

**MODELO DE GESTIÓN PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANTENIMIENTO
EN OUTSOURCING**

ALEJANDRO DÍAZ OCHOA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2007**

**MODELO DE GESTIÓN PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANTENIMIENTO
EN OUTSOURCING**

ALEJANDRO DÍAZ OCHOA

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: EDUARDO RODRÍGUEZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Eduardo Rodríguez, Ingeniero Mecánico y Director de la presente monografía por su confianza, orientación y sabios consejos.

A los Directivos del Posgrado y sus colaboradores por su paciencia y credibilidad a esta monografía.

A todos aquellos que con sus pequeños y grandes aportes lograron que esta monografía fuera una realidad.

RESUMEN

TITULO: MODELO DE GESTION PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE MANTENIMIENTO EN OUTSORCING*

AUTOR: ALEJANDRO DIAZ OCHOA**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Outsourcing, Pequeña empresa, Gestión, Contratista.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Esta monografía presenta un modelo flexible de gestión para la pequeña empresa que trabaja el mantenimiento en outsourcing. El modelo consiste en tratar cuatro niveles de profundidad del mantenimiento contratado para que se adapte al tipo de contratación y a los cambios que estos puedan tener de acuerdo a modificaciones de contrato o al manejo de diferentes clientes o empresas contratantes.

Para la realización de esta monografía se inicia con una documentación del tema por medio de la realización de fichas resumen de libros y normas, para realizar un análisis cruzado con una encuesta a cinco empresas y evidenciar las necesidades de estas.

El modelo de gestión inicia con un nivel D de mantenimiento en donde todo se centra en la documentación y registros del mantenimiento (instrumental). Sigue con el nivel C de mantenimiento en donde lo principal son los planes de mantenimiento basados en recomendaciones y manuales (operativo). Un nivel B del mantenimiento en donde se aplican filosofías como RCM (táctico). Por ultimo con un nivel A del mantenimiento en el que se abarcan todas las anteriores pero se cuenta con herramientas suficientes para medir el éxito del mantenimiento prestado (estratégico).

* Monografía.

** facultad Fisico- mecánica, escuela Ingenieria Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

SUMMARY

TITLE: MODEL OF MANAGEMENT FOR SMALL COMPANIES OF MAINTENANCE IN OUTSOURCING*

AUTHOR: ALEJANDRO DIAZ OCHOA**

KEY WORDS: Maintenance, Outsourcing, Small Companies, Management, Contractor.

DESCRIPTION OR CONTENT:

A flexible model of management presents this monograph for the small company that works the maintenance in outsourcing. The model consists of treating four levels of depth of the contracted maintenance in order that it adapts to the type of contracting and to the changes that these could have in agreement to modifications of contract or to the managing of different clients or companies contractors.

For the accomplishment of this monograph it begins with a documentation of the topic by means of the accomplishment of cards summary of books and procedure, to realize an analysis crossed with a survey to five companies and to demonstrate the needs of these.

The model of management initiates with a level D of maintenance where everything centers on the documentation and records of the (instrumental) maintenance. It continues with the level C of maintenance where the principal things are the plans of maintenance based on recommendations and manuals (operatively). A level B of the maintenance where philosophies are applied as RCM (tactically). Finally with a level A of the maintenance in which all the previous ones are included but one possesses sufficient tools to measure the success of the given maintenance (strategic).

* Monograph.

** facultad Fisico- mecánica, escuela Ingenieria Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DEFINICIONES Y GENERALIDADES	3
1.1. RELIABILITY-CENTERED-MAINTENANCE (RCM)	3
1.1.1. RCM Las siete preguntas	4
1.1.2. Las herramientas claves que se utilizan para contestar estas preguntas son dos	5
1.1.3. Pasos para la implementación de RCM a una empresa Convencional	5
1.1.4. Etapas de la implementación global de RCM de una empresa convencional	6
1.1.5. Aplicación de las siete preguntas de RCM	7
1.1.6. Equipos naturales de trabajo	17
1.2. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)	19
1.2.1. Las 5S's	20
1.2.2. Control Visual	24
1.3. NIVELES DE MANTENIMIENTO BAJO EL ENFOQUE SISTEMICO KANTIANO	26
1.4. SISTEMAS DE GESTION DE LA CALIDAD ISO 9000:2000	27
1.4.1. Enfoque basado en procesos	28
1.4.2. Requisitos generales	30
1.4.3. Requisitos de la documentación	31
1.4.4. Control de documentos	32
1.4.5. Procesos relacionados con el cliente	32
1.4.6. Proceso de compras	34
1.4.7. Control de producción y de la prestación del servicio	35
1.5. EL OUTSOURCING	35
1.6. DEFINICION DE PEQUEÑA EMPRESA	37
1.7. TEORIA DE RESTRICCIONES	38
1.7.1. Enfoque sistemático del TOC	39
1.7.2. El sistema DBR (DRUM BUFFER, ROPE o en español AMORTIGUADOR, CUERDA TAMBOR)	40
2. ENCUESTA A CINCO EMPRESAS	42
2.1. LAS EMPRESAS SELECCIONADAS	42
2.2. LA CANTIDAD DE ENCUESTADOS	43
2.3. ANALISIS DE ENCUESTAS REALIZADAS A EMPRESAS QUE TRABAJAN EN MANTENIMIENTO OUTSOURCING	43
2.3.1. Encuesta Puffer de Colombia	44
2.3.2. Encuesta Colintrade	45
2.3.3. Encuesta Gecolsa división general	46
2.3.4. Encuesta Stewart and Stevenson	47

2.3.5. Encuesta Colmaquinas	48
3. ANALISIS DE DOCUMENTOS GUIA	49
3.1. ANALISIS DEL DOCUMENTO REABILITY CENTERED MAINTENCE	51
3.2. ANALISIS DEL DOCUMENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN	52
3.3. ANALISIS DEL DOCUMENTO MANTENIMIENTO ESTRATEGICO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES O DE SERVICIOS	53
3.4. ANALISIS DEL DOCUMENTO MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	54
3.5. ANALISIS DEL DOCUMENTO NORMA MIL-STD-2173(AS)	55
3.6. ANALISIS DEL DOCUMENTO RCM II	56
3.7. ANALISIS DEL DOCUMENTO REPUESTOS CENTRALES EN LA CONFIABILIDAD	57
3.8. ANALISIS DEL DOCUMENTO ISO 9000:2000 GUIA PARA LAS PEQUEÑAS EMPRESAS	58
3.9. ANALISIS DEL DOCUMENTO MODELOS MISTOS DE CONFIABILIDAD	59
3.10. ANALISIS DEL DOCUMENTO METODOLOGIA INTERNACIONAL UNIFICADA PARA LA IMPLEMENTACIÓN INDUSTRIAL DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	60
3.11. ANALISIS DEL DOCUMENTO NORMAS SAE JA 1011 Y SAE JA 1012	61
4. ANALISIS CRUZADO ENCUESTAS Y DOCUMENTOS	62
4.1. ENCUESTAS	62
4.1.1. Similitudes	62
4.1.2. Diferencias	63
4.1.3. Recursos para la gestión de mantenimiento	63
4.1.4. Puntos a mejorar en las empresas	64
4.1.5. Interacción macro entre la empresa contratista y contratante	64
4.1.6. Conclusiones de las encuestas	65
4.2. DOCUMENTOS GUIAS	65
4.3. LO QUE SE PRETENDE DEL MODELO	67
4.4. CONSTRUCCION DEL MODELO DE GESTION	68
5. MODELO DE GESTION DE PEQUEÑAS EMPRESAS QUE TRABAJAN EL MANTENIMIENTO EN OUTSOURCING	69
5.1. PASO A PASO PARA APLICAR EL MODELO DE GESTION	70
5.2. DEFINICION DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EN OUTSOURCING	71
5.2.1. Políticas de la Empresa	71
5.2.2. Organigrama y Funciones	73
5.2.3. Determinación del Nivel de mantenimiento de la Empresa Contratista	74
5.3. NIVELES DEL MODELO PROPUESTO	76
5.3.1. Nivel D de Mantenimiento (Instrumental)	76
5.3.2. Nivel C de Mantenimiento (Operativo)	83
5.3.3. Nivel B de Mantenimiento (Táctico)	93
5.3.4. Nivel A de Mantenimiento (Estratégico)	108
5.3.5. La Implementación del modelo de gestión	115
5.3.6. Ventajas y Limitaciones del Modelo de Gestión	116
CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Las Siete Preguntas	4
Figura 2. Fallo basado en el mantenimiento a intervalos fijos	11
Figura 3. Probabilidad condicional de fallo contra la vida útil	12
Figura 4. Equipo natural de trabajo	18
Figura 5. Teamwork y resultados	19
Figura 6. Evolución de RCM TPM y otras técnicas	20
Figura 7. Resumen de las 5S's	21
Figura 8. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.	27
Figura 9. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en Procesos	29
Figura 10. Reability Centered Maintenance	51
Figura 11. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información	52
Figura 12. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios	53
Figura 13. Mantenimiento Industrial	54
Figura 14. Norma MIL-STD-2173(AS)	55
Figura 15. RCM II	56
Figura 16. Repuestos Centrados en Confiabilidad	57
Figura 17. ISO 9000:2000 Guía para las pequeñas Empresas	58
Figura 18. Modelos mixtos de Confiabilidad	59
Figura 19. Metodología Internacional Unificada para la Implementación Industrial de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	60
Figura 20. Normas SAE JA 1011 Y SAE JA 1012	61
Figura 21. Interacción macro Contratista Contratante	65
Figura 22. Universo del Conocimiento del Modelo de Gestión	66

Figura 23. Bases para la Construcción del Modelo de Gestión	67
Figura 24. Método de Construcción del Modelo de Gestión	68
Figura 25. Pirámide de Nivel de Mantenimiento	69
Figura 26. Paso a Paso del Modelo de Gestión propuesto	71
Figura 27. Ejemplo de Organigrama Circular	73
Figura 28. Organigrama Tradicional	74
Figura 29. Diagrama para determinar el Nivel de Mantenimiento	75
Figura 30. Relación de funciones y documentos entre cargos de la Organización	76
Figura 31. Diagrama de flujo de documentos para el Nivel D de Mantenimiento	77
Figura 32. Diagrama de flujo de documentos para los Niveles C,B y A de mantenimiento.	78
Figura 33. Ejemplo de Orden de Trabajo	80
Figura 34. Ejemplo de Registro del equipo o ficha técnica	81
Figura 35. Planificación del Mantenimiento	83
Figura 36. Gráfica de evaluación del COP	88
Figura 37. Formato de Implementación de las 5S's	90
Figura 38. Cartelera Instructivo	91
Figura 39. Tarjeta de Recordación	92
Figura 40. Formato Implementación CAP-DO	93
Figura 41. Actividades del personal implicado	94
Figura 42. Flujo-grama de Proceso	95
Figura 43. Numeración de Componentes	96
Figura 44. Hoja 1 Trabajo de Información RCM	97
Figura 45. Diagrama esquemático de frontera de una bomba	98
Figura 46. Margen de Deterioro	99
Figura 47. Funciones del Sistema	99
Figura 48. Árbol de decisión para la selección de sistemas significativos	101
Figura 49. Hoja 2 Trabajo de Decisión de RCM	102
Figura 50. Diagrama de decisión para la selección de tareas 1	104
Figura 51. Diagrama de decisión para la selección de tareas 2	105
Figura 52. Diagrama de decisión para el rediseño	106
Figura 53. Diagrama de decisión para efectividad de costos	107

Figura 54. Intervalo de tiempo P-F.	108
Figura 55. Formato recolección de datos de parada y arranque	109
Figura 56. Tiempos de falla y funcionamiento	110
Figura 57. Cantidad de mantenimiento	114
Figura 58. Seguimiento de la implementación del modelo de gestión	115
Figura 59. Soporte del modelo de gestión	116

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Etapas para la Implementación de RCM	6
Tabla 2. Las Siete preguntas básicas de RCM	7
Tabla 3. Encuesta Puffer de Colombia	45
Tabla 4. Encuesta Colintrade	46
Tabla 5. Encuesta Gecolsa	47
Tabla 6. Encuesta Stewart and Stevenson	48
Tabla 7. Encuesta Colmaquinas	49
Tabla 8. Las Cinco primeras preguntas de RCM	97
Tabla 9. Las últimas Dos preguntas de RCM	102

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultado de respuestas en porcentajes Puffer de Colombia	45
Gráfica 2. Resultado de respuestas en porcentajes Colintrade	46
Gráfica 3. Resultado de respuestas en porcentajes Gecolsa	47
Gráfica 4. Resultado de respuestas en porcentajes Stewart and Stevenson	48
Gráfica 5. Resultado de respuestas en porcentajes Colmaquinas	49
Gráfica 6. Documento Reability Centered Maintenance	52
Gráfica 7. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información	53
Gráfica 8. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios	54
Gráfica 9. Mantenimiento Industrial	55
Gráfica 10. Norma MIL-STD-2173(AS)	56
Gráfica 11. RCM II	57
Gráfica 12. Repuestos Centrados en la Confiabilidad	58
Gráfica 13. ISO 9000:2000 Guía para las pequeñas empresas	59
Gráfica 14. Modelos Mixtos de Confiabilidad	60
Gráfica 15. Metodología Internacional Unificada para la Implementación Industrial de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	61
Gráfica 16. Normas SAE JA 1011 Y SAE JA 1012	62
Gráfica 17. Similitud entre empresas	63
Gráfica 18. Diferencia entre empresas	64
Gráfica 19. Recursos	64
Gráfica 20. Puntos a Mejorar	65

INTRODUCCIÓN

Las compañías o empresas dedicadas a prestar mantenimiento en outsourcing como una unidad de negocio, no cuentan con una guía para que implementen un mantenimiento de talla mundial que sea acorde a las necesidades de este tipo de empresas.

El problema con este tipo de empresas es que por lo general asumen solo una parte del mantenimiento según el nivel de contratación, y va cambiando según el éxito o por decisiones de la empresa contratista. Por esto es difícil tener como guía la literatura del mantenimiento para empresas tradicionales ya que la perspectiva de ordenamiento de estos documentos es diferente al de las empresas que trabajan el mantenimiento en outsourcing.

Es necesario contar con un documento guía que indique como se puede evolucionar en el mantenimiento según los diferentes niveles de contratación acordes a lo requerido por la empresa contratante, y que este soportado en mantenimiento basado en confiabilidad para empresas pequeñas que prestan el servicio de mantenimiento en outsourcing.

Debido a que Implementar modelos de gestión en empresas pequeñas es complejo debido a la gran cantidad de información y matemáticas existe se elaboro en esta monografía como un modelo de gestión que presenta lo que se puede implementar en estas empresas, sirviendo este modelo como una plantilla que luego se deberá afinar según la necesidad específica de cada empresa.

La monografía cuenta con cinco capítulos como estructura global para la implementación del modelo de gestión. En estos capítulos se pretende dotar de todas las herramientas básicas para que el lector implemente el modelo sin ningún contratiempo.

En el primer capítulo se presentan todas las definiciones y conceptos fundamentales que el lector debe tener en cuenta como primera medida para el entendimiento de esta monografía. En el capítulo dos están las cinco encuestas a las empresas seleccionadas por el autor que dan claridad del tipo de empresa contratista del cual se está hablando en el modelo. En el Capítulo tres se encuentran las fichas de los documentos guías que serán útiles al lector en la implementación del modelo. En el capítulo cuatro se realiza el análisis cruzado de fichas (encuestas – fichas de documentos guía) que fueron base para la construcción del modelo de gestión. Por último el capítulo cinco donde se encuentra el paso a paso para la implementación del modelo de gestión propuesto.

1. DEFINICIONES Y GENERALIDADES

1.1. RELIABILITY – CENTERED – MAINTENANCE (RCM)

En español traducen mantenimiento centrado en confiabilidad por esto también toma las siglas MCC y se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Una buena definición es la siguiente:

Es una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema. (Anthony Smith)

Existe una variedad de RCM como el RCM II que se aplica a empresas diferentes a la aeronáutica o el PMO (optimización del plan de mantenimiento) que en definitiva intentan cumplir la norma SAE JA 1011 y 1012 por lo que el concepto es válido para todas estas filosofías ya que cambian solo en la forma de aplicarlo.

La filosofía de RCM se fundamenta en:

1. Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
2. Identificación de los componentes críticos.
3. Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
4. chequeo en sitio y en operación de estado corporeo y funcional de los elementos mediante revisión y análisis.

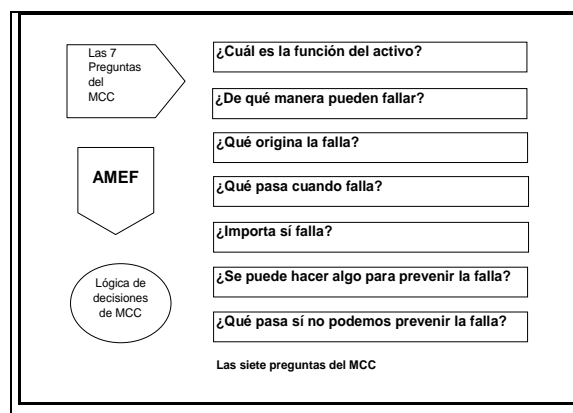
El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una formula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el medio ambiente, las operaciones y la razón costo beneficio (Jones, 1995, 1)

1.1.1. RCM las siete preguntas básicas:

Antes de que se pueda explorar relación entre la organización y los elementos físicos detalladamente, necesitamos saber que tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuales son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de de la plana completo si no existe ya uno. (Aladon, 1998, 3)

Esta filosofía consiste en contestar unas preguntas de manera sistémica

Figura 1. Las Siete Preguntas



Améndola, 2002, 27

1.1.2. Las herramientas claves que se utilizan para contestar estas preguntas son dos:

- a. AMEF (análisis de los modos y efectos de fallos): herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se obtienen respuestas a las cinco primeras preguntas.
- b. Árbol lógico de decisión: herramienta que permite seleccionar de forma optima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM. A partir del árbol lógico de decisión se obtienen las respuestas a las dos últimas preguntas.

1.1.3. Pasos para la implementación de RCM a una empresa convencional.

- a. Formación del equipo natural de trabajo.
- b. Selección y definición de las áreas y equipos restricción donde se implementará el RCM.
- c. Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus Funciones primarias, secundarias, auxiliares y de apoyo logístico.
- d. Análisis de los fallos funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones.
- e. Realización del análisis de los modos y de los efectos de las fallas, para determinar los modos de fallos a que se tiene lugar en cada falla funcional para cada función (utiliza el procedimiento FMECA)
- f. Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión).
- g. Implantación y evaluación del CMD en cada caso.
- h. Asigna estrategias y los recursos adecuados para el plan general de priorización asignado con base en el RPN y los costos / beneficios asociados a cada modo de falla.
- i. Revisión y monitoreo periódico de todo el esquema general y específico. (Mora, 2006, 274)

1.1.4. Etapas de la implementación global de RCM de una empresa convencional

Las etapas para la implementación global de RCM comprenden planeación, grupos de realización y revisión, facilitadores, resultados de análisis de RCM, auditoría e implementación los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Etapas para la implementación de RCM

1 - Planeación	1. Activos físicos a trabajar bajo RCM
	2. Definir recursos físicos y humanos requeridos
	3. Definir cronograma de entrenamiento, realización, análisis, fecha y lugar de las Personas.
	4. Estudiar integral y específicamente cada activo
2 - Grupos de Realización y Revisión	1. Debe haber personal de operación, mantenimiento e ingeniería de fábricas y de otras dependencias que soporten el proceso.
	2. Los núcleos o grupos primarios deben al menos tener seis persona: ingeniero supervisor de mantenimiento, ingeniero supervisor de producción, operario, mantenedor, experto externo y facilitador (preferiblemente externo).
3 - Facilitadores	1. Análisis exhaustivo y excluyente con todo: funciones, fallas funcionales, modos de falla, tareas, etc. en todos los equipos críticos y elementos claves.
	2. RCM entendido por todos.
	3. Método del Vaticano por consenso en forma rápida y ágil, con dosis motivacional.
	4. Calendario de trabajo con cumplimientos.
4 - Resultados de análisis RCM	1. Planes de mantenimientos y reparaciones a ser efectuados.
	2. Rediseño de procesos de operación, validados, entendidos y practicados por quienes ejecuten.
	3. Involucrar los mantenimientos en el CMMS o programas manuales.
	4. Tareas descritas a cabalidad con conocimiento de causa de quienes las practican y practicarán.
	5. Modificaciones, con cálculos y estudios, responsables y fechas.
	6. Control de seguimiento de tareas y operaciones nuevas o rediseñadas en frecuencia.
5 - Auditoría e implementación	1. Revisión integral de nivel gerencial por cada activo terminado.
	2. Auditoría, costos, CMD.
	3. Revisión a la luz de las normas internacionales SAE JA1011, SAE JA1012, OREDA, Military Standard 2173 y British Norm Standard 3188
	4. Beneficios, limitaciones, cambios y su nueva aplicación.
	5. Revisión cada dos años de los activos con modificación o cambios en calidad repuestos, bajo control de la curva de Davies o de la Bañera.

Mora, 2006, 275

1.1.5. Aplicación de las siete preguntas del RCM

Tabla 2. Las siete preguntas Básicas del RCM

PREGUNTAS PARA APLICAR EL ANÁLISIS DEL MODO DE EFECTO DE FALLAS		
1	¿Cuales son las funciones del activo?	Funciones y criterios de funcionamiento
2	¿De que forma fallo?	Fallos funcionales
3	¿Qué causa el fallo?	Modo de fallos
4	¿Que sucede cuando hay fallo?	Efectos de los fallos
5	¿Qué ocurre si fallo?	Consecuencias de los fallos
PREGUNTAS PARA APLICAR LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN		
6	¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?	Tareas preventivas
7	¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos?	Acciones a "falta de"

1.1.5.1. Funciones y sus estándares de funcionamiento:

Cada elemento de los equipos es el registro de la planta debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afectara a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización dependerá de:

- a. La función de los equipos en su contexto operacional
- b. El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociado a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la

producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medioambiente, costo operacional y seguridad.

1.1.5.2. Fallos Funcional

Una vez que las fundones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede el fallo en cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de un fallo funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

1.1.5.3. Modos de Fallos

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de fallos que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto nos permite comprender exactamente ¿qué es lo que estamos tratando de prevenir?.

Cuando estemos realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de fallo debería de ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se invierta demasiado tiempo en el análisis del fallo en sí mismo.

1.1.5.4. Efectos de los Fallos

Cuando se esté identificando cada modo de fallo, los *efectos de los fallos* también deben registrarse (en otras palabras, (o que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad y también de eliminar errores. También mejora los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

1.1.5.5. **Consecuencias de los Fallos**

Una vez que se hayan determinado (las fundones, los faltos funcionales, los modos de fallo y los efectos de las mismas en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del *RCM*. es preguntar ¿ cómo (y cuánto) importa cada fallo?. La razón de esto es porque (as consecuencias de cada fallo nos dicen si necesitamos tratar de prevenirlas. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar los fallos.

RCM. Clasifica las consecuencias de los fallos en cuatro grupos;

- a. *Consecuencias de los faltos no evidentes.*** Los fallos que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otros fallos con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Normalmente son los dispositivos de protección que no disponen de seguridad inherente, y que pueden suponer la mitad de los modos de fallo de los equipos complejos modernos. Un punto fuerte del *RCM*. es la forma en que trata los fallos que no son evidentes, primero reconociéndolas como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- b. *Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente,*** un fallo tiene consecuencias sobre la seguridad sí su ocurrencia genera condiciones que pueden propiciar lesiones o incluso (a muerte de personas. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normativas municipales, regionales o nacionales relacionadas con el medio ambiente.

RCM. Considera las repercusiones que cada modo de fallo tiene sobre la seguridad y el medio ambiente y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Esto, sin duda alguna, pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- c. Consecuencias operacionales.** Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costes industriales en adición al coste directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero y lo que cuesten sugiere cuánto se puede destinar en tratar de prevenirlas.
- d. Consecuencias que no son operacionales.** Los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

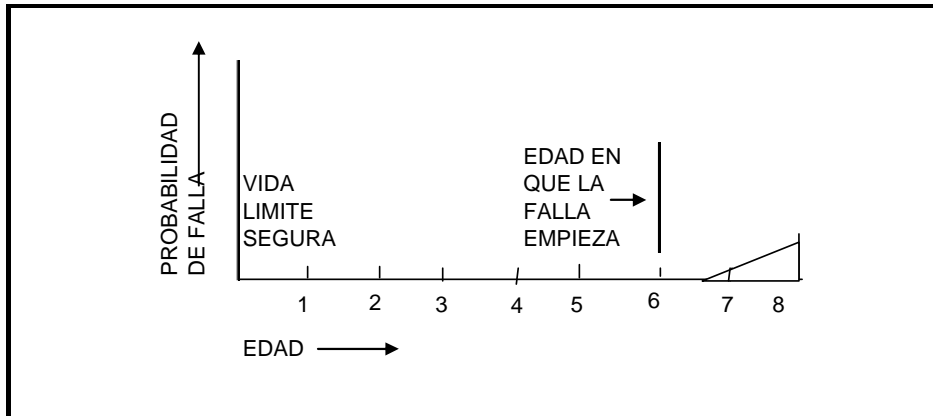
Si un fallo tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento preventivo que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del *RCM*, nos preguntamos si cada fallo tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea preventivo. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar ¿qué tareas preventivas (si las hubiera) se deben de realizar?. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de fallo y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

1.1.5.6. Tareas Preventivas

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la *disponibilidad de la planta* es hacer *algún tipo de mantenimiento preventivo* de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

Figura 2. Fallo basado en el mantenimiento a intervalos fijos



SAE JA 1012, 2002, 37

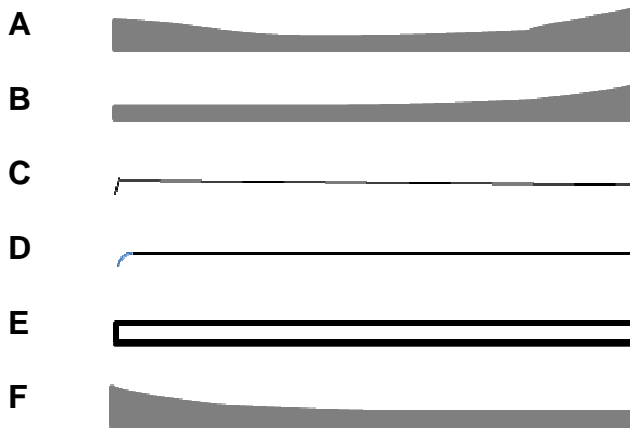
La Figura muestra el concepto *del fallo* basado en el mantenimiento a intervalos fijos. Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período "X", y luego se deterioran rápidamente. El *pensamiento* tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de los fallos anteriores nos permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se *podrían hacer* planes para llevar a cabo una acción preventiva poco antes del fallo.

