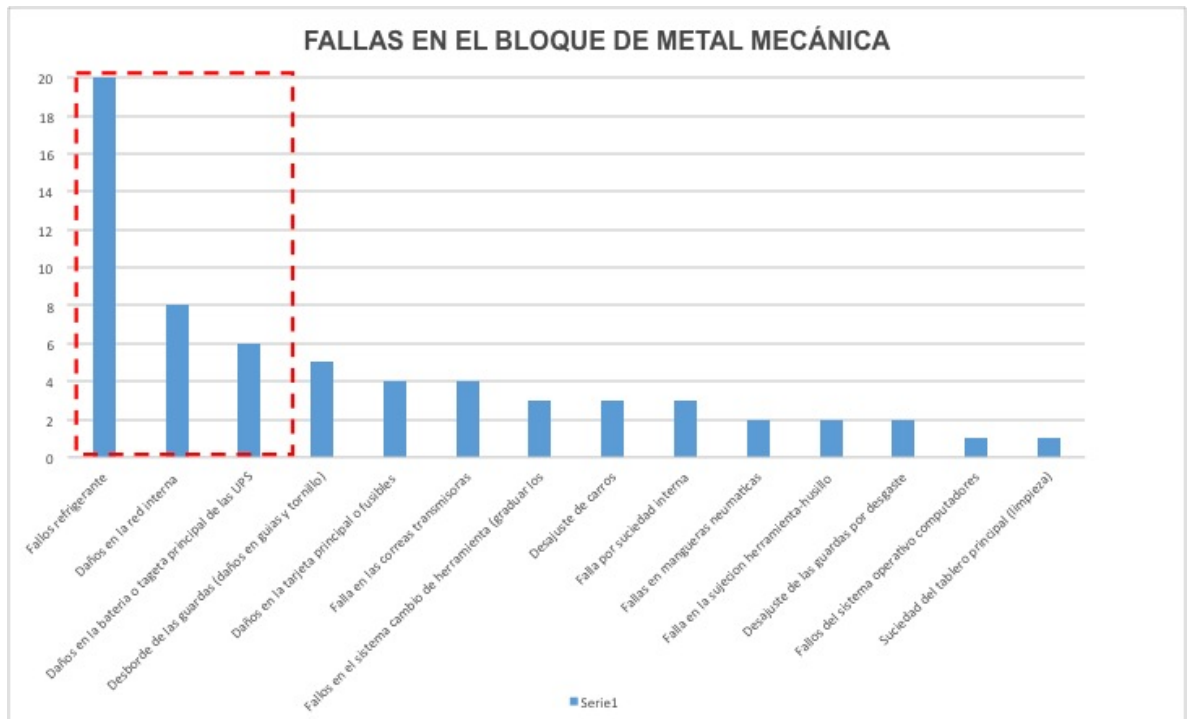
Cuadro 5: Encuesta de mantenimiento programas de conservación

	FRECUENCIA	%ACUMULADO	%
Fallos refrigerante	20	31,25	31,25
Daños en la red interna	8	43,75	12,5
Daños en la batería o tageta principal de las UPS	6	53,125	9,375
Desborde de las guardas (daños en guias y tornillo)	5	60,9375	7,8125
Daños en la tarjeta principal o fusibles	4	67,1875	6,25
Falla en las correas transmisoras	4	73,4375	6,25
Fallos en el sistema cambio de herramienta (graduar los amortiguadores)	3	78,125	4,6875
Desajuste de carros	3	82,8125	4,6875
Falla por suciedad interna	3	87,5	4,6875
Fallas en mangueras neumáticas	2	90,625	3,125
Falla en la sujecion herramienta-husillo	2	93,75	3,125
Desajuste de las guardas por desgaste	2	96,875	3,125
Fallos del sistema operativo computadores	1	98,4375	1,5625
Suciedad del tablero principal (limpieza)	1	100	1,5625
TOTAL	64		

Fuente: El autor

De estos datos obtenemos la siguiente grafica para el análisis en el departamento de metal-mecánica.

Figura 36: Frecuencia de fallas en el bloque metal-mecanica



Fuente: Autor

Como primera observación, el número de fallas de estas máquinas es muchísimo menor a las presentadas en el bloque de inyección y esto se debe primero que todo por que las maquinas CNC no necesitan equipos auxiliares lo que ahorra los fallos de estos, ya que en el bloque de inyección todos los equipos auxiliares junto a la inyectora deben estar en perfecto funcionamiento y el fallo de tan solo uno de ellos para la producción inmediatamente.

Otra razón de que el bloque de metal-mecánica presente menos fallas se debe a que el ritmo de trabajo es muchísimo menor. El ritmo bajo de producción es debido porque la elaboración de moldes no es tan seguido como elaborar piezas en cantidades grandes y tiempos cortos.

Como se puede observar en la gráfica las fallas criticas serán las de mayor fre-

cuencia, puesto que serán estas las que tengan mayor probabilidad de ocurrencia durante el año.

Estas fallas aunque en menor cantidad que el bloque de inyección tienen un gran impacto en el funcionamiento global de la empresa, ya que el bloque de inyección tiene como inicio principal el molde entregado por el bloque de metal-mecánica, entonces tenemos en este bloque una articulación donde su salida significa la entrada para el otro.

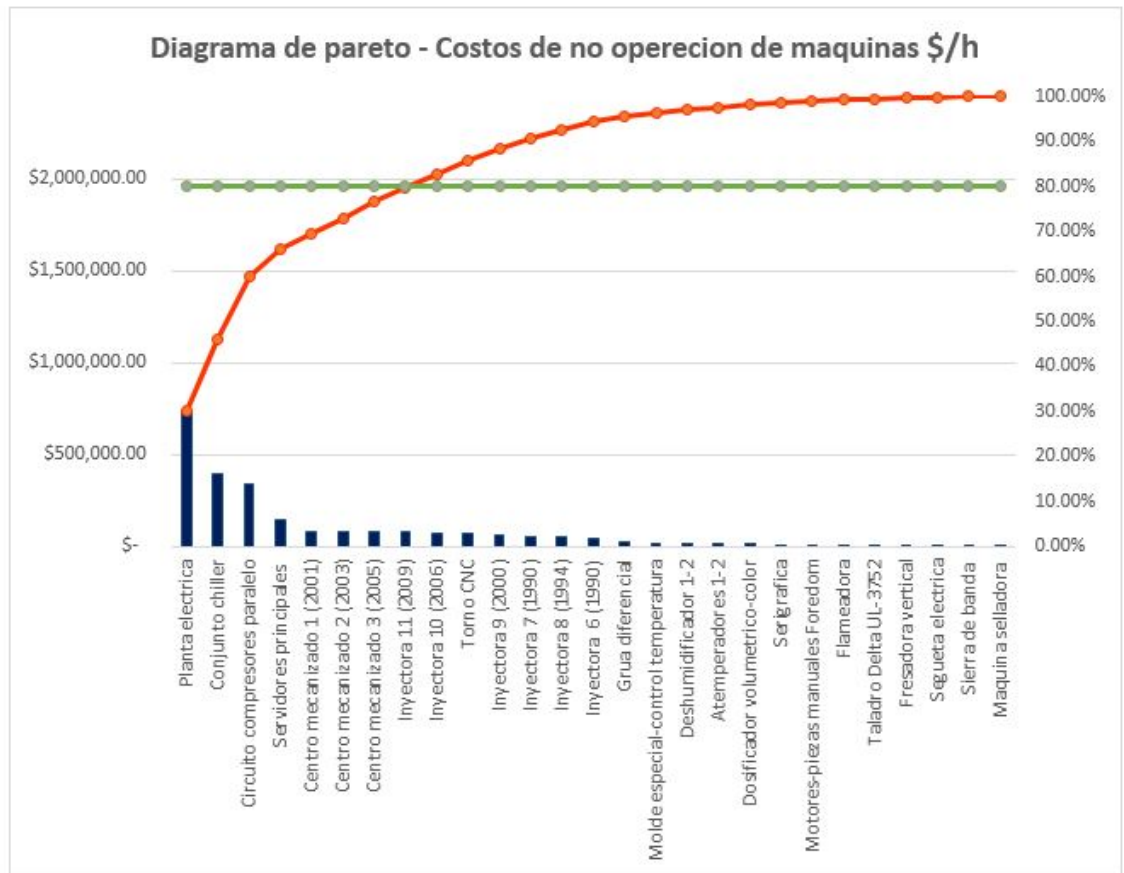
Esta gráfica también nos muestra un panorama claro de cómo se comporta el bloque de metal-mecánica en lo que concierne a las labores de mantenimiento que van a ser implementadas.

2.14. Análisis de costos para la empresa pladesan ltda para máquinas que están paradas o que no están funcionalmente listas

A continuación realizaremos un análisis de impacto en la rentabilidad sobre la empresa PLADESAN LTDA debido a los costos asociados de tener una máquina en estado estacionario, es decir que no esté trabajando o que no esté en operación.

Por medio de un diagrama de Pareto mostraremos la gráfica resultante donde observamos las máquinas más relevantes en la parte de producción de la empresa PLADESAN LTDA y los costos que se le asocian a estas por su no funcionamiento, en otras palabras mostraremos cuánto deja de ganar la empresa cuando cada máquina está en estado estacionario (no funcionamiento, no operación).

Figura 37: Diagrama de Pareto costo de no operación de las maquinas



Fuente: Autor

En la gráfica tenemos: en el eje vertical izquierdo tenemos Pesos (\$)/hora (h) que le cuesta a la empresa por inactividad de una máquina, en el eje vertical derecho tenemos los porcentajes acumulados del valor total que costaría un día de inactividad de todas las máquinas.

El eje principal horizontal inferior tenemos las máquinas más relevantes con respecto a la producción de la empresa, y sobre ellas con barras azules el costo de esta en \$/h cuando no están funcionando.

La curva naranja nos muestra el porcentaje acumulado del costo por hora de todas

las máquinas y la línea horizontal es la línea típica de Pareto que pasa por el 80 % del porcentaje acumulado.

Como podemos observar, el 80 % de los costos a la empresa por inactividad viene dada apenas por ocho maquinas del total que son aproximadamente 30 y excluyendo ciertas maquinas que realizan operaciones muy sencillas por lo tanto no son puestas en este análisis.

Esto nos lleva a enfocar nuestras tareas de mantenimiento hacia estas, ya que al no estar disponible estas máquinas, se estaría perdiendo mucho dinero por hora y esto automáticamente reduce la productividad, rentabilidad y la calidad en la empresa PLADESAN LTDA.

Otra conclusión que saldría de esta gráfica, sería que este diagrama nos sirve como un previo análisis de criticidad y de esta manera seguiríamos cerrando el rango para encontrar los equipos más críticos, a los cuales ira enfocado la gestión de mantenimiento.

2.15. Descripción del área de mantenimiento pladesan ltda.

PLADESAN LTDA, tiene como objeto, además de obtener productos de alta calidad y lanzarlos al mercado, el lucro de sus socios y en la actualidad no cuenta con una gestión de mantenimiento para sus equipos en planta.

La sección de mantenimiento no cuenta con una organización en sus tareas. Además no se tiene ninguna clase de documentación como lo son fichas técnicas, hojas de vida, ordenes de trabajo. Lo único que se tiene es algunos manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

La gestión de mantenimiento que se realiza en la planta, tiene dos formas de ejecución, la primera es la programación de mantenimientos correctivos en los equipos y la otra muy poco frecuente, la programación de actividades preventivas aprovechando una acción correctiva. Generando así una dinámica para el área de mantenimiento, que no ha contado con un previo análisis que determine las políticas de mantenimiento que se deben implementar de acuerdo a criterios de costos, criticidad e impacto de los equipos en el sistema productivo de la empresa.

Se ha identificado la necesidad de implementar un sistema de información manual y computarizada que apoye la gestión del mantenimiento y que permita realizar una mejor supervisión y control de las actividades de mantenimiento.

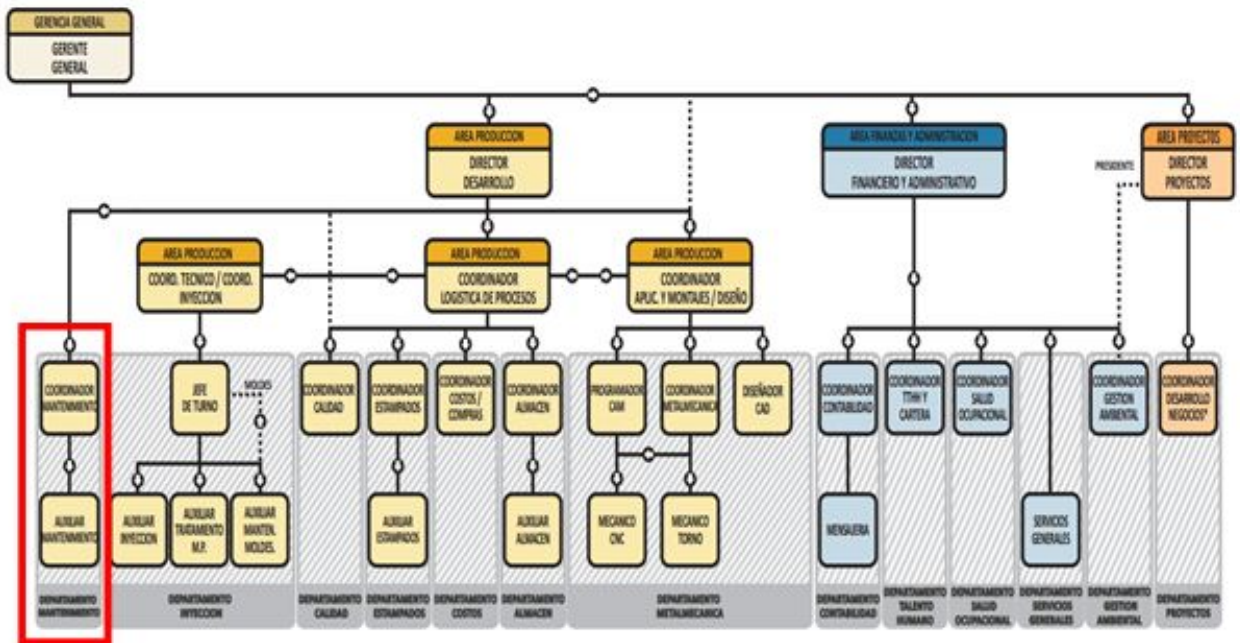
Se requiere de personal calificado a fin de realizar las labores de mantenimiento; y de gestión para mantener actualizada la documentación concerniente a hojas de vida, inventario de repuestos, ordenes de trabajo y así mismo darle pleno cumplimiento a las órdenes de trabajo generadas por programación de mantenimiento.

2.16. Diagnóstico del estado actual de la documentación

Para la realización del diagnóstico de la documentación técnica en la planta de PLADESAN LTDA, se realizó un inventario de los manuales, catálogos y demás información que suministran los fabricantes de los diferentes equipos.

Se encontró que 80 % de los equipos poseen catálogos de operación y/o mantenimiento, el 90 % posee planos eléctricos y/o mecánicos y el resto no posee nada.

Figura 38: Ubicación del área de mantenimiento dentro de la estructura organizacional de PLADESAN LTDA.



Fuente: PLADESAN LTDA.

Respecto a la documentación correspondiente a fichas técnicas, hojas de vida y órdenes de trabajo se observó que no existen documentos de este tipo.

- La documentación técnica no ha recibido la importancia y el manejo que se debe, y no está aportando una utilidad real al desempeño y productividad de la planta.
- La empresa no posee un sistema de recopilación, organización y análisis de la información, con el fin de obtener periódicamente informes claros y oportunos sobre el desempeño del mantenimiento.
- No existe un formato de hoja de vida funcional. Pero un formato adecuado debe poseer información histórica importante del equipo, tal como: costos de mantenimiento, número de la orden de trabajo asociada y responsable de la actividad

- No existe orden de trabajo (O.T). por lo que la información no se registra completa y no se hace en el momento justo de terminar la labor.
- El formato de O.T, debe tener información fundamental para evaluar el desempeño de las labores de mantenimiento, tal como costos generados por las actividades, herramientas, repuestos y materiales utilizados, información detallada del tipo de mantenimiento, solicitud de servicio asociada si es el caso.

2.17. Programacion de mantenimiento preventivo

La mayor parte de la información necesaria para elaborar la gestión de mantenimiento de la empresa, se ha obtenido de los manuales de funcionamiento y mantenimiento de los equipos, la experiencia del coordinador de mantenimiento, el director de proyectos y algunos trabajadores con experiencia en el campo.

Este cronograma ha ido evolucionando y se ha ajustado, a medida que se adquieren o se venden equipos, o de acuerdo a las necesidades de la empresa. También se ha modificado producto del análisis y requerimientos de mantenimiento de los equipos a través del tiempo.

Hecho un análisis de esta gestión con la que trabaja PLADESAN LTDA en la parte de mantenimiento se observaron los siguientes aspectos negativos:

No se ha tenido en cuenta criterios para establecer la frecuencia de inspecciones e intervenciones de mantenimiento tales como los observados en la tabla xx, que permita centrar esfuerzos en equipos de alta criticidad e impacto en la producción

No se ha realizado un análisis que permita identificar los equipos que más gene-

ran costos de mantenimiento y que más impacto tenga sobre la rentabilidad de la empresa PLADESAN LTDA.

Cuadro 6: Criterios para establecer la frecuencia de inspecciones e intervenciones para una maquina en general.

Criterio	teoría
Edad, condición y valor	El equipo más viejo y en peores condiciones, necesita más inspección, con más frecuencia
Severidad del servicio	Equipo idéntico en condiciones de servicio más severas requiere ciclos más cortos
Requisitos de Seguridad	A mayor seguridad de operación más corto debe ser el ciclo
Horas de operación	A mayor tiempo de servicio, más corto debe ser el ciclo en días calendario
Susceptibilidad al deterioro	Entre más críticos sean factores como, la susceptibilidad a ensuciarse, contaminarse, deteriorarse por fatiga, corrosión, fluencia, etc
Susceptibilidad al siniestro	Existe la posibilidad de sobrecargas, abuso del operario o altas vibraciones que puedan producir daños o costos irreparables?
Precisión de ajustes	Más inspección, cuando las tolerancias de ajuste sean muy estrechas
Análisis de Criticidad	Los equipos más críticos requieren una mayor frecuencia de inspecciones

Fuente: PLADESAN LTDA.

2.18. Resultados global del diagnostico de la gestion del area de mantenimiento

- No se lleva un registro y control de costos de mantenimiento, por lo que no se puede evaluar desde el punto de vista económico el desempeño del área de mantenimiento y de los equipos.
- La información histórica de los equipos no es registrada, ya que no se posee un sistema de información para esta área donde se puedan guardar estos archivos, los cuales nos permiten establecer estadísticas de las fallas de las maquinas.
- Acumulación de labores, desorganización y problemas para el cumplimiento oportuno de las mismas y sin registro de esa información.
- No se ha realizado un análisis de las fallas más comunes en los equipos, para poder analizar qué es lo que produce retrasos y esta información lo tiene que dar la gestión de mantenimiento.

2.19. Diagnostico de gestion de repuestos

- La empresa no posee un listado de proveedores para el área de mantenimiento clasificados por el tipo de producto, con información básica como teléfonos, direcciones, ciudad, contacto, etc.
- No se conocen niveles máximos y mínimos de los repuestos por lo que muchas veces se consumen recursos y no se reponen, y cuando se necesitan algunas veces de carácter urgente no se encuentran disponibles.
- No existe un inventario de materiales consumibles y suministros, tales como aceites, grasas, gasolina, ACPM, etc., por lo que muchas veces se acaban y

hay que esperar a que se soliciten nuevamente. Además no se conocen niveles máximos y mínimos de estos productos.

- No se conocen costos de inventarios de repuestos, materiales consumibles y/o suministros, y no se lleva un control de las compras; se desconoce así que tan eficiente y rentable es mantener estos inventarios.

3. CRITICIDAD

3.1. Propuesta de mejora al modelo de gestión de mantenimiento de la empresa pladesan ltda.

En este capítulo, se describirán las propuestas de mejora para el área de mantenimiento en PLADESAN LTDA. Propuestas que pretenden que la función de mantenimiento se lleve a cabo de la forma más técnica, eficiente y económica.

Después del diagnóstico realizado en la parte de mantenimiento y al estado y funcionalidad de los equipos, se concluyó la necesidad revisar los criterios tenidos en cuenta para dicha gestión, sino también era conveniente revisar los procedimientos establecidos para el mantenimiento de los equipos y determinar así, aspectos a mejorar, con el fin de garantizar una mayor disponibilidad de los equipos, reducir costos asociados a mantenimientos correctivos y a pérdidas por paradas de producción o por mal funcionamiento.

En primer lugar se cree conveniente elaborar un análisis de criticidad, para los equipos de la planta que se vienen analizando con las gráficas de fallas y de costos por inactividad de las maquinas, para llegar a identificar plenamente cuales son los equipos que generan el mayor impacto a la producción y rentabilidad de la empresa PLADESAN LTDA.

3.2. Analisis de criticidad

Gracias a los resultados arrojados de la gráfica de Pareto con respecto a los costos de una maquina en no operación en pesos por hora, logramos cerrar aún más la

brecha para saber cuáles de los equipos de la empresa PLADESAN LTDA son los más críticos, que son a los cuales vamos a dirigir todos los esfuerzos y metodologías de mantenimiento. En este capítulo se explica cómo se realiza un Análisis de Criticidad, las ventajas que se obtienen y como los autores lo aplicaron en la empresa PLADESAN LTDA.

3.2.1. Concepto preliminar

El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual.

El mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos como se muestra en la figura 39.

Figura 39: Aspectos de la confiabilidad operacional



Fuente: PDVSA E & P Occidente 2002.

Lamentablemente se dispone de recursos limitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?, el Análisis de Criticidad da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la Confiabilidad Operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad. Los criterios para realizar un Análisis de Criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación, principalmente.

Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito, maximizando la rentabilidad de la empresa.

3.2.2. Definición del análisis de criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un Análisis de Criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para

jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

El objetivo de un Análisis de Criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos

El Análisis de Criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta, personal.

Un modelo básico de Análisis de Criticidad es equivalente al mostrado en la figura 40. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

Figura 40: Ecuación de criticidad



Fuente: PDVSA E & P Occidente 2002.

- En el ámbito de mantenimiento.

Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se puede establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

- En el ámbito de inspección.

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

- En el ámbito de materiales.

La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, se puede minimizar el stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario.

- En el ámbito de disponibilidad de planta.

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

- A nivel del personal.

Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentran las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

3.2.3. Información requerida.

La condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas a evaluar que sean bien precisos, lo cual permite cálculos “exactos y absolutos”. Sin embargo desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el Análisis de Criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál es la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

Para obtener la información requerida, el paso inicial es formar un equipo natural de trabajo integrado por un facilitador (experto en Análisis de Criticidad, y quien será el encargado de conducir la actividad), y personal de las organizaciones involucradas en el estudio como lo son operaciones, mantenimiento y especialidades, quienes serán los puntos focales para identificar, seleccionar y conducir al personal conocedor de la realidad operativa de los sistemas objeto del análisis.

Este personal debe conocer el sistema y formar parte de las áreas de: operaciones, mecánica, electricidad, instrumentación, estructura, programadores, especialistas en proceso, diseñadores, etc.; adicionalmente deben formar parte de todos los estratos de la organización, es decir, personal gerencial, supervisión, capataces y obreros, dado que cada uno de ellos tiene un nivel particular de conocimiento así como diferente visión del negocio. Mientras mayor sea el número de personas involucradas en el análisis, se tendrán mayores puntos de vista evitando resultados parciales, además el personal que participa nivela conocimientos y acepta con mayor facilidad los resultados, dado que su opinión fue tomada en cuenta.

3.2.4. Manejo de la información.

El nivel natural entre las labores a realizar comienza con una discusión entre los representantes principales del equipo natural de trabajo, para preparar una lista de todos los sistemas que forman parte del análisis. El método es sencillo y está basado exclusivamente en el conocimiento de los participantes, el cual es plasmado en una encuesta preferiblemente personal (puede adoptarse el trabajo de grupo, pero con mucho cuidado para evitar que “líderes naturales” parcialicen los resultados con su (opinión personal).

El facilitador del análisis debe garantizar que todo el personal involucrado entienda la finalidad del trabajo que se realiza, así como el uso que se le da a los resultados que se obtengan. Esto permite que los involucrados le den mayor nivel de importancia y las respuestas sean orientadas de forma más responsable, evitando así el menor número de desviaciones.

La mejor forma de conducir el manejo de la información es que el facilitador aclare cada pregunta, dando ejemplos para cada caso, para que luego los encuestados procedan con su respectiva respuesta. Es aconsejable que el modelo de encuesta sea sencillo, para facilitar la dinámica de la entrevista a la vez de permitir el máximo de comodidad a los entrevistados.

3.2.5. Precondiciones para el Análisis de Criticidad.

Antes de comenzar un Análisis de Criticidad, es necesario tener en cuenta dos aspectos importantes del lugar (empresa, industria, proceso) al que se le aplica el estudio:

- Descripción técnica de los sistemas de planta o producción:
 1. Detalles de la planta y descripción del sistema.
 2. Requerimientos para el desarrollo del estudio.
 3. Condiciones de operación.
 4. Descripciones de los equipos.
- Diagramas de flujo o dibujos técnicos que contengan datos del proceso, variables, productos, códigos de comunicación, etc.
 1. Diagramas de instrumentos y procesos P&ID.
 2. Diagramas de flujo.
 3. Diagramas en línea.
 4. Diagramas de lógica cerrada (Shut Down Logic)

3.3. Procedimiento para la aplicación del análisis de criticidad

3.3.1. Identificación de los equipos a estudiar

La planta de producción de PLADESAN LTDA cuenta con alrededor de 42 equipos esenciales más equipos y dispositivos de baja relevancia funcionando actualmente. Como primer filtro se eligieron los equipos que más le generan dinero a la empresa por medio de las gráficas de Pareto de costos de no operación en pesos/hora.

Cuadro 7: EQUIPOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD

300	GEN		COMPRESOR (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	SULLAIR ES-6
300	GEN		COMPRESOR (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	SULLAIR ES-6
300	GEN		PLANTA ELÉCTRICA (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	CUMMINS ONAM 6BTS.9-62 166HP
310	INY		CHILLER	COLCLIMA BCA-015
310	INY	INY 11	MÁQUINA INYECTORA 11	WELTEC 190F2
310	INY	INY 10	MÁQUINA INYECTORA 10	WELTEC TT1-160F2
310	INY	INY 6	MÁQUINA INYECTORA 6	BOY 22S
310	INY	INY 7	MÁQUINA INYECTORA 7	BOY 50T2
310	INY	INY 8	MÁQUINA INYECTORA 8	BOY 50T2
310	INY	INY 9	MÁQUINA INYECTORA 9	BOY 80M
370	MET	201	CENTRO. MECANIZADO 1	LEADWELL V-30
370	MET	202	CENTRO. MECANIZADO 2	LEADWELL V-30
370	MET	203	CENTRO. MECANIZADO 3	LEADWELL V-20
370	MET	204	TORNO CNC	LEADWELL T-6
100	DFA		SERVIDOR	ATHLON 2000, 512MB, 60GB
100	DFA		SERVIDOR NUEVO	CORE I7 2,8 Hz
310	INY	ATEM 1	ATEMPERADOR 1	SHINI STM-607-0
310	INY		ATEMPERADOR 2	SHINI STM N6110002
310	INY	DESH 1	DESHUMIFICADOR 1	SHINI 3CD-30U/50M4
310	INY	DESH 2	DESHUMIFICADOR 2	SHINI 3CD-30U/50M4
310	INY		TOLVA DOSIFICADORA 1	SHINI SHR-6U-E

Fuente: El autor

3.4. Definición del alcance y objetivo del estudio.

En la Planta de PLADESAN LTDA, esta herramienta se hace vital a la hora de priorizar órdenes de trabajo y proyectos de inversión, ya que el número de equipos que se encuentran funcionando es muy grande como para implementar una política o estrategia de mantenimiento en tan poco tiempo (6 meses). La elaboración del estudio de Análisis de Criticidad se realizó a partir de un formato de encuesta que permite recoger la información de parte de los ingenieros, técnicos y operarios de la Planta, ya que no se ha implementado aun, un programa de mantenimiento que permita recolectar este tipo de información.

3.5. Selección del personal a entrevistar.

El personal seleccionado para contestar las encuestas del estudio de Análisis de Criticidad es el siguiente:

- Director Proyectos.
Juan Manuel Giménez
- Coordinador Aplicaciones.
Ruber Diaz
- Coordinador de Mantenimiento.
Edison Tapias

3.6. Importancia del estudio.

A todas las personas involucradas en el estudio se les realiza una presentación completa del tema donde se explica la metodología, los alcances y la importancia de los

resultados. Se dan las instrucciones sobre cómo diligenciar el formato de encuesta. Además se puntualiza en el compromiso que se debe tener para que el estudio arroje los mejores resultados.

3.7. Recolección de datos.

La recolección de la información fue realizada a partir de las encuestas contestadas por los interesados previamente nombrados. La ecuación de criticidad vista desde un punto matemático para el análisis realizado dentro del estudio se presenta en la figura 41

Figura 41: Ecuación de criticidad

Criticidad = frecuencia de falla × consecuencia

Siendo: consecuencia = a+b

a = costo reparación+ impacto seguridad personal+impacto ambiental+impacto satisfacción cliente.

b = impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar MTTR.

Fuente: PDVSA E & P Occidente 2002

El formato de la encuesta que se entregó al personal de PLADESCAN LTDA, se muestra en la tabla 1. Esta encuesta está compuesta por aproximadamente 10 preguntas. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en las figuras 28, 29, 30, 31 y le asigna un valor específico a cada valor o parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar. Una vez realizada la encuesta los resultados se clasifican en una hoja de cálculo, donde se obtiene el valor de criticidad para cada equipo por cada una de las personas entrevistadas y finalmente se realiza un promedio con los resultados obtenidos para determinar la criticidad final del equipo.

El formato de encuesta, la tabla de ponderaciones y la ecuación de criticidad fueron adaptados por los proyectistas tomando como base el Análisis de Criticidad hecho por PDVSA debido a que los factores de ponderaciones ya están estandarizados y su formulación depende de un estudio profundo de criterios de ingeniería.

Figura 42: Formato de encuestas Análisis Criticidad.

FORMATO PARA ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PERSONA _____ ÁREA O SECCIÓN _____

EQUIPO _____ FECHA _____

1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA). <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No más de 1 por año</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 2 y 15 por año</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 16 y 30 por año</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 31 y 50 por año</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Más de 50 por año (Más de una parada semanal)</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	No más de 1 por año	<input type="checkbox"/>	Entre 2 y 15 por año	<input type="checkbox"/>	Entre 16 y 30 por año	<input type="checkbox"/>	Entre 31 y 50 por año	<input type="checkbox"/>	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. MTTR. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Menos de 4 horas</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 4 y 8 horas</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 8 y 24 horas</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 24 y 48 horas</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Más de 48 horas</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Menos de 4 horas	<input type="checkbox"/>	Entre 4 y 8 horas	<input type="checkbox"/>	Entre 8 y 24 horas	<input type="checkbox"/>	Entre 24 y 48 horas	<input type="checkbox"/>	Más de 48 horas
<input type="checkbox"/>	No más de 1 por año																				
<input type="checkbox"/>	Entre 2 y 15 por año																				
<input type="checkbox"/>	Entre 16 y 30 por año																				
<input type="checkbox"/>	Entre 31 y 50 por año																				
<input type="checkbox"/>	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)																				
<input type="checkbox"/>	Menos de 4 horas																				
<input type="checkbox"/>	Entre 4 y 8 horas																				
<input type="checkbox"/>	Entre 8 y 24 horas																				
<input type="checkbox"/>	Entre 24 y 48 horas																				
<input type="checkbox"/>	Más de 48 horas																				
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No afecta la producción</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>25% de impacto</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>50% de impacto</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>75% de impacto</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>La afecta totalmente</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	No afecta la producción	<input type="checkbox"/>	25% de impacto	<input type="checkbox"/>	50% de impacto	<input type="checkbox"/>	75% de impacto	<input type="checkbox"/>	La afecta totalmente	4. COSTO DE REPARACIÓN (MILLONES DE PESOS) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Menos de 3 millones</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 3 y 15 millones</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entre 15 y 35 millones</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Más de 35 millones</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Menos de 3 millones	<input type="checkbox"/>	Entre 3 y 15 millones	<input type="checkbox"/>	Entre 15 y 35 millones	<input type="checkbox"/>	Más de 35 millones		
<input type="checkbox"/>	No afecta la producción																				
<input type="checkbox"/>	25% de impacto																				
<input type="checkbox"/>	50% de impacto																				
<input type="checkbox"/>	75% de impacto																				
<input type="checkbox"/>	La afecta totalmente																				
<input type="checkbox"/>	Menos de 3 millones																				
<input type="checkbox"/>	Entre 3 y 15 millones																				
<input type="checkbox"/>	Entre 15 y 35 millones																				
<input type="checkbox"/>	Más de 35 millones																				
5. IMPACTO AMBIENTAL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No origina ningún impacto ambiental</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	No origina ningún impacto ambiental	<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta	<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios												
<input type="checkbox"/>	No origina ningún impacto ambiental																				
<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta																				
<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta																				
<input type="checkbox"/>	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios																				
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No origina heridas ni lesiones</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	No origina heridas ni lesiones	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente												
<input type="checkbox"/>	No origina heridas ni lesiones																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente																				
7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE. (DEPARTAMENTOS DE LA EMPRESA A LA QUE SE LE PRESTAN SERVICIOS). <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV												
<input type="checkbox"/>	No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV																				
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV																				

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

Figura 43: Ponderaciones de los parametros del analisis de criticidad.

1. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	5
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	Puntaje
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (Por el número de fallas al año F)	Puntaje
No afecta la producción	0,05F
25% de impacto	0,3F
50% de impacto	0,5F
75% de impacto	0,8F
La afecta totalmente	1F
4. COSTOS DE REPARACIÓN	Puntaje
Menos de 3 millones de pesos	3
Entre 3 y 15 millones de pesos	5
Entre 15 y 35 millones de pesos	10
Más de 35 millones de pesos	25
5. IMPACTO AMBIENTAL	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad	25
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	Puntaje
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
7. IMPACTO SATISFACCIÓN DEL CLIENTE (áreas de la planta a las cuales se le suministran los servicios industriales)	Puntaje
No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta	0
Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV	20

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

Los criterios o parámetros que se utilizaron para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas fueron los siguientes:

Frecuencia de Fallas

Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.

Nivel de Producción.

Representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.

Tiempo Promedio para Reparar.

Es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El MTTR, mide la efectividad que se tiene para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operabilidad.

Impacto en la Producción.

Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.

Costo de Reparación.

Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.

Impacto en la Seguridad Personal.

Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.

Impacto Ambiental.

Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.

Impacto Satisfacción al Cliente

En él se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a las áreas a las cuales se les suministran los servicios industriales.

3.8. Verificación y análisis de datos.

Los resultados obtenidos fueron mostrados al personal entrevistado y fueron inspeccionados con total aceptación.

3.9. Resultados del estudio.

El primer paso para obtener los resultados del Análisis de Criticidad es establecer los puntajes de los parámetros dependiendo de las respuestas de las personas entrevistadas. Un ejemplo es el mostrado en la tabla 8, donde se muestra las respuestas hechas por el coordinador de mantenimiento con sus respectivos puntajes.

Figura 44: Puntajes finales para la inyectora 7.

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 7 (1990) Boy 50 T2	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	3
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	1
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	3
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	2

Fuente: Autor

Después de tener los puntajes de cada parámetro previamente estudiado y analizado, se aplica el cálculo de criticidad con la siguiente fórmula.

Figura 45: Ecuación de criticidad simplificada.

<p>Criticidad = frecuencia de falla × consecuencia</p> <p>Siendo: consecuencia = a+b</p> <p>a = costo reparación+ impacto seguridad personal+impacto ambiental+impacto satisfacción cliente.</p> <p>b = impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar MTTR.</p>
--

Fuente: PDVSA E & P occidente 2002

Este procedimiento se realiza para cada equipo incluido dentro del estudio de criticidad. A continuación presentamos la tabla de cada equipo involucrado en el análisis de criticidad con su respectivo puntaje asociado y el resultado de criticidad obtenido por medio de una ecuación automatizada en Microsoft Excel.

Después de haber obtenido los puntajes de cada máquina, se tabularan para ver cuáles de estos tienen más impacto sobre la producción y rentabilidad en la empresa PLADESAN LTDA y de esta manera identificar hacia donde ira enfocado el esfuerzo en la elaboración de la gestión de mantenimiento.

Finalmente en la figura 46 se muestra los resultados del estudio de Análisis de Criticidad para los equipos de la empresa PLADESAN LTDA, por medio de una gráfica de columnas agrupadas donde se pueden observar los equipos más críticos vs la criticidad numérica. Así mismo la

Cuadro 8: Ponderaciones y resultados inyectora numero 7

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 7 (1990) Boy 50 T2	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	3
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	1
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	3
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	2
CRITICIDAD =	69

Fuente: El autor

Cuadro 9: Ponderaciones y resultados inyectora número 8 Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 8 (1994) Boy 50 T2	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	3
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	1
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	3
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	2
CRITICIDAD =	69

Fuente: El autor

Cuadro 10: Ponderaciones y resultados conjuntos de chilers Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Conjunto chilers	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	2
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	2
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	10
Impacto salud y seguridad personal	5
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	20
CRITICIDAD =	88

Fuente: El autor

Cuadro 11: Ponderaciones y resultados compresores en paralelo Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Compresores en Paralelo	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	5
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	2
Costos de reparación	4
Impacto ambiental	3
Impacto salud y seguridad personal	5
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	15
CRITICIDAD =	74

Fuente: El autor

Cuadro 12: Ponderaciones y resultados inyectora 9 Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 9 Boy 80M (2000)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.8
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	13
CRITICIDAD =	70.8

Fuente: El autor

Cuadro 13: Ponderaciones y resultados inyectora numero 10 Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 10 wellltec TTI-160F2 (2006)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	1
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.6
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	10
CRITICIDAD =	61.2

Fuente: El autor

Cuadro 14: Ponderaciones y resultados Inyectora numero 11 Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Inyectora 11 wellltec 190F2 (2009)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	1
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.6
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	10
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	10
CRITICIDAD =	61.2

Fuente: El autor

Cuadro 15: Ponderaciones y resultados Tolva dosificadora Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Tolva dosificadora Shini shr-6u-E	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	1
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.6
Costos de reparación	3
Impacto ambiental	0
Impacto salud y seguridad personal	0
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	10
CRITICIDAD =	27,2

Fuente: El autor

Cuadro 16: Ponderaciones y resultado deshumidificador Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Deshumidificador 3CD-30U/50M4	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.6
Costos de reparación	3
Impacto ambiental	2
Impacto salud y seguridad personal	2
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	10
CRITICIDAD =	37.6

Fuente: El autor

Cuadro 17: Ponderaciones y resultados Atemporador Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Atemporador Shini STM-607-0	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.4
Costos de reparación	3
Impacto ambiental	2
Impacto salud y seguridad personal	2
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	8
CRITICIDAD =	32.4

Fuente: El autor

Cuadro 18: Ponderaciones y resultados CNC 30 (2003) Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Maquina CNC Leadwell V-30 (2003)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.8
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	6
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	18
CRITICIDAD =	72.8

Fuente: El autor

Cuadro 19: Ponderaciones y resultados CNC v-30 (2001) Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Maquina CNC Leadwell V-30 (2001)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.8
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	6
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	18
CRITICIDAD =	72.8

Fuente: El autor

Cuadro 20: Ponderaciones y resultados CNC v-20 (2005) Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Maquina CNC Leadwell V-20 (2005)	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.8
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	6
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	17
CRITICIDAD =	70.8

Fuente: El autor

Cuadro 21: Ponderaciones y resultados Torno CNC Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Torno CNC Leadwell T-6	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	0.2
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	5
Impacto salud y seguridad personal	5
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	16
CRITICIDAD =	63.2

Fuente: El autor

Cuadro 22: Ponderaciones y resultados Planta eléctrica Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Planta eléctrica Cummins 6bts.9-62	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	3
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	2
Costos de reparación	5
Impacto ambiental	8
Impacto salud y seguridad personal	8
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	20
CRITICIDAD =	94

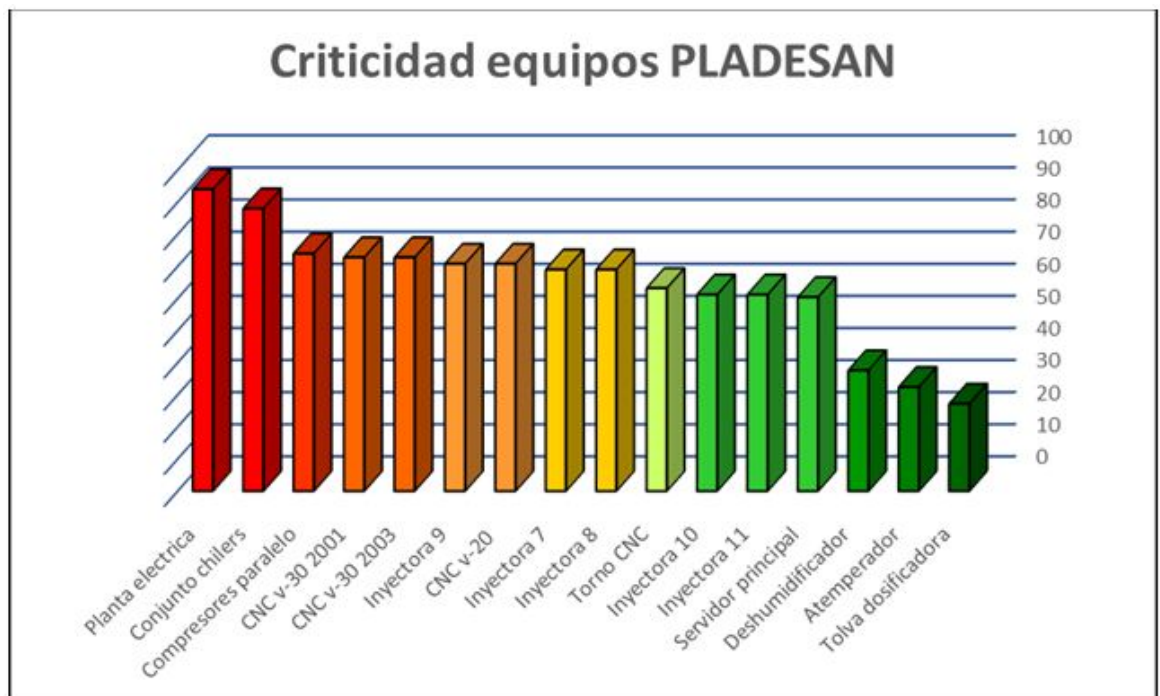
Fuente: El autor

Cuadro 23: Ponderaciones y resultados Servidor principal Análisis criticidad

Análisis criticidad	
Nombre maquina: Servidor Principal	CALIFICACION
Frecuencia falla por año	2
Tiempo promedio reparación (MTTR)	2
Impacto sobre la producción (por el número de fallas)	01/06/13
Costos de reparación	3
Impacto ambiental	2
Impacto salud y seguridad personal	2
Impacto satisfacción al cliente (Perdidas económicas diarias)	20
CRITICIDAD =	60.4

Fuente: El autor

Figura 46: Resultados análisis criticidad equipos PLADESAN LTDA.



Fuente: El autor

Como resultado final del análisis de criticidad se pueden establecer los 3 equipos más críticos dentro de la empresa PLADESCAN LTDA. Estos son:

- Planta eléctrica (Cummins 6bts.9-62)
- Conjunto de Chilers
- Compresores en paralelo

Hacia estos tres equipos irán enfocados todos los esfuerzos de mantenimiento en una primera instancia, se espera que con el tiempo y la experiencia, las gestiones de mantenimiento se apliquen en todos los equipos, herramientas y en todo lo que concierne a la rentabilidad de la empresa PLADESCAN LTDA.

3.10. Codificación

Con el fin de mejorar el manejo de la información dentro de la empresa en el área de mantenimiento, se llevaron a cabo algunos cambios y tareas para mejorar en el aspecto de documentación. Se codificaron todos los equipos relevantes en PLADESCAN LTDA, se realizaron los formatos correspondientes a hoja de vida y ordenes de trabajo.

3.10.1. Codificación de equipos e inventario

La codificación de los equipos se basó en el mismo inventario realizado, ya que los trabajadores ya le tienen un nombre específico a cada máquina y por esta razón se decidió utilizar esa información para la base de la codificación de los equipos.

Figura 47: Codificación maquinas PLADESAN LTDA.

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
310	INY	INY 11	MÁQUINA INYECTORA 11	WELTEC 190F2	2009 (APROX)	-	Inyectora 11	31.7	18415/50
310	INY	INY 10	MÁQUINA INYECTORA 10	WELTEC TTI-160F2	2006 (APROX)	-	Inyectora 10	25.6	16907/45
310	INY	INY 5	MÁQUINA INYECTORA 5 (vendida)	BOY 50		-	Inyectora 5	17.5	
310	INY	INY 6	MÁQUINA INYECTORA 6	BOY 22S	1990 (APROX)	-	Inyectora 6	9	21394
310	INY	INY 7	MÁQUINA INYECTORA 7	BOY 50T2	1990 (APROX)	-	Inyectora 7	17.5	54471
310	INY	INY 8	MÁQUINA INYECTORA 8	BOY 50T2	1994 (APROX)	-	Inyectora 8	17.5	54802

Fuente: Base de datos PLADESAN LTDA.

Aprovechando la realización de un inventario sobre todos los equipos que posee PLADESAN LTDA, siendo 102 equipos que representan el 90 % del total de los activos tangibles de la empresa, se decide codificar aproximadamente el 20 % de las máquina con ID que será el código de reconocimiento en el sistema de información y un NOMBRE ESTANDAR INTERNO, que es como se le conoce al equipo en la planta, en la mayoría de equipos estos dos ítems coinciden, volviendo las labores en este aspecto mucho más fácil y cómodo para trabajar

Como se puede observar en la figura siguiente, en el inventario los equipos poseen una descripción, una fecha de fabricación, esta su marca y modelo, el departamento al cual pertenecen, su serial correspondiente, el nombre estándar interno y su ID para el sistema. El inventario completo se anexara en los documentos que sustentan este trabajo de grado.

Figura 48: Inventario PLADESAN LTDA

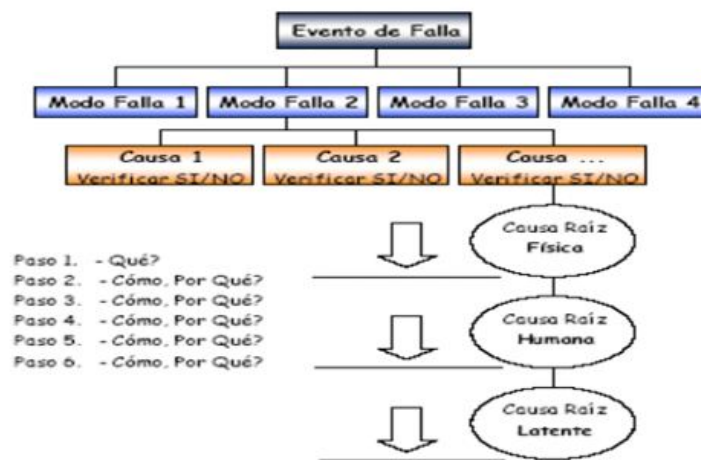
centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
310	INY		CHILLER	IMOCILLER		-	Chiller	2(5 Toneladas)	
310	INY		LINEAS DE REFRIGERACIÓN A MÁQUINAS			-	Linea refrigeración		
310	INY	INY 11	MÁQUINA INYECTORA 11	WELTEC 190F2	2009 (APROX)	-	Inyectora 11	31.7	18415/50
310	INY	INY 10	MÁQUINA INYECTORA 10	WELTEC TT-160F2	2006 (APROX)	-	Inyectora 10	25.6	16907/45
310	INY	INY 5	MÁQUINA INYECTORA 5 (vendida)	BOY 50		-	Inyectora 5	17.5	
310	INY	INY 6	MÁQUINA INYECTORA 6	BOY 22S	1990 (APROX)	-	Inyectora 6	9	21394
310	INY	INY 7	MÁQUINA INYECTORA 7	BOY 50T2	1990 (APROX)	-	Inyectora 7	17.5	54471
310	INY	INY 8	MÁQUINA INYECTORA 8	BOY 50T2	1994 (APROX)	-	Inyectora 8	17.5	54802
310	INY	INY 9	MÁQUINA INYECTORA 9	BOY 80M	2000 (APROX)	-	Inyectora 9	25	88123

Fuente: Base de datos PLADESAN LTDA.

4. ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (RCA)

El análisis de causa raíz (RCA) es un método cualitativo de análisis de falla, que utiliza la lógica sistémica para identificar las causas responsables de una falla. También permite identificar la mejor solución para corregir la causa identificada y como hacerle seguimiento, esta metodología se basa en el árbol lógico de falla, la deducción y verificación de los hechos para encontrar el origen de una falla, permite aprender de la falla y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

Figura 49: Árbol lógico de falla



Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la metodología de analisis causa raiz para la solucion de problemas pag 39

Por su estructura, el RCA es un proceso que consume recursos y una gran cantidad de tiempo por lo tanto se debe establecer desde un principio si el problema realizar o no un estudio RCA. Con el fin de saber si una falla requiere de un RCA, se debe evaluar basado en sus consecuencias, por ejemplo: fallas que involucren la integridad de las personas, las inversiones o infraestructura, los equipos o la combinación de varias de las anteriores.

El objetivo es determinar el origen de las causas físicas, humanas y latentes de una

falla, la frecuencia con que apareció y el impacto que genera, por medio de un estudio minucioso de los factores, circunstancias y diferentes elementos que podrían mitigar o eliminar por completo la falla una vez tomadas las acciones correctivas que sugiera el análisis mejorando la seguridad, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de la organización.

Para hacer un buen análisis de causa raíz, se debe ir mas allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y analizar las acciones humanas que desataron la cadena de causa-efecto que llevo a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron esto, si se debió a procedimientos incorrectos, especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, puede hacer que la falla se repita nuevamente.

4.1. Aplicación del análisis causa raíz

En la aplicación del análisis causa raíz, se tienen en cuenta cuatro etapas básicas que se definirán a continuación.

1. Definición del problema: Esta etapa consiste en identificar cual es el problema o situación que se desea solucionar, en este punto se decide la aplicación de la herramienta RCA en busca de mejoras para el funcionamiento de los equipos o erradicar problemas complejos.
2. Análisis del problema: Consta del análisis preliminar y el desarrollo en pleno de la herramienta y definición de los pasos para la aplicación del RCA, los cuales son:
 - Recolectar datos de falla

- Ordenar el análisis (equipo multidisciplinario)
 - Analizar los datos (El equipo toma cada pieza del rompecabezas y la pone en su lugar)
3. identificar soluciones efectivas: Esta etapa está ligada a los hallazgos y conclusiones obtenidas a lo largo de la aplicación del análisis causa raíz al problema estudiado, donde ya localizadas las causas de fondo, se identifican las correcciones que se deberían realizar para asegurar la no ocurrencia de la falla en un futuro.
 4. implementar soluciones: Cuando se realizan las correcciones propuestas a eliminar la falla, basadas en el plan de seguimiento propuesto a las recomendaciones emitidas en el informe RCA.

4.2. Niveles del análisis causa raíz

Para solucionar definitivamente un problema se debe llegar a la verdadera causa que lo está generando; es por esto que el análisis de causa tiene tres niveles de posibles causas.

- Causa raíz física: Reúne todas las situaciones o manifestaciones de origen físico que afectan directamente la continuidad operativa de los equipos o la planta. En este nivel no se encontrara la causa raíz de la falla, sino un punto de partida para localizarla.
- Causa raíz humana: Aquí se encuentran todos los errores cometidos por el factor humano y que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia de la falla, esta es una de las categorías en la que se podía encontrar la verdadera causa raíz.
- Causa raíz latente: Todos aquellos problemas que aunque nunca hayan

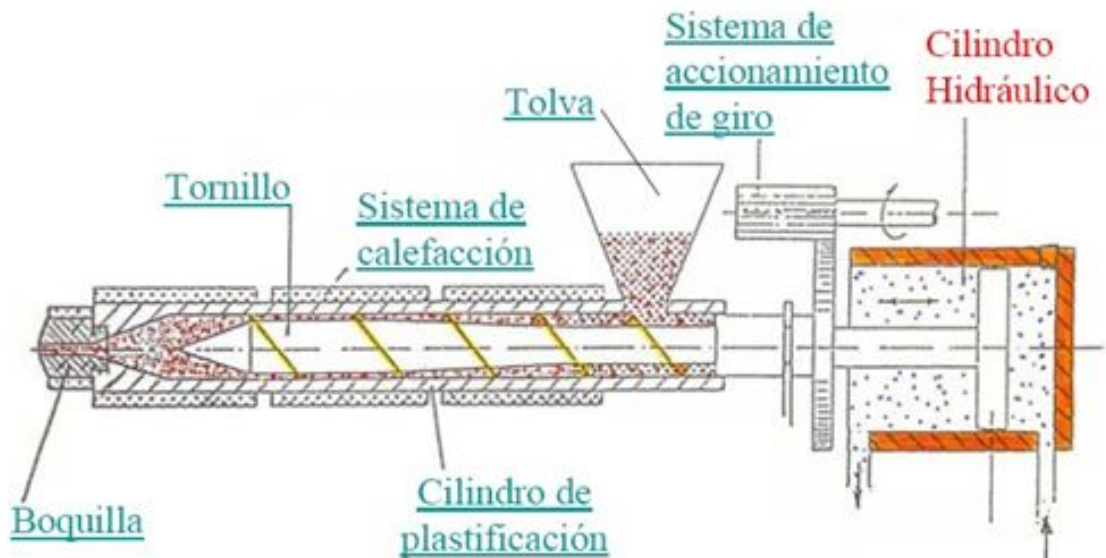
ocurrido son factibles su ocurrencia, entre ellos: falta de procedimiento para arranque o fuera de servicio, personal de mantenimiento sin capacitación, inapropiados procedimientos de operación entre otros.

4.3. Identificación del mal actor

Descripción del sistema identificado como mal actor El ítem mantenible identificado como mal actor fue el sistema de calefacción de las inyectoras, por presentar más frecuencia de ocurrencia en el año 2012 en comparación con las otras fallas para el área de inyección de PLADESAN LTDA. A la falla repetitiva presentada en este elemento se le aplicara la metodología del análisis de la causa raíz (RCA) con lo cual se busca eliminar las principales causas que ocasionaron la falla más repetitiva.

Las inyectoras de plásticos poseen una unidad de calefacción, la cual tiene como función principal derretir el material polimérico para que se vuelva una especie de fluido viscoso y el tornillo sin fin pueda empujar el material hacia el molde de inyección.

Figura 50: Partes básicas de una inyectora de plástico



Fuente: El autor

Este sistema de calefacción cuenta con resistencias eléctricas, las cuales son las encargadas de generar el calor suficiente para derretir el material según sea el proceso. Estas temperaturas son censadas por termocuplas que envían una señal al panel de control y este al monitor de control, donde se puede observar las temperaturas en cada parte del cañón, permitiendo tener así un control sobre estas, para adaptar la maquina a diferentes tipos de materiales poliméricos.

Ya que PLADESAN LTDA en el momento de la realización de este proyecto de grado no tenía información exacta sobre los históricos de fallas en cada máquina, la información se obtuvo mediante los trabajadores y jefes de áreas que cuentan con años de experiencia y con ciertos apuntes consignados en agendas por parte del encargado de mantenimiento de la empresa.

Estos datos no están muy lejanos de la realidad y se espera que un futuro el análisis RCA cada vez sea más exacto, ya que al implementar un plan de mantenimiento

preventivo soportado por un software, la información va a ser la suficiente para que los análisis vayan teniendo mejores soluciones y las actividades de mantenimiento se optimicen al máximo.

4.4. Análisis teórico práctico del proceso de la aplicación de la metodología análisis de causa raíz (RCA)

Este capítulo tiene como objetivo fundamental mostrar el proceso de aplicación de la metodología del análisis causa raíz RCA, al mal actor identificado en el área de inyección para las inyectoras, con este se busca encontrar las verdaderas causas del problema y sugerir acciones correctivas y mejorativas que conduzcan a una solución definitiva de la falla.

4.4.1. Informe sobre fallas repetitivas en el sistema de calefacción de las inyectoras en PLADESAN LTDA.

4.4.1.1. Términos de referencia para ordenar el análisis

Un informe preliminar de la falla repetitiva que se presenta en las ayudara a obtener el compromiso por parte de la gerencia para la solución del problema, esto se hace con los términos de referencia. Es un informe en el cual se presentan los objetivos del RCA, los hechos que se presentaron en los diferentes equipos, los cuales sumaron para que esta falla fuera seleccionada como mal actor, también se explica el alcance que tendrá el RCA, la metodología utilizada y el personal necesario para la realización del ejercicio, este informe ayudara para que la gerencia se comprometa con la asignación de recursos para la implementación de las recomendaciones que al final del RCA se obtendrán como resultado, también para que facilite el personal que se requiere para dar una solución acertada a la falla presentada.

4.4.1.2. Organización del equipo de trabajo para el análisis RCA

El equipo RCA es muy importante a la hora de analizar la falla, la conformación varía dependiendo del problema que se esté analizando; para el caso de la falla en las inyectoras se trabajó con un grupo RCA integrado por las siguientes personas:

- Un líder o analista principal: Encargado de liderar el análisis RCA, conocedor de la metodología y especialista en los procesos de inyección, responsable de la administración del trabajo y del grupo encargado de realizar el análisis cualitativo de la falla en los sistemas de calefacción en las inyectoras. Este según, Robert J Latino debe poseer las siguientes cualidades:
 - Ser imparcial para llegar a la verdadera causa del problema.
 - Persistente, pues no debe retirarse en la primera señal de resistencia, y cuando se presenten obstáculos encontrar medios para resolverlos.
 - Organizado, velar por el desarrollo adecuado de la metodología del RCA.
 - Diplomático para trabajar por el desarrollo adecuado de la metodología del RCA.
- Un facilitador: Integrante del equipo entrenado en la aplicación de la metodología RCA y encargado de explicar detalladamente los pasos a seguir por el equipo.
- Un supervisor: En el RCA esta persona es quien más conoce y suministra información acerca del desempeño de los equipos durante un periodo de tiempo determinado.
- Un técnico: Encargado de brindar información acerca de armado y funcionamiento de las diferentes partes que componen la máquina donde se presentó la falla.