Esto es verdad todavía *para* cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de fallo dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. Ejemplos de ello son los revestimientos de tolvas y trituradoras, excavadoras o transportadores de tomillo sin fin, máquinas herramientas, impulsores de bomba, refractarios de homo etc. Los fallos que tienen relación con la edad también aparecen a menudo con la fatiga y la corrosión.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace quince años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de los fallos de los equipos, como se mostró en la figura anterior. El

gráfico siguiente muestra la probabilidad condicional de fallo contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

Figura 3. Probabilidad condicional de fallo contra la vida útil



SAE JA 1012,2002, 25

El modelo A es la conocida "curva de la bañera". Comienza con una incidencia de fallo alta (conocida como *mortalidad infantil* o *desgaste de rodaje*) seguida por una frecuencia de fallo que aumenta gradualmente o que es constante y luego por una zona de desgaste. El modelo B muestra una probabilidad de fallo constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste

El modelo C muestra una probabilidad de fallo ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable. El modelo D muestra una probabilidad de fallo bajo cuando la pieza es nueva o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo muestra una probabilidad constante de fallo en todas las edades (fallo aleatorio) Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de fallo que aumenta muy despacio o que es constante.

Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F.

En general, los modelos de los fallos dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria. Pero no hay duda que cuanto más complicados sean los equipos, más veces encontraremos los modelos de fallo E y F).

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de fallo. Hoy en día, esto es raramente verdad, a no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden *augmentar* las frecuencias de los fallos en general por medio de la reducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones abandonar por completo la idea del mantenimiento preventivo. De hecho, esto puede ser lo mejor en casos de fallos que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer *algo* para prevenir las faltas, o por lo menos reducir las consecuencias. Lo que lleva de nuevo a la cuestión de las tareas preventivas.

RCM. Reconoce cada una de las tareas categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

- Tareas cíclicas "a condición"
- Tareas de reacondicionamiento cíclico

- Tareas de sustitución cíclica

Tareas "a condición": La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de fallos y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de faltos. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de los fallos dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como *fallos potenciales*, y se definen como las *condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que está en el proceso de ocurrir*.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren los fallos potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderos fallos funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a *condición*, porque se realiza un seguimiento de los parámetros de operación de manera de detectar alguna condición que marque el punto de un fallo potencial (las tareas, "a condición" incluyen todo tipo de *mantenimiento predictivo y el condition monitoring*).

El alcance de aviso dado por los diferentes fallos potenciales varía desde microsegundos a décadas. Los intervalos más largos significan que hay más tiempo para prevenir los faltos funcionales, por lo que se emplea un gran esfuerzo en desarrollar las técnicas de "a condición" para que de la mayor cantidad de tiempo de aviso previo a un fallo inminente como sea posible.

Si se usa de forma adecuada, las técnicas de "a condición" son buena para prevenir las fallas funcionales, pero también pueden ser una pérdida tiempo cara.

Las tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Crítica. Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Una gran ventaja del *RCM* es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea preventiva es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del *RCM*. El *RCM* también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son *técnicamente* factibles, entonces se deberá tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

1.1.5.7. Acciones "a falta de"

Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el *RCM* se pregunta si *merece la pena hacerlas*. La respuesta depende de cómo reaccionen a las *consecuencias* de los fallos que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el *RCM* combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

“Una acción que signifique prevenir el fallo de *una función no evidente* sólo merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de un fallo múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción preventiva apropiada, se debe llevar a cabo *la tarea de búsqueda de fallos*”.

Las tareas de búsqueda de fallos consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallos que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, entonces la acción "a falta de" secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

Una acción que signifique el prevenir un fallo que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese fallo en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si

no se puede encontrar *una* tarea que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, *la pieza debe rediseñarse*.

Si el fallo tiene consecuencias *operacionales* solo merece la pena realizar una tarea preventiva si el coste total de hacerla *durante cierto tiempo* es menor que el coste de las consecuencias operacionales y el coste de la reparación durante el mismo período de tiempo. En otras palabras, la tarea debe de *justificarse en el terreno económico*. Si no es justificable, la decisión "a falta de" será el "*ningún mantenimiento preventivo programado*" (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, *entonces* la decisión "a falta de" secundaria sería rediseñar de nuevo).

De forma similar, si un fallo no tiene consecuencias *operacionales*, sólo merece la pena realizar la tarea preventiva si el coste de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Por lo tanto estas tareas deben ser *en el terreno económico*. Si no son justificables, la decisión inicial "a falta de" sería de nuevo el "*ningún mantenimiento preventivo*", y si el coste de reparación es demasiado alto, la decisión "a falta de" secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de arriba abajo significa que las tareas preventivas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del *RCM* normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes es más probable que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

Compare esto con el enfoque gradual tradicional de abajo a arriba. Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento de cada pieza se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar las consecuencias del fallo. Los programas resultantes se usaban para todas las máquinas similares, sin considerar de nuevo que en diferentes

condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de programas que no sirven para nada, no porque sean "equivocados", sino porque no consiguen nada.

Note también que el proceso del *RCM* considera los requisitos del mantenimiento de cada pieza antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener la maquinaria como está funcionando *hoy*, y no como debería estar o puede que esté en el futuro.

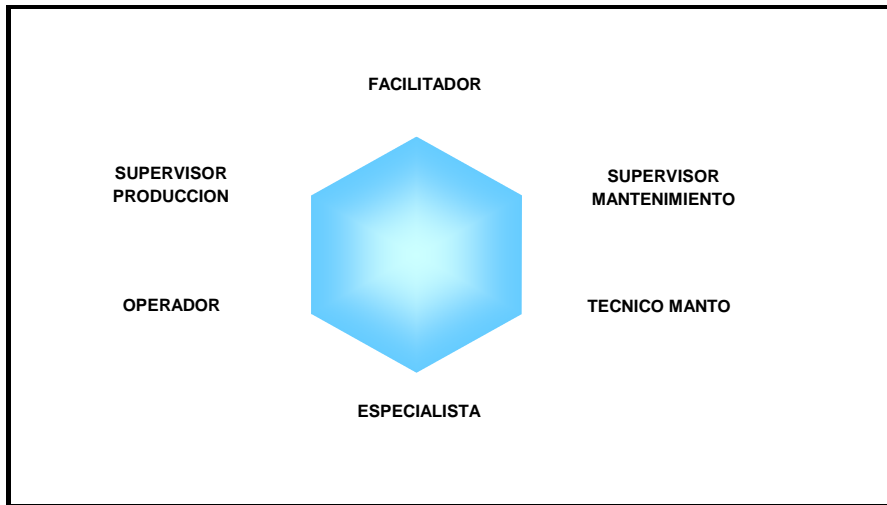
1.1.6. Equipos naturales de trabajo

Los grupos de trabajo deben estar conformados por personas que tengan la capacidad de contestar las siete preguntas, por lo que no deben estar conformados solo por el personal de mantenimiento sino por los operadores también, ya que en algunos casos son ellos los que pueden contestar la mayor cantidad de preguntas.

Es por esto que se debe definir y coordinar muy bien con el personal de la empresa contratista y la empresa contratante, para la conformación de los grupos naturales de trabajo.

Los grupos de trabajo están conformados por un facilitador que es la persona más importante, ya que es la encargada de dirigir las reuniones y garantizar que todos entiendan la metodología. Personal de mantenimiento y personal de operaciones que en últimas son los que contestan las preguntas del *RCM*.

Figura 4. Equipo natural de trabajo



Curso publico Aladon, 1998, 6

Los equipos de trabajo deben ser reducidos y con una alta empatía para no entrar en atascamientos o discusiones que demoren el proceso de implementación. Por este motivo las reuniones deben ser cortas, amenas, pero constantes y en lo posible diarias para obtener resultados.

Los roles de los integrantes se ven definidos en la siguiente grafica.

Figura 5. Teamwork y resultados



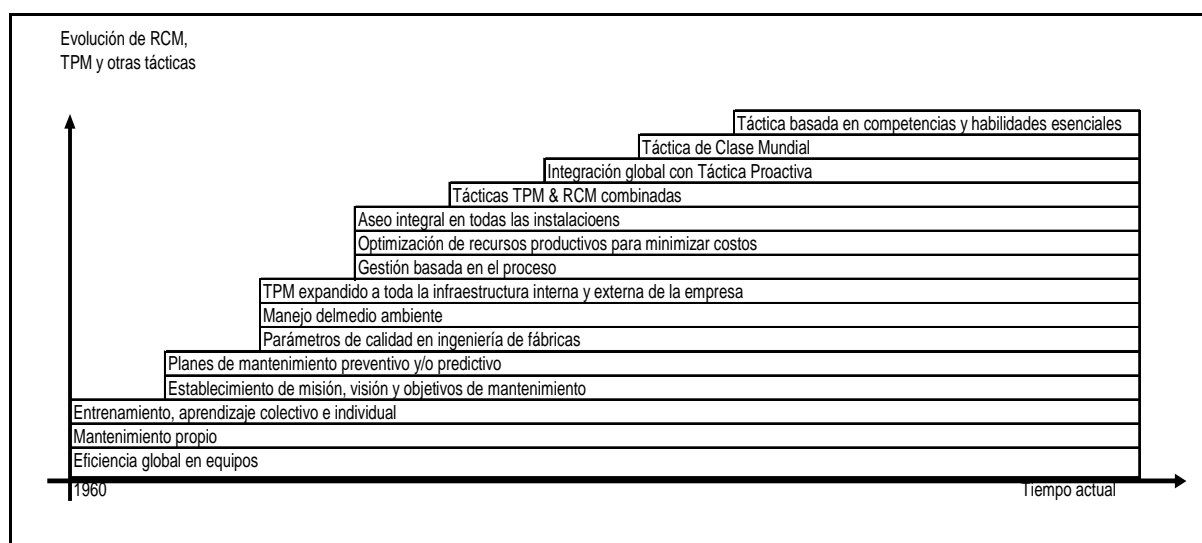
Amendola, 2002, 18

1.2. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)

Es un conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones, que permiten garantizar que las maquinas, instalaciones y organización, que conforman un proceso básico, puedan desarrollar el trabajo que tenían previsto en un plan de producción permanente sin paros no programados con la mayor eficiencia global posible. (SACRISTAN, Francisco. 1999)

Este conjunto de disposiciones técnicas, tiene dos metas: cero averías y defectos. Cuando las averías y los defectos se eliminan, mejora el índice operativo del equipo, se reducen los costos, se pueden minimizar los inventarios y como consecuencia, aumenta la productividad de la mano de obra (Nicajima, Seiichi. 1991, 10-13)

Figura 6. Evolución de RCM TPM y otras técnicas



1.2.1. LAS 5S's

Crear lugares de trabajo disciplinados exige que las personas reconozcan sus responsabilidades y cambien sus conductas. Y el modo más eficaz para lograr estos cambios es la educación y el entrenamiento. En las primeras etapas de la formación para las 5S's, son frecuentes las excusas y quejas. Por eso no es extraño escuchar cuestionamientos por parte de los empleados, respecto al

aumento de salario por la implementación de un método de trabajo basado en las 5S's.

Las 5S son un acrónimo de las cinco palabras japonesas seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke. Cualquiera puede aplicarlas y, aunque estas actividades parecen fáciles, es difícil ponerlas en práctica.

La promoción de las **5S's** debe hacerse con la convicción de que se ahorrará dinero y de que hay formas de hacerlas rentables. Las 5S's han probado ser una buena metodología para cambiar la mentalidad de todas las personas. (TSUCHIYA, Seiji. 1995, 31-43)

Figura 7. Resumen de las 5S's

5S's
<p>* Seiri (Desalojar) Distinguir lo necesario y lo innecesario y deshacerse de lo que no se necesita. Para hacer el trabajo más fácil eliminar obstáculos</p>
<p>* Seiton (Organizar) Un sitio para cada cosa, y cada cosa en su sitio. Para prevenir pérdidas de tiempo en la ubicación y traslado de objetos, los cuales no generan valor</p>
<p>* Seiso (Limpiar) Eliminar basura, suciedad y materias extrañas para tener un lugar de trabajo limpio e impecable. La limpieza es inspección. Para combinar la limpieza con la inspección y para hacer del sitio de trabajo un lugar seguro y confiable.</p>
<p>* Seiketsu (Estandarizar) Normas para mantener las cosas organizadas, en orden y limpias, aún en los aspectos no personales y relativos a la contaminación. Para mantener los niveles logrados y proteger al trabajador de condiciones peligrosas.</p>
<p>* Shitsuke (Disciplina) Crear el hábito de hacer las cosas bien y que todos mantengan la cultura de orden y aseo en el tiempo. Para hacer a las personas más disciplinadas</p>

1.2.1.1. Seiri. (ordenamiento o acomodo)

La primera S se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la

operación. Enseguida, estos artículos son llevados a una área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados.

Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Sí Acaso".

1.2.1.2. Seiton. (Todo en Su Lugar)

Es la segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos.

¿Qué necesito para hacer mi trabajo?

¿Dónde lo necesito tener?

¿Cuántas piezas de ello necesito?

Algunas estrategias para este proceso de "todo en Su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc. ¡No nos imaginamos cómo se pierde tiempo buscando una escoba que no está en su lugar! Esa simple escoba debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

1.2.1.3. Seiso. (Limpieza)

Una vez que ya hemos eliminado la cantidad de estorbos y hasta basura, y definido lo que sí necesitamos, viene una súper- limpieza del área. Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora. Se desarrollará en los trabajadores un sentimiento de orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo.

Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo tiempo comienzan a resultar evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y la suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento. Estos elementos, cuando no se atienden, pueden llevarnos a una falla del equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.

1.2.1.4. Seiketsu. (Estandarizar)

Al implementar las 5S's, es importante concentrar esfuerzos en estandarizar las mejores prácticas en nuestra área de trabajo. La participación de los trabajadores es fundamental en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son muy valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.

1.2.1.5. Shitsuke. (Sostener)

Esta será, la "S" más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las "5S".- Existe la tendencia de volver a la tranquilidad del "Status Quo" y la "vieja" forma de hacer las cosas. El sostenimiento consiste en establecer un nuevo "status quo" y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

Una vez bien implementado, el proceso de las 5S eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenten la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de superación continua genera menores desperdicios y mejor calidad de productos, cualquiera de los cuales, hace a nuestra organización más remunerativa y competitiva en el mercado.

Los directivos de la empresa deben cumplir con un papel muy importante para asegurar el éxito de las 5S, esto se logra educando todo el personal de la empresa sobre los conceptos y herramientas, creando equipos de trabajo, facilitando recursos necesarios, acompañado de una motivación constante por los esfuerzos para la implementación de esta filosofía. (ROBERTS, Jack. 2000)

1.2.2. Control Visual

Después de una centuria en la que la lucha por el poder dentro de los lugares de trabajo se ha movido alrededor del control del conocimiento, nuevas formas de comunicación han introducido una profunda transformación de las relaciones entre las personas y el conocimiento. Podemos resumir esta transformación en tres puntos:

- a. Los usuarios están directamente implicados en la gestión del conocimiento y en el desarrollo de sus propios métodos.
- b. La documentación visual en un área de trabajo crea un campo de conocimiento, donde se produce la participación en la información y la adaptación de las reglas y métodos.
- c. La comunicación visual ofrece dos ventajas:

Se estimulan la autonomía de los empleados y su movilidad, mientras se facilita el logro de la calidad y se reducen también algunas improductivas mediaciones del personal supervisor.

Solución más rápida de los problemas de los puntos de trabajo: movilizar a los equipos de producción para observar y analizar anomalías y dificultades.

1.2.2.1. Ventajas De La Comunicación Con Imágenes

La comunicación visual debe ser al mismo tiempo precisa y profunda, y, con todo, simple. Los recursos gráficos y fotográficos son valiosos para vencer en

este desafío. Siempre que sea posible, crear símbolos o emplear colores en vez de componer un texto largo.

Son extremadamente útiles las fotografías instantáneas para acompañar un texto o identificar puntos críticos de elementos. El video es también un modo útil de facilitar formación para ciertos procedimientos.

Algunas compañías utilizan películas en la formación. Los nuevos empleados ven películas de video antes de empezar. Pueden ver como opera el personal experimentado, que errores deben evitarse, las consecuencias de los errores, y los puntos vitales a monitorizar.

1.2.2.2. Ventajas Adicionales

Además del aspecto psicológico, estimular a los empleados a participar en un proyecto de documentación visual ofrece dos ventajas prácticas.

Una de las ventajas, la calidad, surge del hecho de que la documentación visual es un producto como cualquier otro producto. Los empleados son consumidores. Obtener su participación en el diseño del producto es el modo más efectivo de asegurar resultados de alta calidad. Un enfoque eficaz consiste en formar un grupo de estudio con representantes de varios departamentos. Después de un período de ensayo, reunirse con los empleados y realizar encuestas en las áreas de trabajo puede facilitar un positivo "feedback" de información.

Segunda, se reducen las responsabilidades de algunos departamentos. En la planta de Hewlett-Packard en Fort Collins, Colorado, un grupo de cuatro empleados tiene la responsabilidad específica de gestionar la documentación de los lugares de trabajo. Uno de ellos decía: "Los ingenieros supervisaron este proyecto en su fase inicial, pero ahora confían en nosotros y ya no andan metiendo sus narices en lo que hacemos." (GREIF, Michel.)

1.3. NIVELES DE MANTENIMIENTO BAJO EL ENFOQUE SISTEMICO KANTIANO

El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

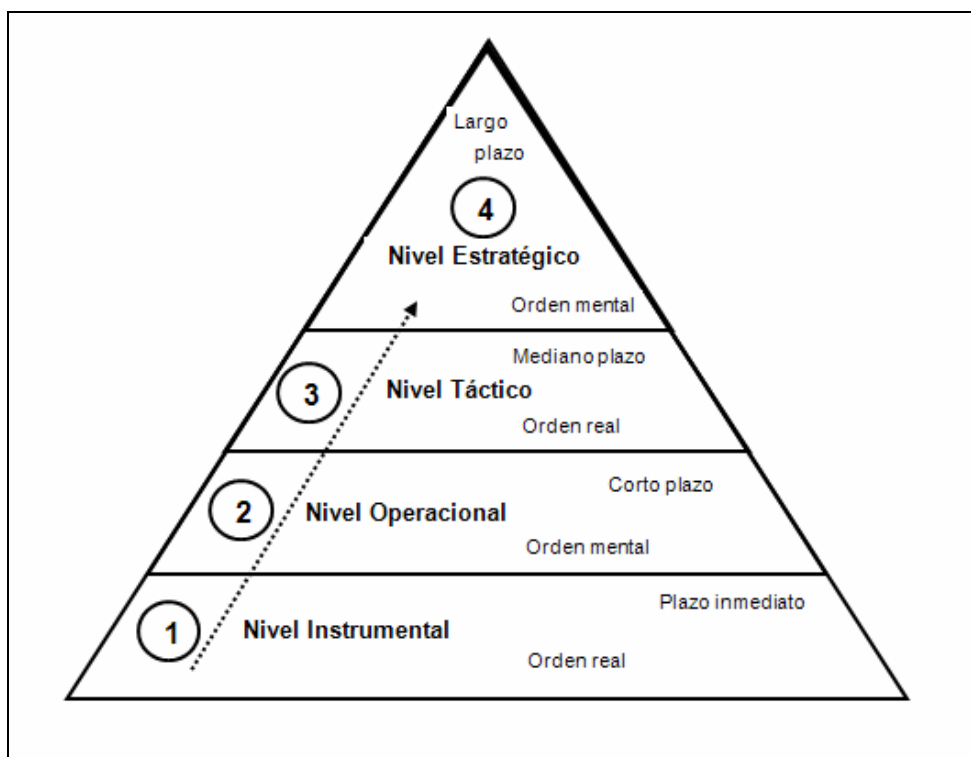
La participación de las personas en cualquier sistema es fundamental, dado que son éstas las que hacen que el sistema exista y son las que dan el valor contextual de realidad entendida en forma mental. Individualmente el mantenimiento es un sistema mental construido intelectualmente por el ser humano que se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento industrial en el tiempo.

El segundo elemento de un sistema kantiano son los artefactos en el caso particular del mantenimiento constituye el conjunto de maquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como ordenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información entre otros; los cuales son los elementos reales para hacer el mantenimiento.

El tercer componente de un sistema kantiano es el entorno, es de carácter mental o intelectual y son todos aquellos sitios en que se envuelve la naturaleza del sistema, es donde se encuentran las maquinas que hacen posible la producción de bienes reales o servicios (CHIAVENTO,2001,594-596)

Bajo este enfoque sistémico kantiano se puede dividir el mantenimiento de una organización en cuatro niveles: nivel instrumental, nivel operativo, nivel táctico y nivel estratégico de acuerdo a la figura 8.

Figura 8. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.



Mora@2006,51

1.4. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ISO 9000:2000

Es una norma que indica los requerimientos para un sistema de gestión de la calidad en el momento de la implementación. Y un sistema de la gestión de la calidad es la forma como la organización realiza la gestión empresarial asociada con la calidad. En términos generales, consta de la estructura organizacional junto con la documentación, procesos y recursos que se emplean para alcanzar el objetivo de calidad de la empresa y cumplir con los requisitos de su cliente.

Los sistemas de gestión de la calidad tienen que ver con la evaluación de la forma como se hacen las cosas y de las razones por las cuales se hacen, precisando por escrito la manera como se hacen las cosas y registrando los resultados para demostrar que se hicieron. (ISO 9000:2000 guía para la pequeña empresa)

ISO (la Organización internacional de normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO).

1.4.1. Enfoque basado en procesos:

ISO plantea un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficiencia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de de sus requisitos.

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacción de estos procesos, así como su gestión, puede denominarse como “enfoque basado en procesos”.

Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.

Un método a utilizar es el de “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA) que consiste en:

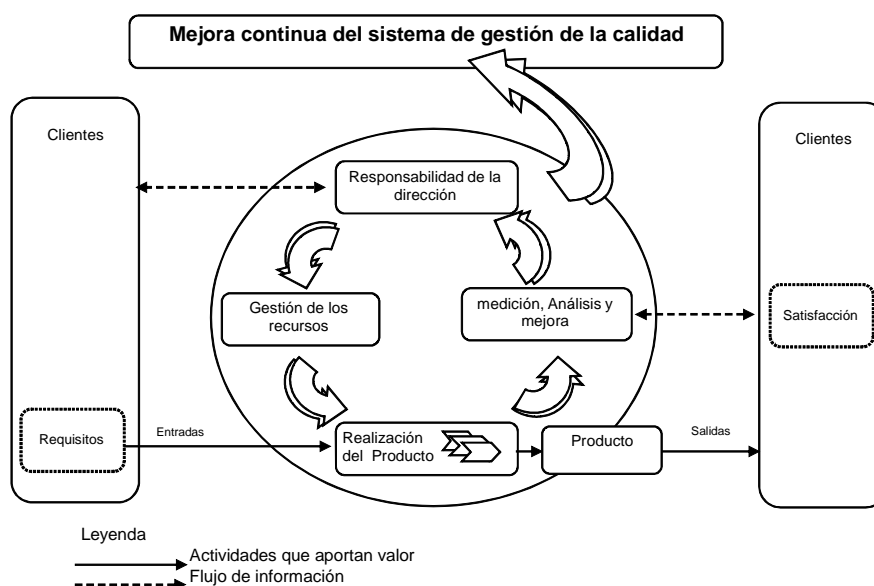
Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

Hacer: implementar los procesos.

Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requerimientos para el producto, e informar sobre resultados.

Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

Figura 9. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos



ISO 9000:2000,32

ISO recomienda la metodología “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA) para realizar un enfoque basado en procesos, pero para efectos de el modelo de gestión propuesto en esta monografía se utilizara un método mas avanzado que cubre el anterior en su totalidad, el cual es propuesto por la filosofía TPM y conste en el CAP-DO (chequear-Analizar-Planear-Hacer). 5.3.2.6.