4.4.2. Análisis de causa raíz mediante la herramienta árbol lógico de fallas

4.4.2.1. Introducción al árbol lógico de fallas

El análisis cualitativo de una falla cuenta con diversas herramientas para realizar el análisis de causa raíz, lo importante de la herramienta que se utilice son que los resultados que se obtienen sean acertados y precisos. Todas estas herramientas tienen algo en común, que trabajan mediante la relación de las causas y efectos para encontrar las causas posibles de una falla, de una manera organizada.

El árbol lógico de fallas es considerado una herramienta de la confiabilidad operacional que “permite representar gráficamente las relaciones de causa y efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable y cuál fue la causa raíz del problema”. En la práctica el equipo RCA es quien coloca los datos de una falla en forma lógica y comprensible, mostrando en un diagrama la toma de decisiones verificadas a través de preguntas que ayudan a guiar al grupo en busca de la respuesta correcta.

De acuerdo con lo anterior, la construcción del árbol lógico de fallas en un proceso de RCA consta de los siguientes pasos que son descritos en la figura siguiente:

Figura 51: Descripción de pasos para la construcción de un árbol lógico de fallas

<p>1. EVENTO (MAL ACTOR): En este paso se realiza la descripción del mal actor o falla repetitiva que se encuentra ocasionando problemas y pérdida en la función de una pieza o proceso, el análisis de estos problemas debe basarse en hechos verificables que permitan iniciar el proceso de análisis de la falla.</p>
<p>2. MODOS DE FALLA: Los modos de falla son una descripción más detallada de cómo ocurrió el evento en el pasado, estos deberán estar basados en hechos. En este paso el análisis del mal actor son las diferentes fallas que originaron el problema principal y su función es dividir el problema central en cuadros más pequeños para hacerlo más manejable.</p>
<p>3. HIPÓTESIS: las hipótesis son suposiciones que se hacen respecto a la pregunta de cómo pudo suceder determinado modo de falla, estas pueden tener varios niveles de verificación dependiendo de la acertabilidad requerida.</p>
<p>4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS: En la verificación de hipótesis se recurre a diversos métodos de validación con los cuales se aprueba la hipótesis propuesta como un hecho con los cuales se clarifica aun más el problema; los métodos más utilizados son: análisis y seguimiento de vibraciones, Observación humana, ultrasonido, fotografías, cámaras de video, termografía y alineación laser.</p>
<p>5. CAUSAS FÍSICAS: Este nivel reúne todas las causas de origen físico que pudieron dar origen a la falla, es la causa tangible. En este nivel no se encontrara la causa de la falla si no un punto de partida para resolver el problema, por lo que se deberá seguir con el análisis de falla.</p>
<p>6. CAUSAS HUMANAS: Errores cometidos por el factor humano que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia de la falla, estos pueden originarse por la falta de conocimiento en procesos y la toma de decisiones erradas que generalmente dan como resultados errores de omisión.</p>
<p>7. CAUSAS LATENTES: Son todos aquellos problemas que aunque no hayan ocurrido son factibles de que ocurran. También pueden ser considerados como los sistemas de organización que las personas utilizan para tomar decisiones, cuando estas son deficientes se traducen en errores de decisión que pueden ocasionar dificultades en el funcionamiento adecuado de los equipos, algunos ejemplos de estas causas pueden ser: falta de procedimientos, capacitación inadecuada del equipo de trabajo y problemas de comunicación.</p>

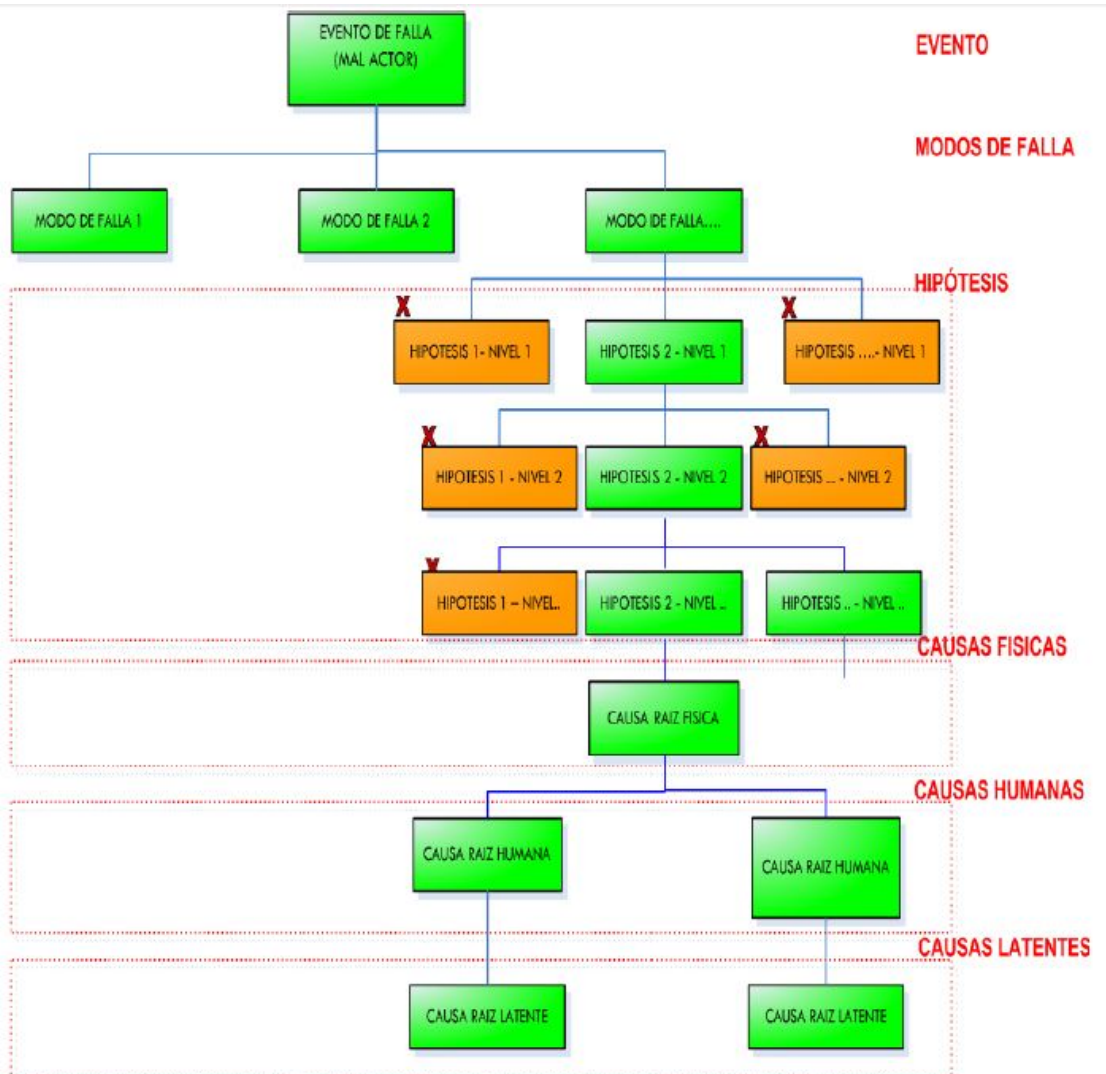
Fuente: Pagina 72

http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/cat/popup/pa_detalle_m_atbib.jsp?parametros = 156452| %20|3|3

4.4.3. Pasos del árbol lógico de fallas

En la elaboración del árbol lógico de fallas se tiene que tener en cuenta que tiene que ser un proceso ordenado, donde las diferentes etapas que lo componen guiarán al grupo de análisis RCA a encontrar la causa raíz que está originando el problema, la estructura para el análisis de los elementos encontrados en cada una de las etapas, genera un análisis combinatorio o ramificado llamado árbol lógico de falla cuya estructura conceptual es la siguiente:

Figura 52: Pasos árbol lógico de fallas



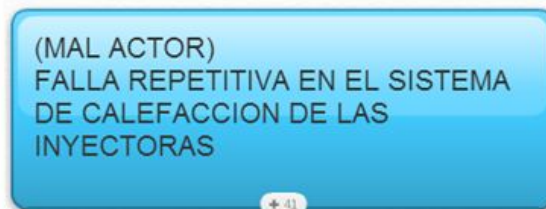
Fuente: El autor

Construcción del árbol lógico de fallas para la eliminación del mal actor (falla repetitiva del sistema de calefacción en las inyectoras) identificado en el área de inyección PLADESAN LTDA.

4.4.4. Descripción de los eventos presentados en las inyectoras

En el área de inyección en PLADESAN LTDA se presentaron problemas repetitivos en el año 2013, estos problemas ocasionaron la parada de total de las funciones de las inyectoras, las fallas en el sistema de calefacción fueron ocasionadas por el no funcionamiento de las resistencias o por fallas en el cableado del sistema de calefacción, estas fallas se convirtieron en eventos crónicos por su alta repetición, lo que ocasiono pérdidas de tiempo en mantenimiento correctivo, lo que se traduce en una disminución en la rentabilidad de la empresa ya que las inyectoras se detienen completamente y se deja de producir.

Figura 53: Primer paso para la construcción del árbol lógico de fallas (EVENTO)



Fuente: Autor

A continuación se exponen una secuencia de eventos que evidencian que ha ocurrido una falla, estos eventos ocurrieron en diferentes periodos de tiempo en el área de inyección para el sistema de calefacción de diferentes inyectoras en PLADESAN LTDA.

Figura 54: Resistencias quemadas o en mal estado



Fuente: PLADESAN LTDA.

Las resistencias son revisadas según el análisis que se hace al proceso teniendo en cuenta los datos que arroja el monitor de control. La resistencia puede estar quemada, puede tener malas conexiones o puede tener una sección de cable con rotura o con daños.

Figura 55: Daños en el cableado del sistema calefacción



Fuente:PLADESAN LTDA.

Cuando el cableado presenta daños como rotura en cualquier cable ya sea de una resistencia o una termocupla, las conexiones de estas con el panel de control y los empalmes de un punto a otro de estos dispositivos, se presentan fallos graves, lo que provoca la parada total de la máquina para evitar fallas mayores.

4.4.5. Descripción de los modos de falla en el sistema de calefacción del cañón de las inyectoras

Después de describir las fallas más repetitivas que se presentaron en las inyectoras, se procede a desglosar el problema, para poder analizarlo más a fondo y poder llegar al origen de la falla. Para esto se definen los modos de falla, que son los síntomas que surgieron cada vez que se presentó la falla. Estos datos tienen que estar soportados por hechos y no en suposiciones ya que le da forma al árbol lógico de falla y permite desglosar aún más el problema.

- Lecturas en el monitor donde se controlan las variables en el proceso de inyección: cuando las variables no tienen sentido, por ejemplo: las temperaturas, presiones, RPM, tolerancias, etc, se determina que existe una falla en algún elemento de la inyectora. En este caso serían lecturas de temperatura sin sentido, lo que sugiere que algo anda mal en el sistema de calefacción del cañón de inyección.

Figura 56: Monitor de control

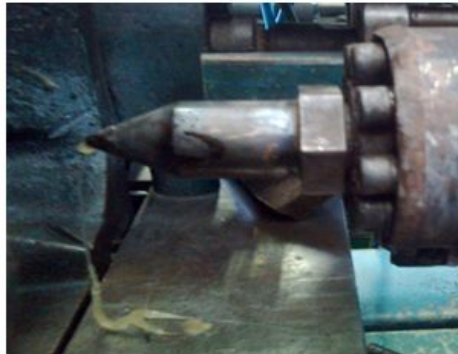


Fuente: PLADESAN LTDA.

- Material saliente con inconsistencias: Antes de cada ciclo de inyección en la empresa PLADESAN LTDA, se realizan pruebas sobre el material, para saber si los ajustes realizados a la máquina para cada proceso están correctos, cuando el material comienza a salir por la boquilla del cañón, se hace una ins-

pección de este para saber si está en buenas condiciones, lo que sugiere que el cuadro de la maquina está bien hecho. Las inconsistencias en el material de salida, sugieren que la maquina no está funcionando bien. Cuando el sistema de calefacción falla, los parámetros que se programaron no se cumplen y el material no se procesa correctamente, lo que produce inconsistencias en este.

Figura 57: Material saliente



Fuente: PLADESCAN LTDA.

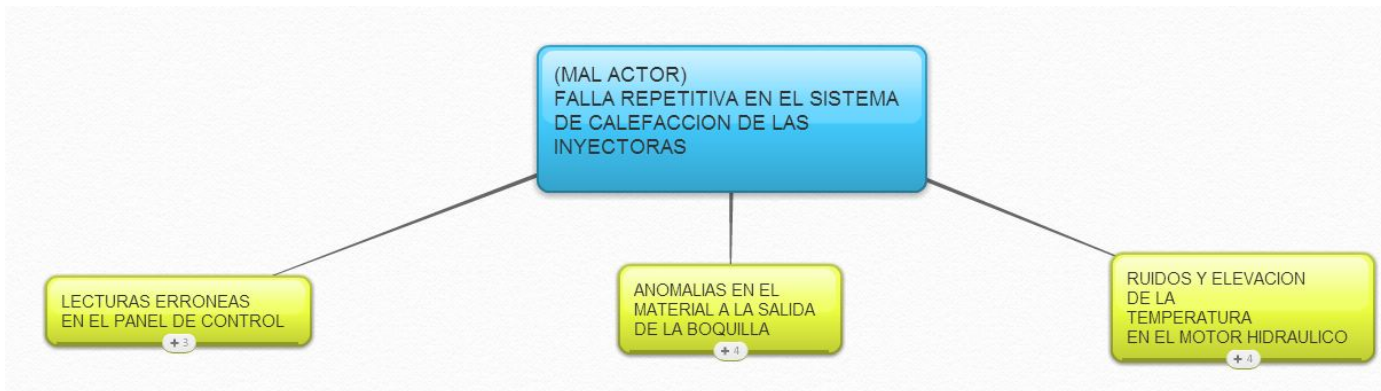
- Calentamiento y ruidos en el motor hidráulico: El material dentro del cañón, se derrite a diferentes temperaturas dependiendo de cada proceso, cuando el sistema de calefacción falla, el material se quema o simplemente no se derrite lo necesario, provocando que el material adentro sea más viscoso o este sólido y esto ocasiona que el motor hidráulico entre en sobrecarga, lo que genera elevación de temperaturas y ruidos en él. En ese instante el proceso se detiene y la maquina queda en no funcionamiento.

Figura 58: Motor hidráulico



Fuente: PLADESCAN LTDA.

Figura 59: Modos de falla



Fuente: El autor

4.4.6. Planteamiento de hipótesis de falla

Para continuar con el análisis RCA, el grupo de trabajo en este análisis tiene que comenzar a formular hipótesis para cada modo de falla, con las cuales se preguntan cómo pudo suceder este modo de falla, con el fin de tener una visión más clara del problema. Las hipótesis planteadas para los modos de falla son:

1. Danos en las termocuplas
2. Daños en las resistencias
3. Daños en el cableado del sistema calefacción
4. Mala parametrización del proceso de inyección
5. Mala preparación del material
6. Daños en el motor hidráulico
7. Falla en el sistema de calefacción del bajante
8. Dilatación térmica del tornillo sin fin
9. Material intruso dentro del cañón
10. Rotura del tornillo sin fin

11. Falla de elementos del motor hidráulico

4.4.7. Verificación de las hipótesis

Para que las hipótesis se conviertan en hechos, deben verificarse por diferentes métodos de validación como la inspección visual, análisis de datos, ensayos no destructivos, con los que se refuerza las bases para tomar la decisión si es o no es una causa de falla, si una hipótesis es validada sin una verificación, sería una suposición y se estaría llevando la una solución errada.

4.4.7.1. Hipótesis 1

Para verificar que las termocuplas estén en buen funcionamiento, se realiza en primer lugar una inspección visual, que trata de buscar algún cable desconectado de la termocupla al cañón. Luego se retira la termocupla y se calienta con una mechera para mirar en el monitor de control si la temperatura está aumentando.

Figura 60: Revisión termocuplas



Fuente: PLADESAN LTDA.

4.4.7.2. Hipótesis 2

Para verificar que las resistencias estén en buen funcionamiento, se realiza en primer lugar una inspección visual, que trata de buscar algún cable desconectado de

la resistencia a la fuente de energía. Luego se retira la resistencia para hacerle un análisis de continuidad y para medir los ohmios. El análisis de continuidad se hace para saber si hay cables con ruptura en la resistencia, la medición de los ohmios se hace para saber si la resistencia sirve o esta quemada. Aparte de eso se revisa los empalmes entre el cable y la resistencia.

Figura 61: Análisis de continuidad y ohmiamje de las resistencias

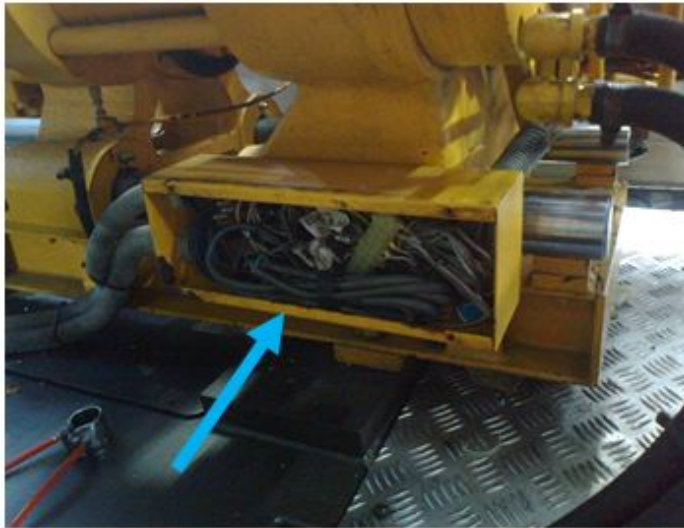


Fuente: PLADESAN LTDA.

4.4.7.3. Hipótesis 3

Para verificar que el cableado este en perfecto funcionamiento, se realiza una inspección visual y de tacto a los cables para detectar sulfatación en algún cable, después de eso se realiza la prueba de continuidad de los cables y verificación de que los empalmes estén bien. El buen comportamiento del cableado y los elementos se puede observar en el monitor de control de la inyectora.

Figura 62: Cableado sistema de calefacción cañón de inyección



Fuente: PLADESCAN LTDA.

4.4.7.4. Hipótesis 4

Para verificar si los parámetros de cada proceso están bien establecidos, los encargados de hacer el cuadro a la máquina, tienen en su poder unos formatos donde por experiencia se consignaron todos los parámetros de la máquina para cada proceso, entonces la verificación de los parámetros se hace a través de esta información haciendo una comparación de esta con lo que se tiene en la máquina.

Figura 63: Formatos donde se almacena la información para el cuadro de la máquina para los procesos PLADESCAN LTDA



Fuente: PLADESCAN LTDA.

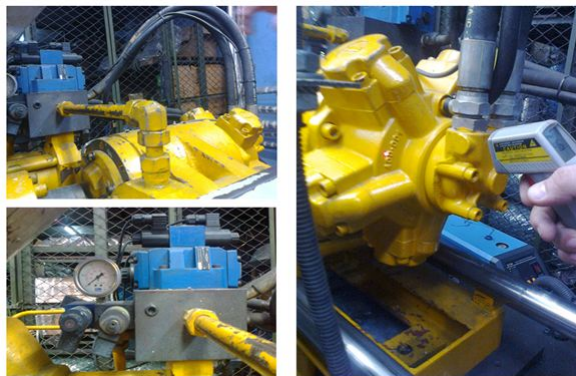
4.4.7.5. Hipótesis 5

La preparación del material se realiza de diferentes modos dependiendo del proceso. Existen algunos materiales que no necesitan preparación y se vierten directamente en la tolva, pero existen otros que necesitan de secado o mezclado. Esta preparación se realiza por experiencia de los encargados del proceso, pero la forma de comprobar que el material está en óptimas condiciones es probarlo en la inyectora, con una inspección visual de cómo está saliendo por la boquilla del cañón.

4.4.7.6. Hipótesis 6

Para verificar que el motor hidráulico está funcionando perfectamente, se le realiza una inspección visual y auditiva, se miran los sensores de presión, se mide la temperatura de este y se pone a funcionar con el material de prueba, para detectar anomalías en su funcionamiento.

Figura 64: Revisión del motor hidráulico

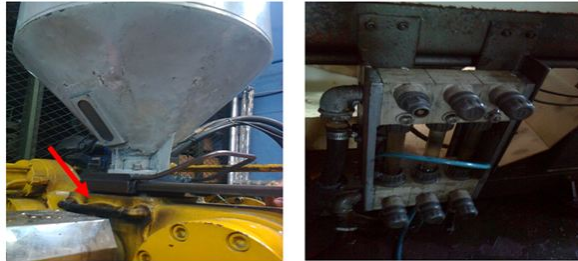


Fuente: PLADESAN LTDA.

4.4.7.7. Hipótesis 7

Para verificar que la refrigeración del bajante este trabajando bien, se realiza inspecciones visuales a los medidores de caudal, se toman temperaturas del bajante y se revisan conexiones de mangueras y empalmes.

Figura 65: Revisión del sistema de refrigeración del bajante



Fuente: PLADESAN LTDA.

4.4.7.8. Hipótesis 8

La dilatación térmica de tornillos sin fin, se debe a que las temperaturas se elevaron más de lo normal, por lo que una inspección visual al tablero de control donde se encuentran las temperaturas del proceso seria lo primero, lo segundo es detectar ruidos que se generan por la fricción entre el tornillo y la camisa.

4.4.7.9. Hipótesis 9

Cuando un material intruso entra en el cañón, produce ruidos fuertes, luego la maquina tiene que ser parada y el cañón tiene que ser destapado para asegurarse de que lo que está sucediendo es un material intruso y evitar que haga daños en el tornillo.

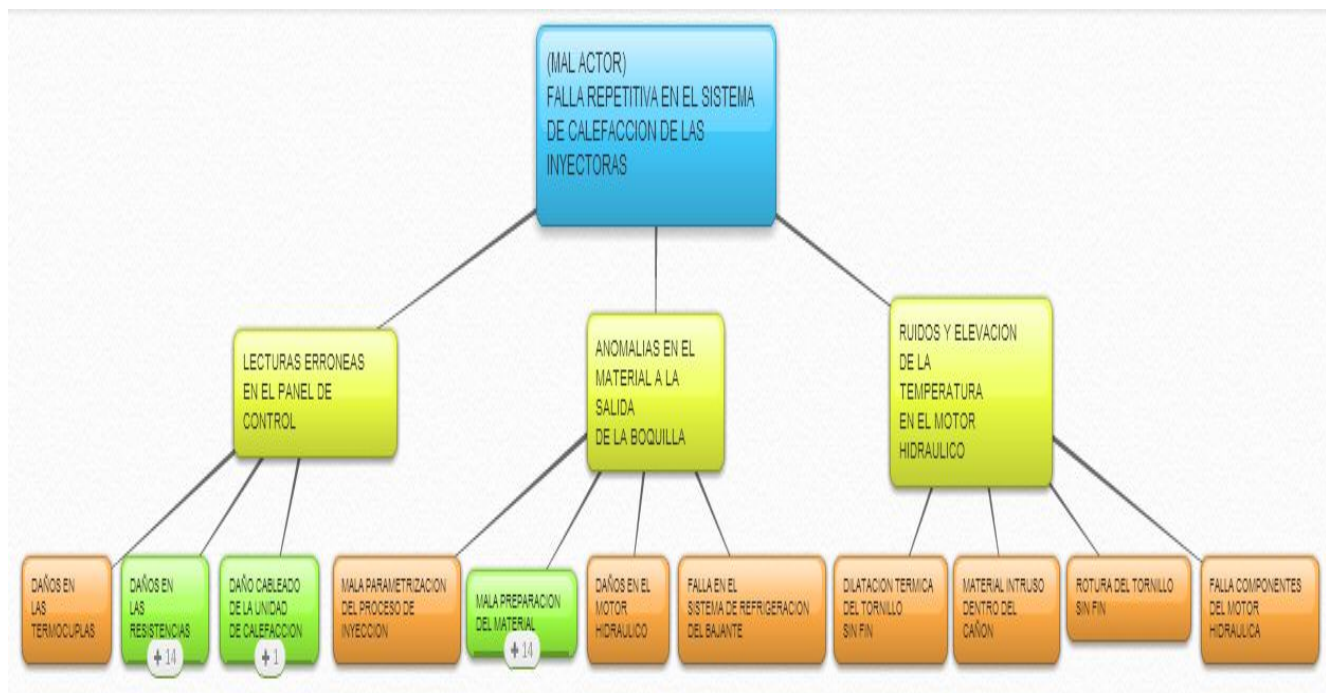
4.4.7.10. Hipótesis 10

Para saber si el tornillo sin fin se ha roto, lo primero que se mira es que el material este fluyendo, de lo contrario sabremos que no se está empujando material, entonces se procede a destapar el cañón y mirar que es lo que acontece con el tornillo sin fin.

4.4.7.11. Hipótesis 11

Para verificar que el motor hidráulico está funcionando perfectamente, se le realiza una inspección visual y auditiva, se miran los sensores de presión, se mide la temperatura de este y se pone a funcionar con el material de prueba, para detectar anomalías en su funcionamiento.

Figura 66: Hipótesis



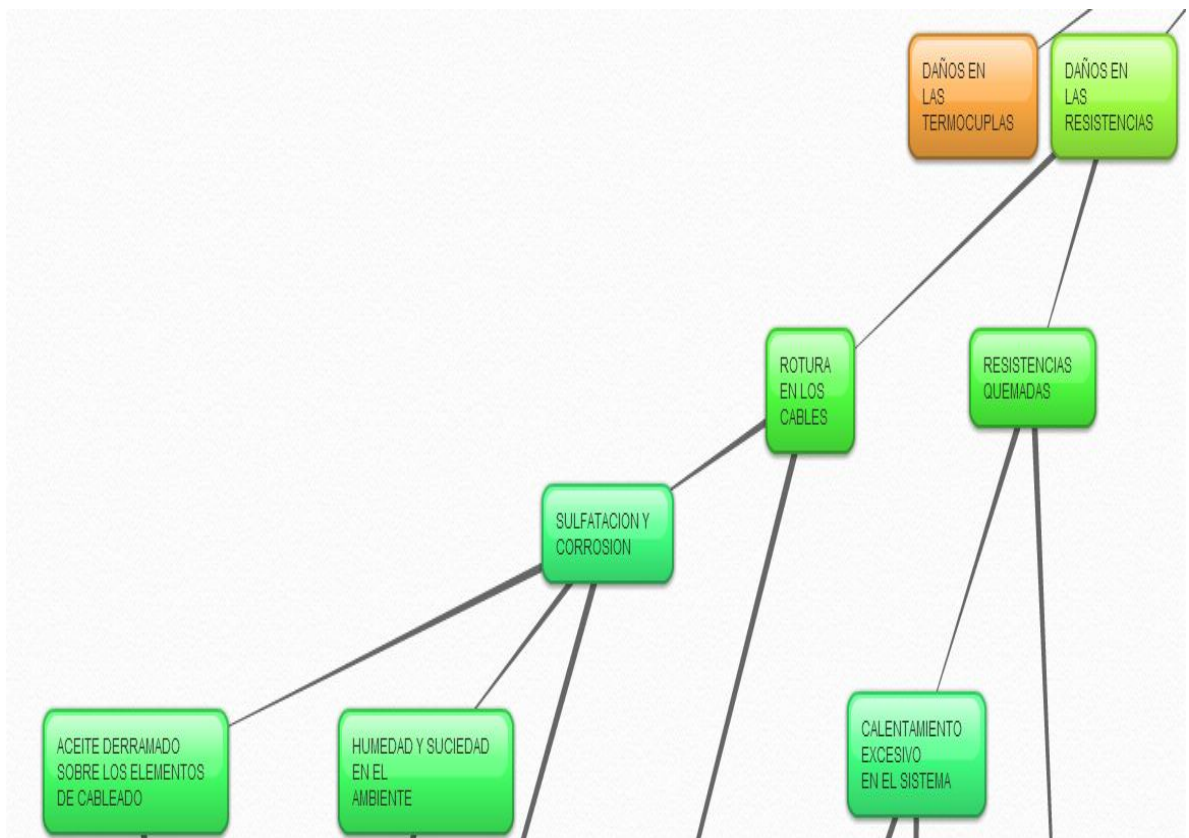
Fuente: Autor

Después de haber verificado cada una de estas hipótesis, encontramos que solo las de color verde dieron como positivo, es decir, que se validó la hipótesis como cierta.

4.4.8. Estudio y verificación de las causas físicas

Para continuar con la construcción del árbol lógico de fallas de todas las causas físicas, se tomara como ejemplo las causas físicas de los daños en las resistencias, con las cuales se explicara el procedimiento seguido por el grupo RCA, por ser el evento que en la práctica, puede ser más factible para verificar y que sería un buen ejemplo para llegar a las causas raíces de los problemas presentados.

Figura 67: Hipótesis de las causas físicas



Fuente: Autor

4.4.8.1. Hipotesis 1. rotura en los cables (sulfatación y corrosión): Mala instalación de las resistencias

1. Aceite derramado sobre elementos de cableado: no existen recomendaciones para el manejo y cuidado del cableado
2. Humedad y suciedad en el ambiente: no existen planes de mantenimiento preventivo para mantener el cableado de las resistencias y las conexiones al panel de control en óptimas condiciones.

4.4.8.2. Hipotesis 2. resistencias quemadas: Mala selección de las resistencias por parte del encargado de comprarlas e instalarlas

1. Calentamiento excesivo del sistema: No existe una buena capacitación a los encargados de establecer los parámetros de la máquina y llevan las resistencias por encima de su capacidad.
2. Falla de una termocupla: cuando no se detecta la falla de este dispositivo, las lecturas que se hacen de la temperatura pueden estar erróneas, lo que genera una elevación de la temperatura sin que nadie se dé cuenta, lo que produce que la resistencia se queme.

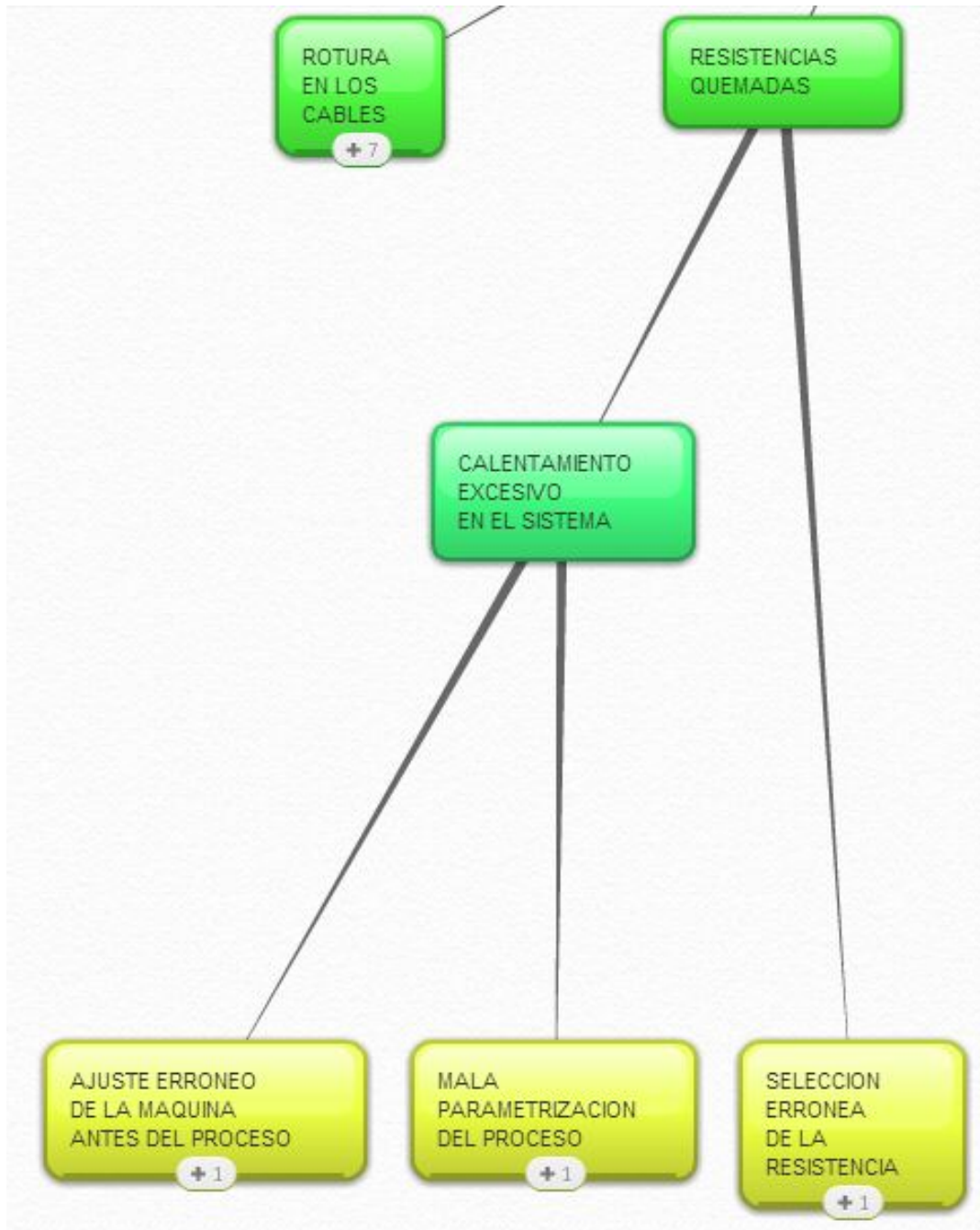
4.4.9. Estudio y verificación de causas humanas

Para el estudio de las causas humanas, se parte por saber que PLADESCAN LTDA no cuenta con un sistema de información para gestionar labores de mantenimiento, lo que causa que la empresa no tenga procedimientos documentados para los trabajos, ni recomendaciones, ni manuales que surgen de la experiencia ni información histórica de fallas anteriores. Las fallas humanas presentes son:

- No se realiza un mantenimiento preventivo periódico para el cableado del sistema de calefacción del cañón.
- El montaje de la resistencia es una acción de mucho cuidado y los operarios en varias ocasiones dañan la resistencia y otros elementos al montar y desmontar las resistencias.
- La selección de las resistencias es erróneo, lo que implica que la resistencia que se coloca a funcionar no es la adecuada y el proceso presentara fallas.
- Cuando el proceso se parametriza de forma errónea, componentes como las resistencias pueden fallar.

Las fallas de tipo humano fueron comprobadas por los sucesos ocurridos anteriormente en PLADESAN LTDA, que fueron compartidos en una reunión con el jefe del área de inyección Iván Aguillon.

Figura 68: Verificación de las causas humanas



Fuente: Autor

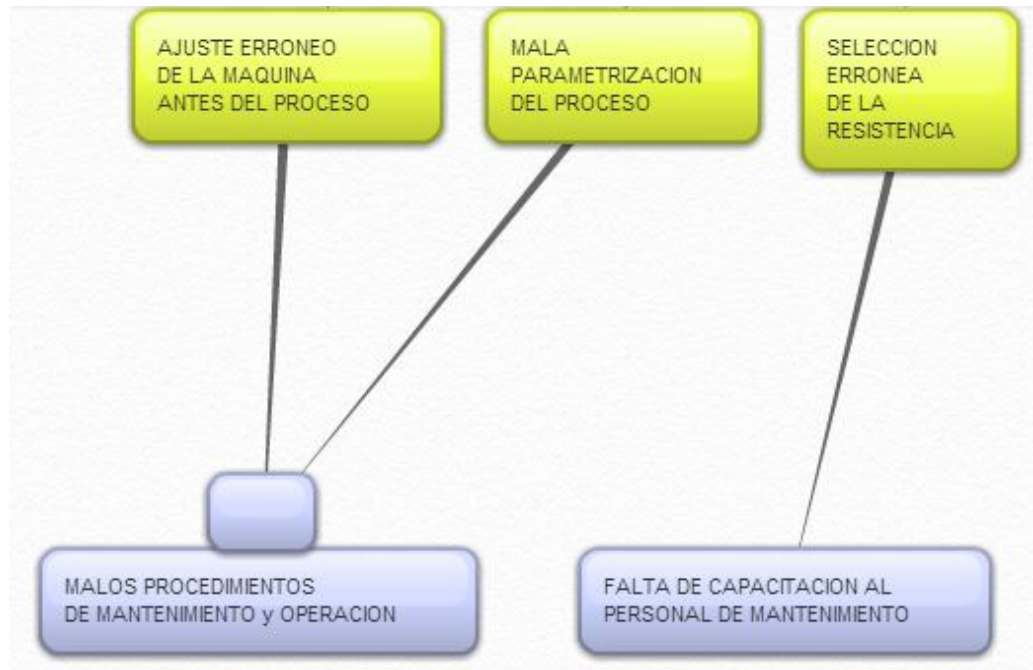
4.4.10. Estudio y verificación de las causas latentes

Para solucionar el problema desde la raíz, se tienen que atacar las causas latentes que se encuentran al final del análisis, ya que por culpa de estas se desencadenaron los otros sucesos que llevaron a las fallas repetitivas y por ende a una pérdida de tiempo y dinero para PLADESAN LTDA.

Las causas latentes identificadas para la causa física (Resistencias quemadas) fueron las siguientes:

- Ausencia de procedimientos de mantenimiento para el cambio de las resistencias: ya que muchas resistencias en su montaje y desmontaje se están dañando y también afectando otros componentes como el cableado y las termocuplas.
- Falta de capacitación a los auxiliares de mantenimiento para que cumplan su labor de una buena manera.

Figura 69: Estudio y verificación causas latentes



Fuente: Autor

El árbol lógico de fallas que resultó después del análisis RCA completo de la falla en el sistema de calefacción del cañón de inyección, es presentado en la siguiente figura, aquí se evidencian los pasos que el grupo RCA dio para llegar a las recomendaciones finales del proceso de eliminación del mal actor en las inyectoras en el año 2012

Figura 70: Codigos de color

1. Hipotesis descartadas de todo tipo



2. Modos de fallas y causas humanas



3. Hipotesis avaladas modos de falla



4. Causas fisicas avaladas

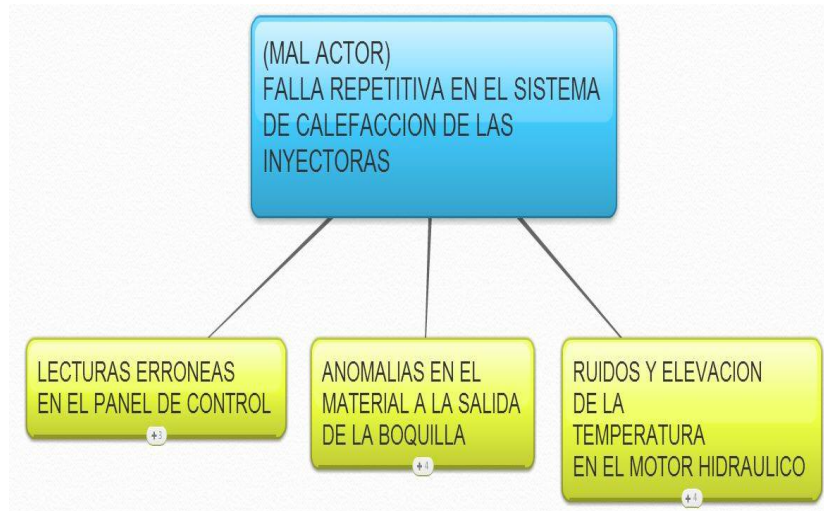


5. Causas latentes



Fuente: Autor

Figura 72: Modo de fallas



Fuente: Autor

Figura 73: Hipotesis



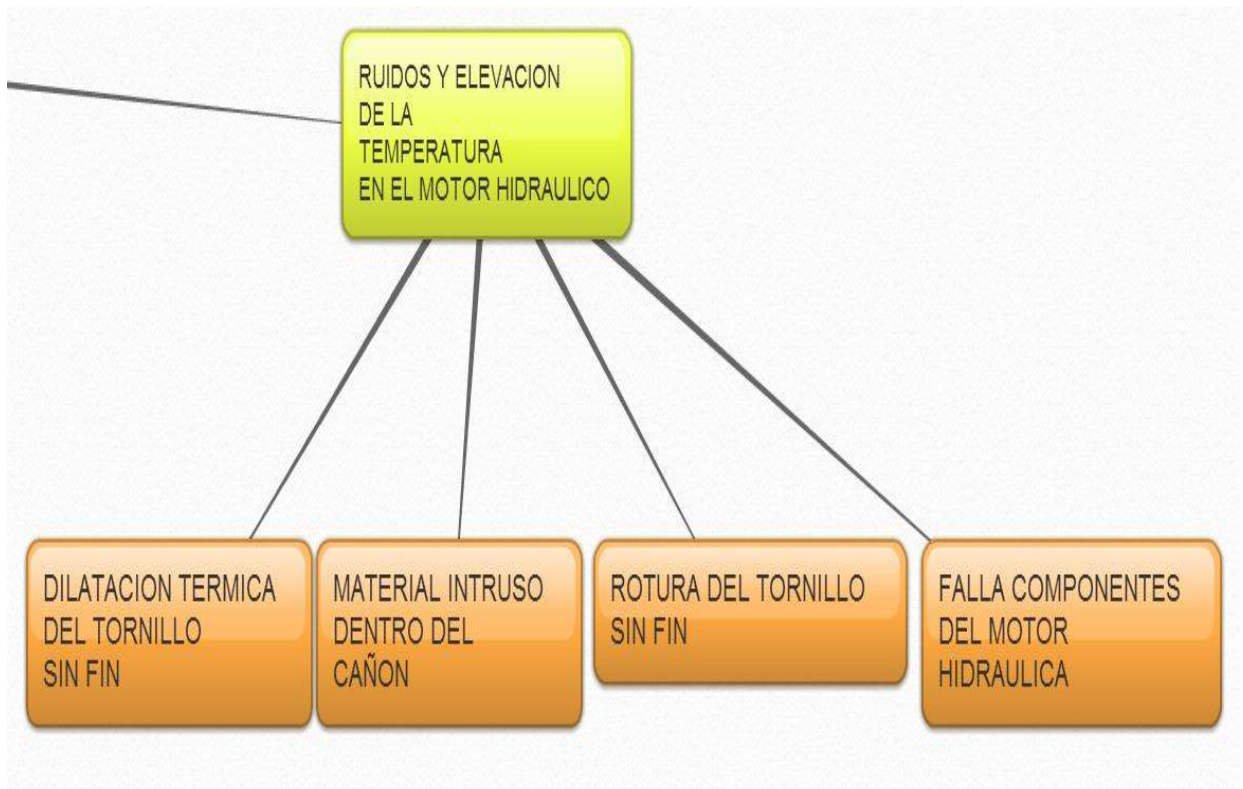
Fuente: Autor

Figura 74: Hipotesis Modo de fallas 2



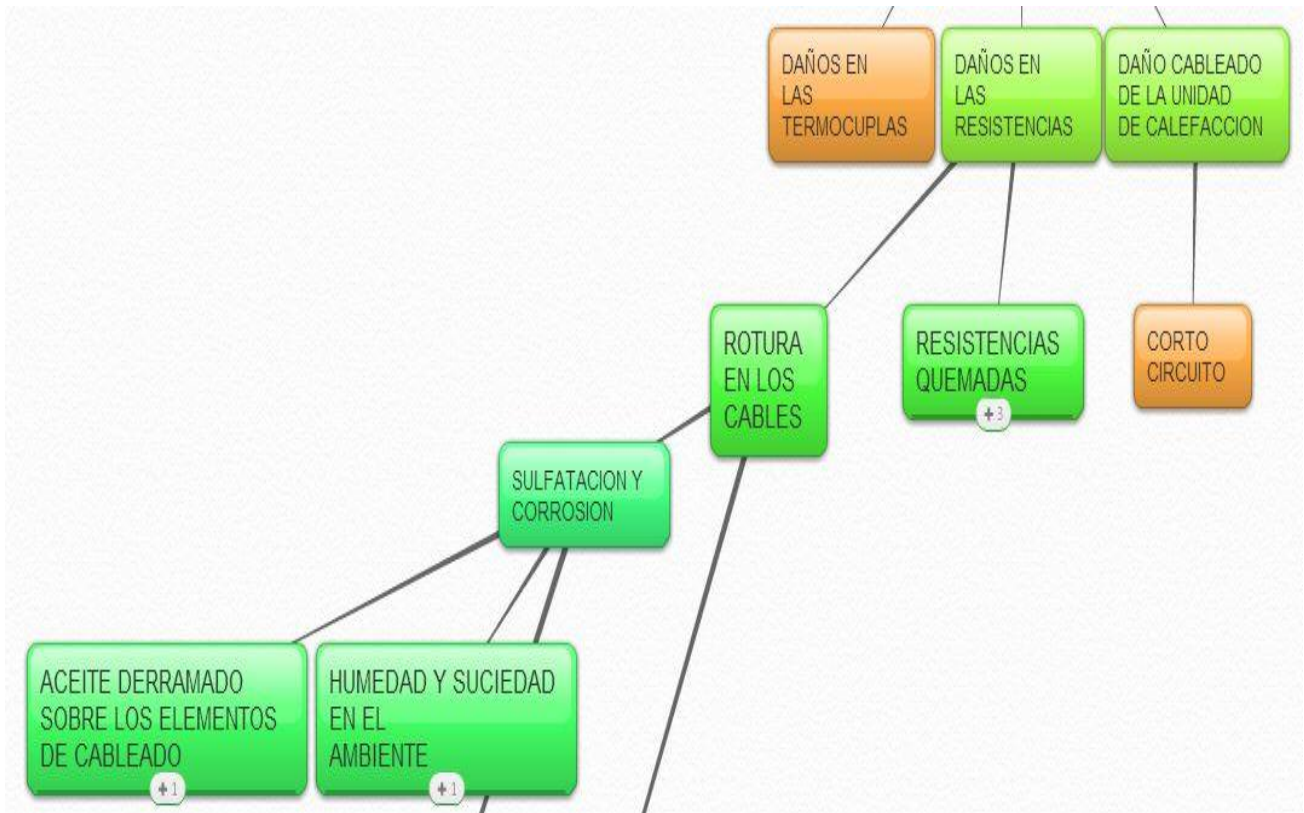
Fuente: Autor

Figura 75: Hipotesis Modo de fallas 3



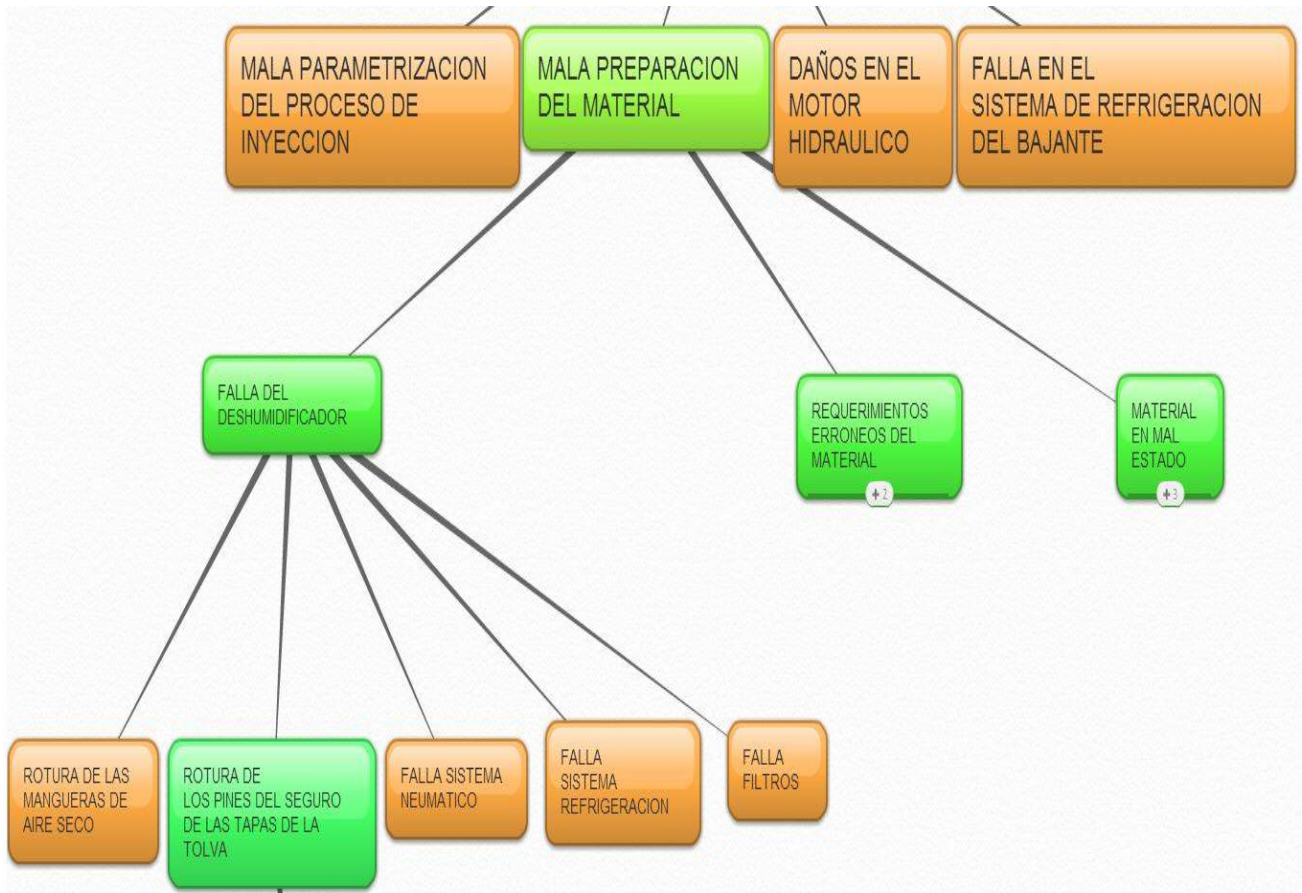
Fuente: Autor

Figura 76: Causas físicas Modo de fallas 1



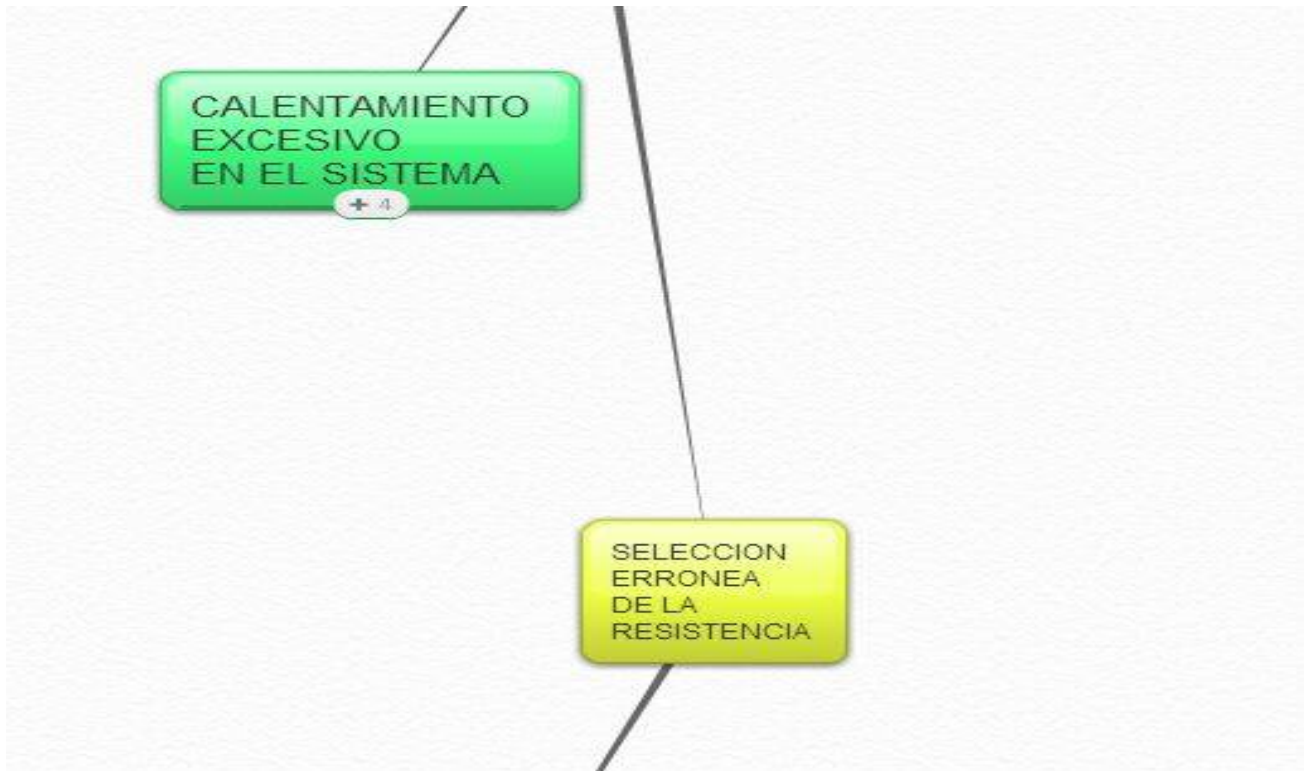
Fuente: Autor

Figura 77: Causas físicas Modo de fallas 2



Fuente: Autor

Figura 78: Causa Humanas Modo de fallas 1



Fuente: Autor

Figura 79: Causa Humanas Modo de fallas 2



Fuente: Autor

Figura 80: Causas latentes Modo de fallas 1



Fuente: Autor

Figura 81: Causas latentes Modo de fallas 2



Fuente: Autor

En la figura anterior se pueden ver los diferentes niveles del árbol lógico de fallas, de arriba hacia abajo el árbol comprende:

1. Evento
2. Modos de falla
3. Hipótesis modos de falla

4. Causas físicas
5. Causas humanas
6. Causas latentes

4.4.11. Recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla

- Malos procedimientos de mantenimiento en la instalación de las resistencias:
 1. Desarrollar el procedimiento adecuado para montar y desmontar las resistencias eléctricas en las inyectoras y capacitar al personal encargado para este trabajo.
- Falta de planes de mantenimiento preventivo para el cableado del sistema de calefacción de las inyectoras
 2. Establecer una rutina de mantenimiento estructurada al cableado del sistema de calefacción de las inyectoras, donde se planteen actividades periódicas de mantenimiento preventivo.
- No existen herramientas para medir las propiedades de los materiales antes de ingresar al proceso
 3. Alquiler o compra de una herramienta especializada para definir las propiedades de los materiales antes del proceso.
- No se conocen maneras adecuadas para el almacenamiento de materiales
 4. Realizar una investigación profunda para saber el modo correcto de almacenar los materiales y presentar una propuesta de implementación de un método adecuado para el almacenamiento de materia prima Y demás elementos en PLADESAN LTDA.

4.4.12. Propuesta de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla

4.4.12.1. Introducción

Las recomendaciones emitidas en el análisis de causa raíz son las que eliminarán el problema de una forma definitiva, por tal motivo, se hace necesario e importante diseñar un plan de seguimiento eficaz que permita la implementación adecuada y el cumplimiento satisfactorio de las mismas.

El sistema de seguimiento a las recomendaciones constituirá un paso importante en la eliminación definitiva del mal actor, ya que, este incluirá los recursos materiales, técnicos y de personal que son necesarios para llevar a cabo las diversas actividades propuestas en el plan. Durante la implementación del mismo, el personal de mantenimiento y operación desempeñarán un papel fundamental, porque, serán ellos quienes con sus capacidades, habilidades y potencialidades participarán activamente en el mejoramiento continuo de los procesos de la confiabilidad operacional.

La siguiente propuesta contiene una justificación dentro de la cual se expone la importancia de realizar seguimiento a las recomendaciones formuladas para la eliminación de la falla, el objetivo de la misma y un plan de seguimiento que presenta las actividades, metas, indicadores y responsables de la ejecución del plan.

4.4.12.2. Justificación

Teniendo como base el proceso teórico-práctico de aplicación de la metodología de análisis causa raíz desarrollado en las máquinas inyectoras de PLADESAN LTDA, surge la necesidad de proponer al grupo RCA, un sistema de seguimiento a las

recomendaciones emitidas para la eliminación del mal actor en los sistemas de calefacción de las inyectoras, ya que lo que se quiere es que la falla no se vuelva a repetir.

Si no se realiza un plan para la implementación de algún sistema de seguimiento, el RCA sería un análisis que no tendría ningún valor y el trabajo realizado para la elaboración del análisis hubiese sido en vano.

Realizar una investigación profunda para saber el modo correcto de almacenar los materiales y presentar una propuesta de implementación de un método adecuado para el almacenamiento de materia prima Y demás elementos en PLADESAN LTDA.

4.4.12.3. Objetivo:

Proponer un sistema de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla, que envuelva la participación del personal de mantenimiento y operarios.

4.4.12.4. Proceso metodológico

La propuesta del sistema de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla, contara con las siguientes fases:

- Fase de diseño: El diseño del sistema de seguimiento las recomendaciones contiene acciones mejorativas, actividades, metas, indicadores y responsables de la ejecución.
- Fase de socialización: La socialización de la propuesta del sistema de seguimiento y las conclusiones del proyecto fue presentada al grupo RCA y a los

encargados de la confiabilidad operacional en PLADESAN LTDA, quienes determinaran su viabilidad y posterior implementación.