Algunos clientes tanto en los sectores privados como publico buscan la confianza que les puede proveer una empresa que cuente con un sistema de gestión de la calidad. Si bien la satisfacción de estas expectativas es una razón para tener un sistema de gestión de la calidad, puede haber otras, entre las cuales se incluirían:

- a. Mejora del desempeño, coordinación y productividad.
- b. Mayor orientación hacia sus objetivos empresariales y hacia las expectativas de sus clientes.
- c. Logro y mantenimiento de a calidad de su producto y/o servicio a fin de satisfacer las necesidades explicitas e implícitas de sus clientes.
- d. Logro de la satisfacción del cliente.

- e. Confianza por parte de la dirección en el logro y mantenimiento de la calidad deseada.
- f. Evidencias de las capacidades de su organización frente a clientes fijos y potenciales.
- g. Apertura de nuevas oportunidades de mercado o mantenimiento de la participación en el mercado.
- h. Certificación /Registro.
- i. Oportunidad de competir sobre la misma base que las organizaciones mas grandes (por ejemplo, la capacidad de presentar o someter a consideración cotizaciones)

Si bien un sistema de gestión de la calidad puede contribuir a alcanzar estas expectativas, se debe recordar que es solo un medio y no puede ocupar el lugar de las metas que usted establece para su empresa.

1.4.2. Requisitos generales:

La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

La organización debe:

- a) Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- b) Determinar la secuencia e interacción de estos procesos
- c) Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- d) Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimientos de estos procesos
- e) Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos
- f) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos

La organización debe gestionar estos procesos de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

En los casos en que la organización opte por contratar externamente cualquier proceso que afecte la conformidad del producto con los requisitos, la organización debe asegurarse de controlar tales procesos. El control sobre dichos procesos contratados externamente debe estar identificado dentro del sistema de gestión de la calidad.

Nota: los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad a los que se ha hecho referencia anteriormente deberían incluir los procesos para las actividades de gestión, la provisión de recursos, la realización del producto y las mediciones.

1.4.3. Requisitos de la documentación

La documentación del sistema de la gestión de la calidad debe incluir:

- a) Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad
- b) Un manual de calidad
- c) Los procedimientos documentados requeridos en esta Norma Internacional
- d) Los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos.

1.4.4. Control de documentos:

Los documentos requeridos por el sistema de gestión de la calidad deben controlarse. Los registros son un tipo especial de documento y deben controlarse de manera legible fácilmente identificables y recuperables.

Debe establecerse un procedimiento documentado que defina los controles necesarios para:

- a) Aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión.
- b) Revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente
- c) Asegurarse que se identifican los cambios y el estado de revisiones actual de los documentos
- d) Asegurarse que las versiones pertinentes de los documentos aplicables de encuentran disponibles en los puntos de uso
- e) Asegurarse que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables
- f) Asegurarse que se identifican los documentos de origen externo y se controla su distribución
- g) Prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

1.4.5. Procesos relacionados con el cliente

1.4.5.1. Determinación de los requisitos relacionados con el producto.

La organización debe determinar:

- a. Los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores de la misma,
- b. Los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificados o para el uso previsto, cuando sea conocido.
- c. Los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto, y
- d. Cualquier requisito adicional determinado por la organización.

1.4.5.2. Revisión de los requisitos relacionados con el producto.

La organización debe revisar los requisitos relacionados con el producto. Esta revisión debe efectuarse antes de que la organización se comprometa a proporcionar un producto al cliente (por ejemplo envío de ofertas, aceptación de contratos o pedidos, aceptación de cambios en los contratos o pedidos) y debe asegurarse de que:

- a. Están definidos los requisitos del producto
- b. Están resueltas las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente, y
- e. La organización tiene la capacidad para cumplir con los requisitos definidos.

Deben mantenerse registrados de los resultados de la revisión los requisitos definidos.

Deben mantenerse registrados de los resultados de la revisión y de las acciones originadas por la misma.

Cuando el cliente no proporcione una declaración documentada de los requisitos, la organización debe confirmar los requisitos del cliente antes de la aceptación.

Cuando se cambien los requisitos del producto, la organización debe asegurarse de que la documentación pertinente sea modificada y de que el personal correspondiente sea consciente de los requisitos modificados.

Nota: En algunas situaciones, tales como las ventas por internet, no resulta práctico efectuar una revisión formal de cada pedido. En su lugar, la revisión puede cubrir la información pertinente del producto, como son los catálogos o el material publicitario.

1.4.5.3. Comunicación con el cliente.

La organización debe determinar e implementar disposiciones eficaces para la comunicación con los clientes, relativas a:

- a. la información sobre el producto
- b. Las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones, y

- c. La retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas.

1.4.5.4. Control de los cambios del diseño y desarrollo

Los cambios del diseño y desarrollo deben identificarse y deben mantenerse registros. Los cambios deben revisarse, verificarse y validarse, según sea apropiado, y aprobarse antes de su implementación. La revisión de los cambios del diseño y desarrollo debe incluir la evaluación del efecto de los cambios en las partes constitutivas y en el producto ya entregado.

Deben mantenerse registros de los resultados de la revisión de los cambios y de cualquier acción que sea necesaria.

1.4.6. Proceso de Compras

La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados. El tipo y alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del producto adquirido en la posterior realización del producto o sobre el producto final.

La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecer los criterios para la selección, la evaluación y la re-evaluación. Deben mantenerse los registros de los resultados de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas.

1.4.7. Control de la producción y de la prestación del servicio.

La organización debe planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable.

- a. la disponibilidad de la información que describa las características del producto
- b. La disponibilidad de instrucciones de trabajo, cuando sea necesario
- c. El uso del equipo apropiado,

- d. La disponibilidad y uso de dispositivos de seguimiento y medición
- e. La implementación del seguimiento y de la medición, y
- f. La implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

1.5. EI OUTSORCING

La traducción al castellano del neologismo inglés outsourcing viene a ser la externalización de determinadas áreas funcionales (no sólo las de mantenimiento). Por tanto, aplicado con carácter general, no es un concepto nuevo puesto que responde al acto mediante el cual una organización contrata a un tercero para que realice un trabajo en el que está especializado, con los objetivos de reducir costos y / o evitar a la organización la adquisición de una infraestructura propia que le permita la correcta ejecución del trabajo.

El Outsourcing es una práctica que data desde el inicio de la Era Moderna. Este concepto no es nuevo en Latinoamérica, ya que muchas compañías competitivas lo realizan como una estrategia de negocio.

Delegar responsabilidades y compromisos que no son inherentes a la esencia del negocio ha sido una constante en las organizaciones. Al comienzo de la era post - industrial se inicia la competencia en los mercados globales, y es entonces cuando las empresas deciden que otros asuman responsabilidades, porque no parecía suficiente su capacidad de servicios para acompañar las estrategias de crecimiento.

Hoy en día se habla de volver al inicio y retomar estos conceptos bajo el nombre de Reingeniería de Procesos. La realidad es que siempre se ha hecho outsourcing, pero con una concepción probablemente equivocada.

Hay que tratar de sacar el mejor provecho posible a un programa de esta índole y darle valor agregado para obtener una solución efectiva a los procesos empresariales.

El Outsourcing es una megatendencia mundial en la comunidad empresarial. A través de la **contratación externa** de servicios y procesos que no hacen parte del giro principal del negocio, permite a las empresas la concentración de los esfuerzos en las actividades esenciales a fin de obtener competitividad y resultados tangibles.

El Outsourcing fue considerado hasta hace muy poco tiempo como un medio para reducir significativamente los costos, sin embargo, en los últimos años ha demostrado ser una herramienta útil para el crecimiento de las empresas; **liberando recursos** que pueden ser enfocados en aumentar su competitividad.

Se pueden definir varios tipos de outsourcing como los siguientes:

Right-sourcing: Este término se utiliza para definir la solución óptima en la elección de la empresa a la que se cede el servicio de outsourcing.

In-house: Este concepto se aplica cuando el servicio de outsourcing se produce en las instalaciones de la organización contratante del servicio.

Off-site: A diferencia del anterior, este concepto se aplica cuando el servicio de outsourcing se produce en las instalaciones de la propia empresa que presta este servicio.

Co-sourcing: responde a una evolución más del mencionado servicio. Con ello, lo que se pretende es que la empresa prestadora del servicio comparta riesgos con aquella que la contrató.

1.6. DEFINICIÓN DE PEQUEÑA EMPRESA

Para los propósitos de esta monografía la definición de pequeña empresa no es cuestión del número de empleados, sino más bien de una filosofía del modo de hacer negocios de empresas contratistas que trabajan el mantenimiento en outsourcing. Con pocas personas involucradas, a menudo las comunicaciones en una pequeña empresa pueden ser sencillas y más directas. La toma de decisiones se limita a pocas personas (o incluso a una sola). Gran parte de los

consejos brindados en esta monografía son aplicables a grandes empresas en las áreas de mantenimiento no contratado y no solo a la parte contratista, las cuales con frecuencia se desenvuelven bien al adaptar técnicas y mejoras desarrolladas con éxito en otra parte. Sin embargo, se recomienda tener precaución, puesto que las características del modelo de gestión están enfocadas a la pequeña empresa contratista del mantenimiento y no siempre pueden ser apropiadas en las grandes empresas contratantes en las áreas que no trabajan en outsourcing.

Una empresa contratista grande que trabaja el mantenimiento como una unidad de negocio bajo la modalidad de outsourcing puede dividirse como varias empresas pequeñas, si maneja varios clientes o divisiones. Un ejemplo de esto es una empresa que trabaja en el sector de los hidrocarburos, en el que puede separarse una parte en la división gas contrato TGI o división crudo contrato ECOPEPETROL.

Las empresas contratantes determinan que es lo que quiere ceder a contratación por medio de unos términos de referencia que la empresa contratista acepta y por los que esta dispuesta a ser auditada. Por lo que el esquema de relación de una pequeña empresa contratante del mantenimiento y la empresa grande o pequeña que contrata el mantenimiento es la siguiente:

Contratante – términos de referencia – contratista

Una definición formal para Cámara y Comercio en Colombia del tamaño de las empresas es la siguiente:

1. Microempresa: Personal no superior a 10 trabajadores. Activos totales inferiores a 501 salarios mínimos mensuales legales vigentes
2. Pequeña Empresa: Personal entre 11 y 50 trabajadores. Activos totales mayores a 501 y menores a 5.001 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

3. Mediana: Personal entre 51 y 200 trabajadores. Activos totales entre 5.001 y 15.000 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

1.7. TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de las restricciones fue descrita por primera vez por Eli Goldratt al principio de los 80 y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. Es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador es el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo. La teoría enfatiza la dilucidación, los hallazgos y apoyos del principal factor limitante. En la descripción de esta teoría estos factores limitantes se denominan restricciones o "cuellos de botella".

Por supuesto las restricciones pueden ser un individuo, un equipo, una pieza de un aparato o una política local, o la ausencia de alguna herramienta o pieza de algún aparato.

Justamente recuerda Banna que el libro LA META, de E. Goldratt, resalta la aplicación de la Teoría de las Restricciones (TOC - Theory of Constraints-), donde la idea medular es que en toda empresa hay, por lo menos, una restricción. Si así no fuera, generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones factores que bloquean a la empresa en la obtención de más ganancias, toda gestión que apunte a ese objetivo debe gerenciar focalizando en las restricciones. Lo cierto de que TOC es una metodología sistémica de gestión y mejora de una empresa. En pocas palabras, se basa en las siguientes ideas:

La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y

accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones.

Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero. Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su Meta, son en general criterios de decisión erróneos. (www.streamtech.com)

1.7.1. Enfoque Sistemático Del TOC

- a. IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distinto tipo de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.
- b. EXPLOTAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
- c. SUBORDINAR TODO A LA RESTRICCIÓN ANTERIOR: todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor).
- d. ELEVAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción. Ej. tercerizar o outsourcing.
- e. SI EN LAS ETAPAS PREVIAS SE ELIMINA UNA RESTRICCIÓN, VOLVER AL PASO a): para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones.

Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero.

Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su Meta, son en general criterios de decisión erróneos.

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. TOC propone el siguiente proceso para gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora:

1.7.2. El sistema DBR (DRUM, BUFFER, ROPE o en español AMORTIGUADOR, CUERDA, TAMBOR)

Según la teoría de restricciones, el primer paso para la implantación es identificar los cuellos de botella (estaciones de servicio que determinan la velocidad del flujo en el sistema), luego se asignan las prioridades a los trabajos a ser ejecutados y finalmente se balancea el sistema. Este proceso es reiterativo, ya que al cambiar las condiciones externas o internas del sistema, van apareciendo nuevos cuellos de botella, lo que trae consigo nuevas acciones correctivas.

Lo primero que se debe hacer es construir el mapa del proceso de la función mantenimiento y simular el flujo de elementos tangibles a través de él, luego, se deben identificar las diferentes estaciones de trabajo y seleccionar la más lenta de ellas; esta estación será identificada como “cuello de botella” y determinará la velocidad para procesar ordenes de trabajo del sistema completo, por lo que usted, debe asegurarse de mantenerla siempre ocupada y con una cantidad de órdenes de trabajo esperando a su entrada para ser procesadas. Seguidamente, se debe medir el tiempo promedio que tarda el cuello de botella para procesar las órdenes de trabajo que llegan a la estación. Si el tiempo de procesamiento del cuello de botella coincide con la demanda de trabajos a ser realizados, no hay de que preocuparse, pero si la demanda de servicio es superior a la capacidad del cuello de botella para procesarlo, se debe realizar un balance en el sistema asignando parte del trabajo a otras estaciones o buscar la manera de ampliar la capacidad del cuello de botella

otorgándole más recursos (humanos, técnicos o económicos) (www.mantenimientoplanificado.com).

El uso de modelos de cola para calcular las cantidades óptimas de elementos tangibles a la entrada de las estaciones de servicio, son los amortiguadores de nuestro sistema. Para el cálculo del amortiguador en las estaciones simples (o de un solo servidor) se utilizará la fórmula de Little, la cual se muestra a continuación:

$Lq = Wq * R$, Donde, **Lq** es la cantidad de elementos en cola, esperando entrar a la estación para ser procesadas

Wq es el tiempo promedio de servicio para atender un elemento tangible

R es la rata promedio con que llegan los elementos a la entrada de la estación de servicio.

2. ENCUESTA A CINCO EMPRESAS

2.1. LAS EMPRESAS SELECCIONADAS

Son todas prestadoras de servicios de mantenimiento que aunque en algunos casos manejan grandes capitales para ser consideradas mediana empresa o incluso grandes empresas; lo que es relevante a esta monografía es el número de personas que actúa en el mantenimiento de manera directa. De esta manera se pretende identificar problemas y necesidades similares en la gestión del mantenimiento como unidad de negocio.

Por otro lado debe quedar claro que la selección de las empresas y la determinación de escoger el número de personas como uno de los parámetros para delimitar el universo de esta monografía, fue basada netamente en la experiencia como integrante del área de mantenimiento por parte del autor.

La variación del número de empleados es directamente proporcional a la complejidad de la gestión del mantenimiento y no depende del capital que maneje. Ya que la documentación que se genera día a día es realizada con las personas de esta área y no por su capital o nivel de responsabilidad de los activos manejados.

Por esta razón para esta monografía es válida la identificación de pequeña empresa contando el número de empleados que trabajan directamente en el mantenimiento o por el nivel de complejidad de las comunicaciones internas de la empresa contratista y no por su capital como se tiene entendido en la Cámara y Comercio de Colombia

2.2. LA CANTIDAD DE ENCUESTADOS

La presente monografía no pretende realizar un estudio profundo y descriptivo de la pequeña empresa dedicada al mantenimiento en outsourcing como unidad de negocio sino la de tener unos parámetros sólidos de evidencias para proponer un modelo de gestión del mantenimiento. Es por esto que se selecciono muy bien el tipo de empresas a las que se le realizo la encuesta.

Se escogieron cinco empresas que trabajaran en mantenimiento por outsourcing y que tuvieran algunas similitudes en su trabajo como, el que trabajaran una parte de este mantenimiento en campo y la otra en sus propios talleres. Trabajaran en mantenimiento a más de una empresa y que el numero de trabajadores directamente relacionados con mantenimiento como unidad de negocio pudieran ser consideradas como pequeña empresa.

2.3. ANALISIS DE ENCUESTAS REALIZADAS A EMPRESAS QUE TRABAJAN EN MANTENIMIENTO OUTSOURCING

Se realizó encuesta a cinco empresas que trabajan el mantenimiento en Outsourcing para que por medio de un análisis se determinaran las necesidades y sirva como base para la determinación de los requisitos del modelo de gestión.

La encuesta que se presenta a continuación consta de nueve preguntas que identifican en las empresas contratistas el tipo o nivel de mantenimiento que ejecutan como empresa prestadora de servicios en outsourcing, la cantidad de recurso humano en la ejecución del mantenimiento y su documentación, la necesidad del grado de flexibilidad que debe tener el modelo con la cantidad de clientes que maneja y las áreas de especialización, y las principales dificultades con el mantenimiento contratado en el porcentaje de correctivo vs preventivos y acceso a la documentación del cliente.

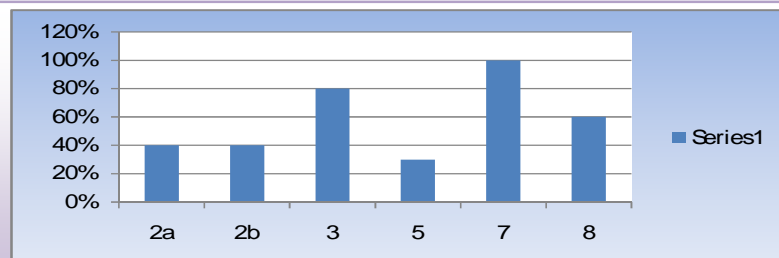
2.3.1. Encuesta Puffer De Colombia

Esta es una empresa dedicada al mantenimiento en la modalidad de outsourcing por off-site en el área de válvulas de proceso para múltiples aplicaciones, por lo general trabaja en sus propias instalaciones a diferentes clientes. El nivel esencial de mantenimiento en el que trabaja es instrumental.

Tabla 3. Encuesta Puffer de Colombia

PUFFER DE COLOMBIA www.puffer.com.co	
1. Que tipo de mantenimiento realiza su empresa	
a. Mantenimiento correctivo <input checked="" type="checkbox"/>	d. Mantenimiento detectivo <input type="checkbox"/>
b. Mantenimiento preventivo <input checked="" type="checkbox"/>	e. Mantenimiento por condición <input type="checkbox"/>
c. Mantenimiento predictivo <input checked="" type="checkbox"/>	
2. Cuantas personas trabajan en mantenimiento en la empresa: 32 personas	
a. De estas personas cuantas horas emplean documentando el mantenimiento (en porcentaje) 40 % horas	
b. De estas personas cuantas horas dedican documentando el mantenimiento en computador (en porcentaje): 40% horas	
3. Cuanto mantenimiento correlativo se ejecuta: 80% (C/P)	
4. A cuantas empresas usted presta servicios de mantenimiento: 10 empresas clientes	
5. Cual es el porcentaje de mantenimiento en horas realizadas en la empresa del cliente con respecto al total de horas de mantenimiento: 30% (cliente/planta)	
6. Cuantas áreas del conocimiento abarca la empresa (que tan especializada es): 1	
7. En que porcentaje tiene acceso a los manuales de los equipos de su cliente: 100%	
8. En que porcentaje la empresa le realiza seguimiento a los equipos del cliente: 60%	
9. Con que frecuencia los equipos vuelven a ser intervenidos por la empresa prestadora de servicios.	
a. Diario <input type="checkbox"/>	d. Anual <input checked="" type="checkbox"/>
b. Semanal <input type="checkbox"/>	e. Esporádicamente <input type="checkbox"/>
c. Mensual <input type="checkbox"/>	

Gráfica 1. Resultado de Respuestas en porcentajes Puffer de Colombia



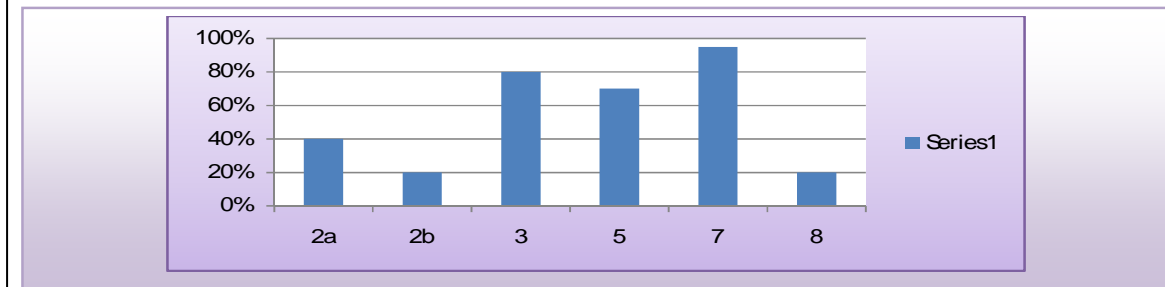
2.3.2. Encuesta Colintrade

Esta es una empresa dedicada al mantenimiento en la modalidad de outsourcing por in-site en el área de bombas centrífugas y de desplazamiento positivo para el sector petrolero. Trabajan en una primera instancia en las instalaciones de los clientes y para trabajos de mayor dedicación lo hacen en sus propias instalaciones. El nivel de mantenimiento esencial en el que trabaja es el operativo.

Tabla 4. Encuesta Colintrade

COLINTRADE www.colintrade.com.co	
1. Que tipo de mantenimiento realiza su empresa	
a. Mantenimiento correctivo	<input checked="" type="checkbox"/>
b. Mantenimiento preventivo	<input checked="" type="checkbox"/>
c. Mantenimiento predictivo	<input type="checkbox"/>
d. Mantenimiento detectivo	<input type="checkbox"/>
e. Mantenimiento por condición	<input type="checkbox"/>
2. Cuantas personas trabajan en mantenimiento en la empresa: 11 personas	
a. De estas personas cuantas horas emplean documentando el mantenimiento (en porcentaje) 40 % horas	
b. De estas personas cuantas horas dedican documentando el mantenimiento en computador (en porcentaje): 20% horas	
3. Cuanto mantenimiento correlativo se ejecuta: 80% (C/P)	
4. A cuantas empresas usted presta servicios de mantenimiento: 5 empresas clientes	
5. Cual es el porcentaje de mantenimiento en horas realizadas en la empresa del cliente con respecto al total de horas de mantenimiento: 70% (cliente/planta)	
6. Cuantas áreas del conocimiento abarca la empresa (que tan especializada es): 1	
7. En que porcentaje tiene acceso a los manuales de los equipos de su cliente: 95%	
8. En que porcentaje la empresa le realiza seguimiento a los equipos del cliente: 20%	
9. Con que frecuencia los equipos vuelven a ser intervenidos por la empresa prestadora de servicios.	
a. Diario	<input type="checkbox"/>
b. Semanal	<input type="checkbox"/>
c. Mensual	<input type="checkbox"/>
d. Anual	<input checked="" type="checkbox"/>
e. Esporádicamente	<input type="checkbox"/>

Gráfica 2. Resultado de respuestas en porcentajes Colintrade



2.3.3. Encuesta Gecolsa división generación

Esta es una empresa dedicada al mantenimiento en la modalidad de outsourcing por out-site en el área de motores de combustión para diferentes sectores. Trabajan en una primera instancia en las instalaciones de los clientes y para trabajos de mayor dedicación lo hacen en sus propias instalaciones. El nivel de mantenimiento esencial en el que trabaja es el operativo.

Tabla 5. Encuesta Gecolsa

GECOLSA www.gecolsa.com.co															
1. Que tipo de mantenimiento realiza su empresa															
a. Mantenimiento correlativo <input checked="" type="checkbox"/>	d. Mantenimiento detectivo <input type="checkbox"/>														
b. Mantenimiento preventivo <input checked="" type="checkbox"/>	e. Mantenimiento por condición <input type="checkbox"/>														
c. Mantenimiento predictivo <input type="checkbox"/>															
2. Cuantas personas trabajan en mantenimiento en la empresa: 40 personas															
a. De estas personas cuantas horas emplean documentando el mantenimiento (en porcentaje) 10 % horas															
b. De estas personas cuantas horas dedican documentando el mantenimiento en computador (en porcentaje): 10% horas															
3. Cuanto mantenimiento correlativo se ejecuta: 60% (C/P)															
4. A cuantas empresas usted presta servicios de mantenimiento: 19 empresas clientes															
5. Cual es el porcentaje de mantenimiento en horas realizadas en la empresa del cliente con respecto al total de horas de mantenimiento: 90% (cliente/planta)															
6. Cuantas áreas del conocimiento abarca la empresa (que tan especializada es): 7															
7. En que porcentaje tiene acceso a los manuales de los equipos de su cliente: 100%															
8. En que porcentaje la empresa le realiza seguimiento a los equipos del cliente: 60%															
9. Con que frecuencia los equipos vuelven a ser intervenidos por la empresa prestadora de servicios.															
a. Diario <input type="checkbox"/>	d. Anual <input type="checkbox"/>														
b. Semanal <input type="checkbox"/>	e. Esporádicamente <input type="checkbox"/>														
c. Mensual <input checked="" type="checkbox"/>															
<p>Grafica 3. Resultado de respuestas en porcentajes Gecolsa</p> <table border="1"> <caption>Data for Grafica 3</caption> <thead> <tr> <th>Question</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2a</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>2b</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>		Question	Percentage	2a	10%	2b	10%	3	60%	5	90%	7	100%	8	60%
Question	Percentage														
2a	10%														
2b	10%														
3	60%														
5	90%														
7	100%														
8	60%														

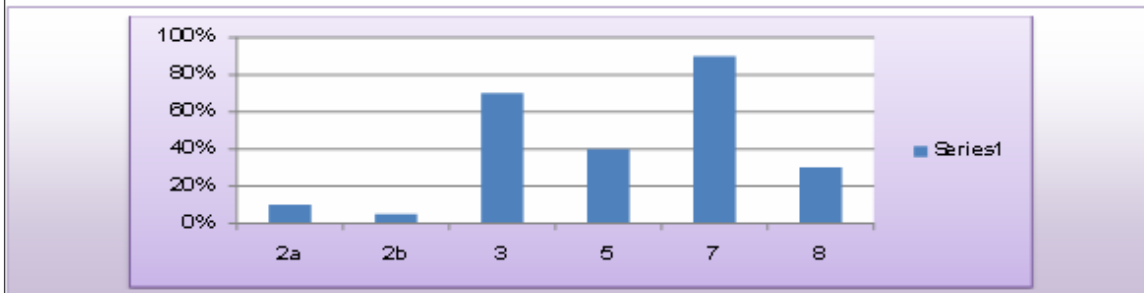
2.3.4. Encuesta Stewart and Stevenson

Esta es una empresa dedicada al mantenimiento en la modalidad de outsourcing por out-site en el área de motores a combustión interna como su negocio mas grande para diferentes sectores. Trabajan la mita un tiempo compartido entre las instalaciones de los clientes y las propias. El nivel de mantenimiento esencial en el que trabaja es el instrumental.

Tabla 6. Encuesta Stewart and Stevenson

STEWART AND STEVENSON www.stewartandandstevenson.com			
1. Que tipo de mantenimiento realiza su empresa			
a. Mantenimiento correctivo	<input checked="" type="checkbox"/>	d. Mantenimiento detectivo	<input type="checkbox"/>
b. Mantenimiento preventivo	<input checked="" type="checkbox"/>	e. Mantenimiento por condición	<input type="checkbox"/>
c. Mantenimiento predictivo	<input type="checkbox"/>		
2. Cuantas personas trabajan en mantenimiento en la empresa: 40 personas			
a. De estas personas cuantas horas emplean documentando el mantenimiento (en porcentaje) 10 % horas			
b. De estas personas cuantas horas dedican documentando el mantenimiento en computador (en porcentaje): 5% horas			
3. Cuanto mantenimiento correlativo se ejecuta: 70% (C/P)			
4. A cuantas empresas usted presta servicios de mantenimiento: 20 empresas clientes			
5. Cual es el porcentaje de mantenimiento en horas realizadas en la empresa del cliente con respecto al total de horas de mantenimiento: 40% (cliente/planta)			
6. Cuantas áreas del conocimiento abarca la empresa (que tan especializada es): 15			
7. En que porcentaje tiene acceso a los manuales de los equipos de su cliente: 90%			
8. En que porcentaje la empresa le realiza seguimiento a los equipos del cliente: 30%			
9. Con que frecuencia los equipos vuelven a ser intervenidos por la empresa prestadora de servicios.			
a. Diario	<input type="checkbox"/>	d. Anual	<input checked="" type="checkbox"/>
b. Semanal	<input type="checkbox"/>	e. Esporádicamente	<input type="checkbox"/>
c. Mensual	<input type="checkbox"/>		

Gráfica 4. Resultados de respuestas en porcentajes Stewart and Stevenson



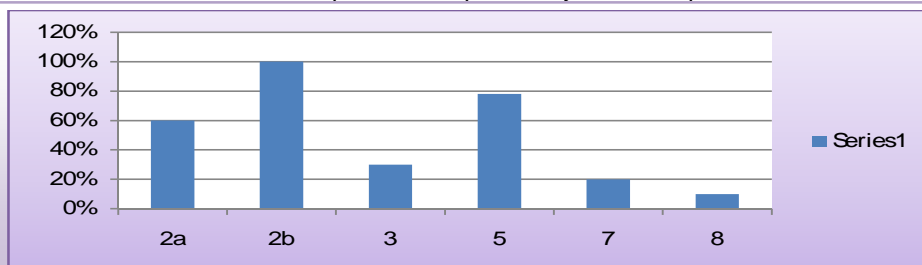
2.3.5. Encuesta Colmaquinas

Esta es una empresa dedicada al mantenimiento en la modalidad de outsourcing por in-site en el área de bombas calderas en su mayoría para el sector petrolero. Trabajan por lo general en las instalaciones de los clientes y para trabajos de mayor dedicación lo hacen en sus propias instalaciones. El nivel de mantenimiento esencial en el que trabaja es el Estratégico y asumen riesgos compartidos co-sourcing.

Tabla 7. Encuesta Colmaquinas

COLMAQUINAS www.colmaquinas.com.co	
1. Que tipo de mantenimiento realiza su empresa	
a. Mantenimiento correctivo <input checked="" type="checkbox"/>	d. Mantenimiento detectivo <input checked="" type="checkbox"/>
b. Mantenimiento preventivo <input checked="" type="checkbox"/>	e. Mantenimiento por condición <input checked="" type="checkbox"/>
c. Mantenimiento predictivo <input checked="" type="checkbox"/>	
2. Cuantas personas trabajan en mantenimiento en la empresa: 40 personas	
a. De estas personas cuantas horas emplean documentando el mantenimiento (en porcentaje) 60 % horas	
b. De estas personas cuantas horas dedican documentando el mantenimiento en computador (en porcentaje): 100% horas	
3. Cuanto mantenimiento correlativo se ejecuta: 30% (C/P)	
4. A cuantas empresas usted presta servicios de mantenimiento: 15 empresas clientes	
5. Cual es el porcentaje de mantenimiento en horas realizadas en la empresa del cliente con respecto al total de horas de mantenimiento: 78% (cliente/planta)	
6. Cuantas áreas del conocimiento abarca la empresa (que tan especializada es): 3	
7. En que porcentaje tiene acceso a los manuales de los equipos de su cliente: 20%	
8. En que porcentaje la empresa le realiza seguimiento a los equipos del cliente: 10%	
9. Con que frecuencia los equipos vuelven a ser intervenidos por la empresa prestadora de servicios.	
a. Diario <input type="checkbox"/>	d. Anual <input checked="" type="checkbox"/>
b. Semanal <input type="checkbox"/>	e. Esporádicamente <input type="checkbox"/>
c. Mensual <input type="checkbox"/>	

Gráfica 5. Resultados de respuestas en porcentajes Colmaquinas



3. ANALISIS DE DOCUMENTOS GUIA

La elaboración de estas fichas es con el propósito de dejar evidencia de la literatura de mayor relevancia analizada para que sirva como fuente de consulta rápida para el afinamiento del modelo en el momento en aplicación. Por que si bien es cierto que este modelo esta construido para no tener que ser modificado, al momento de la aplicación especifica en la empresa el lector seguramente se vera en la necesidad de ampliar su conocimiento al respecto fuera de esta monografía. Ya sea para realizar una pequeña modificación o para poder interpretar con más claridad lo que se pretende proponer en el modelo de gestión.

Para esto se elaboro una ficha lo más descriptiva posible del documento guía a consultar para su posterior análisis y entendimiento del origen de esta monografía o modelo de gestión.

En las fichas se realiza una descripción del documento empezando por el nombre y autor, para su rápida ubicación en caso de consulta y de una evaluación grafica-cualitativa del documento teniendo como pilar de juicio el modelo de gestión desarrollado en esta monografía. También con una clasificación del tipo de documento, fecha de publicación, temas relevantes a la monografía, definiciones importantes y una corta descripción del documento.

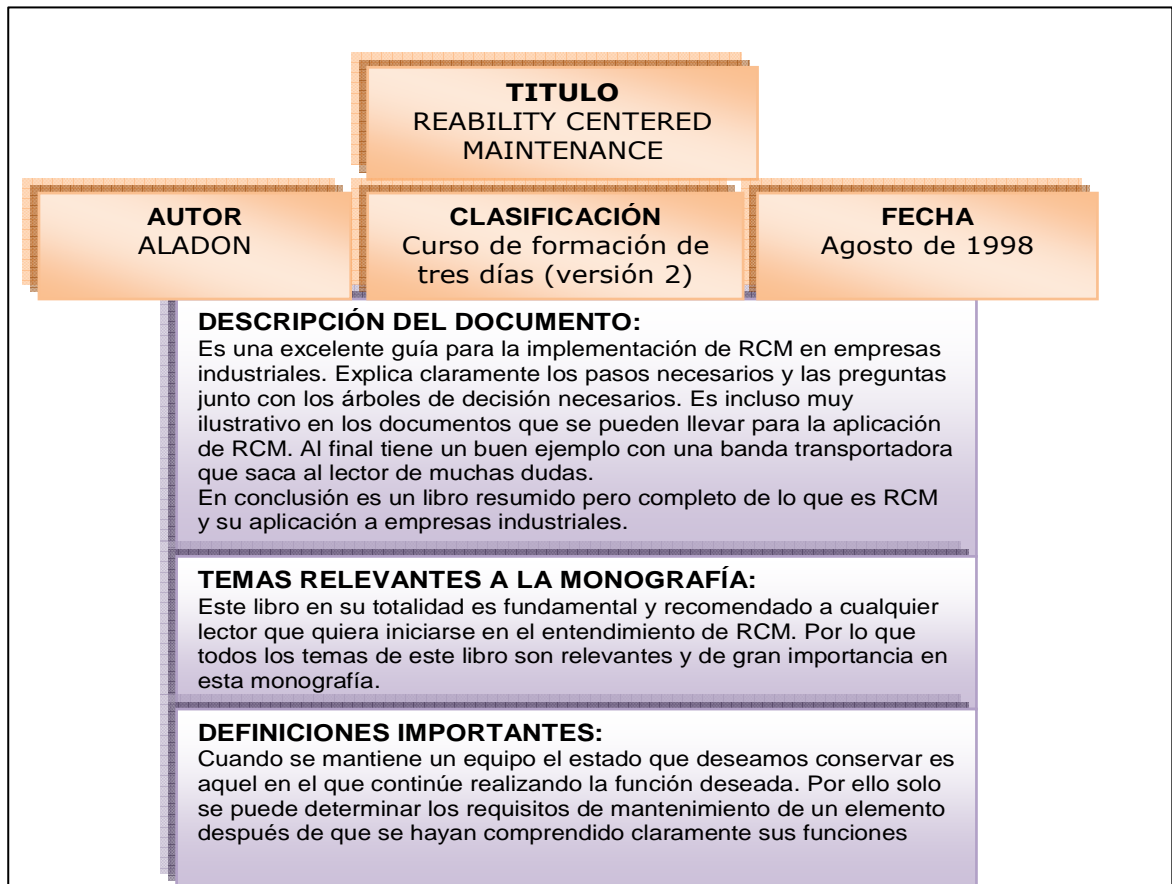
El mapa del documento es el nivel de tratamiento o enfoque que tiene el documento. El punto “administrativo” se refiere a aspectos de administración de empresas referentes al mantenimiento como manejo de personal. El punto “metodológico” se refiere a que tan detallado es en el paso a paso real de la implementación o aplicación del tema tratado. El punto técnico se refiere a que tanta relación tiene la teoría tratada con el funcionamiento de las maquinas o sistemas reales en el documento. El punto “Matemático” se refiere a que tan estadístico es, o que tan complejo es en el uso de indicadores para el mantenimiento.

Se decidió dejar estas fichas de análisis de documentos guías como un capítulo en la monografía debido a que estos documentos fueron claves para la construcción del modelo de gestión y son una parte fundamental para la aplicación cuando el lector se vea en la necesidad de adaptar el modelo a un caso particular o simplemente prefiera aumentar su conocimiento de lo propuesto en esta monografía (ver numeral 5.3.4.5).

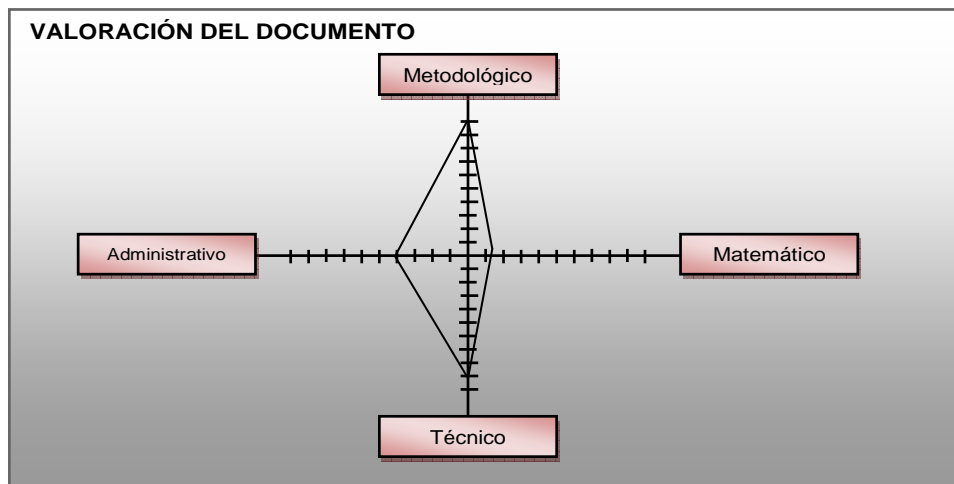
Las fichas que se muestra a continuación son los documentos guía para el lector en la aplicación del modelo de gestión de mayor importancia consultados por el autor.

ANÁLISIS DEL DOCUMENTO REABILITY CENTERED MAINTENENCE

Figura 10. Reability Centered Maintenance



Gráfica 6. Documento Reability Centered Maintenance

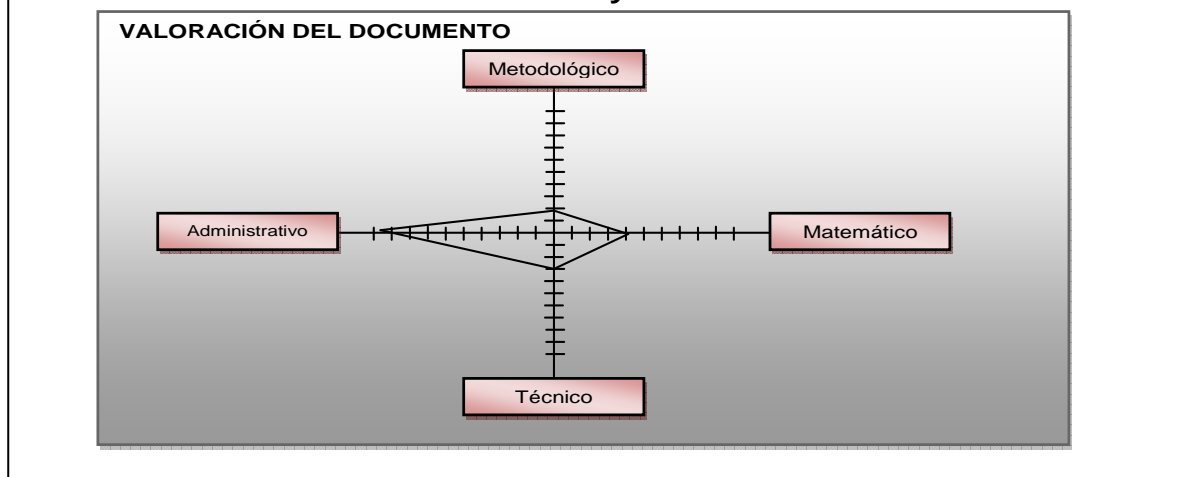


3.1. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO GERENCIA DE MANTENIMIENTO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Figura 11. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información

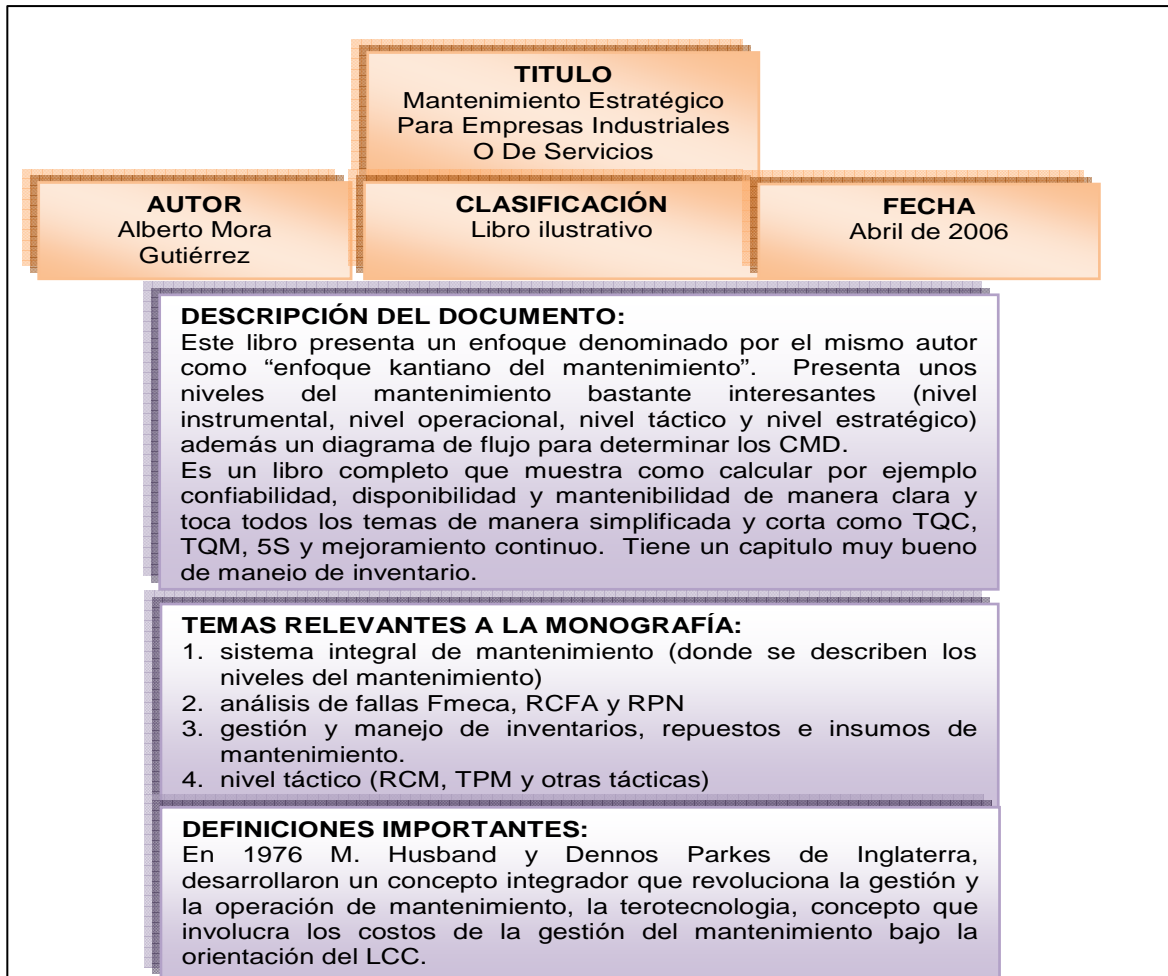


Gráfica 7. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información

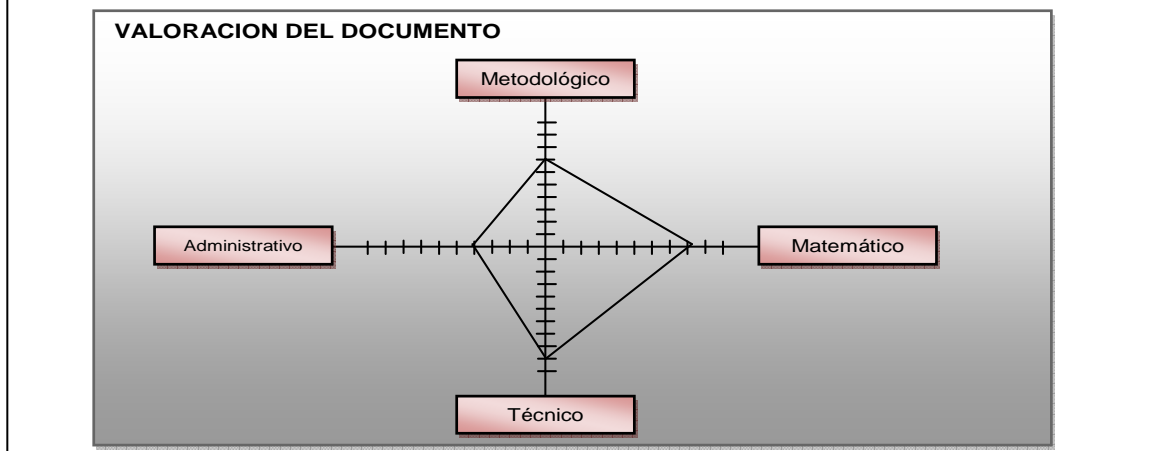


3.2. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO MANTENIMIENTO ESTRATÉGICO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES O DE SERVICIOS

Figura 12. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios

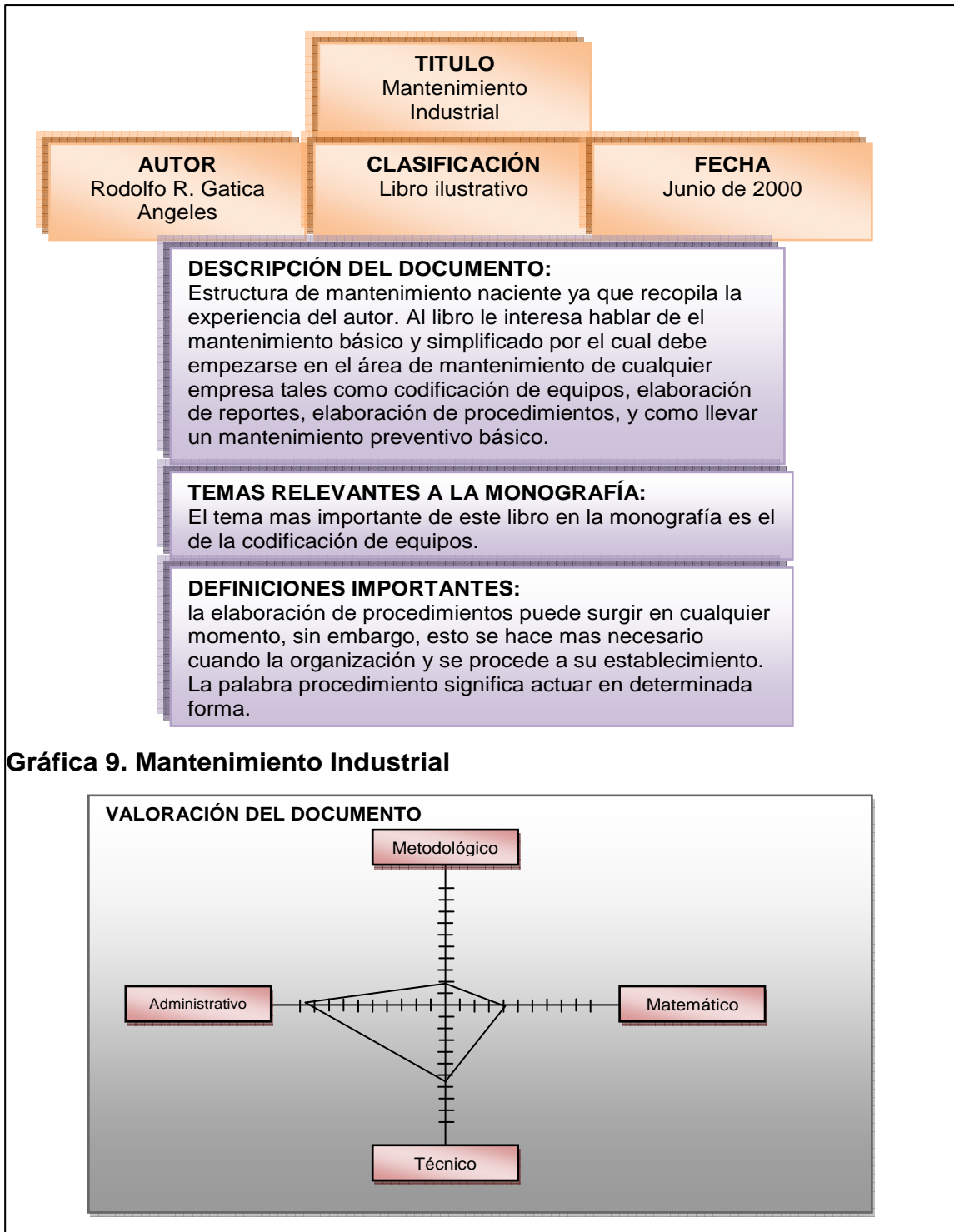


Gráfica 8. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios



3.3. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

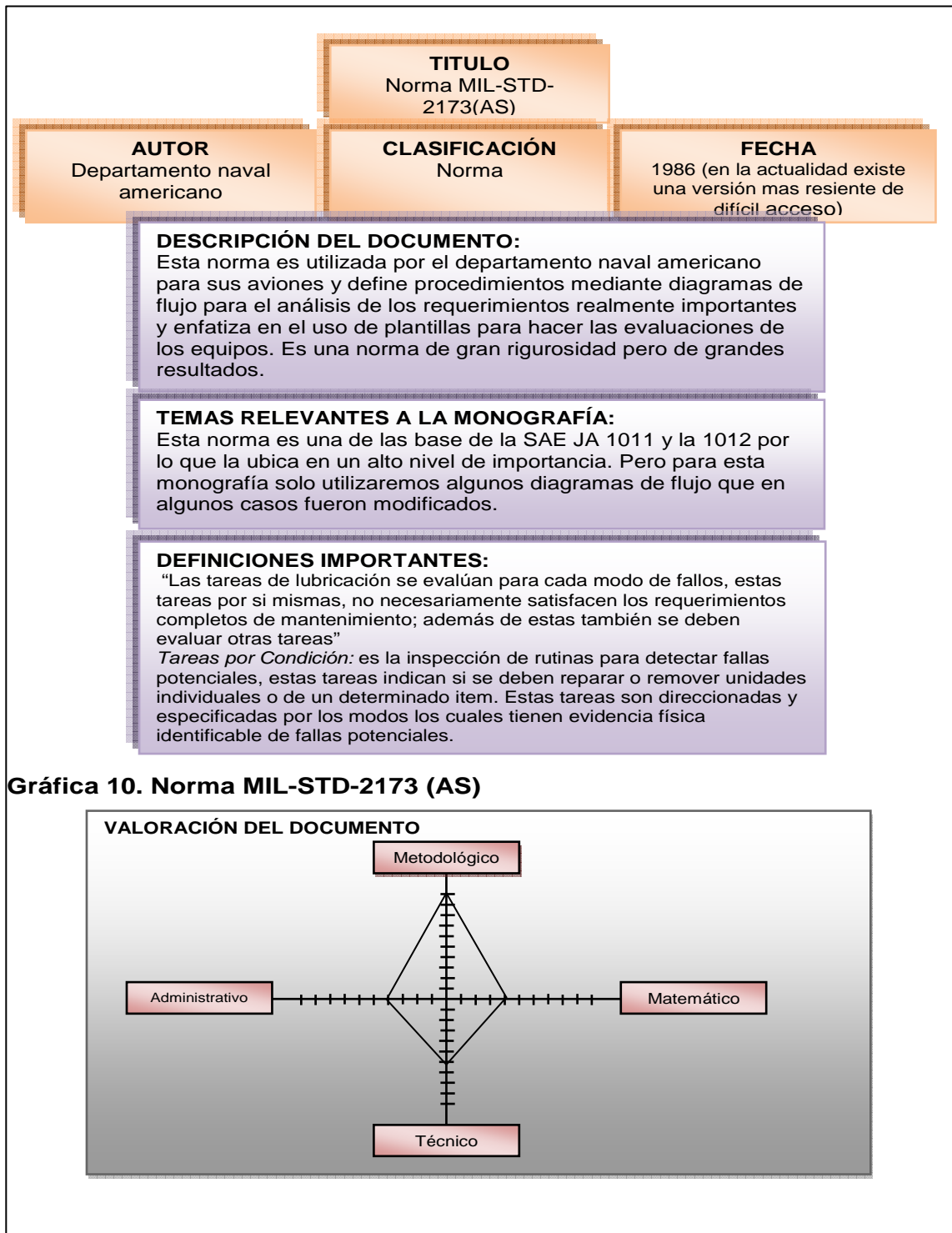
Figura 13. Mantenimiento Industrial



Gráfica 9. Mantenimiento Industrial

3.4. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO NORMA MIL-STD-2173(AS)