- Fase de implementación: si la propuesta de seguimiento es aprobada, el grupo de confiabilidad será quien determine la gestión de los recursos técnicos, financieros y de recurso humano necesarios para el desarrollo de las actividades propuestas en el plan de seguimiento.
- Fase de (Feed Back) retroalimentación: Después de implementada la propuesta de seguimiento se recomienda realizar una retroalimentación que permita identificar las debilidades y fortalezas del sistema, además verificar la eliminación o mitigación de la falla en el sistema de calefacción del cañón de las inyectoras.

4.4.13. Plan de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de la falla.

4.4.13.1. Recomendación 1

Desarrollar el procedimiento adecuado para montar y desmontar las resistencias eléctricas en las inyectoras y capacitar al personal encargado para este trabajo.

- **Acción mejorativa:** Estructurar el procedimiento para montaje y desmontaje de las resistencias eléctricas en el cañón de inyección de las inyectoras. Para el desarrollo de esta acción mejorativa se realizarán las siguientes actividades. Se describirán los pasos que deberán ser realizados en los procedimientos de montaje, desmontaje de las resistencias eléctricas en el cañón de inyección de las inyectoras.

Montaje

Para instalar la resistencia eléctrica

- Una vez se tenga una resistencia en buen funcionamiento se procede al montaje de esta, comenzando por ubicar la termocupla en el lugar adecuado.
- Se recomienda realizar una limpieza para retirar plástico derretido sobrante.
- Ajustar la resistencia en su lugar, tener precaución de no jalar cables para evitar fracturas, y ajustar muy bien los tornillos de sujeción fuertemente para evitar que se suelten a la de haber dilatación térmica.
- Se conectan los cables de la resistencia a la fuente de energía de estas con mucha precaución.
- Se energiza el sistema que previamente tiene que estar apagado.
- Se verifica en el monitor de control que las variables de temperatura estén correctas.

Desmontaje

- Des-energizar la zona en la cual se va a trabajar.(Se realiza bajando el taco o breaker)
- Soltar los tornillos de ajuste sin quitarlos
- Desconectar la resistencia del sistema de alimentación eléctrica
- Para retirar la resistencia se debe utilizar un guante debido a las altas temperaturas (Se recomienda no retirarlas con golpes)
- Retirar con precaución la termocupla

- Realizar una inspección visual del cableado
- Utilizando un multímetro se realiza en primer lugar una prueba de continuidad a cada cable
- Se mide también los ohmios de la resistencia (El ohmiaje varía dependiendo del tipo de resistencia)
- Se establece si la resistencia está en buenas o malas condiciones para realizar su cambio o su remontaje.

- **Meta**

Lograr que el 100 % del personal de mantenimiento encargados de las actividades realizadas sobre las inyectoras, conozcan los procedimientos adecuados para el montaje y desmontaje de las resistencias eléctricas.

- **Indicador**

Valorar el conocimiento adquirido por el personal de mantenimiento y auxiliares, mediante encuentros que les permitan resolver casos prácticos de montaje y desmontaje de las resistencias eléctricas. Responsable Personal de calidad (QA/QC)

4.4.13.2. Recomendación 2

Establecer una rutina de mantenimiento estructurada al cableado del sistema de calefacción de las inyectoras, donde se planteen actividades periódicas de mantenimiento preventivo.

- **Acción mejorativa:** Elaboración de la rutina de mantenimiento Actividades: La rutina de mantenimiento preventivo para la revisión del cableado del sistema de

calefacción de las inyectoras contara con los siguientes pasos. Inspecciones al cableado

1. Se deberá realizar una inspección visual y física minuciosa al cableado y a la caja de control, con el fin de encontrar daños como sulfatación o cristalización.
2. Todos los empalmes tienen que ser inspeccionados para asegurarse de que los cables estén bien conectados
3. Realizar pruebas de continuidad a cada cable para encontrar roturas que no se perciben con los pasos anteriores.
4. Hacer una limpieza al cableado y a la caja de control para evitar la sulfatación o cristalización posteriormente
5. Verificar que todos los elementos estén trabajando en óptimas condiciones

■ **Meta**

Lograr la implementación de actividades de mantenimiento preventivo en el cableado del sistema de calefacción del cañón de las inyectoras.

■ **Indicador**

Disminución en la tasa de fallas del cableado del sistema de calefacción del cañón de las inyectoras. Responsable Supervisor de las labores de mantenimiento

4.4.13.3. Recomendación 3

Alquiler o compra de una herramienta especializada para definir las propiedades de los materiales antes de los procesos.

- **Acción mejorativa:** Gestionar recursos económicos para el alquiler o compra de las herramientas especializadas para medir y definir las propiedades de los materiales, antes de ser ingresados a los procesos.

- **Actividad:** Tramitar recursos económicos para el alquiler o compra de las herramientas especializadas para medir y definir las propiedades de los materiales, antes de ser ingresados a los procesos.

- **Meta** Alquiler o compra de una herramienta especializada para definir las propiedades de los materiales antes de los procesos.

- **Indicador** Registro de gestión sobre alquiler o compra del equipo Responsable Persona encargada de compras en PLADESAN LTDA

4.4.13.4. Recomendación 4

Realizar una investigación profunda para saber el modo correcto de almacenar los materiales y presentar una propuesta de implementación de un método adecuado para el almacenamiento de materia prima y otros elementos en PLADESAN LTDA.

- **Acción mejorativa:** Realizar un plan para el estudio de una manera de almacenar los materiales sin que sufran daños y perduren en el tiempo, teniendo en cuenta factores económicos y de viabilidad.

- **Actividades** Realización de una reunión con los jefes de cada área de la empresa y la alta gerencia para exponer la idea de realizar un estudio donde se trate el tema de una nueva forma de almacenamiento de materiales, para que perduren en buen estado en el tiempo, para que tenga la empresa más capacidad de almacenamiento, con un mayor orden sobre el stock, implementando

sistemas computarizados para la gestión de estos y mirar que tan viable sería la implementación de ese nuevo sistema, analizando factores económicos, de infraestructura, de tiempo, etc. Buscando siempre la mejora continua y que PLADESAN LTDA crezca y cada día sea más competitiva.

- **Indicador** Registro de la gestión sobre el estudio para el nuevo sistema de almacenamiento de materiales Responsable Director de proyectos PLADESAN LTDA

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

A continuación, se desea elaborar un marco teórico que permita identificar la importancia que tienen los Sistemas de Información (S.I.), dentro de una organización, y especialmente hacer énfasis en su utilidad en la Gestión del área de mantenimiento en una Empresa como PLADESAN LTDA. Para ello, se hará referencia a los antecedentes que determinan la utilización de los S.I., se van a establecer las generalidades de los S.I, con el fin de entender plenamente que son; identificar la importancia que tienen los S.I en la Gestión de Mantenimiento y por último se van a nombrar los tipos de S.I más utilizados.

5.1. Antecedentes de los sistemas de información

Los comienzos de la utilización de los sistemas de información en los departamentos de mantenimiento de las empresa se dieron a partir de los criterios que manejaban los encargados del área de mantenimiento y se desarrollaron manualmente mediante esquemas propios que contenían la información básica de la maquinaria y las actividades de tipo correctivo que se realizaban sobre las mismas, poniendo de un lado o en total descuido las acciones de tipo preventivo o predictivo, el control de costos, inventarios y el personal.

El reporte manual de las labores de tipo correctivo que se manejaba en el pasado y que actualmente en algunas empresas aún se usa, no proporciona la información suficiente acerca de la situación real de las actividades de mantenimiento, por ello la toma de decisiones por parte de la administración referentes a cambios en la organización, manejo del personal, control de costos e inventarios, aumento de las instalaciones entre otras, Son inadecuadas, debido a que este tipo de sistema elimina en gran medida una visión retrospectiva que permita verificar hasta qué punto son correctas las decisiones..

Los sistemas de información sofisticados surgen por la necesidad de manejar gran-

des volúmenes de información con un mínimo esfuerzo. Están formados por subsistemas que incluyen hardware, software, medios de almacenamiento de datos para archivos como las bases de datos. El conjunto particular de subsistemas utilizados tales como equipo específico, programas, archivos y procedimientos, es lo que se denomina una aplicación de sistemas de información..

De esta manera los sistemas de información pueden tener aplicación en ventas, contabilidad, compras, producción o mantenimiento, es decir en cualquier subsistema de la organización.

5.2. Generalidades de los sistemas de información

Si queremos tener una mejor percepción de lo que es un sistema de información, es necesario entender algunos conceptos básicos, como lo son: que es un sistema y la filosofía del enfoque sistémico que se aplica en la concepción y desarrollo de sistemas de información. Además es importante conocer los objetivos que se persiguen con la implementación de esta herramienta al interior de una organización e identificar específicamente, cuales son los componentes básicos de sistemas de información para el área de mantenimiento..

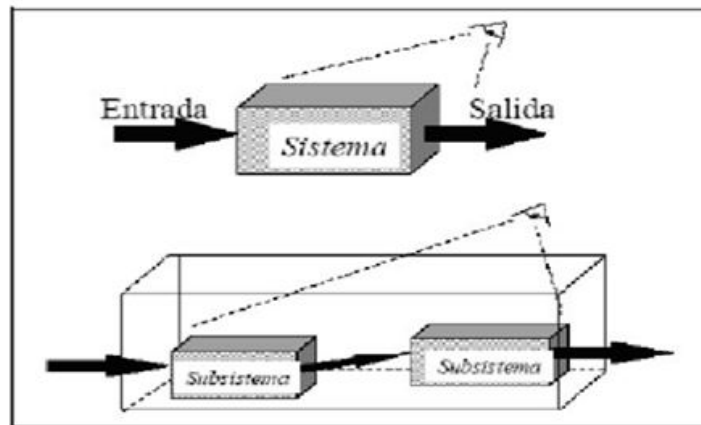
5.2.1. Sistema

.Un sistema es un conjunto de elementos en interacción dinámica en el que el estado de cada elemento está determinado por el estado de cada uno de los demás que lo configuran, de esta manera un sistema puede ser cerrado (cuando no intercambia información con su entorno) o abierto (cuando intercambia información con su entorno, por lo que si es modificado a la vez modifica a ese mismo contexto)..

5.2.2. Enfoque sistémico.

Según la teoría general de los sistemas cualquier cambio en un miembro del sistema afectará a los demás, de esta manera se piensa en la “totalidad”, y no en “sumatividad”, porque las pautas de funcionamiento del sistema no son reducibles a la suma de sus elementos constituyentes. En este sentido a un mismo efecto pueden responder distintas causas, y esto se da porque hay una permanente circularidad e interconexión entre los miembros de un sistema..

Figura 82: Enfoque sistémico



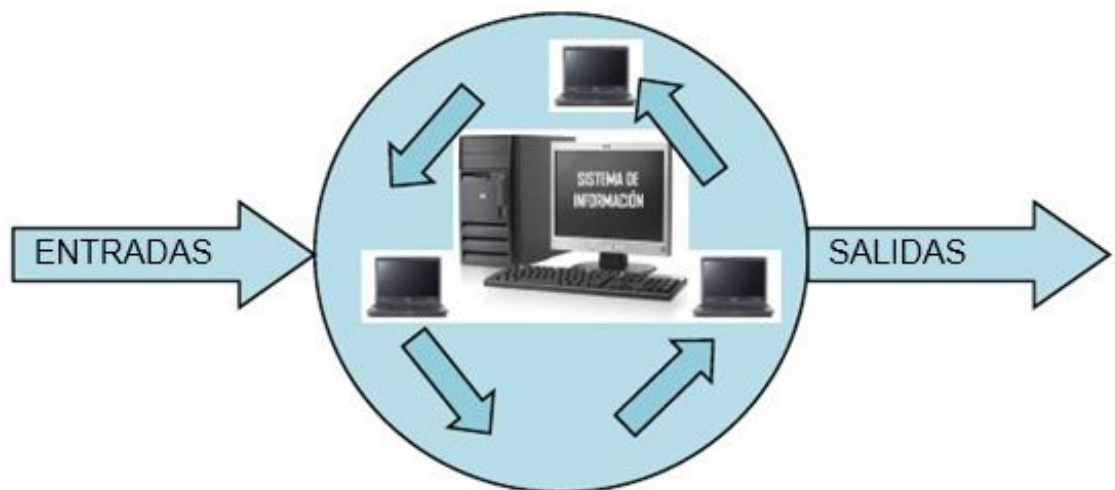
* DUFFUAA Salih O., RAOUF A. y DIXON Campbell Jhon. *Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control*. México, Limusa Wiley S.A, 2000, pg. 29-71, 301-325.

5.2.3. Sistema de información.

Un conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada según las necesidades de la empresa o organización, recopilan, elaboran y distribuyen la información (o parte de ella) necesaria para las operaciones de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, (decisiones) para desempeñar su actividad de acuerdo a su estrategia planeada.

Las finalidades de los sistemas de información como las de cualquier otro sistema dentro de una organización, son: procesar entradas, mantener archivos de datos relacionados con la organización, y producir información, reportes y otras salidas. Las salidas que proporciona cualquier sistema de información permite a la organización tomar decisiones sobre muchos asuntos que se presentan con regularidad, para este tipo de asuntos los procesos de decisión se pueden definir claramente, permitiendo identificar la información necesaria, y preparar reportes que se presentan periódicamente, los cuales van a facilitar la toma de decisiones correctamente.

Figura 83: Comportamiento de un sistema de información



* DUFFUAA Salih O., RAOUF A. y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. México, Limusa Wiley S.A, 2000, pg. 29-71, 301-325.

5.3. Objetivos de los sistemas de información

En el departamento de mantenimiento de cualquier organización se realizan un gran número de actividades dirigidas a mejorar el rendimiento del proceso de producción, tales como: la planeación, el desarrollo, ejecución de planes de conservación de las

instalaciones.

Igualmente son parte de estos programas la selección, instalación y operación de nuevos equipos, proyectos y sistemas de protección ambiental, siendo para esto de vital importancia realizar una adecuada selección del personal, solicitar materiales, repuestos y herramientas, además de supervisar su almacenamiento.

El objetivo fundamental del sistema de información para el mantenimiento es presentar continuamente la base de datos esencial para la correcta y oportuna planificación del mantenimiento y la evaluación de su gestión.

Los objetivos de los sistemas de información automatizados para el mantenimiento, deben ser los mismos objetivos del sistema de mantenimiento al que va a soportar, manejados todos estos dentro de criterios económicos y encausados a obtener una reducción en los costos generales de producción; tales objetivos son:

- Mantener permanentemente los equipos que se encuentran en renta en el mejor estado, para evitar los tiempos de paradas no programadas.
- Realizar las reparaciones de emergencia en el menor tiempo posible y de la forma más eficaz, empleando métodos más fáciles de reparación.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones al máximo posible.
- Sugerir y proyectar mejoras en las unidades para disminuir las posibilidades de daño y rotura.
- Controlar el costo directo de mantenimiento, mediante el uso adecuado y eficiente del tiempo, materiales, mano de obra y servicios.

Además de soportar el subsistema operativo de la organización, también el sistema de información debe servir como base para que los informes que él pueda generar sirvan de base para la toma de decisiones adecuadas y acertadas por parte de la gerencia y la administración de mantenimiento; de igual manera el sistema debe permitir obtener el rendimiento de los equipos, el tiempo de reposición de equipos,

rentabilidad, y algunos otros indicadores de gestión que sirven igualmente de soporte para la toma de decisiones y como base de un panorama real de la gestión.

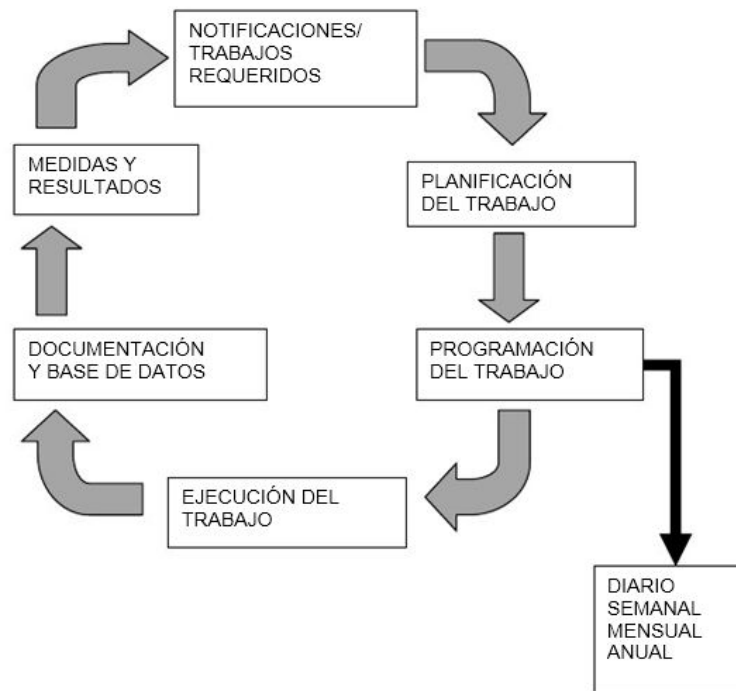
5.4. Elementos básicos de los sistemas de información para mantenimiento

Existe una serie de elementos que normalmente se constituyen como los componentes básicos de cualquier sistema de información para el mantenimiento, siendo estos:

- Ficha técnica, Registro de equipo o Registro de máquina.
- El formato de Solicitud de Servicio.
- La Orden de trabajo.
- Estándares de mantenimiento, el mantenimiento básico o actividades de Mantenimiento.
- Los empleados
- Repuestos críticos por equipo y recomendaciones de almacenamiento.
- Cuadro de inspecciones, Reportes y registros de las mismas.
- Hoja de Vida, Bitácora o Histórico de Intervenciones.
- Tarjeta de costos por máquina y cuadro de costos de mantenimiento.
- Tablas o cuadros de fallas y causas más comunes.
- Seguimiento de programas o ejecutorias de mantenimiento programado.
- Los proveedores
- La programación del mantenimiento.

- Catálogos, normas, especificaciones de seguridad, estándares, etc.

Figura 84: Flujo de datos de un sistema de información



Fuente: DUFFUAA Salih O., RAOUF A. y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. México, Limusa Wiley S.A, 2000, pg. 29-71, 301-325.

5.5. Consideraciones de los sistemas de información aplicados al área de mantenimiento

La importancia de los sistemas de información aplicados al área de mantenimiento se deriva de la necesidad de que esta área cuente con una organización sólida que permita restablecer en el menor tiempo las condiciones de operación de cualquier equipo o sistema para reducir al mínimo las pérdidas de producción. En consecuencia, el mantenimiento con un buen sistema de información, es un medio eficaz para obtener utilidades, ya que es un soporte para conservar la planta en el grado más alto de productividad y competencia al impedir las interrupciones de operación de

las máquinas.

Debido a la gran cantidad de información que se necesita tener organizada y actualizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento, resulta necesario auxiliarse de un sistema computarizado que permita documentar y mantener accesible toda esa información, la cual debe garantizar una continuidad en los procesos de producción y que además prolongue la vida útil de los equipos.

Una eficiente gestión de mantenimiento sólo puede ser posible con un eficiente sistema de información que lo asista. Los sistemas de información ofrecen a la gestión de mantenimiento el dato preciso en el instante oportuno, son fuente para la obtención de los indicadores de gestión, los costos del sistema de mantenimiento implantado, y el análisis estadístico, además de facilitar la presentación de informes y contribuir con el control de las posibles variaciones en los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

Para llevar a cabo una buena Gestión de Mantenimiento es necesario ejercer un control inteligente sobre los siguientes factores:

- La planeación y la programación de los trabajos de mantenimiento organizados en un sistema de información. Esto con el objetivo de disminuir el costo mínimo unitario para obtener una rentabilidad óptima del mantenimiento.
- Las reparaciones de emergencia.
- El tiempo muerto en reparación que pueda ser causa del mantenimiento.
- Las reparaciones del equipo.
- Los materiales usados en las reparaciones y el desperdicio de los mismos que pueda ser imputado a mantenimiento.
- La seguridad de los trabajadores y de la planta.

- La cantidad de mano de obra de mantenimiento.
- La depreciación de los equipos y las instalaciones.

5.6. Clases de sistemas de información

Cualquier empresa por pequeña que sea tiene un mínimo de información que manejar, ya sea sobre los equipos, los manuales y catálogos de operación, proveedores, repuestos, etc., y es necesario para cualquier empresa y sistema de información delimitar el nivel en el cual se piensa manejar la información; de tal manera que de acuerdo con esto y con las políticas gerenciales del mantenimiento se puede implantar sistemas de información manuales o sistemas de información computarizados..

5.6.1. Sistemas de información manuales

Dentro de esta clasificación se pueden catalogar todos aquellos sistemas de información en los cuales los formatos y la toda información que allí se genere son manejados única y exclusivamente mediante documentos físicos. En la mayoría de las empresas en las que la gestión de mantenimiento es de tipo correctivo, este tipo de sistema manual es el indicado e implantado; y generalmente ofrecen buenos resultados..

Este tipo de sistema de información debe estar apoyado por los elementos básicos ya mencionados como: el registro de equipo, la solicitud de servicio, la orden de trabajo, el registro de empleados, las rutinas de mantenimiento, los inventarios, la programación de mantenimiento, etc..

La gran desventaja que presentan los sistemas de información de tipo manual es que no permiten que la administración de mantenimiento pueda tomar decisiones acertadas para la solución de problemas, esto debido a que no se permite un manejo fácil de un volumen alto de información y por lo tanto dificultan un análisis y

evaluación de la gestión y eficiencia de la función mantenimiento.

5.6.2. Sistemas de información computarizados.

Fundamentalmente este tipo de sistemas de información surgen de la necesidad para el mantenimiento de equipos donde hay que manejar grandes volúmenes de información con un mínimo de esfuerzo. Un sistema de información computarizado es un sistema de clasificación, almacenamiento y recuperación de datos que ayuda y soporta el proceso de toma de decisiones..

Es un sistema abierto ya que interactúa con su ambiente intercambiando información, tornándose en un sistema hombre – máquina, en el cual es fundamental el uso de computadores, los cuales son dirigidos y controlados, y además en donde las entradas son datos y sus salidas son información.

Este tipo de sistemas permite obtener los programas de trabajo diario en forma inmediata, el canje de información entre los diferentes formatos, manejar adecuadamente y con gran facilidad los inventarios de repuestos y materiales, indicadores de gestión en forma continua, además de planificar y programar las labores de mantenimiento con exactitud y rapidez.

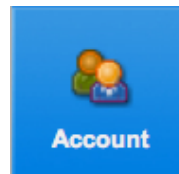
6. Implementacion del maintenance assistant en pladesan Itda.

6.1. Modulos

6.1.1. Account

En el modulo Account(cuentas) situado en la parte superior izquierda figura 85 podemos tener acceso a nuestro usuario e interactuar con las herramientas que el software nos ofrece, en el encontraremos los siguientes apartados.

Figura 85: Account



Fuente:Autor

6.1.1.1. Dashboard

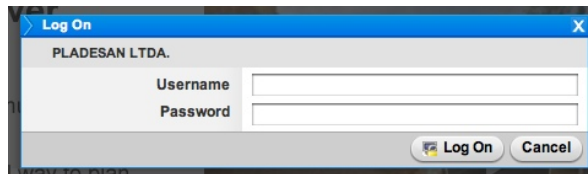
En esta sección encontramos la pantalla de inicio en la cual el usuario debe iniciar sesión dirigiendose al boton “LOG ME IN TO THE MMA CMMS ” como se muestra en la figura 86. Después de oprimir el botón nos saldrá la siguiente pantalla Figura 87 donde pondremos nuestros datos de usuario y oprimimos log on

Figura 86: interfaz login



Fuente:Autor

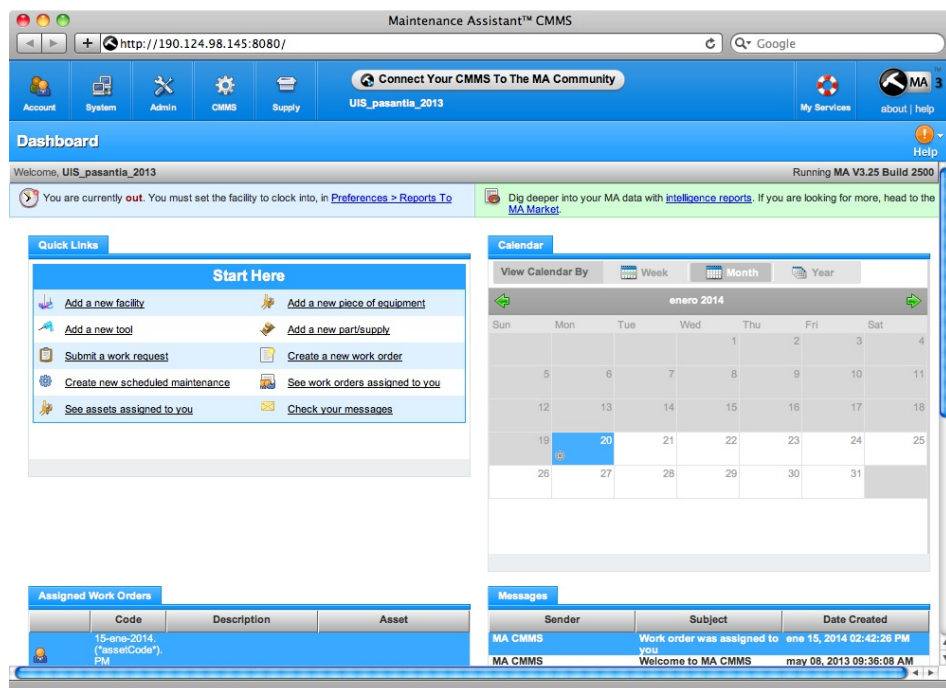
Figura 87: interfaz login



Fuente: Autor

una vez hecho esto, la interfaz de el Dashboard cambiara y nos mostrara la siguiente interfaz Figura 88. Con lo cual confirmaremos que hemos entrado correctamente al sistema

Figura 88: Dashboard

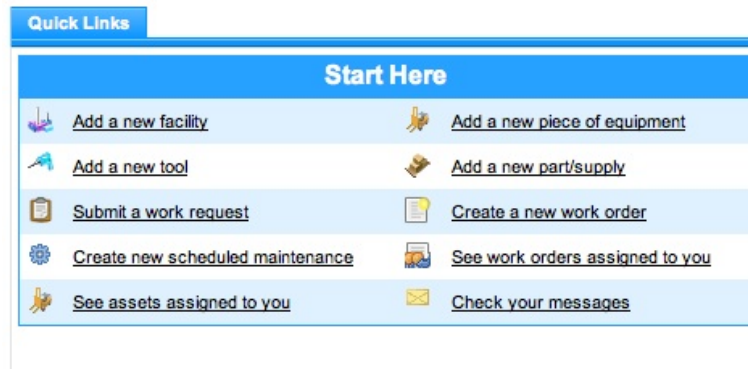


Fuente: Autor

Esta nueva interfaz nos ofrece algo mas de información en la pantalla, aparte nos da un acceso total a los demás módulos del Maintenance assistant, los cuales serán explicados en este documento. La información que podemos obtener del Dashboard es un calendario donde esta todo lo programado del día y diferentes apartados donde

podemos revisar desde las ordenes de trabajo asignadas a nosotros, hasta agregar nuevos equipos, herramientas o crear ordenes de trabajo desde el apartado Quick Links Figura 89

Figura 89: Quick Links



Fuente: Autor

6.1.2. System

En la sección System (sistema) encontramos opciones para modificar opciones del servidor y de la red, tambien en esta seccion podemos administrar los datos referentes a la base de datos, generar y restaurar copias de seguridad.

Figura 90: System

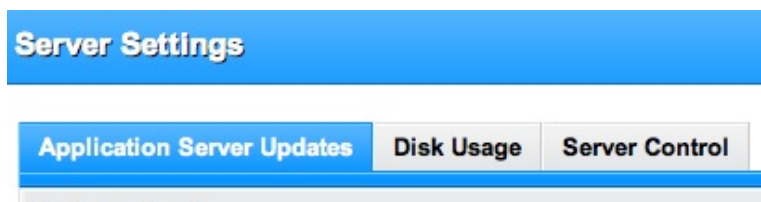


Fuente: Autor

6.1.2.1. Server administration

6.1.2.1.1. Server settings Aquí podemos revisar el espacio de disco usado, consultar actualizaciones del servidor y por algún motivo si hay problemas con el servidor aquí podemos resetear todas las opciones del mismo

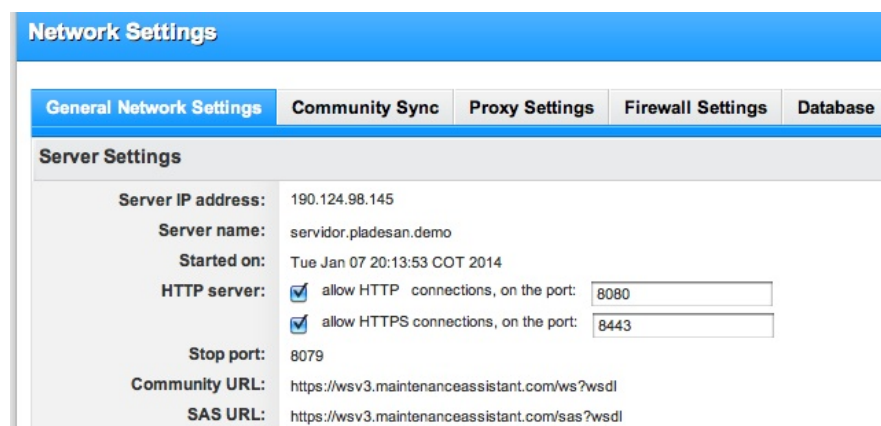
Figura 91: Server Settings



Fuente:Autor

6.1.2.1.2. Network settings Aquí configuramos la forma de conectarnos con el servidor, el nombre del mismo lo podemos cambiar y los puertos a los cuales el servidor nos permite conectarnos. Cualquier cambio mayor o información necesaria de la Red se hará en esta sección.

Figura 92: Network Settings

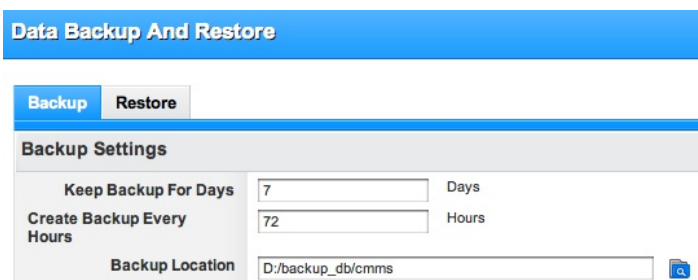



Fuente:Autor

6.1.2.2. Data administration

6.1.2.2.1. Data backup and restore En esta sección podemos configurar todo lo referente a los datos del servidor, copias de seguridad y restauraciones, si se necesita importar alguna base de datos lo podemos hacer desde aquí

Figura 93: Data Backup And Restore



Data Backup And Restore	
Backup	Restore
Backup Settings	
Keep Backup For Days	<input type="text" value="7"/> Days
Create Backup Every Hours	<input type="text" value="72"/> Hours
Backup Location	<input type="text" value="D:/backup_db/cmms"/> 

Fuente:Autor

6.1.2.2.2. Import from csv files La importación de datos tipo Csv (comma-separated values) que en español sería: valores separados por una coma. Puede ser útil para incorporar datos de manera rápida a nuestra base de datos un ejemplo sería:

Asset code,event,description,date

A001,E001,,03 01 2012 13:23:01

A001,E002,Power outage,03 02 2012 13:21:59

6.1.2.3. Cloud

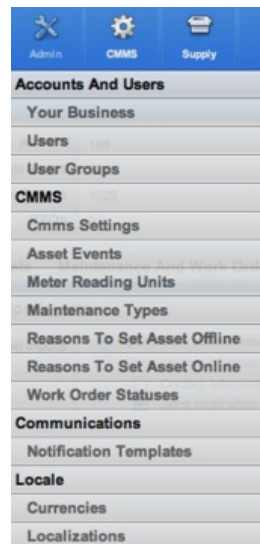
6.1.2.3.1. Copy your data to the cloud Podremos mediante esta opción hacer uso de los servidores que maintenance assistant tiene dispuestos para nosotros como usuarios y así poder subir toda la información referente de nuestra empresa a la

Nube (Cloud)

6.1.3. Admin

En este módulo tendremos las opciones para administrar lo correspondiente a cuentas de usuarios, características de los activos y de las órdenes de trabajo. Desde aquí se pueden editar los tipos de usuarios que tendrán participación en nuestra empresa, además de los estados en los cuales se pueden tener las órdenes de trabajo.

Figura 94: Admin



Fuente:Autor

6.1.3.1. Accounts and users

6.1.3.1.1. Your business Aquí encontraremos todo lo referente a nuestro negocio, la descripción de nuestra planta como: dirección, nombre, teléfonos de contacto, etc.

Figura 95: Your Business

The image shows a web form titled "Register Your CMMS". The form is organized into several sections:

- Company Name:** PLADESAN LTDA. (marked with a red asterisk)
- Company Classification:** Design (dropdown menu, marked with a red asterisk)
- Address:** Carrera 15 No 3 -34
- City:** Bucaramanga (marked with a red asterisk)
- Province / State:** Santander (marked with a red asterisk)
- PostalCode / ZIP:** (empty field)
- Country:** Colombia, Republic of (dropdown menu, marked with a red asterisk)
- Website:** pladesan.com
- General Email:** pladesan@pladesan.com (marked with a red asterisk)
- Phone 1:** +57 7 671 2376
- Phone 2:** +57 7 671 1356
- Fax:** +57 7 671 6973

At the bottom, there is a section titled "Community Status" with a checkbox labeled "Community Listing" and the text "List my Company Name and Website in the MA Community". The checkbox is currently unchecked.

Fuente: Autor

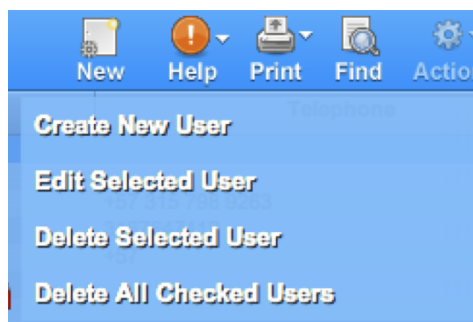
6.1.3.1.2. Users Se puede interactuar con los diferentes usuarios que tengamos en nuestra base de datos Figura (96). Además desde aquí podremos agregar, eliminar o editar datos de cada usuario por medio de la opción action Figura(97)

Figura 96: Users

Users				
	Full Name	User Name	Email Address	Telephone
<input type="checkbox"/>	Invitado	invitado		
<input type="checkbox"/>	MA CMMS			
<input type="checkbox"/>	JUAN GIMENEZ	admin	juan.gimenez@pladesan.com	+57 315 798 9263
<input type="checkbox"/>	LUIS CANTILLO	luis.cantillo	luis.cantillo@pladesan.com	3167647412
<input type="checkbox"/>	JHOAN ALEXIS GELVEZ	alexis.gelvez	alexis.gelvez@pladesan.com	+57
<input type="checkbox"/>	ALBERLY QUINTERO	alberly.quintero	alberly.quintero@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	IVAN AGUILLON	ivan.aguillon	ivan.aguillon@pladesan.net	
<input type="checkbox"/>	RUBER DIAZ	ruber.diaz	ruber.diaz@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	LUISA TRILLOS	luisa.trillos	luisa.trillos@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	DIEGO VEGA	diego.vega	diego.vega@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	FREDY SALCEDO	freddy.salcedo	freddy.salcedo@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	CESAR CARDOZO	cesar.cardozo		
<input type="checkbox"/>	ALVARO SANTOS	alvaro.santos		
<input type="checkbox"/>	ORLANDO GUARIN	orlando.guarin		
<input type="checkbox"/>	ELIECER LOPEZ	eliecer.lopez	eliecer.lopez@pladesan.net	
<input type="checkbox"/>	UIS_pasantia_2013	soporte		
<input type="checkbox"/>	UIS_pasantia_2013_1	soporte1		
<input type="checkbox"/>	EDINSON TAPIAS	edinson.tapias@pladesan.net	edinson.tapias@pladesan.net	
<input type="checkbox"/>	LILIANA FRANCO	liliana.franco	liliana.franco@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	MARIANA ARIAS	mariana.arias	mariana.arias@pladesan.com	
<input type="checkbox"/>	JUAN CARLOS MARTINEZ	juan.martinez		
<input type="checkbox"/>	EDGAR DELGADO	edgar.delgado		

Fuente:Autor

Figura 97: Users



Fuente:Autor

6.1.3.1.3. Users groups Podremos editar en esta sección los tipos de usuarios que interactúan en el software por medio del botón Action Figura(97), además que podremos añadirles privilegio o ponerle restricciones a los diferentes tipos de usuarios con el fin de controlar el modo en que interactuaran con el software

Figura 98: Users groups



Fuente:Autor

6.1.3.2. CMMS

6.1.3.2.1. CMMS settings Podremos observar el número total de activos, órdenes de trabajo y planes de mantenimientos que hay en nuestra base de datos, además podremos modificar las órdenes de mantenimiento y de trabajo que interactúan con los usuarios.

Figura 99: CMMS Settings

The image shows a web interface titled "Cmms Settings". Below the title is a table with the following data:

Assets	198
Scheduled Maintenance	62
Work Orders	1025
RFQs	0

Fuente:Autor

6.1.3.2.2. Asset Events Los eventos en los activos nos permite crear ciertas situaciones que se podrían presentar en nuestra planta y necesitarse para identificar el estado de un activo, por ejemplo creamos un evento llamado parada Figura(100)

Figura 100: Asset Events

Asset Event Types	
Event Code	
<input type="checkbox"/> AE1000	paro total

Fuente: Autor

6.1.3.2.3. Meter Reading Units En esta sección podremos modificar las unidades que usaremos en nuestro software, por ejemplo en vez de usar horas (hr) como unidad de tiempo podremos cambiarla por minutos (min)

6.1.3.2.4. Maintenance Types Podremos aquí editar los tipos de mantenimientos que tendremos en nuestra planta y configurar su codificación por color por medio del botón Action Figura(97)

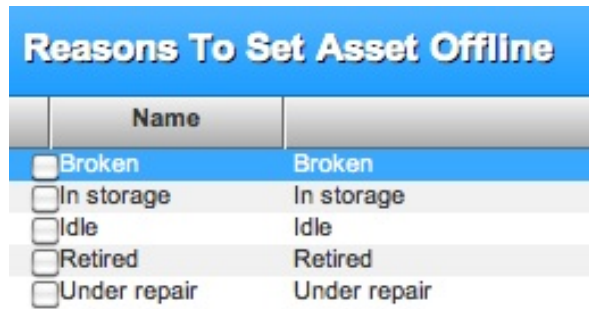
Figura 101: Maintenance Types

Maintenance Types			
	Name	Description	
<input type="checkbox"/>	Preventive	?	000000
<input type="checkbox"/>	Damage	?	FF0000
<input type="checkbox"/>	Corrective	?	00B600
<input type="checkbox"/>	Safety	?	FF9900
<input type="checkbox"/>	Upgrade	?	0000FF
<input type="checkbox"/>	Electrical	?	0000FF
<input type="checkbox"/>	Project	?	663399
<input type="checkbox"/>	Inspection	?	638582
<input type="checkbox"/>	Meter Reading	?	7F7F7F
<input type="checkbox"/>	Other	?	FF3366

Fuente: Autor

6.1.3.2.5. Reasons to set assets online and offline Encontraremos diferentes estados en los cuales podemos catalogar nuestra razón para poner un activo(asset) fuera de línea(offline) o en línea (Online) canción

Figura 102: Reasons to set assets online and offline



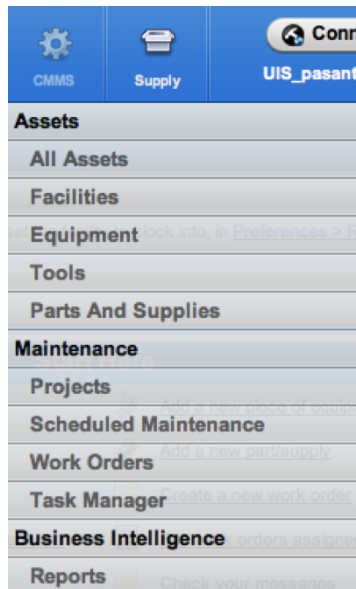
Reasons To Set Asset Offline	
Name	
<input checked="" type="checkbox"/> Broken	Broken
<input type="checkbox"/> In storage	In storage
<input type="checkbox"/> Idle	Idle
<input type="checkbox"/> Retired	Retired
<input type="checkbox"/> Under repair	Under repair

Fuente: Autor

6.1.4. Cmms

En este módulo podremos interactuar con los activos q tenemos en la empresa y con las diferentes opciones q nos da el programa para programar mantenimientos y ordenes de trabajo. Aquí podremos editar todos los activos presentes, revisar planes de mantenimiento corregirlos y ponerlos en marcha o programar una parada si es necesario

Figura 103: CMMS



Fuente: Autor

6.1.4.1. Assets

En este apartado encontraremos todas las opciones para trabajar con nuestros activos en la empresa, podremos agregar plantas, partes, equipos, repuestos

6.1.4.1.1. All assets, facilities, equipments, tools, parts and supplies Se han podido juntar todas estas categorías debido a que comparten una estructura similar, todas nos van a permitir gestionar los diferentes elementos presentes en nuestra planta ya sean: Partes, instalaciones, equipos, etc., Todos los podremos agregar o editar por medio de la opción Action Figura(97) cada categoría nos va a permitir agregarle características propias de ella. El sistema es muy intuitivo y el usuario se va a familiarizar pronto con lo que cada categoría nos permitirá hacer

6.1.4.2. Maintenance

La opción de Maintenance nos permitirá administrar todo lo referente a la labor de mantenimiento revisar tareas programadas, programar mantenimientos y hasta generar ordenes de trabajo

6.1.4.2.1. Scheduled Maintenance and Work orders Ahondaremos en esta sección explicando cómo crear un mantenimiento programado o orden de trabajo, podremos interactuar mediante el botón Action Figura(97). Para este ejemplo tomaremos un Mantenimiento Programado (Scheduled Maintenance).

La pestaña general Figura(104). nos da la opción de llenar los aspectos descriptivos de nuestra orden o mantenimiento programado

Figura 104: Scheduled Maintenance and Work orders

Scheduled Maintenance > **Scheduled Maintenance Details**

This scheduled maintenance item is currently **paused** and will not generate any Work Orders. To resume the schedule, click the **Start SM** button on the form.

Code SM1081
Requestor User UIS_pasantia_2013 (ene 22, 2014 11:34:25 PM)
Status **Paused**

Start SM

General | Scheduling | Tasks | Technicians | Parts | Notes | Files

General Work Order Information

Code SM1081
Start As Work Order Status [Dropdown]
Description [Text Area]
Asset [Dropdown]
Maintenance Type [Dropdown]
Project [Dropdown]
Priority Highest [Dropdown]
Suggested Time [Input] hours
Suggested Completion [Input] days after work order creation

Fuente: Autor

En la parte superior encontraremos el estado general de la orden o mantenimiento, si esta activa, refiriéndose a quien la solicito y tendremos la opción de ponerla activa una vez terminada la configuración.

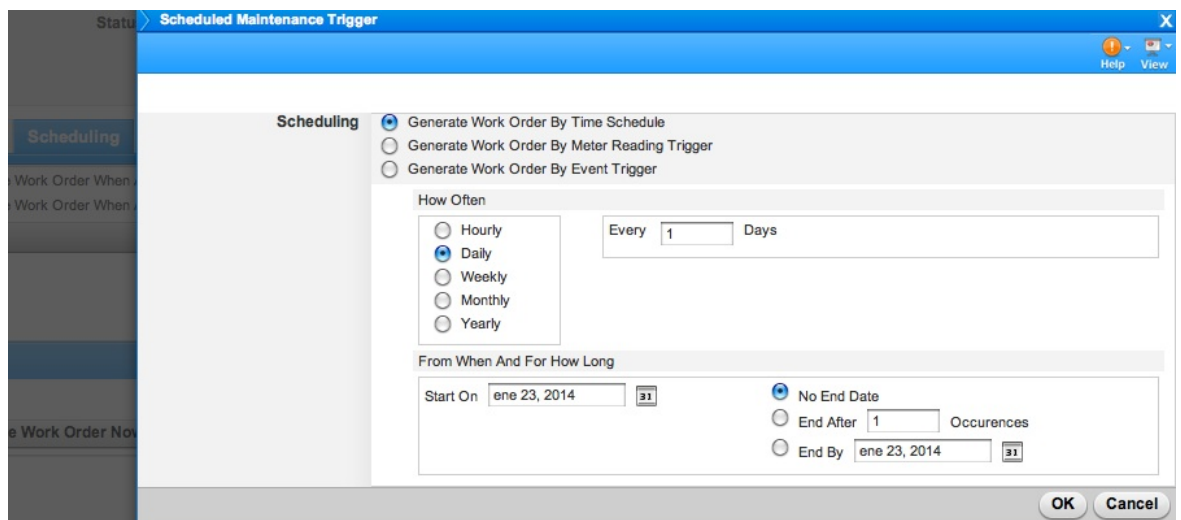
- Asset nos permitirá seleccionar sobre que activos queremos trabajar
- Maintenance Type nos da como opciones que tipo de mantenimiento queremos emplear podremos seleccionar de las opciones que el programa nos brinda:

Preventivo, Correctivo, etc, o crear una nosotros mismos según sea el caso

- priority nos deja seleccionar que prioridad darle a la acción alta media o baja
- Suggested Time aquí pondremos el tiempo en el que debemos completar la operación
- Project seleccionamos el proyecto que pertenecerá nuestra acción
- Suggested Time tiempo que se sugiere para completar la operación

En la pestaña de Scheduling podremos programar el itinerario que va seguir nuestro mantenimiento programado, la opción de orden de trabajo no cuenta con esta pestaña. Aquí podremos programar nuestro mantenimiento.

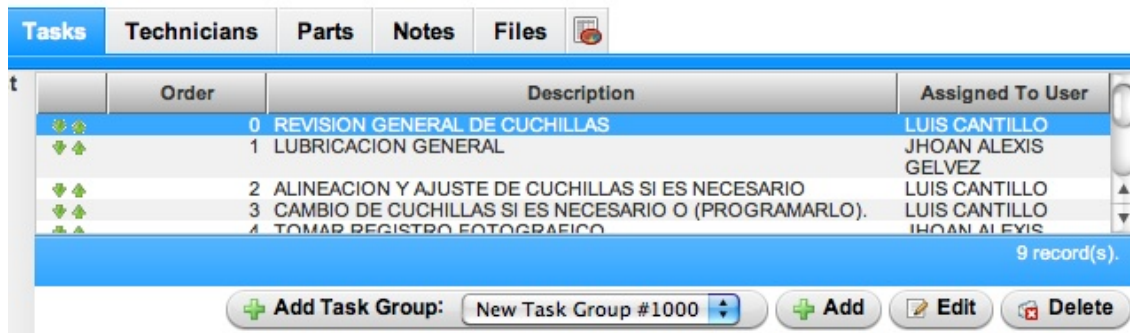
Figura 105: Scheduling



Fuente:Autor

como vemos la configuración es bastante simple, nos da la opción de hacer el evento semanal, diario, mensual y hasta cada hora, eso vendrá dado por nuestras necesidades de mantenimiento. En la pestaña de Task podremos agregar la información paso a paso que se debe seguir para completar las tareas que requiere la operación.

Figura 106: Task



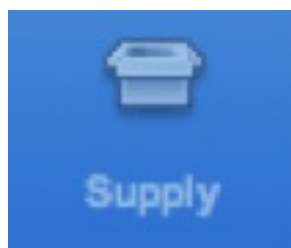
Order	Description	Assigned To User
0	REVISION GENERAL DE CUCHILLAS	LUIS CANTILLO
1	LUBRICACION GENERAL	JHOAN ALEXIS GELVEZ
2	ALINEACION Y AJUSTE DE CUCHILLAS SI ES NECESARIO	LUIS CANTILLO
3	CAMBIO DE CUCHILLAS SI ES NECESARIO O (PROGRAMARLO).	LUIS CANTILLO
4	TOMAR REGISTRO FOTOGRAFICO	JHOAN ALEXIS

Fuente:Autor

6.1.5. Supply

En este módulo podremos revisar el stock de la empresa, llevar a cabo inventarios meticulosos de las partes y tener una lista actualizada de nuestros proveedores

Figura 107: Supply



Fuente:Autor

6.2. Dinámica de la implementación del software maintenance assitant en PLADESAN LTDA

Para poner el funcionamiento el software en la empresa, se diseñó una dinámica de funcionamiento que consiste en lo siguiente: Cada computador de la empresa tendrá el software instalado, ya que la gestión de mantenimiento va desde un

computador hasta una pieza en un CNC y los jefes de cada área tendrán un usuario y un password con el cual podrán ingresar al sistema. Previamente al personal se le ha capacitado en el manejo del software, además que se les entrego un manual de usuario sencillo, el cual también es parte de los objetivos de este proyecto de grado. La idea es que los usuarios puedan emitir ordenes de trabajos, inmediatamente sus máquinas presenten la falla. Para las dos grandes áreas productivas de la empresa como inyección y metal-mecánica la dinámica es similar.

Todas las órdenes de trabajo van a ser asignadas al coordinador de mantenimiento, quien tendrá que encargarse con sus auxiliares de los trabajos de mantenimiento y tendrá que ponerle estados a las órdenes según se vaya desarrollando el trabajo de cada orden.

La idea principal es que la gerencia pueda observar si se están realizando o no los trabajos de mantenimiento y si se están realizando a tiempo en las fechas acordadas, para generar indicadores que evalúen el funcionamiento del área de mantenimiento dentro de la empresa.

Estos indicadores se proyectaran en una pantalla ubicada en la zona de pulido, donde además de eso se muestran otros indicadores como ventas de un año con respecto a otro, tiempo de máquinas en estado de no funcionamiento, unidades producidas de cierto producto con respecto a lo que falta, etc.

6.3. Dinámica de la implementación del software maintenance assistant en PLADESAN LTDA para las áreas de inyección y metal-mecánica

Estas dos áreas son la de mayor dinamismo en lo que concierne al mantenimiento puesto que son la base productiva de la empresa, para implementar el software maintenance assistant, se realizó un diseño planeado con los integrantes principales de las áreas para facilitar el uso de esta herramienta.

El primer paso fue definir claramente el estado de las órdenes de trabajos, para esto se realizó una reunión con el director de proyectos Ing. Juan Manuel Gimenes y se decidió editar el estado de las ordenes que trae el maintenance por defecto y se acomodó a lo que se quiere para mejor y más fácil entendimiento por parte de los usuarios. El estado de las órdenes de trabajo se establecieron de la siguiente manera:

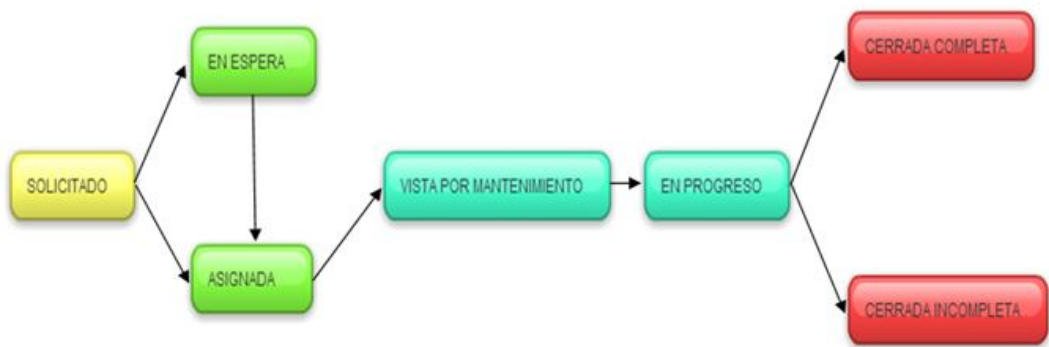
- **Solicitado:** Cuando el usuario o cliente solicita crea una orden de trabajo, tiene que generar la orden bajo este estado, para que el encargado de mantenimiento tenga conocimiento de que algo está aconteciendo. La orden de trabajo tiene su descripción, donde el usuario plantea el problema y esta será leída por el encargado de mantenimiento.

Una vez es solicitado el trabajo, el encargado de mantenimiento tiene una alarma que le indica que un trabajo ha llegado, este tiene que ir a revisar lo que pasa con el equipo, analizar la gravedad del asunto, el tiempo disponible de él, el tiempo que tardara en buscar repuestos, etc. Para que de esta manera y después de ese análisis él pueda poner a esa orden de trabajo los siguientes dos estados:

- **En espera:** Significa que el encargado de mantenimiento ya la reviso, pero por algún motivo derivado del análisis previo no la ha mandado a ejecutar
- **Asignada:** Significa que el trabajo se puede realizar y fue asignado a un auxiliar, pero no quiere decir que el trabajo se esté realizando Cuando el auxiliar se le asigna con una orden, él tiene que mirarla y analizarla, una vez la mire y la analice podrá poner la orden en estado:
- **Vista por mantenimiento:** El auxiliar observo y analizo la orden Una vez el auxiliar comienza a ejecutar el trabajo asignado el tendrá que poner la orden en estado:

- **En progreso:** significa que se está ejecutando los trabajos de mantenimiento. Cuando el trabajo de mantenimiento se finaliza, la orden de trabajo tiene que ser cerrada por la persona que solicitó el trabajo, este cierre puede ser de dos maneras:
- **Cerrada completa:** La persona que desde un principio solicitó el trabajo, y el trabajo fue realizado satisfactoriamente, tendrá que colocarle el estado a la orden de trabajo como cerrada completa.
- **Cerrada incompleta:** Si el trabajo no se cumplió satisfactoriamente o no se realizó completo, el usuario o cliente pondrá el estado de cerrada incompleta.

Figura 108: Mapa de la lógica órdenes de trabajo

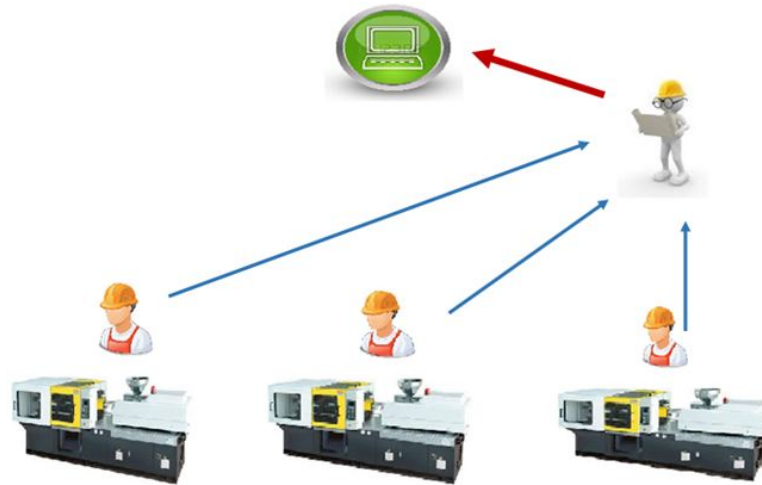


Fuente: Autor

Una vez se define como van a ser los estados de las órdenes de trabajo, se convocó una reunión para definir los encargados de las actividades de mantenimiento en las áreas de inyección y metal-mecánica, para informales de la implementación del software y Como sería la dinámica del uso del maintenance assitant.

Estos encargados harán el papel de cliente o usuario y serán los que emitan y cierren las órdenes, revisando que después de la falla la maquina regrese a su funcionamiento normal para así poder realizar el cierre de las órdenes de trabajo.

Figura 109: Dinámica del uso del maintenance para el área de inyección



Fuente: Autor

De la misma manera operara el área de metal-mecánica y en cada área se tendrá el encargado idóneo, para que el uso del software permitan optimizar las labores de mantenimiento.

6.4. Generación de reportes de mantenimiento en pladesan ltda.

La generación de reportes es una parte muy importante en cualquier gestión por que permite hacer una evaluación de cómo se está haciendo una labor y se puede analizar para seguir mejorando y para llevar control sobre lo que se está haciendo. Para las actividades de mantenimiento gestionadas por el maintenance assistant no se van a utilizar los reportes que este mismo software genera, la gerencia adopto por utilizar la base de datos sobre la cual se montó el software que es SQLite, que simplemente es una librería que conecta el software de mantenimiento con una base de datos SQL.

Entonces la información generada por el maintenance assistant, quedara guardada en la base de datos de la empresa y la gerencia tomara de allí los datos necesarios

para generar informes utilizando la herramienta SQL SERVER REPORTING SERVICES. SQL SERVER REPORTING SERVICES es un software para la generación de informes de Microsoft utilizando datos de una base de datos SQL, este software permite hacer el análisis rápido de grandes cantidades de datos y permite a los usuarios generar rápida y fácilmente informes de bases de datos Microsoft SQL Server.

PLADESAN LTDA, genera reportes para los trabajadores que son proyectados en un monitor en el pasillo principal de la planta de producción. En esta pantalla se muestran datos como ventas de una año con respecto a otro, cantidad de una pieza X elaborada con respecto a lo que falta por elaborar, tiempos muertos de las maquinas etc.

Lo que se quiere en un futuro es proyectar reportes de mantenimiento cuando se tengan históricos de las actividades realizadas por el área de mantenimiento, con el fin de llevar un control sobre el área y evaluar el rendimiento de los trabajadores.

Figura 110: Pantalla de reportes PLADESAN LTDA

Line / MAG	Pieza	09/07 / 10	09/08 / 10	09/09 / 10	09/10 / 10	09/11 / 10	09/12 / 10
A34	1	0	0	0	0	0	0
A33	1	0	0	0	0	0	0
A34	1	0	0	0	0	0	0
A37	1	0	0	0	0	0	0
C33	2	0	0	0	0	0	0
S-88	1	0	0	0	0	0	0
G33	1	0	0	0	0	0	0
W33	1	0	0	0	0	0	0
W36	1	1,430	0	0	0	0	0
M36	1	0	0	0	0	0	0
P36	1	2,740	0	0	0	0	0
P32	1	0	0	0	0	0	0
P35	1	0	0	0	0	0	0
P36	1	0	0	0	0	0	0
P37	1	0	0	0	0	0	0
Total del lote:		5,002	2,313	2,670	3,752	1,848	1,870
Sin E y M:		2,986	2,313	2,011	2,234	1,679	1,670
Cant. Producidas		21,425	17,100	13,500	17,150	11,200	11,200
(s) / Cant(u)		8,4	8,1	8,9	7,8	9,0	9,0

Fuente:PLADESAN LTDA.