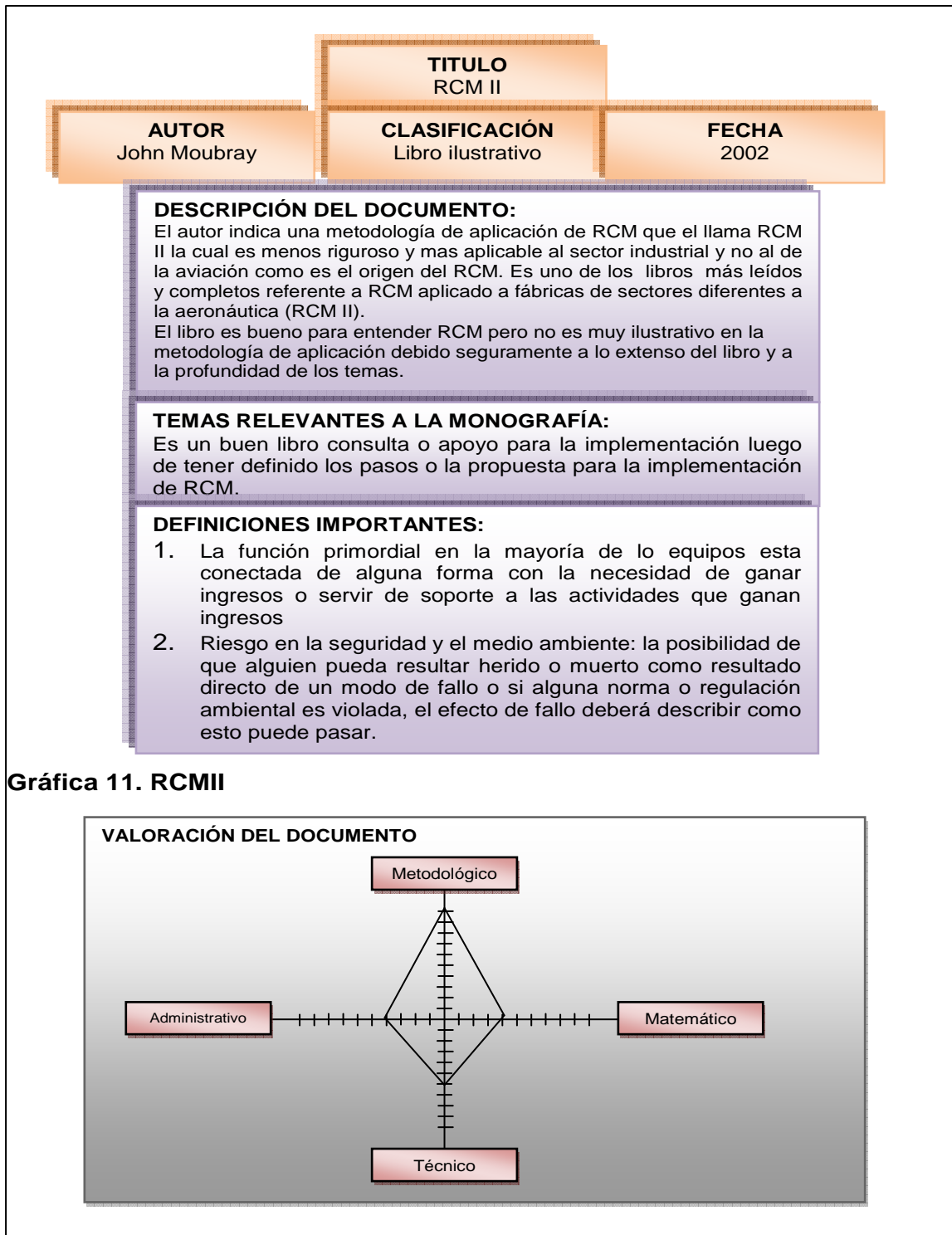
Figura 14. Norma MIL-STD-2173(AS)



Gráfica 10. Norma MIL-STD-2173 (AS)

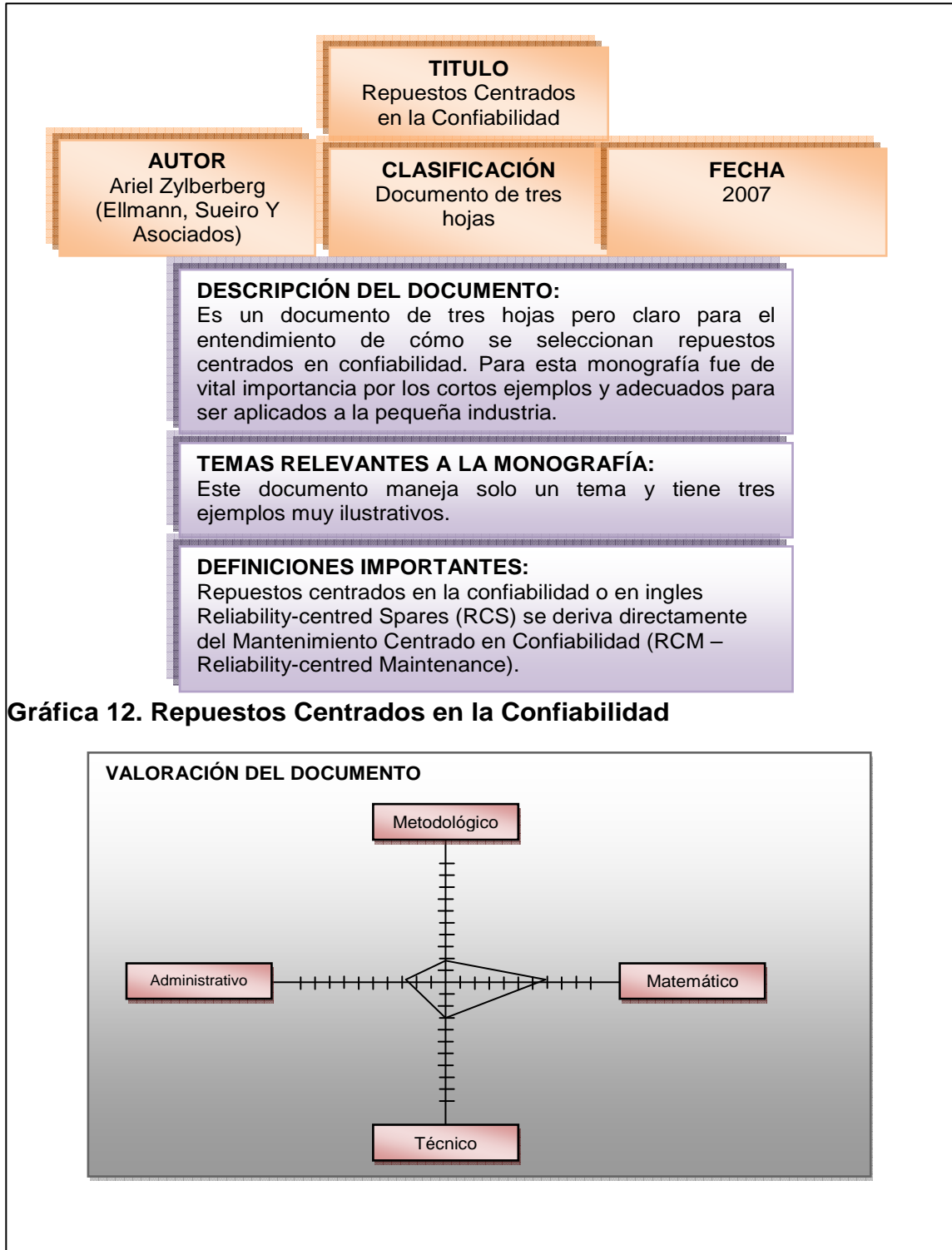
3.5. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO RCM II

Figura 15. RCM II



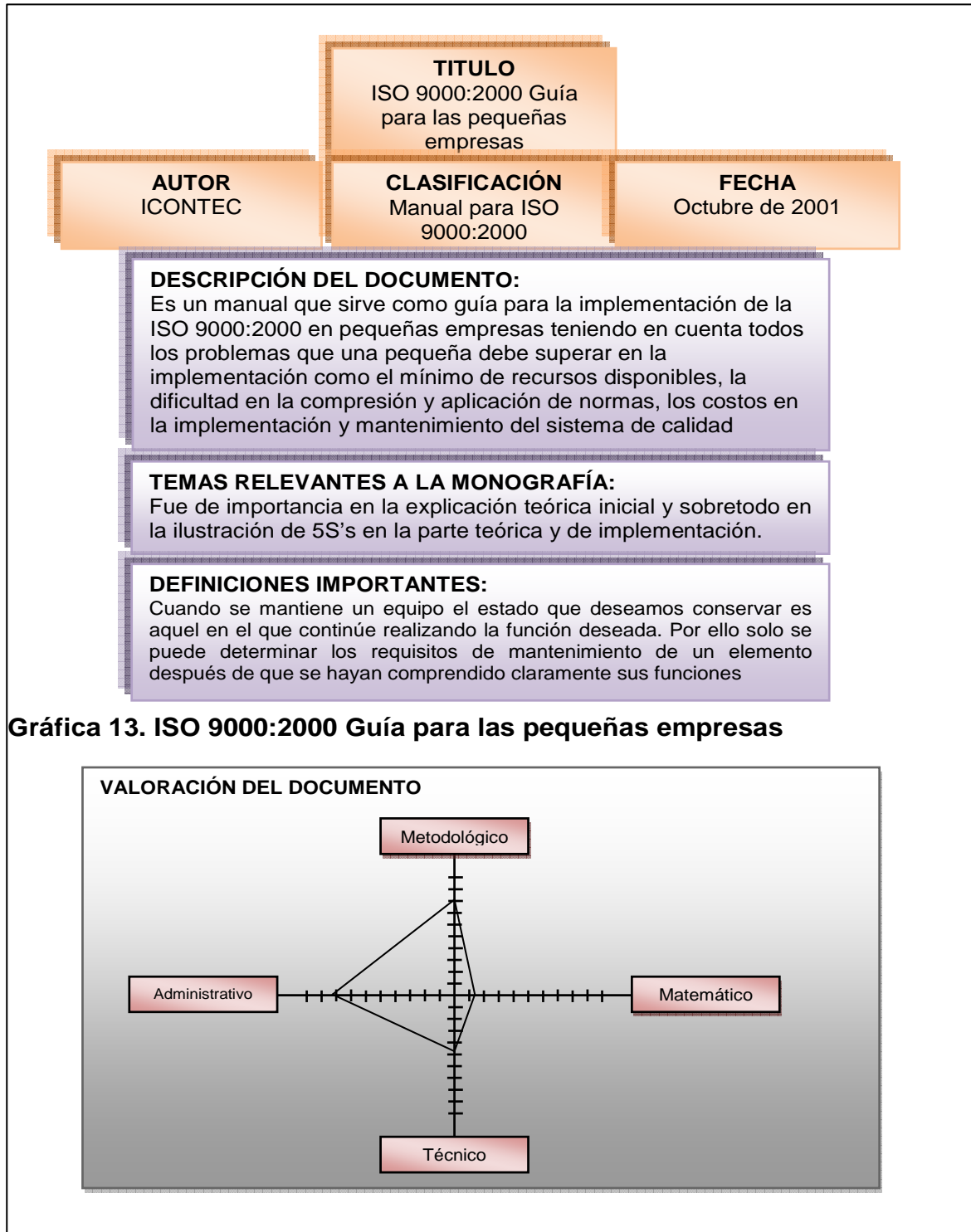
3.6. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO REPUESTOS CENTRADOS EN LA CONFIABILIDAD

Figura 16. Repuestos Centrados en la Confiabilidad



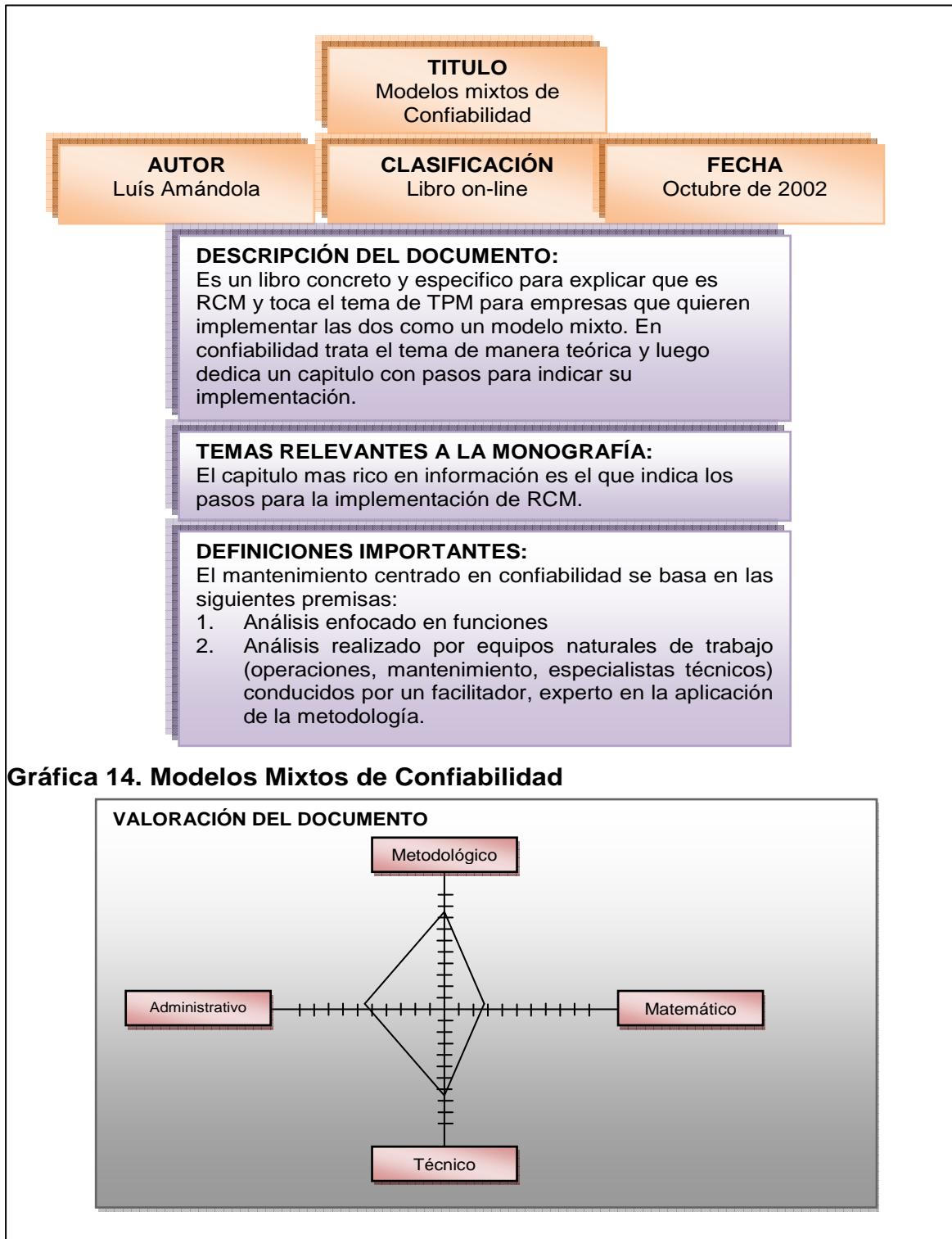
3.7. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO ISO 9000:2000 GUÍA PARA LAS PEQUEÑAS EMPRESAS

Figura 17. ISO 9000:2000 Guía para las pequeñas empresas



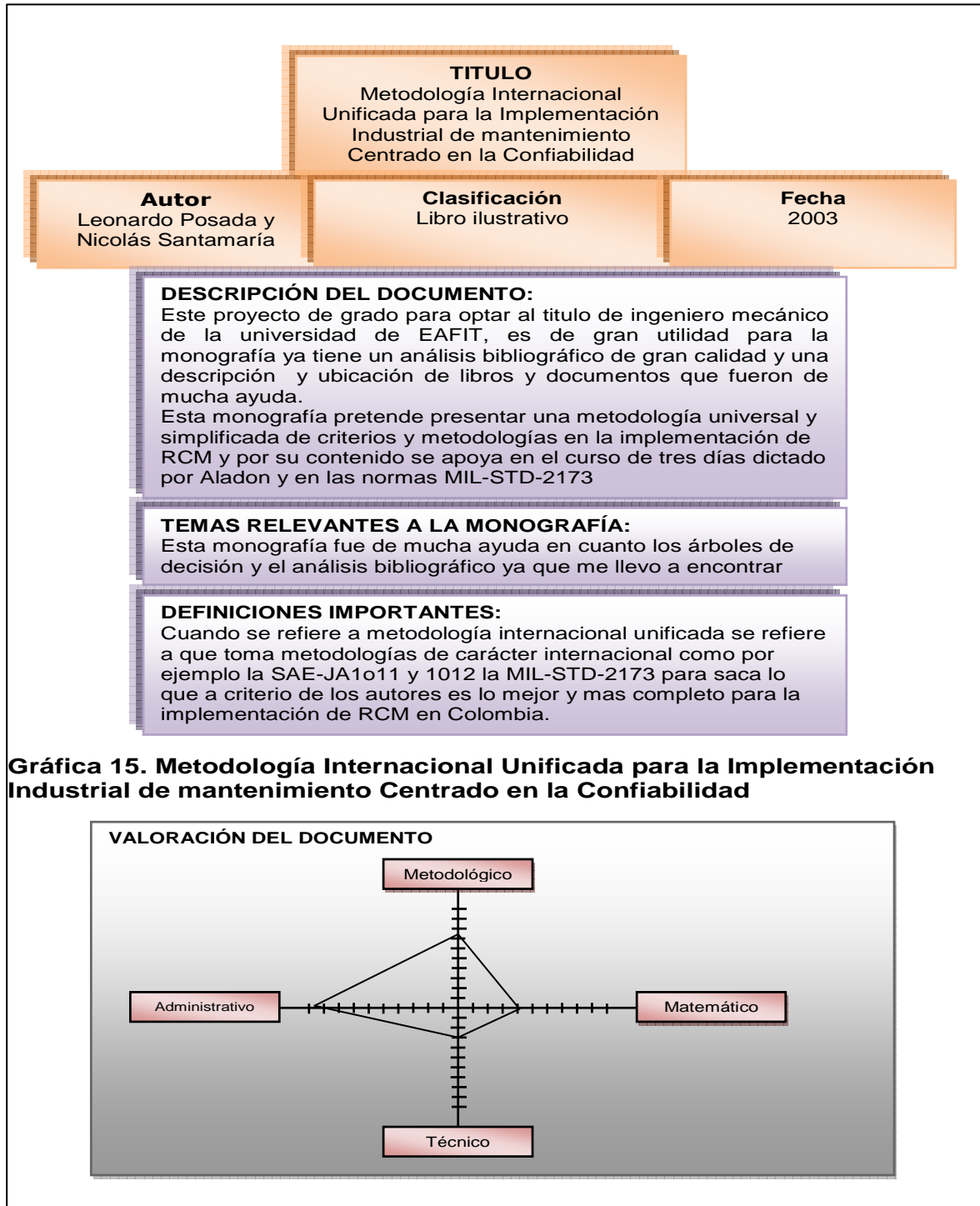
3.8. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO MODELOS MIXTOS DE CONFIABILIDAD

Figura 18. Modelos mixtos de Confiabilidad

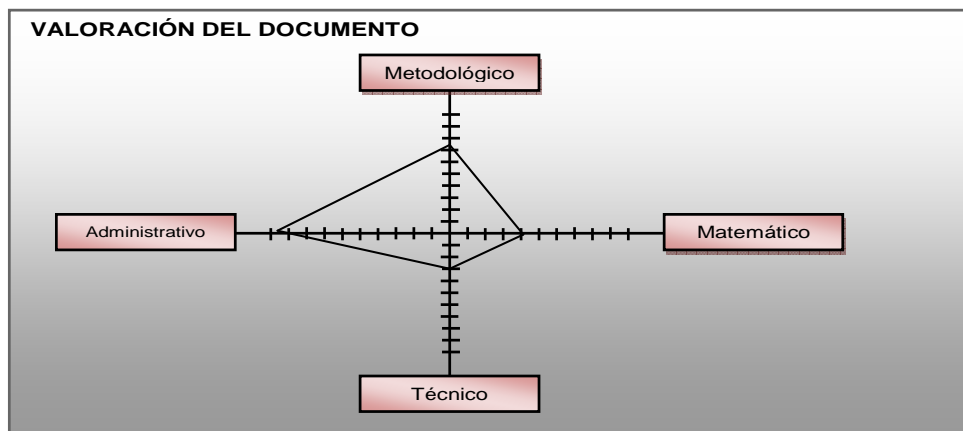


3.9. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO METODOLOGÍA INTERNACIONAL UNIFICADA PARA LA IMPLEMENTACIÓN INDUSTRIAL DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

Figura 19. Metodología Internacional Unificada para la Implementación Industrial de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

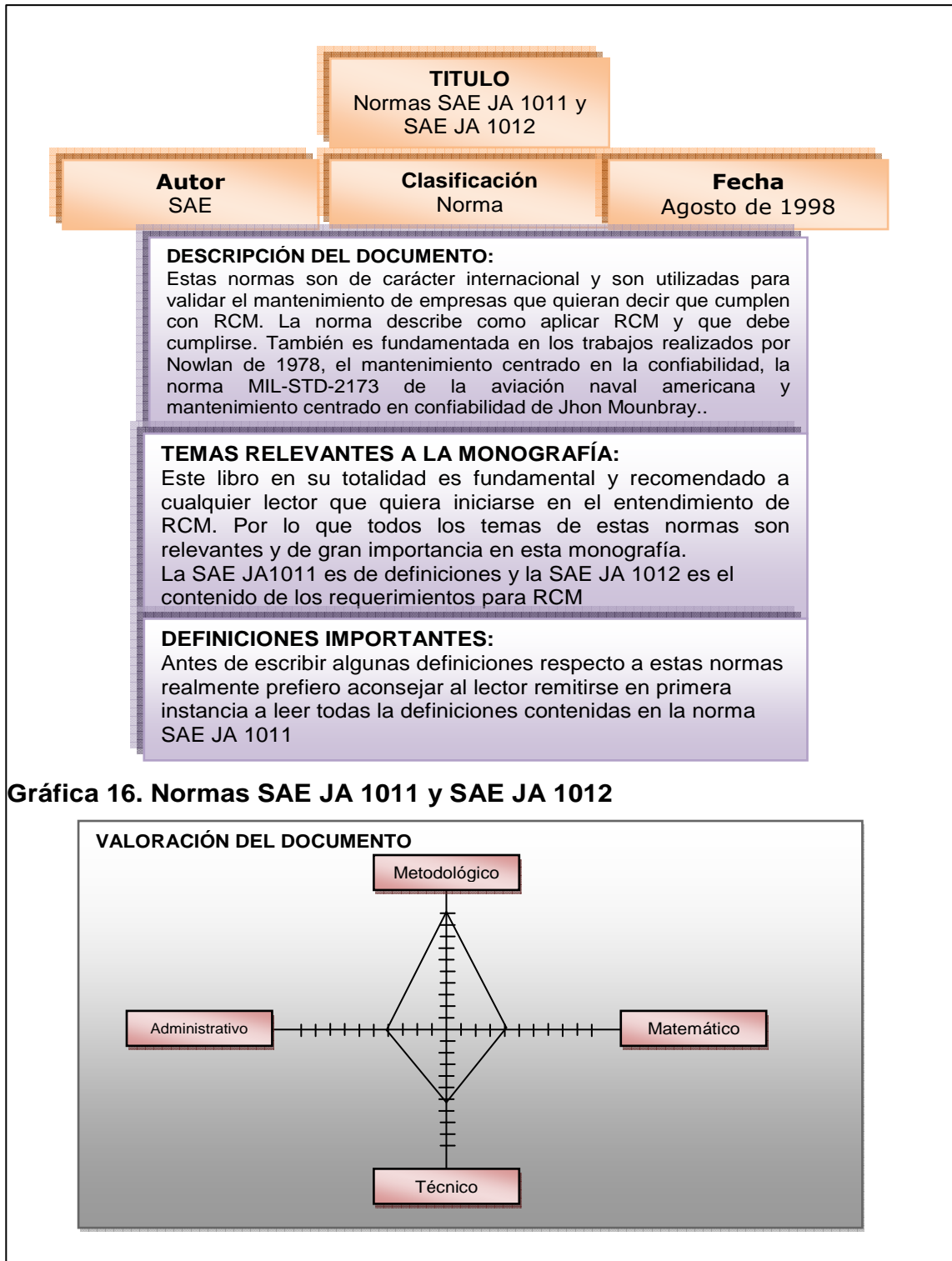


Gráfica 15. Metodología Internacional Unificada para la Implementación Industrial de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad



3.10. ANÁLISIS DEL DOCUMENTO NORMAS SAE JA 1011 Y SAE JA 1012

Figura 20. Normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012



4. ANALISIS CRUZADO ENCUESTAS Y DOCUMENTOS

Para determinar cual debe ser el enfoque del modelo de gestión se realizo un análisis cruzado de fichas, tanto de las encuestas (capitulo dos) como de las fichas de los documentos guía (capitulo tres). Con esto se obtuvo las bases del modelo de gestión propuesto.