Figura 111: Pantalla de reportes PLADESAN LTDA



Fuente: Autor

7. Conclusiones

- Se realizó un estudio de los procesos de producción y administrativos que se llevan a cabo dentro de la empresa Plásticos de Santander PLADESCAN LTDA.
- Se hizo un diagnóstico del área de mantenimiento dentro de la empresa, teniendo en cuenta factores como la estructura organizacional, tipo de mantenimiento realizado, manejo de inventarios, sistemas informáticos de apoyo, recurso humano entre otros.
- Se realizó un inventario a los 102 equipos de PLADESCAN LTDA, que significan el 90 % de los activos de la compañía, también se realizó una codificación de los equipos más relevantes de la empresa con el fin de tener un mejor control y organización sobre estos.
- Se hizo un estudio de las fallas de las máquinas en planta y su frecuencia durante el año 2012 con el fin de estudiar el comportamiento de las máquinas y observar cuáles presentan más fallas como primer filtro en la búsqueda de los equipos críticos.
- Se elaboró un diagrama de Pareto para los costos que le genera cada máquina a la empresa por su no funcionamiento, con el fin de observar los impactos económicos que cada parada de máquina ejerce sobre PLADESCAN LTDA, con el objetivo de seguir buscando los equipos más críticos, los resultados de este estudio arrojaron que los equipos que por su parada total o parcial generan más costos en PLADESCAN LTDA son la planta eléctrica y los dos chillers.
- Se llevó a cabo el análisis de criticidad utilizando la información de los estudios anteriores, y se encontraron los equipos más críticos de la empresa PLADESCAN LTDA, estos equipos críticos son la planta eléctrica, los dos chillers y los dos compresores en paralelo hacia los cuales fue dirigido el plan de mantenimiento preventivo.

- Se implementó la metodología del análisis causa raíz al mal actor, presentado en el sistema de calefacción de las inyectoras, y esto permitió el desarrollo de un proceso ordenado de análisis de falla, con el cual se llegó a las causas raíces del problema.
- La identificación del mal actor o fallas repetitivas permite canalizar los recursos asignados para la solución de problemas, evitando sobre costos por fallas que pueden que no tengan alto impacto.
- La aplicación de la metodología para el desarrollo del análisis causa raíz, permite que los conocimientos teóricos y prácticos se fusionen para que de esta manera se pueda planear y ejecutar estrategias adecuadas para la eliminación de las fallas repetitivas
- En el RCA es importante llevar un plan de seguimiento a las recomendaciones emitidas porque permite controlar las acciones mejorativas y las actividades que se deben realizar para la erradicación de las fallas repetitivas.
- El análisis (RCA) se vuelve una herramienta de suma importancia ya que puede realizarse en cualquier organización, ya que logra optimizar costos al proporcionar las herramientas adecuadas para erradicar las fallas repetitivas.
- Se implementó un software para la gestión del mantenimiento llamado Maintenance assistant, permitiendo flujo de información del área de mantenimiento de una forma rápida y fácil.
- Se diseñó la dinámica de funcionamiento del software dentro de la empresa, con el fin de que las labores de mantenimiento tengan un orden y una lógica para obtener evaluaciones acertadas del comportamiento del área de mantenimiento.
- Se diseñó un manual de usuario del Maintenance Assistant, para los trabajadores de PLADESAN LTDA.

- Se capacito al coordinador de mantenimiento para gestionar el conocimiento del área de mantenimiento, por medio de la utilización del software Maintenance Assitant y la realización de manuales o instructivos de mantenimiento, que tienen que generarse con el pasar del tiempo y la experiencia del manejo del software en los problemas que se presenten en el área.
- Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en software y la aplicación de la metodología análisis causa raíz para los malos actores, en la empresa PLADESAN LTDA se reducirán los costos generados por el área de mantenimiento y por ende se vuelva más rentable y aumente su competitividad en su entorno industrial

Bibliografía

- [1] ANGULO, Pablo. Programa de mantenimiento para la empresa de alimentos concentrados ITALCO DE OCCIDENTE LTDA. *Empleando los conceptos básicos del TPM. Bucaramanga, 2009. Tesis de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.,*
- [2] BAGADIA, Kishan. Computerized Maintenance Management systems Made easy. *Estados unidos de America: McGraw-hill companies, Inc.2006.,*
- [3] KCONFIPETROL S.A. Mantenimiento centrado en confiabilidad. *Gestion gerencial 2009*
- [4] CONFIPETROL S.A. QA/QC, *campo provincia (sabana de torres- Santander), agosto de 2009*
- [5] Garcia Palencia, Oliverio. El análisis causa raíz, estrategia de confiabilidad operacional. *Conferencia y exhibición reliability Word Latin america. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2005.*
- [6] LATINO. Robert J. Root Cause Analysis. *I Improving performance for botton-line*

A. Inventario

A.1. Inventario completo pladesan ltda.

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
350	EST		SERIGRÁFICA	ISIMAT 1000P		-	Serigráfica		
350	EST		TAMPOGRÁFICA 1	INKPRINT 60LPE		-	Tampográfica 1		
350	EST		TAMPOGRÁFICA 2	NACIONAL		-	Tampográfica 2		
350	EST		FLAMEADORA	DERJOR		-			
300	GEN		ALUMBRADO GENERAL			-	Alumbrado		
300	GEN		CABLEADO GENERAL DE ENERGÍA			-	Cableado energía		
300	GEN		COMPRESOR 1 (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	SULLAIR ES-6		-	Compresor	7.5	Pladesan 1
300	GEN		COMPRESOR- TANQUE 2 (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	SULLAIR ES-6		-	Compresor	7.5	Pladesan 1
300	GEN		CONMUTADOR	INTELSA 8-24		-	Conmutador		
300	GEN		LINEAS INSTALACIÓN AIRE			-	Línea aire		
300	GEN		PLANTA ELÉCTRICA (TRABAJANDO A CARGA COMPLETA)	CUMMINS ONAM 6BTS.9-62 166HP		-	Planta eléctrica	Entrega 100KVA	45384538
310	INY		CHILLER	COLCLIMA BCA-015		-	Chiller	5.4(15 Toneladas)	
310	INY		CHILLER	IMOCHILLER		-	Chiller	2(5 Toneladas)	
310	INY		LINEAS DE REFRIGERACIÓN A MÁQUINAS			-	Línea refrigeración		
310	INY	INY 11	MÁQUINA INYECTORA 11	WELTEC 190F2	2009 (APROX)	-	Inyectora 11	31.7	18415/50

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
310	INY	INY 10	MÁQUINA INYECTORA 10	WELTEC TTI-160F2	2006 (APROX)	-	Inyectora 10	25.6	16907/45
310	INY	INY 5	MÁQUINA INYECTORA 5 (vendida)	BOY 50		-	Inyectora 5	17.5	
310	INY	INY 6	MÁQUINA INYECTORA 6	BOY 22S	1990 (APROX)	-	Inyectora 6	9	21394
310	INY	INY 7	MÁQUINA INYECTORA 7	BOY 50T2	1990 (APROX)	-	Inyectora 7	17.5	54471
310	INY	INY 8	MÁQUINA INYECTORA 8	BOY 50T2	1994 (APROX)	-	Inyectora 8	17.5	54802
310	INY	INY 9	MÁQUINA INYECTORA 9	BOY 80M	2000 (APROX)	-	Inyectora 9	25	88123
310	INY		MOLINO			-	Molino	4.9	
310	INY	SEC 1	SECADORA 1 (caudal de aire alto) Otros materiales			-	Secadora 1	0.75	
310	INY	SEC 2	SECADORA 2 (caudal de aire medio) PC blanco y transparente			-	Secadora 2	0.75	
310	INY		TEÑIDORA			-	Teñidora	0.5	
370	MET	206	EROSIONADORA	ARISTECH EDM-250		-	Erosionadora	5	
370	MET	205	TORNO CONVENCIONAL	IMOTURN MASTER C4 - 1000 (C6132E-1 - C6140)		-	Torno	5	
370	MET	201	C. MECANIZADO 1	LEADWELL V-30	2001 (APROX)	-	C. mecanizado 1	12	L2TJJ0652

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
370	MET	202	C. MECANIZADO 2	LEADWELL V-30	2003 (APROX)	-	C. mecanizado 2	12	L2TJB0399 (0572)
370	MET	203	C. MECANIZADO 3	LEADWELL V-20	2005 (APROX)	-	C. mecanizado 3	10	L2TJE0279 (0198)
370	MET	204	TORNO CNC	LEADWELL T-6	2008 (APROX)	-	Torno CNC	5	L2TJH0066
300	DPR		PLADESAN-21 - DIRECCION PRODUCCION			192.168.0.103	Computador 21	0.5	
210	SCL		PLADESAN-22 - DESARROLLO DE NEGOCIOS			192.168.0.22	Computador 22	0.5	
1	GER		PLADESAN-24 - GERENCIAS			192.168.0.200	Computador 24	0.5	
1	GER		PLADESAN-25 - DIRECCION PROYECTOS			192.168.0.234	Computador 25	0.5	
110	CON		PLADESAN-20 - CONTABILIDAD			192.168.0.20	20-contabilidad	0.5	
110	CON		PLADESAN-27 - TALENTO HUMANO			192.168.0.43	43-tth	0.5	
100	DFA		PLADESAN-28 - ADMINISTRACION			192.168.0.8	8-finanzas	0.5	
200	DME		PLADESAN-31 - COSTOS / COMPRAS - VLADIMIR			192.168.0.150	Computador 29	0.5	
370	MET		PLADESAN-30			192.168.0.30	Computador 30	0.5	
370	MET		PLADESAN-31			192.168.0.31	Computador 31	0.5	
310	INY		PLADESAN-34 - INYECCION	SEMPRON 2400+1,67GHZ,192MB de RAM, 40GB, DELL 17"		192.168.0.44	Computador 44	0.5	
centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
230	ALM		PLADESAN-33 - MANTENIMIENTO / CALIDAD	SEMPRON 2800, 512MB, 80GB, SAMSUNG 17"		192.168.0.33	Computador 33	0.5	
100	DFA		SERVIDOR	ATHLON 2000, 512MB, 60GB		192.168.0.96	SERVIDOR-VIEJO	0.5	
100	DFA		SERVIDOR NUEVO			192.168.0.97	SERVIDOR	0.5	
370	MET		PROYECTOS-2			192.168.0.92	Proyectos 2	0.5	
370	MET		PLADESAN-32	ATHLON 3800 DUALCORE, 1024MB, VIDEO 256, 80GB, COMPAQ 17"		192.168.0.74	Computador 32	0.5	
400	MER		PLADESAN-42 - DESARROLLO DE NEGOCIOS	DualCore AMD Athlon 64 X2, 2700 MHz (13.5 x 200) 5200+, 2 GB DDR2		192.168.0.42	42-des-negocios	0.5	
400	MER		PLADESAN-44 - DESARROLLO DE NEGOCIOS			192.168.0.44	44-des-negocios	0.5	
370	MET		AIRE ACONDICIONADO	SAMSUNG 8000 BTU			A.A. Diseño		
1	GER		AIRE ACONDICIONADO	LG 12000 BTU			A.A. Gerencia		
210	SCL		AIRE ACONDICIONADO	LG 8000 BTU			A.A. Mercadeo		
100	DFA		AIRE ACONDICIONADO	LG 12000 BTU			A.A. Finanzas		
310	INY	ATEM 1	ATEMPERADOR 1	SHINI STM-607-0			Atemperador	6.5	
310	INY	ATEM 1	ATEMPERADOR 1	SHINI STM-607-0			Atemperador	6.5	
310	INY	DESH 1	DESHUMIDIFICADOR 1	SHINI 3CD-30U/50M4			Deshumidificador 1	8.25	
310	INY	DESH 2	DESHUMIDIFICADOR 2	SHINI 3CD-30U/50M4			Deshumidificador 2	8.25	
310	INY	DOSI 1	DOSIFICADOR VOLUMETRICO DE COLOR	SHINI SCM 75-12			DOSIFICADOR 1		
370	MET		POSTALLER-63	Intel core 2 Duo CPU E7300@ 2,66 GHZ, 2,676HZ, 1,99GB DE RAM			192,168,0,63	Postaller 2	0.5
370	MET		POSTALLER-64	Intel core 2 Duo CPU E7300@ 2,66 GHZ, 2,676HZ, 1,99GB DE RAM			192,168,0,64	Postaller 3	0.5
370	MET		DISEÑO 2	AMD ATTON 64 Proresador 3000+ 2006 HZ 1,00GB de RAM			192,168,0,199	DISEÑO 2	0.6
370	MET		DISEÑO 1	AMD ATTON 64 Proresador 3000+ 2006 HZ 1,00GB de RAM			192,168,0,59	DISEÑO 1	0.5

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
	GER		IMPRESORA 1	EPSON STYLUS CX 4900			EPSON STYLUS CX 4900 EN PLADESAN 22	0.5	
	GER		IMPRESORA 2	EPSON STYLUS TX560WD			EPSON STYLUS TX560WD EN PLADESAN 28	0.7	
	MET		MOTOR Y PIEZA MANUAL 1	FOREDOM B10					
	MET		MOTOR Y PIEZA MANUAL 2	FOREDOM I10					
	MET		SOPLATE ACETILENO (2 PIPETAS/C2H2-O2)	UNKNOWN					
	MET		APILADOR 1	UNIVERSAL GRINDER CUTTER					
	MET		APILADOR 2	VERTEX					
	MET		ESMERIL	UNKNOWN					
	MET		PRENSA 1	URSBS					
	MET		PRENSA 2	UTUS TOOL 3"					
	MET		EQUIPO SOLDADURA PORTATIL-(pipeta 2200PSI)	ARCWELL 200i-ST					
	MET		DISEÑO-69	Dual core 4,0gb ram 3,0ghz		192.168.0.69	69-diseno		
	MET		DISEÑO-66	AMD FX8120 EIGHTCORE 8,0GB RAM 3,1HGZ		192.168.0.66	66-diseno		

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
	MET		DISEÑO-65	AMD FX8120 EIGHTCORE 8,0GB RAM 3,1HGZ		192.168.0.65	65-diseno		
	MET		POSTALLER 62	AMD 2,8 GHZ 2GB RAM		192.168.0.62	62-Postaller		
	INY		ATEMPERADOR 2	SHINI STM N6110002					
	INY		BASCULA DIGITAL	LEXUS CONVERTER -- B-02					
	INY		BASCULA ANALOGA	FAIRBA NKS MORSE					
	INY		GRUA DIFERENCIAL	YALE VS PLUS 3 TON					
	INY		GRAMERA 1	LEXUS MIX-H					
	INY		GRAMERA 2	PROMETALICOS-- PRO-SKW					
	INY		TOLVA DOSIFICADORA 1	SHINI SHR-6U-E					YP31000005400
	INY		MOLDE COLADA CALIENTE						
	INY		CONTROL TEMPERATURA MOLDE COLADA CALIENTE						
	INY		UNIDAD EXTRACCION VARILLAS DE BANDA PLA010						
	INY		EXTRACTORA TORNILLO PIEZAS ANTENA						
	COR		GRAMERA DIGITAL	LEXUS MIX-H					YS102953
	COR		MAQUINA SELLADORA	IMPULSE SEALER -- SPM-202					

centro costos	DPTO.	ID INTERNO	NOMBRE COMPLETO	MARCA Y MODELO	FECHA FABRICACION	DIRECCIÓN IP	NOMBRE ESTÁNDAR INTERNO	CONSUMO POTENCIA (KW)	NUMERO DE SERIAL
			PLADESAN-32 COORDINADOR LOGISTICA	INTEL 1,6GHZ T20-50 1,5GB RAM		192.168.0.32			
			NUEVO SERVIDOR	PROCESADOR I7 3,46GHZ 16 GB RAM 2 DISCOS DE 1 TERA					
			TELEVISOR	LG 32" PANTALLA PLANA					
	ALM		BASCULA	LEXUS CONVERTER					YS114786
	ALM		TROQUELADORA	UNKNOWN					
	ALM		SELLADORA	SEALER SPH-402					
	ALM		TALADRO	DELTA UL-3752					8903
	CAL		FRESADORA VERTICAL	ANDINA FV-0A-15					0-1074
	CAL		SEGUETA ELECTRICA	OAV SW-1404N					9090016
	CAL		SIERRA DE BANDA	SURTEK SB610					
	CAL		MOTOR	L-STARK BHV-9					
	CAL		PRENSA MANUAL						
			Electro erosionadora	Yamjet Y-430A znc					
			Aspiradora	Craftsman 6.0 peak HP 170 blowing					

B. Planes de Mantenimiento

B.1. Muestra planes de mantenimiento maintenance assistant pladesan ltda.

Code SM1071

Requestor User (ene 15, 2014 02:25:07 PM)

Status Paused

Start SM

MAQUINA INYECTORA 8
Equipment

Online

[Set Offline](#)

At Location

PRIMER PISO PLANTA

DEPARTAMENTO DE INYECCION

General

Scheduling

Tasks

Technicians

Parts

Notes

Files

General Work Order Information

Code

Start As Work Order Status

Description

Asset

Maintenance Type

Project

Priority

Suggested Time hours

General

Scheduling

Tasks

Technicians

Parts

Notes

Files

Task List	Order	Description	Assigned To User
♦♦	1	COMPARAR TEMPERATURA MEDIDA CON EL PIROMETRO CON PATRON DEL MULTIMETRO.	LUIS CANTILLO
♦♦	2	HACER LA REVISION FISICA DE RESISTENCIAS Y TERMOCUPLAS.	LUIS CANTILLO
♦♦	3	REVISION DE CONSUMO EN AMPERAJE DE C/U DE LAS RESISTENCIAS	LUIS CANTILLO
♦♦	4	CALIBRAR PRESION Y CAUDAL DE LA BOMBA	ALBERLY QUINTERO

4 record(s).

+ Add Task Group:

+ Add

Edit

Delete

Code **SM1009**
 Requestor User (mar 17, 2010 10:00:19 AM)
 Status **Running**



COMPRESOR DE AIRE
 Equipment

Online
[Set Offline](#)

At Location
[MEZANINE](#)

- General
- Scheduling
- Tasks
- Technicians
- Parts
- Notes
- Files

General Work Order Information

Code: SM1009

Start As Work Order Status: Assignada

Description: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Asset: COMPRESOR DE AIRE

Maintenance Type: Preventive

Project:



Priority: Highest

- General
- Scheduling
- Tasks
- Technicians
- Parts
- Notes
- Files

Task List	Order	Description	Assigned To User
	1	SOPLETEAR Y LAVAR CON ABUNDANTE AGUA EL SERPENTIN	Any member of the 'Managers' group
	2	REVISAR Y SOPLETEAR FILTRO DE AIRE	Any member of the 'Managers' group
	3	REVICION DE NIVEL DE ACEITE	Any member of the 'Managers' group
	4	LIMPIAR LA CAPOTA	Any member of the 'Managers' group
	5	LIMPIEZA DE BANDEJA PRINCIPAL	Any member of the 'Managers' group

5 record(s).

+ Add Task Group: New Task Group #1000 + Add Edit Delete



Code	SM1053		 CENTRO DE MECANIZADO V30-2 Equipment
Requestor User	(oct 01, 2010 04:13:57 PM)		
Status	Running		
			Online Set Offline
			At Location PRIMER PISO PLANTA DEPARTAMENTO METALMECANICA TALLER METALMECANICA

- General**
- Scheduling**
- Tasks**
- Technicians**
- Parts**
- Notes**
- Files**

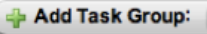



General Work Order Information

Code	SM1053
Start As Work Order Status	<input type="text"/>
Description	V30-2 - MANTENIMIENTO DE GUARDA EJE X LADO IZQUIERDO DE LA BANCADA
Asset	CENTRO DE MECANIZADO V30-2
Maintenance Type	Preventive
Project	<input type="text"/>
Priority	Highest

- General**
- Scheduling**
- Tasks**
- Technicians**
- Parts**
- Notes**
- Files**

Task List	Order	Description	Assigned To User
	1	MEDIR CONCENTRACION DE LUBSYNT-S	LUIS CANTILLO
	2	ADICIONAR LUBSYNT SI LA CONCENTRACION MIDE BAJO 2.5	LUIS CANTILLO

2 record(s).


 Add Task Group:




B.2. Instructivos Servidor

Instructivo para el cambio de los retenedores de los brazos

INSTRUCTIVO PARA EL CAMBIO DE RETENEDORES EN LOS BRAZOS DE LAS MAQUINAS 90Y 50T2 Y 50S

Marco teórico

Referencias de los retenedores de los brazos

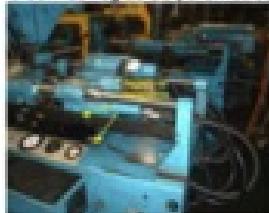
REFERENCIA	IMAGEN	CANTIDAD	REFERENCIA	IMAGEN	CANTIDAD	REFERENCIA	IMAGEN	CANTIDAD
9004010 WIPER RING 40x55x9		2	9001076 U-CUP SEAL NI300 40x50x10		4	9002113 O-RING 60x3		2
9011017 GLYD RING S 55 024 - C650		2	9002096 O-RING 65x3		2	9007027 GUIDE RING GP69T0650-T47		2
9007022 GUIDE RING GP69T0650-T47		2						

Metodología y procedimiento de trabajo

El cambio de los retenedores de los brazos se debe realizar sosteniendo el cañon con la diferencial en la unidad de inyeccion, de esta manera se podra realizar el cambio de los retenedores de 1 brazo a la vez, ya que si el cañon no se sostiene puede ocasionar flexiones en los brazos, igualmente se debe tener en cuenta colocar un cuñete de madera para que sostenga la unidad diferencial, ya que esta tambien es sostenida por el eje, el procedimiento para realizar este cambio de retenedores es el siguiente:

Softar los elementos unidos al cañon de inyeccion

Antes de empezar se debe correr el cañon de la maquina hacia atras, una vez puesto en su lugar se deben soltar algunos elementos como lo son las reglas de parametros, en donde se dan los parametros de desplazamiento, presion, cantidad de inyeccion etc, de la maquina.



Reglas de parametros 

Softar el cañon de la maquina

- El primer paso para el cambio de los retenedores es soltar los tornillos que sujetan el cañon con la maquina, esto con el fin de girar el cañon a un lado para que el eje del brazo pueda salir, cabe anotar que el eje del brazo sale hacia delante.



- Una vez suelto el cañon de la maquina se procede a quitar las tapas trasera y delantera del cilindro, recordar antes quitar la manguera puesta en el cilindro que es de baja presion ya que es para drenar a tanque.



Tapas del cilindro

Sujetar el cañon de la maquina

- El siguiente paso es sujetar con la diferencial el cañon de la maquina desde la unidad de inyeccion, ya sujetado el cañon se coloca un cuñete de madera en la unidad de inyeccion, para que sostenga la unidad al momento de sacar el eje, se suelta la contratuerca que asegura el eje y finalmente se desenrosca el eje del brazo para que una vez suelto se puedan retirar las tapas y los elementos de sujecion de la regleta de parametros; luego se suelta el prisionero ubicado en la parte trasera de la maquina el cual asegura al eje para que no gire y finalmente pueda sacarse el eje del brazo en la direccion indicada.

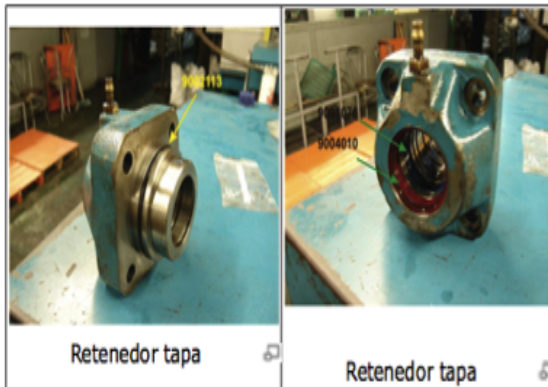


Elementos

Cambiar los retenedores de la tapa

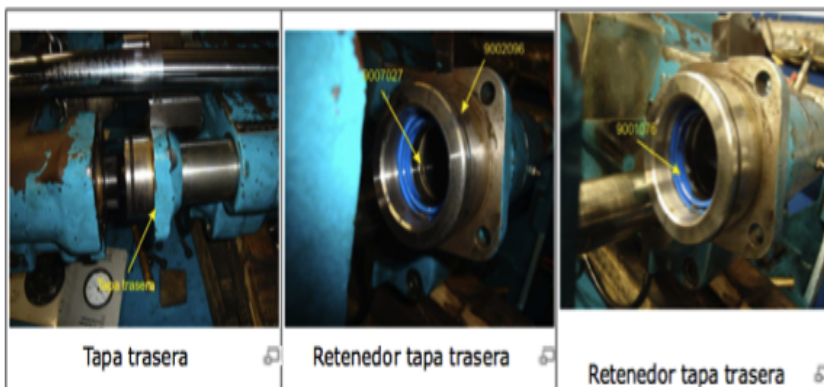
- Luego se cambia los retenedores de las tapas, cabe destacar que se debe tener mucho cuidado para observar la posición en la cual están puestos los retenedores actualmente.

Para los retenedores de las tapas se usan las 3 siguientes referencias; un 9002113, un 9004010, y un 9001076, para cada tapa.



Cambiar los retenedores de la tapa trasera

- Finalmente se cambian los retenedores de la tapa trasera del brazo para esto se utilizan 2 retenedores de las siguientes referencias: Un 9001076, un 9007027 y un 9002096



Armar nuevamente los brazos de la maquina

- Finalmente se debe armar otravez la maquina, colocando el eje, colocando las tapas, colocando el sujetador de la regleta de parametros, no olvidar introducir tambien la contratuerca.

Una vez ya esten los elementos se debe enroscar el eje en su sujetador y asegurar que no se suelte con la contratuerca.

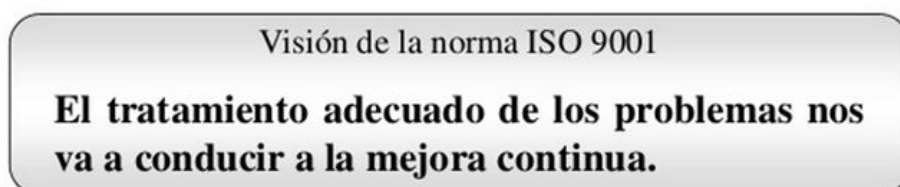
- Y por ultimo se debe repetir este procedimiento con el otro brazo.

C. Teoría análisis causa raíz

C.1. Introducción

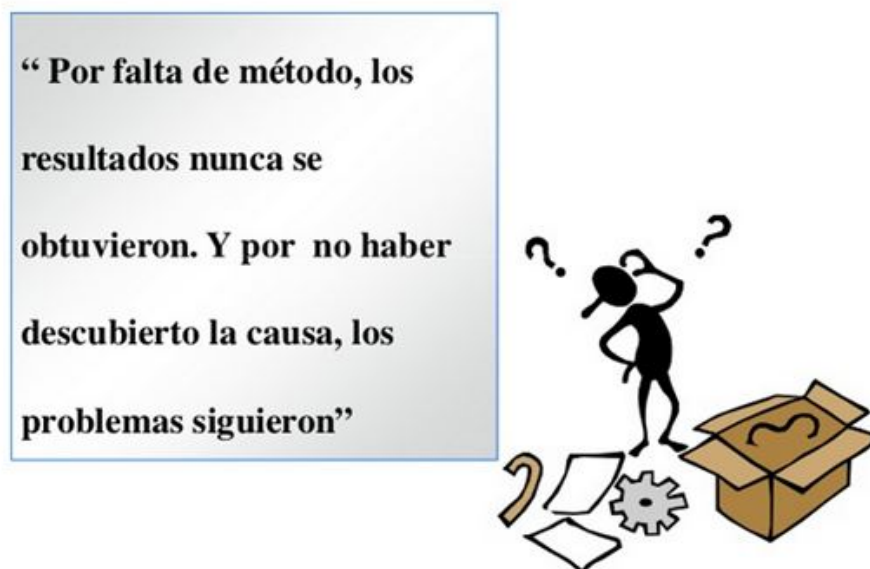
ISO 9901/2000 nos requiere que identifiquemos los problemas, como son las no conformidades, así como los problemas potenciales, y que para solucionarlos investiguemos la causa raíz de los mismos, y con ello implementar las acciones correctivas que nos garanticen que se evita su recurrencia o su ocurrencia, además de buscar la mejora continua.