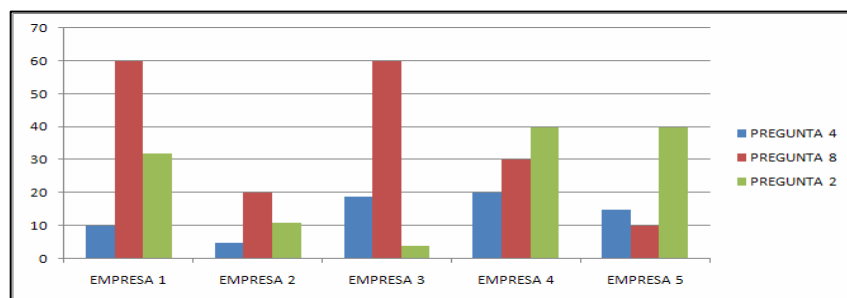
4.1. LAS ENCUESTAS

En esta sección se analizaran los resultados de las encuestas, para dar soporte a la construcción del modelo de gestión.

4.1.1. Similitudes

Como se observa en la grafica 17 estas empresas todas contratistas de mantenimiento en outsourcing cuentan con varios clientes o contratantes y el éxito del negocio es el de aumentar el numero de estos clientes. También podemos observar que el seguimiento que se realiza a los equipos de los clientes es bajo. Comentan los entrevistados que se tienen problemas con la documentación y el no tener modelo y políticas clara para le mantenimiento como unidad de negocio, por lo que es confuso el trabajo.

Grafica 17. Similitud entre empresas

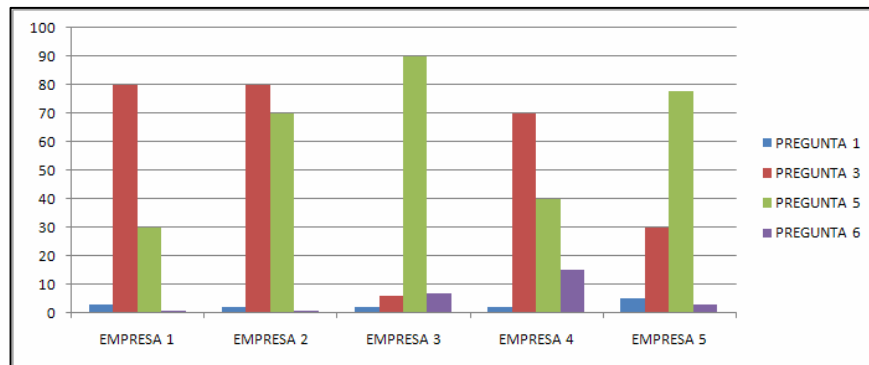


4.1.2. Diferencias

Se puede ver en la grafica 18 que estas empresas tienen múltiples diferencias, pero que realmente están en el nivel de mantenimiento en las que trabajan y no por que sean actividades diferentes desde el punto de vista de la gestión

mantenimiento. Por esto se requiere un modelo de gestión flexible y en el cual se de la libertad de evolucionar en el.

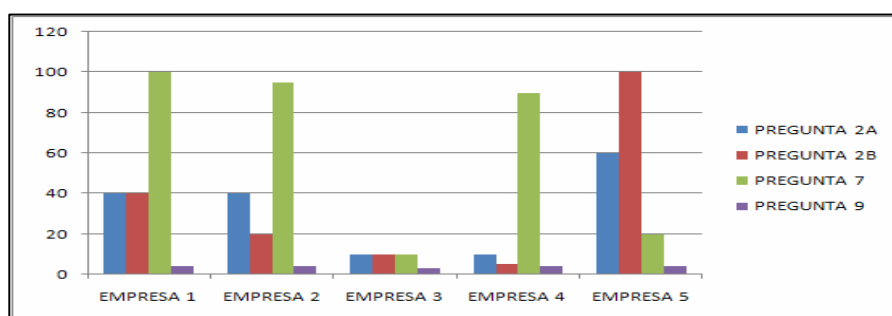
Grafica 18. Diferencia entre empresas



4.1.3. Recursos para la gestión del mantenimiento

Según la grafica 19 las empresas que trabajan el mantenimiento en outsourcing si cuentan con los recursos suficientes para realizar una buena gestión del mantenimiento, solo que no están bien enfocados estos recursos. Esto es algo que el modelo debe solucionar por medio de una clara definición de la documentación y función de cargos requeridos para la gestión mantenimiento.

Grafica 19. Recursos

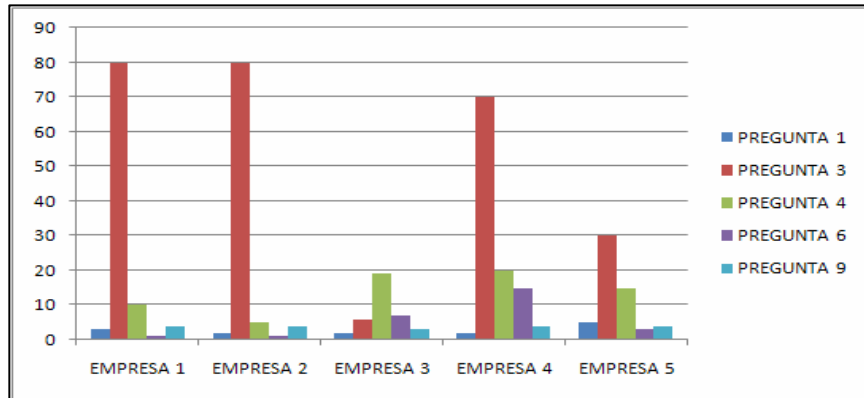


4.1.4. Puntos a mejorar en las empresas

Se encontró según la grafica 20 un bajo nivel de mantenimiento en desacuerdo a la activad que realizan. Pero por otro lado se evidencia una gran oportunidad de aumentar y mejorar el nivel de mantenimiento en empresas con estas características, junto con el número de clientes sin que esto ocasione un caos organizacional. Lo que definitivamente seria una ventaja competitiva, frente a

las empresas que no apliquen un modelo de gestión bajo un enfoque de mantenimiento por outsourcing.

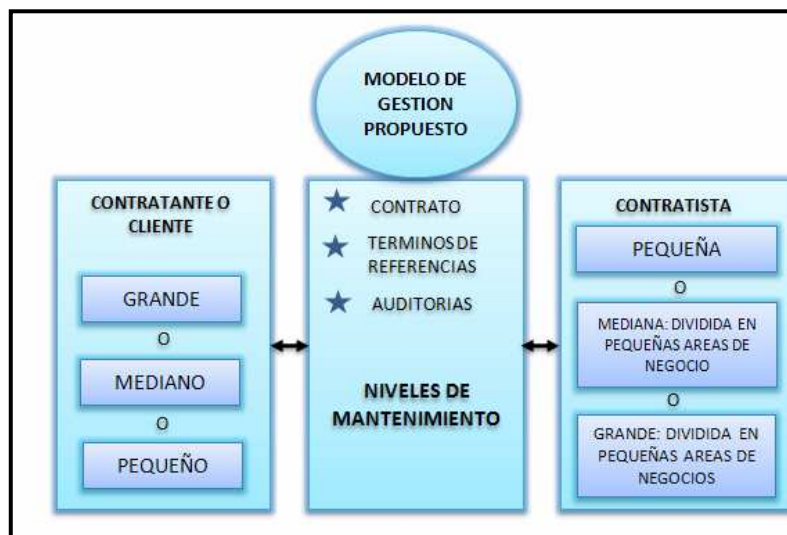
Grafica 20. Puntos a mejorar



4.1.5. Interacción macro entre la empresa contratista y contratante

Debido a que por lo general no se tiene claridad en la posición que deben tomar cada uno de los participantes de las empresas contratistas y contratantes se tiende a generar una polémica y enfrentamientos de autoridad en temas y áreas comunes de las empresas contratistas y contratantes. Es necesario por lo anterior tener claro como es la interacción de las empresas contratantes y contratistas como se muestra en la figura 21 y documentar los detalles en los términos de referencias y contratos.

Figura 21. Interacción macro contratista contratante



4.1.6. Conclusiones de las encuestas

Al tener en cuenta las encuestas se evidencia que este tipo de empresas no cuenta con ningún modelo definido para la gestión del mantenimiento. Cada empresa maneja el mantenimiento de acuerdo a lo contratado con su cliente (empresa contratante). Pero en general siempre todas las empresas de mantenimiento que son contratadas para realizar mantenimientos tienen los mismos problemas de cualquier empresa con su mantenimiento. La diferencia cuando se trabaja por outsourcing es que el nivel de mantenimiento depende del cliente en su decisión de que tanto sede el mantenimiento en los términos de referencia al contratista.

4.2 LOS DOCUMENTOS GUÍAS

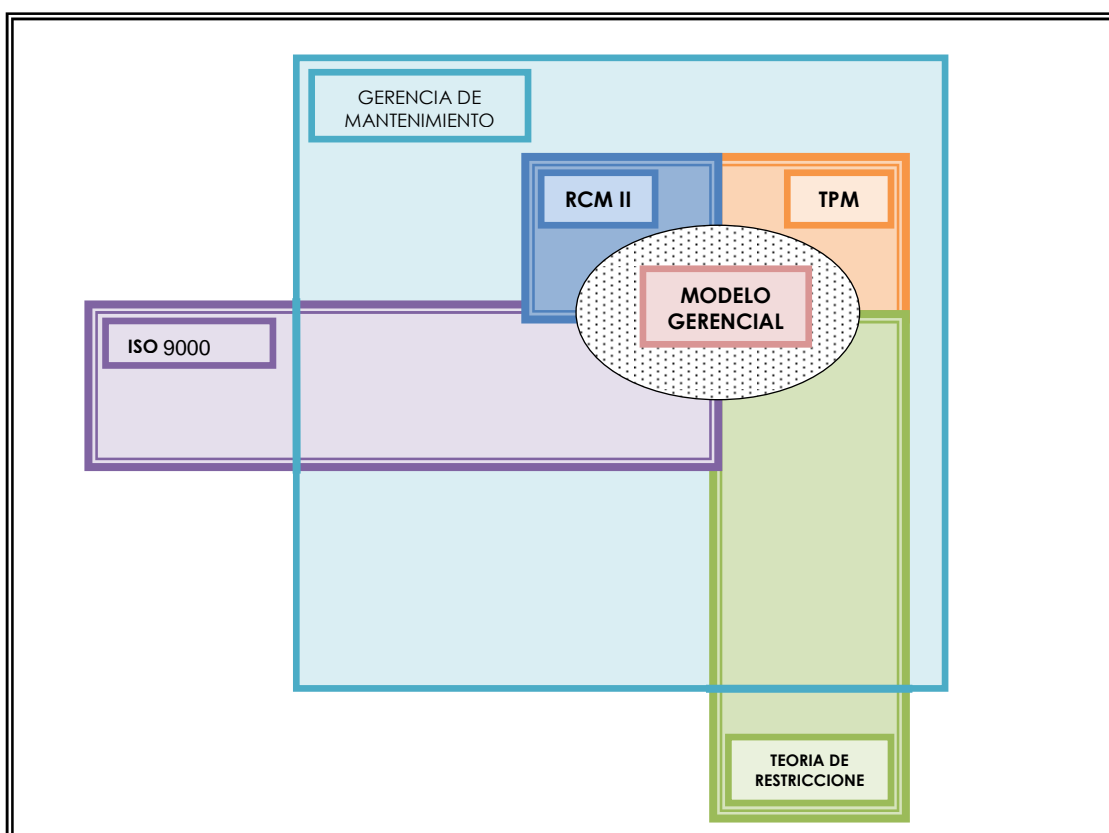
La norma SAE JA 1011 y 1012 es la que da la pauta si lo que definitivamente se quiere es implantar RCM en una compañía que presta servicios en outsourcing. Lo que se debe tener en cuenta es que muy seguramente solo aplicara una parte y la otra le corresponderá al cliente dependiendo del nivel de contratación del mantenimiento

La norma MIL 2173 son mas rigurosos en la evaluación de tareas de mantenimiento que normalmente es una ventaja. Pero para este tipo de empresas es demasiado riguroso ocasionando perdidas de tiempo y esfuerzo.

El curso de tres días de Aladon es el más interesante para ser consultado ya que es claro y conciso.

Los demás documentos dan su aporte en el universo del conocimiento, pero es elección del lector por cual se encamina para su caso particular de consulta.

Figura 22. Universo del Conocimiento del Modelo de Gestión

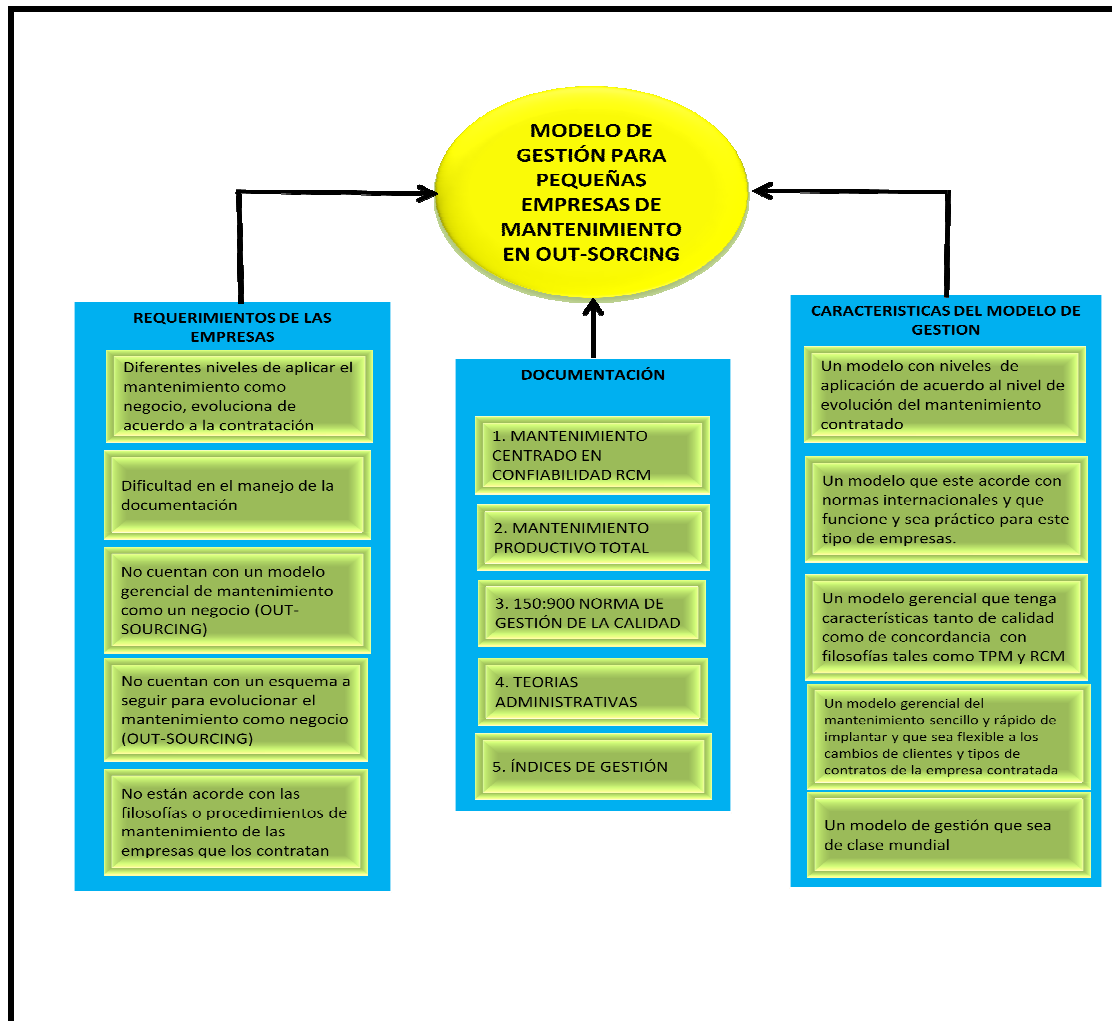


4.3. LO QUE SE PRETENDE DEL MODELO:

El modelo gerencial debe ser claro y generalizado para empresas que trabajan el mantenimiento por contratación y en el momento de la aplicación se decidirá a que nivel se debe llegar de acuerdo a lo contratado con el cliente Figura 8.

Este modelo tiene un énfasis al RCM y esta enfocado a las pautas que se muestran en la Figura 23 que es resumen de las conclusiones de las encuestas y el análisis de documentos.

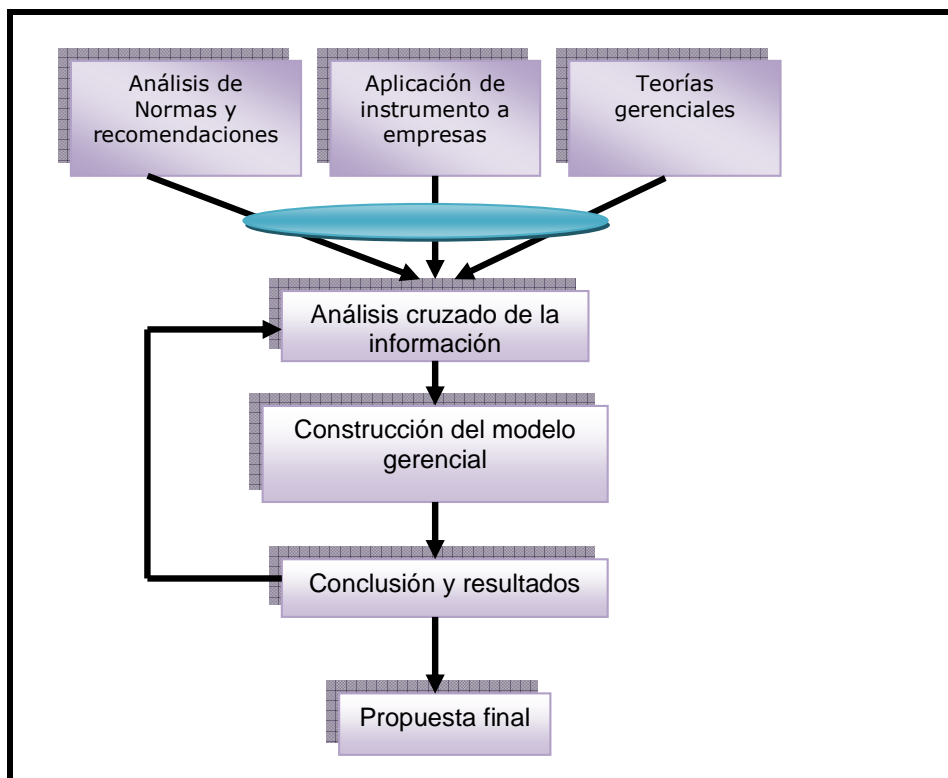
Figura 23. Bases para la Construcción del Modelo de Gestión



4.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN

Para la construcción del modelo de gestión se realizaron encuestas a empresas, análisis de documentos para que sean guía y teorías aplicables al modelo de gestión. Para poder seguir el método mostrado en la figura 24 y tener un modelo adecuado para ser implementado en este tipo de empresas.

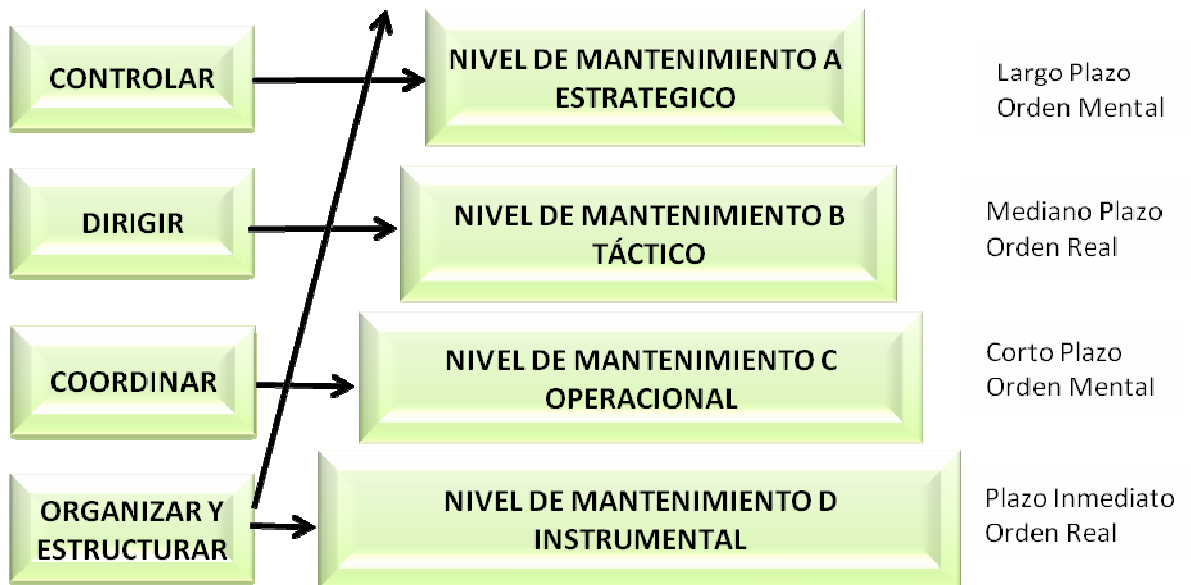
Figura 24. Método de construcción del modelo de gestión



5. MODELO DE GESTIÓN DE PEQUEÑAS EMPRESAS QUE TRABAJAN EL MANTENIMIENTO EN OUTSOURCING

El modelo esta basado en una pirámide de cuatro niveles como se muestra a continuación en las que se ve el nivel de evolución de la empresa en outsourcing a la que se le pretende aplicar el modelo.

Figura 25. Pirámide de nivel de mantenimiento



Las empresas en el nivel D de mantenimiento (nivel instrumental): son las empresas que realizan actividades de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, detectivo y mejorativo pero que son planeadas programadas y controladas por el contratante.

Empresas en el nivel C de mantenimiento (nivel operativo): son las empresas que realizan, planean y programan actividades de mantenimiento como correctivos preventivos, predictivos, detectivos y mejorativos. En áreas de la empresa contratante.

Empresas en el nivel B de mantenimiento (nivel táctico): son las empresas que realizan planes y presupuestos de mantenimiento y están encargadas de aplicar filosofías como RCM o TPM.

Empresas en el nivel A de mantenimiento (nivel estratégico): son empresas que abarcan todo lo concerniente al mantenimiento de la empresa contratante y que incluso sirven de apoyo en la toma de decisiones estratégicas desde el punto de vista de mantenimiento.

5.1. PASO A PASO PARA APLICAR EL MODELO DE GESTION

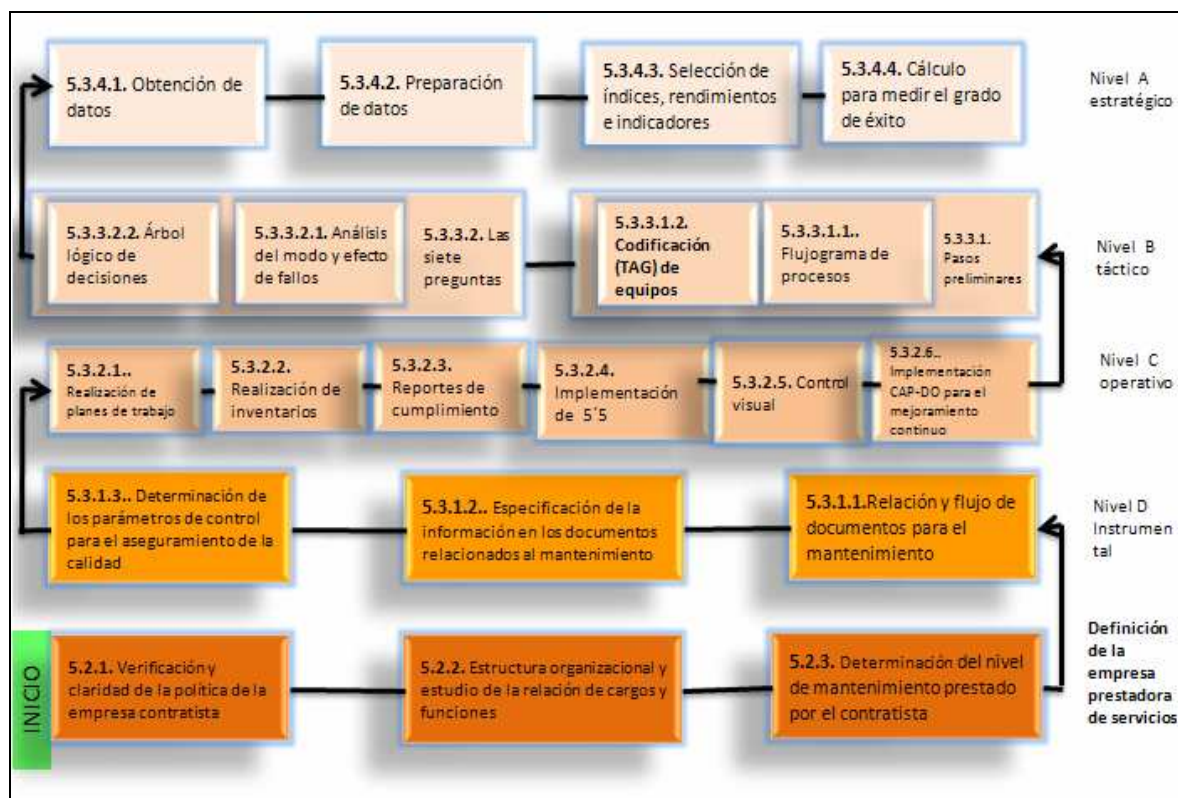
Para dar inicio a la metodología es necesario realizar jornadas de capacitación en nociones de los temas del capítulo 1 y la socialización de que es lo que se pretende para que sea un objetivo de interés común en la empresa. Luego se deben armar los grupos naturales de trabajo de acuerdo a lo recomendado en el numeral 1.1.6.

Es importante darse un tiempo para estimar los costos implícitos tanto por los tiempos requeridos del personal en los grupos de trabajo, como los costos por logística de estas reuniones.

Una vez solucionado estos puntos preliminares es importante contar con el apoyo y el compromiso de los altos directivos de las empresas tanto contratista como contratante para tener un éxito real en la implantación de esta metodología.

A continuación se indican los pasos de la metodología propuesta para este tipo de empresas.

Figura 26. Paso a Paso del modelo de gestión propuesto



5.2. DEFINICIÓN DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EN OUT-SOURCING

5.2.1 Políticas De La Empresa:

5.2.1.1. Objetivos de la Empresa

Lo primero es revisar los objetivos ya que estos dan las pautas de adonde se quiere llegar y si no están bien planteados o la empresa no los entiende, no tendremos un rumbo claro. Por esto es importante y se deben reafirmar teniendo en cuenta que se requieren objetivos estratégicos y objetivos organizacionales.

Los objetivos estratégicos se hacen con un alcance de cinco años y mínimo de tres, son de responsabilidad de la alta dirección pues estos son los encargados en señalar la línea de acción de la empresa hacia el futuro. Por esto la alta

dirección es la encargada de cambiar estos objetivos de acuerdo al entorno para que la empresa no vaya a la quiebra.

Los objetivos organizacionales son para definir como ser productivos en términos de un año y son por lo tanto objetivos más inmediatos que incluso nos llevan a acciones o tareas inmediatas en la toma de decisiones estando siempre soportados en los objetivos estratégicos. Estos objetivos deben ser desarrollados con la participación y el entendimiento de todo el personal, para garantizar su éxito.

Después de haber diseñado los objetivos y definido los recursos para lograrlos la dirección debe colocar en cada área clave al personal capaz de obtener resultados, aquellos que saben dirigir y motivar a su personal

5.2.1.2. Misión de la Empresa

Es la razón de ser de la empresa considerando sobre todo la atractividad del negocio. En la misión de la empresa se hace un análisis del macro y micro entorno que permita construir el escenario actual y posible, para que sea posible ver con mayor énfasis la condición y razón de ser de la empresa en dicho mercado.

5.2.1.3. Visión de la Empresa

Son intervenciones diseñadas para ayudar a los miembros de la organización a ver hacia el futuro, no son nuevos en el desarrollo organizacional, y se ha desarrollado un interés renovado en el uso de las intervenciones para estudiar tendencias proyectadas hacia el futuro y sus implicaciones para la organización.

La misión es un importante elemento de la planificación estratégica porque es a partir de ella que se formulan objetivos detallados que son los que guiarán a la empresa u organización

5.2.2. Organigrama Y Funciones

Para empezar a aplicar el modelo también es necesario que se tenga claridad en el organigrama y las funciones de la empresa. Por esto es necesario que los organigramas sean la representación gráfica de la estructura de una organización, en donde se pone de manifiesto la relación existente entre las diversas unidades que la integran, sus principales funciones, los canales de supervisión y la autoridad relativa a cada cargo.

En este organigrama es importante establecer como es la comunicación entre la empresa contratista dueña del organigrama y la empresa contratante a la cual se le presta el servicio.

Luego esquematice la relación de todos los cargos empezando por el cargo más alto al más bajo de la siguiente manera:

Figura 27. Ejemplo de Organigrama circular

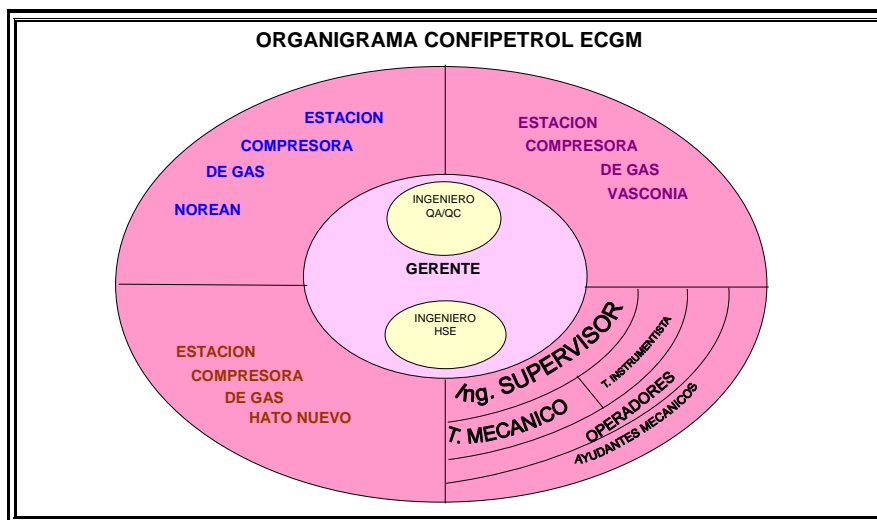
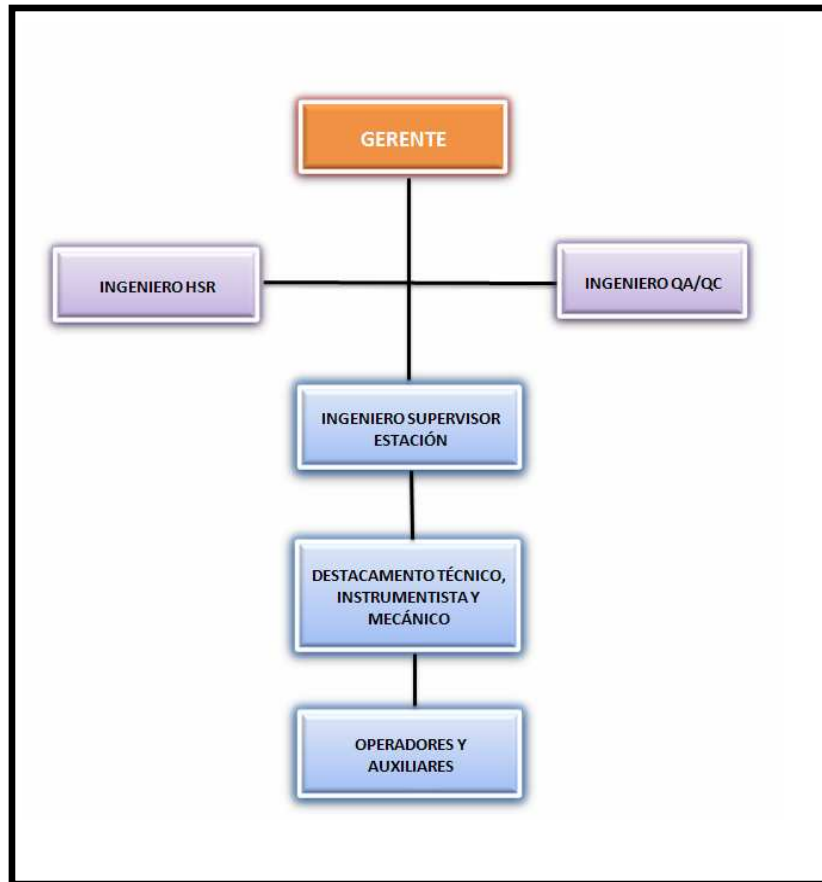


Figura 28. Organigrama Tradicional

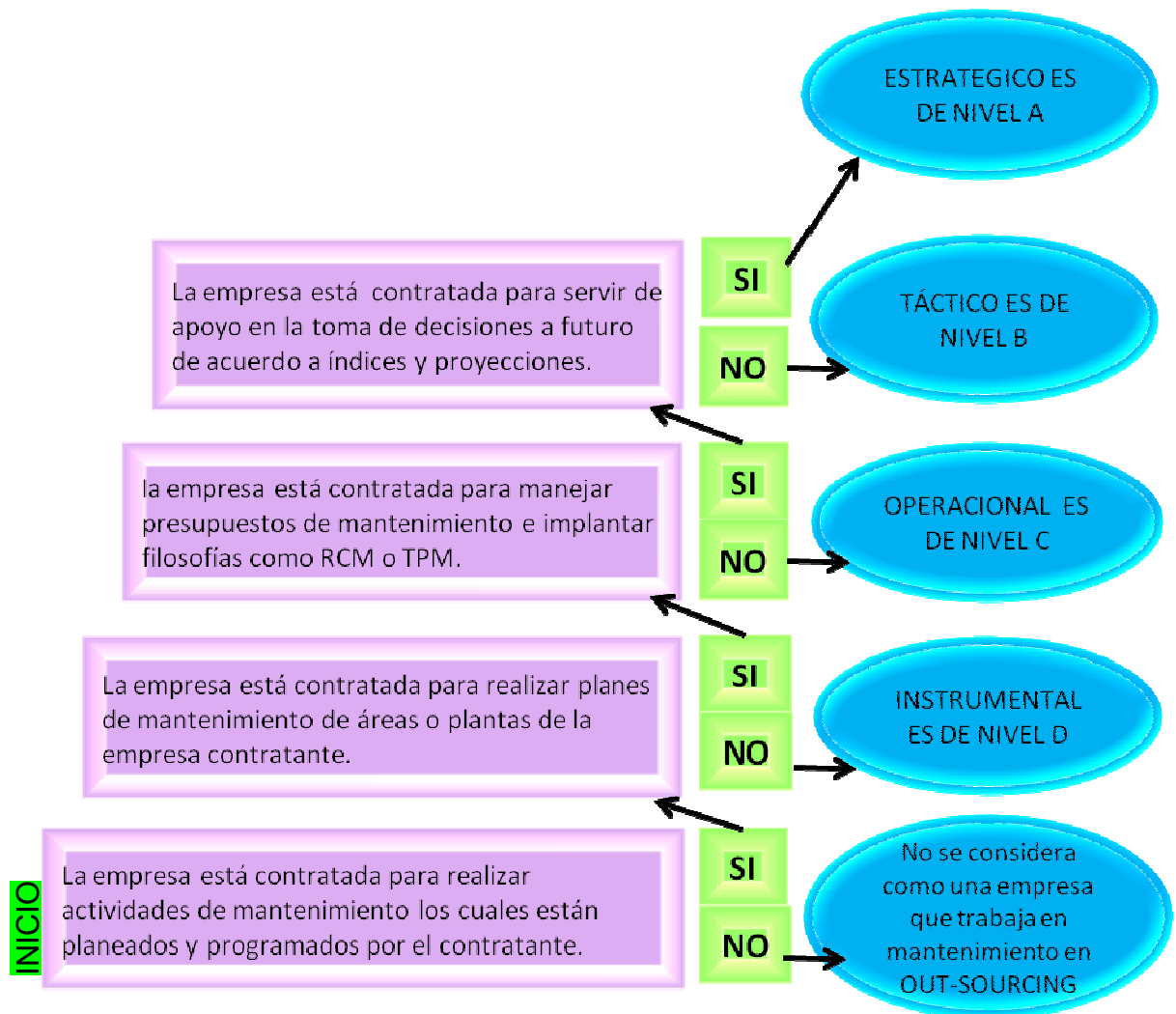


Muy seguramente se vera en la necesidad de modificar las funciones teniendo que replantear algunos puntos e incluir algunos otros. Para definen con claridad la interacción adecuada entre los cargos y su documentación.

5.2.3. Determinación del nivel de mantenimiento de la empresa contratista.

Para determinar en que nivel de mantenimiento esta la empresa a la que se le quiere aplicar el modelo se debe contestar las siguientes preguntas:

Figura 29. Diagrama para determinar el nivel de mantenimiento



El resultado de esta grafica indicara que tanto de este modelo es necesario aplicar para que sea útil al tipo de mantenimiento que ejecuta la empresa contratista.

Es importante identificar el nivel de mantenimiento para que se tenga claro el papel de la empresa contratista, y el papel de la empresa contratante. Una empresa del nivel D de mantenimiento no podrá llevar índices de confiabilidad y disponibilidad real y útil, ya que para este nivel la empresa responsable será la contratante.

5.3. NIVELES DEL MODELO PROPUESTO

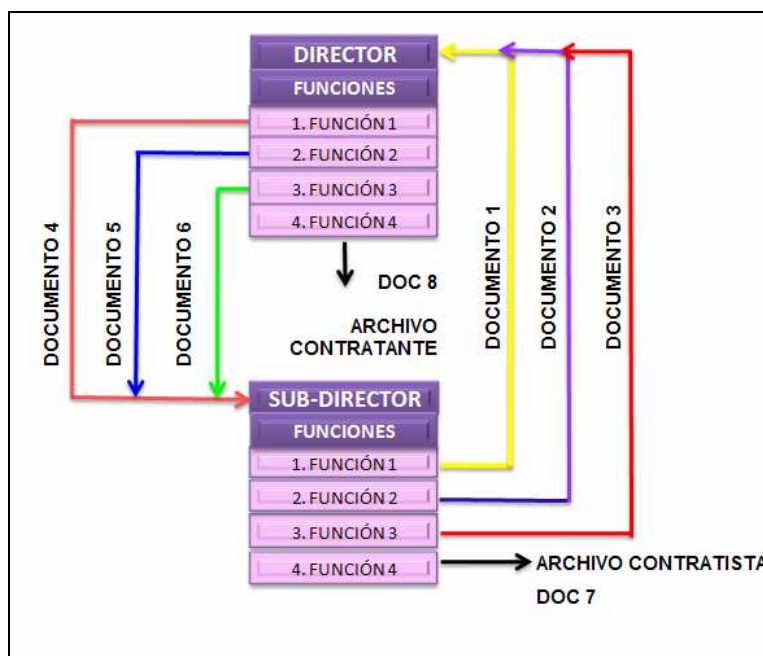
Una vez tenemos la base organizacional y claridad de que tipo de mantenimiento se esta o se va prestar, lo siguiente es aplicar los niveles del modelo que se requieran según el resultado del numeral 5.1.3.

5.3.1 Nivel D de Mantenimiento (Instrumental)

5.3.1.1. Relación y flujo de documentos para el mantenimiento

Para elaborar un diagrama del flujo de documentos en donde se establezca una comunicación documentada de toda la gestión del mantenimiento, se requiere primero establecer la relación de cada uno de las funciones de las posiciones del organigrama de manera individual y analizar si se requiere algún tipo de documento para garantizar la calidad de la gestión.

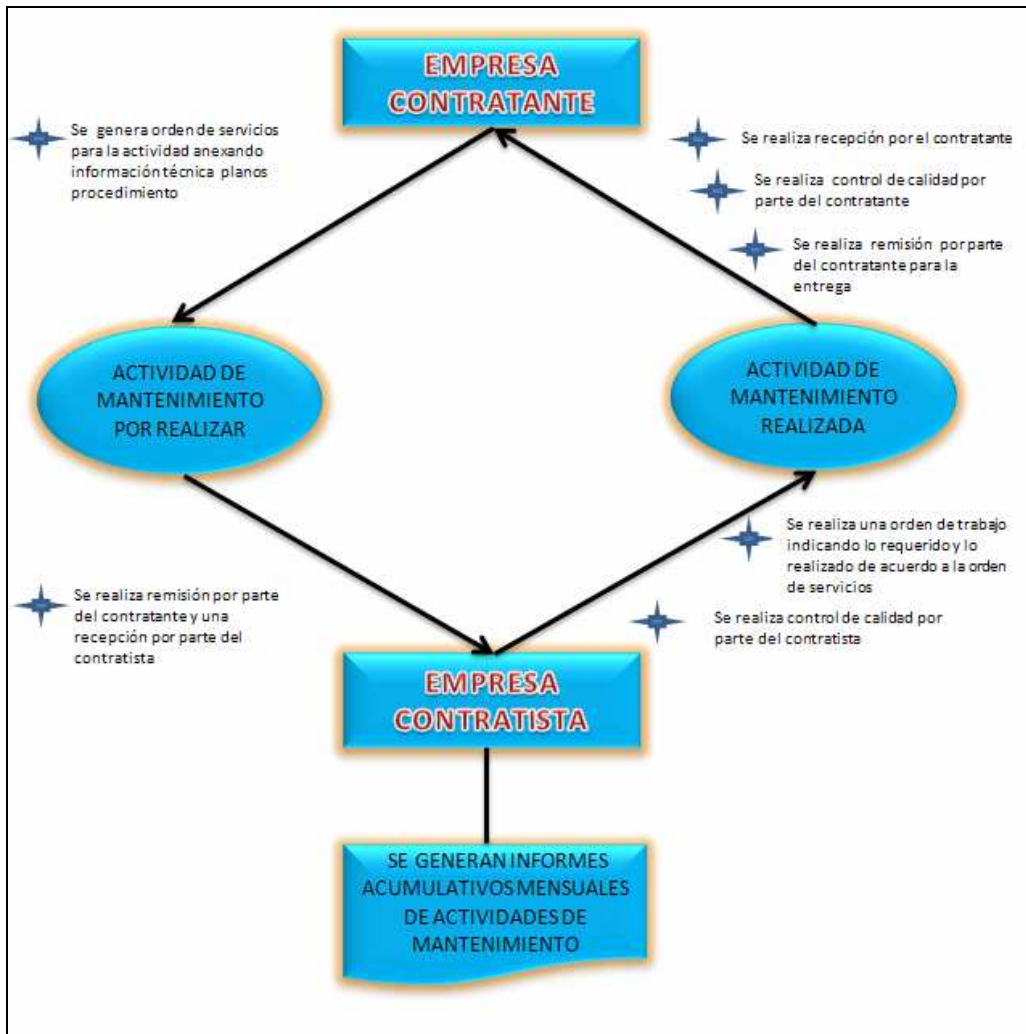
Figura 30. Relación de Funciones y documentos entre cargos de la organización



Identificada todas las relaciones entre cargos e incluso entre la empresa contratista y contratante, se puede evidenciar que tipo de información

documentada se requiere en cada caso y se puede expresar de la siguiente manera.

Figura 31. Diagrama de flujo de documentos para el nivel D de mantenimiento

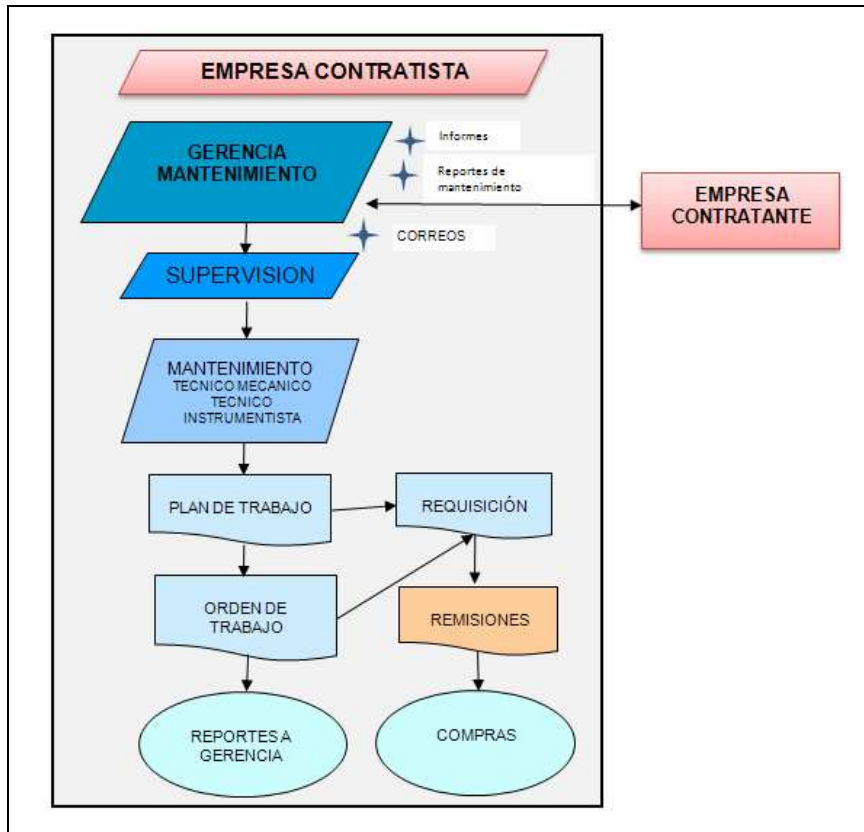


El anterior es un ejemplo típico del flujo de documentos requerido para empresas contratistas que manejan un nivel D de mantenimiento y que por tanto no participan en otra actividad mas evolucionada.

Para empresas contratistas que están en los niveles C,B y A se realiza el mismo procedimiento que el anterior, pero las relaciones son mas complejas y con otro tipo de documentación. A continuación se muestra un flujo grama de

documentos muy sencillo para una empresa contratista de nivel C de mantenimiento.

Figura 32. Diagrama de flujo de documentos para los niveles C,B y A de mantenimiento



5.3.1.2. Especificación de los documentos relacionados al mantenimiento

En este paso se requiere claridad en que es lo que se registra (los datos e información que se almacenan en el documento). Ya que en estos documentos se consignan datos o información de una manera ordenada y suficiente, para que sean útiles en la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento y no generen ruido por el volumen de datos consignados en ellos.

Los documentos más comunes son las órdenes de trabajo y los documentos de información de equipos. Para los otros documentos más específicos de cada empresa el procedimiento y las recomendaciones son las mismas.

De la figura 30 de relación de funciones y documentos se saca una lista de requerimiento o especificaciones para cada caso según corresponda. Un ejemplo de estas especificaciones del documento lo tenemos a continuación con una orden de trabajo.

5.3.1.2.1. Ordenes de Trabajo


Registro donde se documenta toda la información de las actividades de mantenimiento.

Especificaciones de contenido:

1. se debe obtener información acerca del trabajo requerido
2. se debe obtener información acerca del trabajo ejecutado
3. listar una serie de actividades pendientes en un registro de trabajo
4. listar los repuestos y herramientas requeridas para el trabajo
5. registrar las horas hombre de cada trabajo u oficio
6. registrar la hora y fecha programada
7. registrar la hora y fecha ejecutada
8. debe seguir un consecutivo por áreas y planta diferentes
9. tiempo de paro
10. código del equipo
11. tipo de trabajo
12. observaciones

Una vez estén plenamente identificadas las características del documento, se procede al diseño y la elaboración.