Figura 112: visión de la mejora continua



Fuente: <http://www.slideshare.net/Luisacp/tcnicas-para-identificar-la-causa-raz>

Figura 113: Refrán



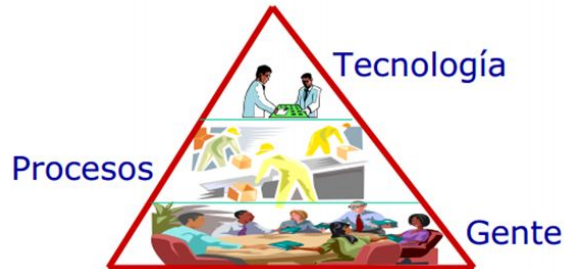
Fuente: <http://www.slideshare.net/Luisacp/tcnicas-para-identificar-la-causa-raz>

C.2. Análisis causa raíz como estrategia de confiabilidad operacional

- La confiabilidad de un sistema o equipo, es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función.
- La confiabilidad operacional lleva implícita la capacidad de instalación (procesos, tecnología, gente) para cumplir su función o el propósito que se espera de ella dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional.

La confiabilidad operacional es una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistémica, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, en búsqueda de optimizar la gestión de la producción industrial.

Figura 114: Focos para la gestión en la producción industrial



Fuente: El autor

Figura 115: Confiabilidad operacional












Fuente: El autor

C.2.1. Aplicación de la confiabilidad

- Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos.
- Solución de problemas recurrentes en los activos físicos.
- Determinación de tareas para minimizar riesgos en los procesos, equipos y medio ambiente.
- Establecer el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

C.2.2. Mejoras potenciales al usar la confiabilidad operacional

Figura 116: Mejoras con la confiabilidad operacional

PRODUCCIÓN	10- 12%	
DISPONIBILIDAD	10-15%	
HORAS HOMBRE	35-40%	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	23-30%	
COSTOS DE PRODUCCIÓN	12-16%	
SEGURIDAD	80%	
RETRABAJO	20-40%	
INVENTARIOS	10-30%	
PARADAS IMPREVISTAS	50-55%	

Fuente: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/123_a_n_a_e_s_t_r_o_n_f_i_a.pdf

C.2.3. Estrategias de la confiabilidad operacional

- Mantenimiento Preventivo Planeado (PPM)
- Mantenimiento Basado en Condición (CBM)
- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- Mantenimiento Basado en el Negocio (BBM)
- Prevención de Mantenimiento (MP)

- Modelos Mixtos de Confiabilidad (RMM)
- Optimización Integral de Mantenimiento (MIO).

C.2.4. Herramientas de la confiabilidad operacional

- Análisis de Criticidad (CA)
- Análisis de los Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- Análisis Causa Raíz (RCFA)
- Análisis de Confiabilidad Humana (HRA)
- Inspección Basada en Riesgo (RBI)
- Optimización Costo – Riesgo – Beneficio (BRCO)
- Failure Reporting and Corrective Action System (FRACAS)
- Reliability Analysis and Modeling Program (RAMP)
- Reliability Block Diagram Modeling (RBD)
- Costo del Ciclo de Vida (LCC)
- Gestión del Conocimiento (KM).

Figura 117: herramientas fundamentales de confiabilidad operacional



Fuente: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/123_a_n_a_e_s_t_r_c_o_n_f_i_a.pdf

Análisis de Criticidad (CA).

Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA).

Es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

Análisis Causa Raíz (RCFA)

Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

Inspección Basada en Riesgos (RBI)

Es una técnica que permite definir la probabilidad de falla de un equipo o sistema, y la consecuencia que las fallas pueden generar sobre la gente, el ambiente y los procesos.

Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA).

Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los logros o beneficios que la actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal acción.

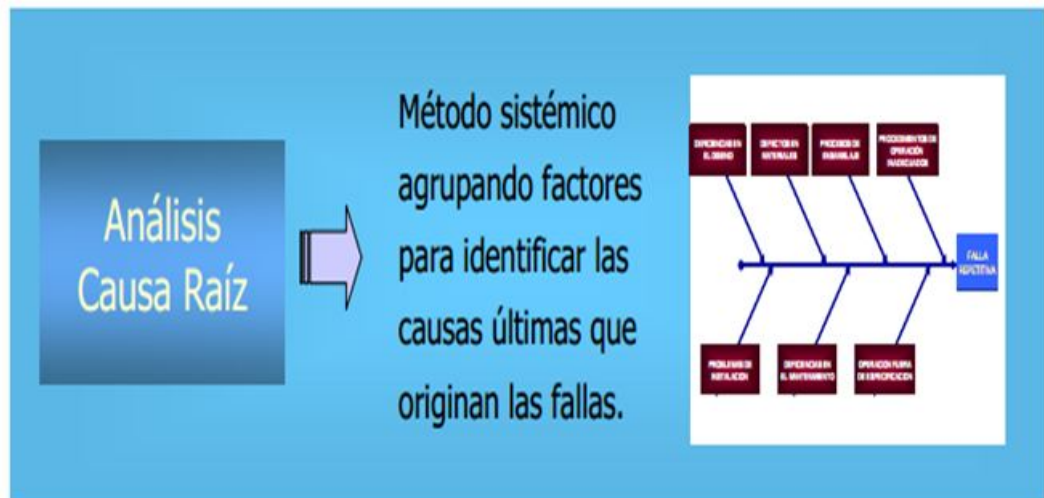
Costo del Ciclo de Vida (LCC).

El análisis LCC es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de incremento de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

C.3. Análisis causa raíz (RCFA)

- El RCFA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la lógica y un árbol de causas, que consiste en una representación visual de un evento de falla, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos conducen a las causas originales.
- Es una herramienta de confiabilidad usada para determinar hasta tres niveles de causas raíz para cualquier evento específico de falla.
- Es una técnica de análisis que permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

Figura 118: RCA



Fuente: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/123_a_n_a_e_s_t_r_c_o_n_f_i_a.pdf

C.3.1. Enfoque tradicional / Análisis de fallas

- Solo se toma en cuenta cual es la falla
- Se toman acciones reactivas
- No se determina cual es la causa raíz del problema.

C.3.2. Análisis Causa Raíz

- Determina cuales son las verdaderas raíces de la falla
- Disminuye la repetitividad de fallas
- Disminuye los impactos operacionales
- Reduce las consecuencias en seguridad y medio ambiente
- Optimiza los costos.

C.3.3. Beneficios del RCA

- Proporciona la capacidad de reconocer un patrón de fallas y evita la repetición de las mismas.
- Aumenta la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos.
- Mejora las condiciones de seguridad industrial y evita tiempos improductivos innecesarios.
- Disminuye del número de incidentes, reduce los impactos ambientales y los accidentes.
- Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y operaciones.

C.3.4. ¿Cuándo se usa el RCA?

Fallas Crónicas o repetitivas

- Problemas de mantenimiento

Fallas Esporádicas

- Paradas de emergencia

Identificar las deficiencias en los programas

- Procesos operativos y normativos

Aspectos de Mantenimiento

- Reducción de costos e inventarios

Aspectos Operativos

- Reducción del uso de energía.

C.3.5. Clases de fallas

- Fallas Crónicas:(repetitivas), tales como fallas de equipos (generalmente problemas de mantenimiento).
- Fallas Esporádicas (una vez): tales como paradas de emergencia, incendios, explosiones, muertes, lesiones importantes, o fallas graves poco frecuentes en los equipos.
- Oportunidades para identificar las deficiencias en los programas de entrenamiento y procedimientos operativos.

C.3.6. Causas raíces RCFA

- Causa raíz física

Es la causa tangible de porqué está ocurriendo una falla. Siempre proviene de una raíz humana o latente. Son las más fáciles de tratar y siempre requieren verificación.

- Causa raíz humana

Es producto de errores humanos motivados por sus inapropiadas intervenciones. Nacen por la ausencia de decisiones acertadas, que pueden ser por convicción u omisión. Nunca utiliza nombres individuales o grupales cuando se especifica la causa.

- Causa raíz latente

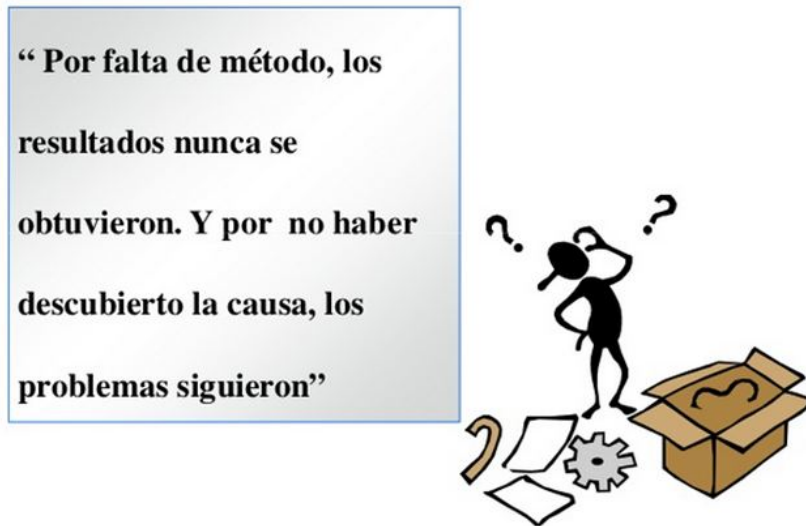
Son producto de la deficiencia de los sistemas de información. Proviene de errores humanos. En ciertas ocasiones afectan más que el problema que se está estudiando, ya que pueden generar circunstancias que ocasionan nuevas fallas.

C.3.7. Aplicación del RCA

- Se requiera el análisis de las fallas crónicas (repetitivas) que se presentan continuamente, tales como fallas de equipos comunes.
- Se presentan fallas esporádicas (una vez), en procesos críticos, tales como paradas de emergencia, incendios, explosiones, muertes, lesiones importantes, o fallas graves poco frecuentes en los equipos.
- Es necesario un análisis del proceso de diseño de nuevos equipos, de aplicación de procedimientos operativos y de supervisión de actividades de mantenimiento.
- Son comunes aspectos operativos tales como el congestionamiento, interrupción de las operaciones, aumento del consumo de energía, corridas más largas, defectos de calidad e incidentes ambientales.
- Es necesario identificar las deficiencias en los programas de entrenamiento y procedimientos operativos.
- Se tiene la necesidad de analizar diferencias organizacionales y programáticas.

C.4. Técnicas de análisis para la determinación de la causa raíz que origina el problema

Figura 119: Causa de los problemas



Fuente: El autor

Existen varias técnicas en el medio para el análisis y solución de los problemas, pero en resumen todas tienen el mismo fin, que consiste en eliminar la causa real o potencial que provocó o puede provocar una no conformidad o problema.

C.4.1. Lluvia de ideas (Brainstorming)

Es una técnica de grupo para concebir ideas originales en un ambiente creativo, que propicia más y mejores ideas que las que un individuo podría generar trabajando de manera independiente

C.4.1.1. Objetivo de la lluvia de ideas

Identificar las causas de un problema, generar soluciones creativas para el mismo, o proponer acciones de mejora, por medio de la expresión de un número extenso de ideas que sean aportadas por todos los integrantes de un grupo en un ambiente relajado.

C.4.1.2. ¿Cuándo debe ser utilizada la lluvia de ideas?

Cuando exista la necesidad de:

- Generar un número extenso de ideas
- Propiciar y liberar la creatividad de las personas
- Involucrar a todos en el proceso
- Identificar áreas de oportunidad para propiciar la mejora continua

C.4.1.3. Procedimiento (lluvia de ideas)

1. Elegir un facilitador que apunte las ideas (Se debe promover la intervención de todos los integrantes).
2. Anotar en un rotafolios la frase que representa el problema que se estudiara, y establecer un tiempo límite (20 o 30 minutos).
3. Pedir a los participantes que piensen en el problema y digan en pocas palabras sus ideas al respecto. Verificar que la contribución no sea repetida.
4. El facilitador anotara todas las ideas sin emitir juicio alguno. Es muy importante en esta primera fase, la ausencia de crítica y autocrítica; ninguna persona podrá hacer comentarios sobre las ideas expresadas, ni positivos, ni negativos.

5. Al cabo del tiempo establecido (Se puede extender si hubiese más ideas) se procede a agrupar las ideas (si se considera necesario), se analizan y se les califica según su importancia, o bien se jerarquizan.
6. Discriminar duplicaciones existentes, los problemas no importantes y aspectos no negociables.

C.4.1.4. Variantes

1. Se concede un tiempo razonable (20 o 30 minutos) para que cada participante registre sus ideas y después se exponen, uno por uno.
2. Al finalizar la fase de expresión, se pueden someter a votación las ideas, para asignarles un número que refleje su grado de importancia.
3. Se definen las acciones correctivas, para lo cual se puede utilizar otra vez la lluvia de ideas.

C.4.1.5. Ventajas de la lluvia de ideas

- Estimular la creatividad y ayuda al surgimiento de ideas originales, permitiendo el cambio de perspectiva y enfoque.
- La creatividad puede ayudar a la mejor solución de los problemas y a la identificación de la verdadera causa de los mismos.
- Facilita la participación de todo el personal.
- En un breve lapso se generan muchas ideas que pueden ser muy valiosas.

C.4.2. Multivotación

Es una técnica grupal que permite a un equipo de trabajo, reducir una extensa lista de posibles causas

C.4.2.1. ¿Cuándo debe ser utilizada la Multivotación?

- Cuando la lluvia de ideas o cualquier otra técnica ha producido una lista muy extensa de causas posibles y necesita reducirse.
- Al final de un diagrama causa-efecto para seleccionar las 3 o 5 causas principales investigadas.

C.4.2.2. ¿Cómo se utiliza la Multivotación?

1. Revisar la lista de posibles causas.
2. Asignar una identificación (Números o letras).
3. Dar a cada miembro del equipo un número de votos igual al 20 % del número de elementos de la lista. Los miembros pueden determinar cómo distribuir sus votos; uno por causa, un número igual de votos a varias causas o todos los votos a una sola causa.
4. Resaltar las causas que tienen mayor número de votos.
5. Si quedan más causas de las deseadas, se puede hacer una segunda ronda de votación.
6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta que solo queden 3 causas en la lista

C.4.2.3. Notas importantes

- Nunca se debe llevar la votación hasta que solo quede una causa.
- Para llegar a la opción final de solución, se requiere que el equipo llegue a un consenso.
- Darle a cada miembro un número determinado de votos y permitirle que utilice cuantos quiera. El equipo puede seleccionar las 10 primeras causas y hacer una ronda de votación.

Figura 120: Ejemplo Multivotación

Ejemplo

<u>Causa</u>	<u>Primer voto</u>	<u>Segundo voto</u>
A	IIII I	IIII III
B	III	
C	III	
D	III	II
E	IIII	IIII III III
F	III	
G	III	I
H	IIII II	IIII IIII
<hr/>		
Total	35	35

Fuente: El autor

C.4.3. Los cinco porqués (Five whys)

Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la etapa de análisis de problemas, para encontrar las causas posibles de un problema.

C.4.3.1. Objetivo de los cinco porqués (Five whys)

Analizar sistemáticamente las posibles causas de un problema, a través de preguntarse al menos cinco veces “por qué”. Se considera que al no encontrar una respuesta, después de varias veces, es lo que permite identificar la verdadera causa raíz del problema.

C.4.3.2. ¿Cuándo debe ser utilizado los cinco porqués (Five whys)?

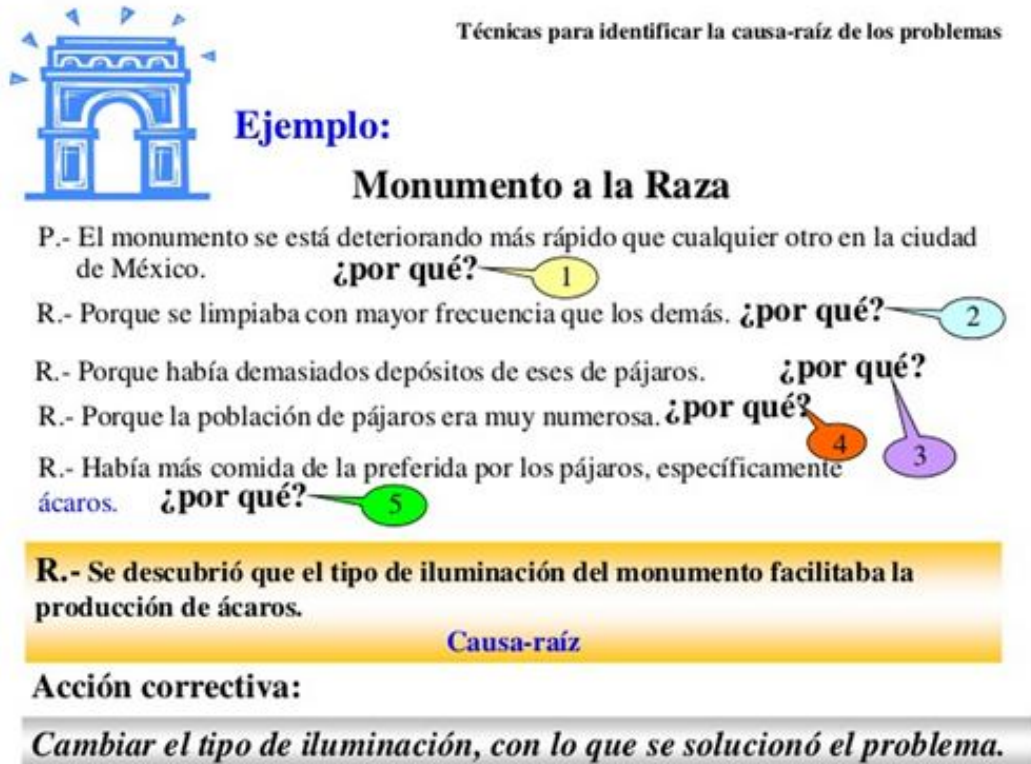
Es útil para definir el verdadero problema, permite analizarlo y tomar las decisiones más adecuadas al problema real.

C.4.3.3. ¿Cómo se utiliza los cinco porqués (Five whys)?

1. Se enuncia el problema en forma clara y objetiva.
2. Una vez que las causas probables han sido identificadas, iniciar el proceso de preguntarse ¿Por qué?
3. Continuar preguntando ¿Por qué? Al menos cinco veces. Este ejercicio reta a los miembros del equipo a buscar a fondo y no conformarse con las causas ya probadas y ciertas. Una vez que sea difícil al equipo responder al ¿Por qué?, la causa probablemente ha sido identificada.
4. Existirán casos donde se podrá ir más allá de los cinco ¿Por qué? Para encontrar las causas principales.
5. Durante el proceso hay que tener cuidado de no preguntar ¿Quién? Recordar que el equipo debe siempre estar interesado en el proceso y no en las personas involucradas.
6. Se anotan las causas principales.

7. Se establecen las acciones correctivas.

Figura 121: Ejemplo de los cinco porqués (Five whys)

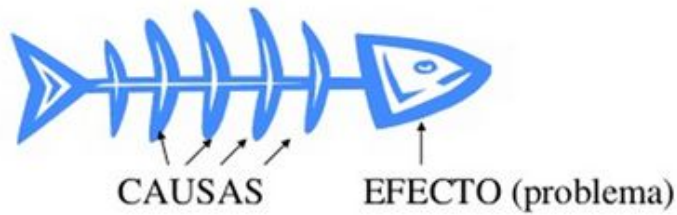


Fuente: <http://www.slideshare.net/Luisacp/tcnicas-para-identificar-la-causa-raz>

C.4.4. Diagrama causa-efecto (Ishikawa) o diagrama de espina de pescado

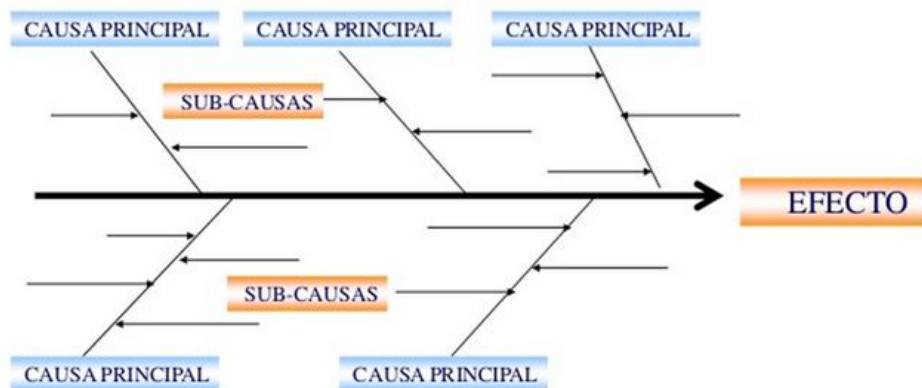
Es una representación de varios elementos (causas) de un sistema, que pueden contribuir a un problema (efecto). El diagrama causa-efecto por su forma recibe el nombre de “esqueleto de pescado”, en el cual la espina dorsal es el camino que conduce a la cabeza del pescado que es el producto, servicio, no conformidad, o problema que se desea analizar; las espinas o flechas que lo rodean indican los factores principales y subfactores que intervienen.

Figura 122: Concepto de causa-efecto en el esqueleto de pescado



Fuente: El autor

Figura 123: Esquema del diagrama causa-efecto (Ishikawa)



Fuente: El autor

C.4.4.1. Objetivos del diagrama causa-efecto (Ishikawa)

- Expresar en forma gráfica el conjunto de factores causales que intervienen para que se produzca un producto o servicio no conforme (Problema) y comprender la forma en que aquellos se interrelacionan.
- Identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad.
- Ilustrar gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (Efectos) y los factores (Causas) que influyen en ese resultado.

C.4.4.2. Cuándo debe ser utilizado el diagrama causa-efecto (Ishikawa)?

- El diagrama causa-efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico.
- Cuando existen ideas sobre las causas que originaron el problema.
- Cuando el problema este bien definido.

C.4.4.3. ¿Cómo se utiliza el diagrama causa-efecto (Ishikawa)?

1. Identificar el problema (efecto) y registrarlo en la parte externa derecha enmarcado en un recuadro que en ocasiones se define como la cabeza del pescado, y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda.
2. Dibujar las espinas principales del pescado, esta representaran las entradas al proceso, recursos o factores causales.
3. Anotar todas las posibles causas (lluvia de ideas). Una forma común, es identificar los factores causales de acuerdo a la categoría a la que pertenecen. A estas se le conocen como las 5 ms
 - Mano de obra
 - Materiales
 - Maquinas
 - Métodos
 - Medio ambiente

Mano de obra: Las distintas habilidades de los empleados, así como la falta de capacitación y actualización continua pueden influir en gran medida sobre el producto o servicio proporcionado. O bien problemas de actitudes, falta de colaboración, desmotivación, etc.

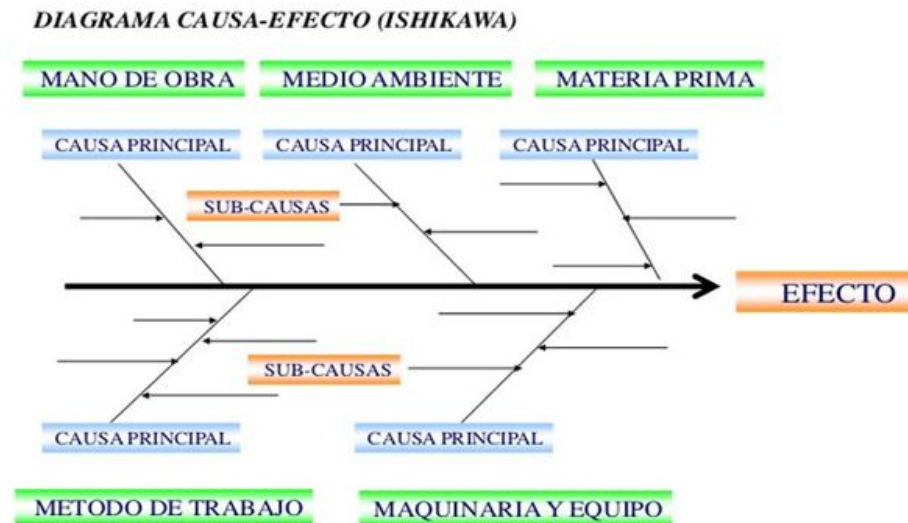
Materias primas: Son los insumos necesarios para producir el servicio o producto, pueden ser datos, información, solicitudes, documentos, materiales, etc. Al faltar alguno de ellos, o si alguno presenta baja calidad y contiene errores puede producir un servicio o producto no conforme.

Maquinaria y equipo: Identificar los recursos necesarios para producir el servicio o producto, ya sea que el equipo no funcione en forma óptima o que el software no sea el adecuado, el resultado podrá producir algún problema de calidad en el producto o servicio final.

Métodos de trabajo: Los métodos de trabajos pueden no estar establecidos, o ser demasiado complejos o pueden estar incompletos, lo que genera que lo que se quiere obtener tenga una calidad muy baja y esto significa poca confiabilidad operacional.

Medio ambiente: Este puede ser una causa influyente en la calidad del servicio o producto, especialmente el clima laboral.

Figura 124: Diagrama causa-efecto



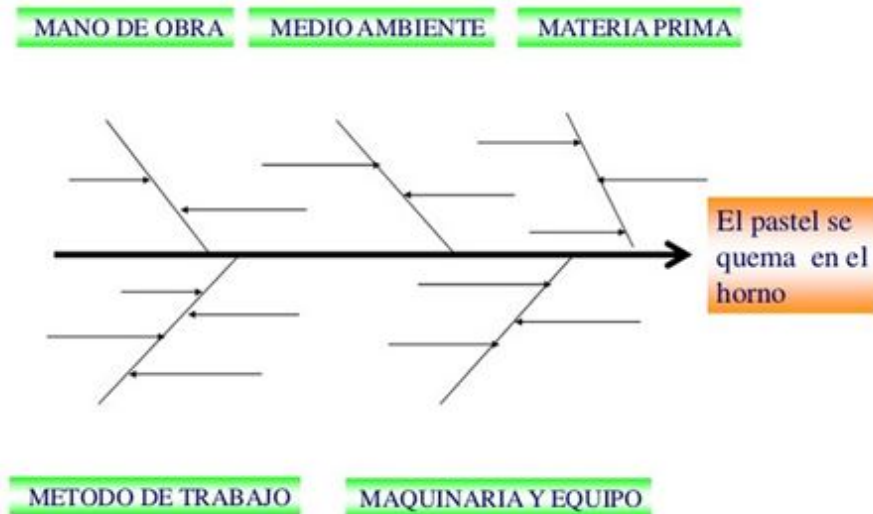
Fuente: El autor

4. Una vez que se han identificado y clasificado todos los factores que intervienen en una característica de calidad o en una desviación de la misma, se selecciona aquella de mayor importancia, con el fin de establecer la medida correctiva apropiada (Por consenso, votación o por datos existentes).

C.4.4.4. Ventajas de el diagrama causa-efecto

- Al utilizar un enfoque estructurado, permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema, ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementa el grado de conocimiento sobre los procesos.
- Es útil para aplicarse en problemas reales o potenciales y para identificar oportunidades de mejora.

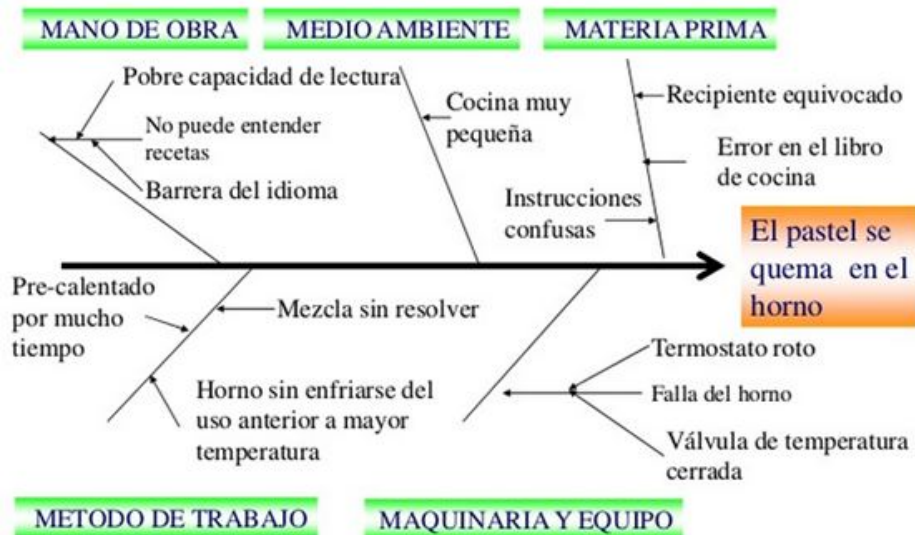
Figura 125: Ejercicio aplicando el diagrama causa-efecto (Ishikawa)



Fuente: <http://www.slideshare.net/Luisacp/tcnicas-para-identificar-la-causa-raz>

Se describe el problema en la cabeza del pescado y se grafican las 5M's para que el equipo coloque según su criterio la posible causa según la M que se analice como se muestra en la siguiente figura.

Figura 126: Ejercicio aplicando el diagrama causa-efecto (Ishikawa)



Fuente: <http://www.slideshare.net/Luisacp/tcnicas-para-identificar-la-causa-raz>

C.5. Metodología del RCA

Desarrollar una estrategia de recolección efectiva de datos para transformarlos en información.

Figura 127: Metodología RCA



Fuente: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/123_ana_estr_confia.pdf

C.6. Proceso genérico de RCA

Figura 128: Proceso genérico de RCA



Fuente: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/123_ana_estr_confia.pdf