Figura 33. Ejemplo de Orden de Trabajo

		CONFIPETROL		CONTRATO ECG-VOT-029-06	
NIT 900.022.495-1 <small>MINISTERIO CENTRAL DE GOBIERNO</small>		ORDEN DE TRABAJO			
CONSECUTIVO:		OT-ECGM-001M-07		AUTORIZO:	
TAG		TIEMPO DE PARADA		ESTADO OT	
				ABIERTA	
FECHA PROGRAMADA		FECHA DE INICIO		FECHA DE FINALIZACION	
HORA PROGRAMADA		HORA DE INICIO		HORA DE FINALIZACION	
ESTADO INICIAL DEL EQUIPO Y ACTIVIDADES PROGRAMADAS					
ITEM	DESCRIPCION				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
ACTIVIDADES REALIZADAS					
ITEM	DESCRIPCION				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS					
ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANT	OBSERVACIONES	
1					
2					
3					
4					
5					
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS					
ITEM	DESCRIPCION	CANT	OBSERVACIONES		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
NOMBRE		CARGO	FIRMA	PENDIENTES POR REALIZAR	

5.3.1.2.2. Registro del equipo o ficha técnica del equipo

Registro de equipo que tiene la información general del equipo tratando de describirlo completamente.

Especificaciones de contenido:

1. Código
2. Nombre
3. Ubicación
4. Función
5. Centro de costos
6. Sistema al que pertenece
7. Marca

8. Modelo
9. Numero de serie
10. Proveedor
11. Catalogo o plano
12. Fecha de instalación y recepción
13. Capacidad
14. Datos dimensionales

Figura 34. Ejemplo de Registro del Equipo o Ficha Técnica

LOGO DE LA EMPRESA	REGISTRO DE MAQUINARIA Y EQUIPO			No. DE DOCUMENTO
	POLÍTICAS CERO FUGAS DE LAS MAQUINAS			No. DE CONTRATO
CODIGO:	SISTEMA:	MARCA:	CAPACIDAD:	MODELO:
NUMERO DE SERIE:	TIPO:	FECHA INSTALACIÓN:	VOLTAJE:	
DATOS MOTOR	DATOS TRANSMISIÓN, CONTROLES, EQUIPO AUXILIAR		REPUESTOS CRITICOS Y EXISTENCIAS EN EL ALMACEN	
ELABORO:	REVISO:	AUTORIZO:		

5.3.1.2.3. Hojas de Vida de Equipos

Es el registro de la recopilación de históricos de los trabajos realizados en las maquinas.

Especificaciones de contenido:

1. Código de la maquina
2. Nombre
3. Ubicación (sistema y subsistema)
4. Fecha periodo de tiempo en la que se realizo el trabajo
5. Orden de trabajo
6. Descripción del trabajo
7. Tipo de actividad. Inspección, reparación.
8. Área de mantenimiento ejecutante

9. Horas hombre
10. Repuestos utilizados
11. Observaciones

Las hojas de vida pueden ser la recopilación de todos los documentos que se han generado en las intervenciones del equipo. En otras ocasiones se puede generar un formato donde va contenido las actividades más importantes realizadas en el equipo.

5.3.1.3. Determinación de los parámetros de control para asegurar la calidad

Para asegurar la calidad en el servicio es necesario generar documentos en los que se constata que se hizo una inspección. Estas inspecciones por lo general se requiere que sean parámetros técnicos de entrega al cliente (contratante) como verificación de longitudes y ángulos por medio de planos en la entrega de equipos reparados al cliente (en el nivel D). Pero en otros casos se requiere un reporte de cumplimiento de actividades de mantenimiento de un plan de trabajo previo.

Los parámetros de control de la calidad dependerán del nivel de mantenimiento de la empresa contratista y del tipo de trabajo ejecutado. Lo importante es que se genere un documento en el que se evidencie la ejecución de los servicios donde el cliente se encuentre satisfecho.

5.3.2. Nivel de C de Mantenimiento (Operativo)

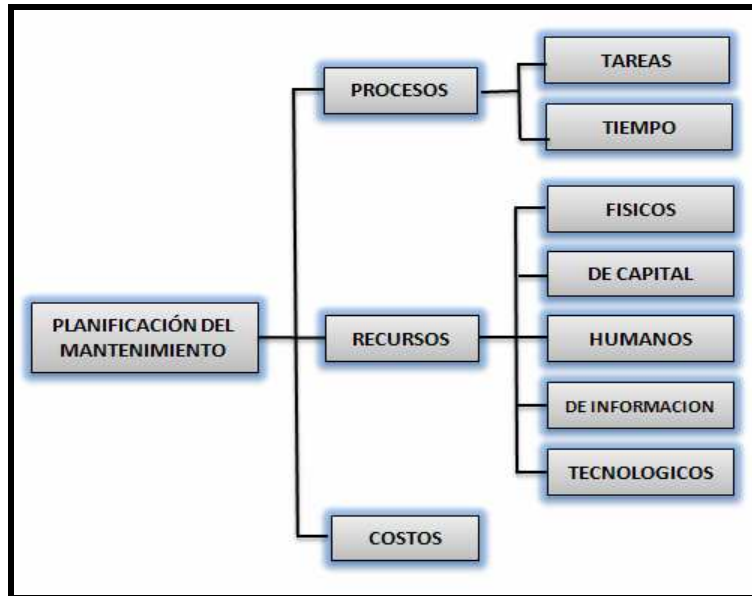
5.3.2.1. Realización de planes de trabajo para el mantenimiento

La planificación se dirige a las estrategias, los procesos y el manejo de recursos a su cargo como se aprecia en la figura 35.

Esa planificación se realiza después de ubicar el mantenimiento a realizar según criterios técnicos y económicos. Para realizar estos planes es necesario

contar con disponibilidad de recursos físicos, humanos, de capital, de información y tecnológicos.

Figura 35. Planificación del Mantenimiento



Carlos, 1992

Los procesos se refieren a la planificación de los trabajos y el orden cronológico para realizarlos. Estos procedimientos de trabajo se pueden realizar si existe información anterior.

En los procedimientos de trabajo se debe responder las siguientes preguntas: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Con qué?, ¿Por qué?, las mismas que se deben responder al evaluar los resultados.

Adoptar una forma adecuada de manejar la información pertinente, conocer en todo momento el estado de los trabajos, evaluarlos y conocer sus costos; determinando aspectos básicos para otra planificación tales como: tiempos perdidos, cantidad de paros, costos, etc.

Con estos costos se determinan prioridades y se fijan metas para mejorar los aspectos débiles tales como las actividades de mantenimiento, la operación de los equipos y su ubicación adecuada.

Estos aspectos y el diagnóstico logrado implica una estructura de información flexible y completa.

Planificación a largo y mediano plazo: Ligada con los presupuestos de ventas y producción de la empresa y dependiente de los mismos; los periodos de tiempo con los cuales se fijan las metas, dependen de los cambios de producción y/o renovación del personal; son realizados por personal técnico administrativo de todas las áreas y presentado para decisiones a nivel gerencial.

Los principales factores a tener en cuenta en esta planeación son:

a. Recursos Físicos: Es necesario definir si el equipo usado en el momento es demasiado antiguo, si su uso a rebasado los límites normales y si tiene algunas modificaciones que en su momento fueron positivas pero ahora dificultan el mantenimiento y el inventario de partes necesarias; todos estos datos permitirán realizar un programa de cambio y renovación de equipos, teniendo presente además las necesidades de espacio y traslado en un futuro, para minimizar estos últimos pues causan traumas y paros que se deben anticipar con suficiente anterioridad.

b. Recursos Humanos: La preparación de planes de aprendizaje y enganche para readiestrar al personal antiguo e integrar al personal nuevo para que cumpla con las necesidades de los nuevos y rápidos cambios tecnológicos.

c. Ingeniería y Administración: La preparación de los ejecutivos debe ser elaborada y proyectada y debe corresponder a los planes de crecimiento y tecnificación de la planta; el aumento de la calidad del personal administrativo es un esfuerzo de toda la gestión de mantenimiento.

d. Información: El diseño de un sistema de información veraz, accesible y rápido posibilita la evaluación periódica de los planes de trabajo.

Planificación a corto plazo: Comprende lapsos de uno a dos años generalmente y se realiza bajo la administración del área de mantenimiento para ser aprobado por la gerencia de planta, se asocia con el presupuesto anual, planes bienales y trienales. Los recursos físicos se requiere a la instalación de nuevos equipos y como cada uno es una situación nueva se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: equipos para transporte e instalación, necesidades de instalación de servicios de ventilación, planos, personal necesario, herramientas, necesidades de contratistas, adiestramiento del personal, visita a usuarios e intercambio de experiencias, necesidades de repuestos, paros de producción, retiro de equipos existentes y seguridad de la instalación.

En lo que respecta a los recursos de información, humanos y administrativos su planeación debe estar enmarcado en los planes a largo plazo fijados con anterioridad.

Trabajo cíclico: Se refiere a los paros periódicos de la maquinaria y al mantenimiento de los edificios con labores tales como: pintura, reparación en calderas, hornos; todas estas reparaciones y labores se deben programar con anterioridad para preparar los recursos humanos y físicos necesarios con la participación de los operarios, supervisores, ingenieros y el director de mantenimiento.

Mantenimiento sistemático: Los planes de mantenimiento sistemático se establecen por frecuencias semanales, mensuales, trimestrales, y se deben ajustar a la planeación a corto plazo coordinándose con los otros proyectos de la empresa para minimizar la interferencia con la producción; un buen programa que es flexible y a la vez controla su desarrollo. El trabajo cíclico y las nuevas instalaciones serán un buen soporte para llevar acabo el plan de trabajo a largo plazo.

Planificación del trabajo cotidiano: Debe realizarse con eficiencia y rapidez, para lo cual es necesario un buen criterio e información logrando mejorar el

rendimiento con el beneficio de un buen control del desempeño general y la buena marcha de la planeación a corto y mediano plazo, todo con el soporte de un ágil sistema de comunicación e información.

La planificación se debe dirigir a mejorar el rendimiento del personal disminuyendo los viajes a verificar, conseguir herramienta, informar al supervisor, etc., lo cual según resultados típicos en un área de mantenimiento es del orden del 60%, es decir el 40% de rendimiento; las actividades ordinarias deben planearse y supervisarse y es necesario evaluar si el supervisor puede planear o si el encargado de planear puede supervisar; de no ser así se puede conformar un equipo que coordinadamente maneje los dos aspectos. (Carlos,1992,.63)

5.3.2.2. Realización del inventario

Las herramientas, repuestos e insumos son los elementos básicos para llevar a cabo las tareas correctivas o proactivas de mantenimiento, deben acomodarse a la estrategia y táctica seleccionada por el contratante o contratista dependiendo del nivel de mantenimiento. Su manejo debe ser coherente con la política general de gestión y manejo de inventarios

La utilización de un sistema o metodología que permita administrar y controlar el manejo de los insumos, y las materias primas de mantenimiento se considera como un instrumento avanzado de mantenimiento, ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros en la gestión y operación del mantenimiento, como también se logran las mejores logísticas del mantenimiento.

Para determinar la cantidad óptima de pedido se puede realizar el modelo simple de evaluación de COP de F.W. Harris, para determinar el tamaño del pedido de reposición que minimizara la suma de los costes de inmovilizado y de renovación de stocks. El tratamiento mas simplificado es el siguiente.

Los stocks se renuevan a intervalos regulares, pudiéndose considerar el plazo de entrega L entre el periodo y su recepción, no permitiéndose a demás que los stocks queden en negativo. Se supone que la demanda es constante a la velocidad q por unidad de tiempo.

Si consideramos que:

R = cantidad de reposición

a = costo del pedido

b = costo de inmovilizado por item de stock por unidad de tiempo

Costo total esperado por unidad de tiempo= C

Stock promedio= $R/2$

Costo del inmovilizado promedio por unidad de tiempo= $Rb/2$

Nº de pedidos de reposición por unidad de tiempo= q/R

Costos de reposición por unidad de tiempo= qa/R

Por lo tanto el costo total por unidad de tiempo es $C=(qaR+Rb/2)$

Para encontrar la R en la que el C sea mínimo se tiene.

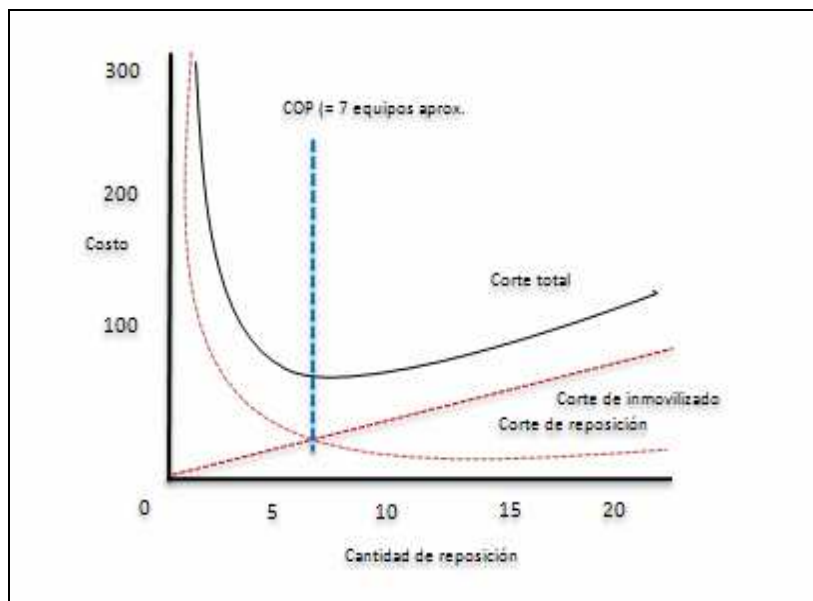
$$dC/dR=-(qa/R^2)+(b/2)=0$$

Es decir que la **COP** es.

$$R = (2qa/b)^{1/2}$$

Un ejemplo grafico se encuentra en la figura 36

Figura 36. Grafica de evaluación del COP



A. Nelly, 1997, 100

5.3.2.3. Reportes de cumplimiento

Los reportes del personal técnico, supervisor o jefaturas contemplan la descripción de actividades, tiempos de ejecución, nombre de la persona que las realizo, clave del equipo intervenido y algunas observaciones importantes.

El reporte del personal técnico debe ser conciso, como si fuera un telegrama, considerando que debe existir una historia clínica de cada equipo y esta se interpretará con facilidad desde un principio; mas si los datos se están registrando en un programa de computadora. Si le metemos basura, basura obtendremos, por tanto, este tipo de reportes no deben tomarse a la ligera y deben revisarse diariamente, para que siempre lleven el mismo estilo y criterio, hasta hacerse un hábito de trabajo y de máxima utilidad.

El reporte del supervisor debe ser mas detallado, y debe contener los aspectos mas relevantes que involucren a su jefe inmediato, pues el como responsable tomara acciones a seguir por el personal a su cargo, en cada una de la hojas clínicas de los equipos correspondientes. No todo lo que se reporta es necesario que obre en los expedientes, solo aquellos que realmente aporten un beneficio o una tendencia que nos lleve a tomar acciones definitivas para evitar

repeticiones en fallas subsecuentes. Por este motivo es necesario que el supervisor o encargado en el campo revise periódicamente las anotaciones vaciadas y retroalimente a su personal las acciones correctivas, tanto en la manera de elaborar un reporte, como en las soluciones definitivas sobre cada uno de los equipos cuando las fallas se presenten. Por ejemplo

Elevador de carga: No eleva. Manguera rota hid. Se instala nueva

Generador de vapor: No enciende. T. ing. abierto. se instalo nuevo

Analice la manera en que se escriben, incluso la fecha de ejecución, pues esta debe ser fácil de ajustar en un sistema, y la ordenación en un reporte, en caso de que sea necesario, se presente nítido.

Estos son los reportes del personal técnico sobre la ejecución directa de los equipos y debe realizarse diariamente.

En cambio, el reporte del supervisor debe ser semanal o mensual y su contenido debe ser diferente, ampliando las anotaciones relevantes, nuevas instalaciones, soluciones y correcciones definitivas, consumo de combustible energía eléctrica, etc, con la finalidad de evitar repeticiones, excepto cuando sea necesario para enterar a sus superiores. Para que el supervisor complete datos precisos dentro de su reporte debe establecer rutinas a equipos e instalaciones.

Al principio no quiera capturar todo lo que exista, pues tal vez el personal con el que cuenta no sea suficiente, pero se es necesario que inicie con algo y lo organice de manera congruente. Hay rutinas que deben realizarse diario, otras cada semana y otras mensualmente; en cada una se especificara la fecha y hora en que debe realizarse, el nombre del técnico que la realizo, y durante la ejecución analice los tiempos reales, para aumentar su eficacia y valorar si efectivamente sirve. Si es lo contrario cambie inmediatamente de estrategia, pues es tiempo perdido; por eso es necesario que en toda las acciones que se

implementen se transmitan los resultados también al personal operativo para mejorarlos. (Trillas, 2000,29)

5.3.2.4. Implementación de 5S's

Para implementar las 5's se requiere que se enumere cada una de las áreas de cada una de las plantas o secciones en las cuales se piensa implementar 5S's para luego asignar responsabilidades en la implementación (ver numeral 1.2.1).

Una plantilla para la implementación de 5S's es la que se muestra en la figura 37.

Figura 37. Formato de Implementación de las 5S's

LOGO DE LA EMPRESA		FORMATO IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S's				No. DE DOCUMENTO
		PLANTA 1				No. DE CONTRATO
ITEM	AREA	SEIRI (DESALOJAR)	SEITON (ORGANIZAR)	SEISO (LIMPIAR)	SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	SHITSUKE (DISCIPLINA) No. CHECK LIST
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
ELABORO:			REVISO:		AUTORIZO:	

5.3.2.5. Control visual

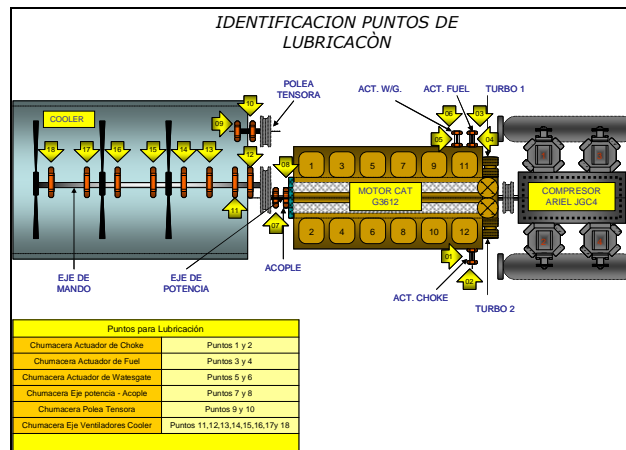
Control visual hace parte de TPM y es utilizado para que la información de la empresa llegue más fácil y clara (ver numeral 1.2.2.).

Unos de los puntos que sugiere el control visual de la filosofía TPM es:

Marcación de áreas: consiste en delimitar cada una de las áreas de mantenimiento o de la planta, estas deben demarcar cuando empieza un área y cuando termina otra; y que mantenga el espacio suficiente para los trabajos rutinarios correspondientes a cada área.

Cartelera instructivo en pasillos de la planta: estas carteleras pretenden tener informado a todo el personal con respecto a los niveles de éxito (índices) o las noticias mas importantes que deban saber todo el personal que habitualmente pasan por estos corredores. La idea de estas carteleras es que sean fáciles y rápidas de leer. Un ejemplo de estas carteleras se muestra en la figura 38 con un diagrama para identificar los puntos y el orden de la lubricación de una unidad compresora.

Figura 38. Cartelera Instructivo



Tarjetas de recordación: el fin de estas tarjetas es recordar en la maquina algún aspecto importante que no se deba pasar por alto para el personal de la planta o para algún grupo en especial. Ejemplos de esto son las tarjetas de bloqueo de las maquinas, tarjetas para indicar que se encuentran en mantenimiento o tarjetas para indicar alguna falla para corregir en la maquina. En la figura 39 se muestran tarjetas de bloqueo de maquinas y unas tarjetas útiles para recordar a cada disciplina de mantenimiento que la maquina tiene algunos pendientes.

Figura 39. Tarjetas de Recordación



Señalización: en la planta también se pueden ubicar señalizaciones que ubique al personal de mantenimiento y operaciones en subrutinas diarias semanales y mensuales, ejemplo de esto son la marcación de maquinas y controles de maquina, instructivos de mantenimiento de manera grafica en la maquina, señales de advertencia y peligro y de cualquier otra señal grafica y rápida de leer en la planta o maquina.

5.3.2.6. Implementación de CAP-DO para el mejoramiento continuo

La idea de esta metodología es la de mejorar por medio de un ciclo parecido al de mejoramiento continuo (planear- Hacer- verificar –actuar) pero en cap-do se propone que se cambien el orden de estos pasos cíclicos y se empiece por chequear, analizar, planear y finalizar por hacer. Cap-do propone este orden debido a que siempre se parte de algo que ya esta funcionando y de unos objetivos claros a los que se quieren llegar.

Para implementar la mejoras se deben realizar reuniones con el personal de la planta para realizar una lista de aspectos a mejorar en la planta y ordenarlos por medio de un pareto y ordenados de mayor importancia a menor importancia y divididos por disciplinas.

Una plantilla para la aplicación de esta metodología se muestra en la figura 40.

Figura 40. Formato Implementación CAP - DO

LOGO DE LA EMPRESA		FORMATO CAP - DO			No. DE DOCUMENTO
		POLÍTICAS CERO FUGAS DE LAS MAQUINAS			No. DE CONTRATO
OBJETIVO O POLITICA A MEJORAR:		EQUIPO O SISTEMA:	FECHA:	AREA:	RESPONSABLE
ITEM	CHEQUEO	ANALISIS	ACCIONES (DO)	OBSERVACIONES	ANEXOS
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
ELABORO:		REVISO:		AUTORIZO:	

5.3.3. Nivel B de Mantenimiento (Táctico)

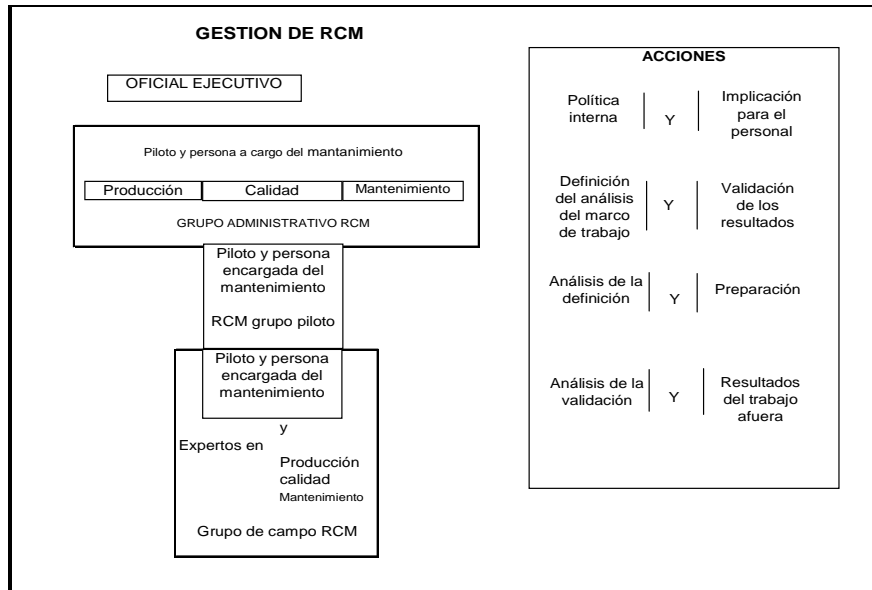
5.3.3.1. Pasos preliminares para el RCM

Lo primero en este paso es capacitar al personal en la utilización de herramientas de análisis de fallas y de los árboles de decisión, junto con lo documentado en el capítulo uno de esta monografía y tener el conocimiento del funcionamiento de los sistemas y equipos de la planta. Posteriormente delegar funciones y responsabilidades en las actividades para la implementación de los pasos siguientes.

Para garantizar un compromiso y un cumplimiento medible de la implementación de este paso del modelo de gestión se requiere preparar cronogramas de actividades, de acuerdo a las necesidades y limitaciones del personal implicado.

Para la selección del personal implicado en este paso y para la determinación de funciones se debe tener en cuenta el numeral 5.2.1.1. y la figura 30.

Figura 41. Actividades del personal implicado

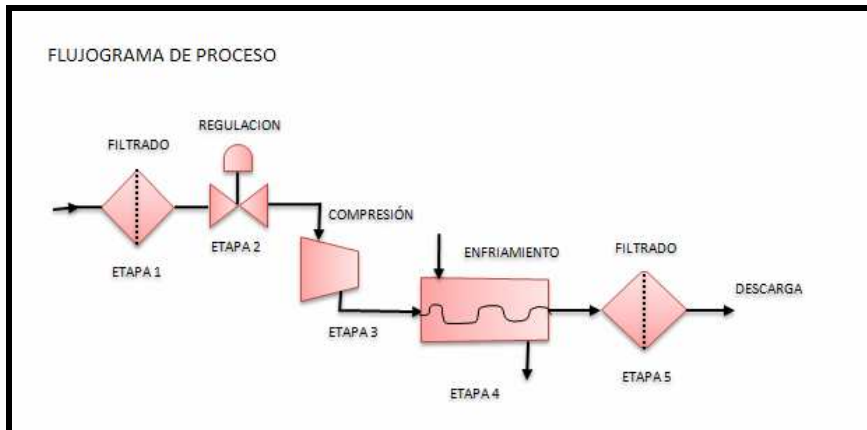


Containa,2000,35

5.3.3.1.1. Flujo-grama de Proceso

Para poder realizar los análisis de RCM se necesita un flujo- grama de proceso de la planta. Según su complejidad se elaborará uno general y otros detallados para cada una de las áreas o sistemas. Un ejemplo sencillo de este flujo grama se muestra en la figura 42. Con este flujo grama estaremos listos para codificar los equipos y elementos en la planta.

Figura 42. Flujo-grama de proceso



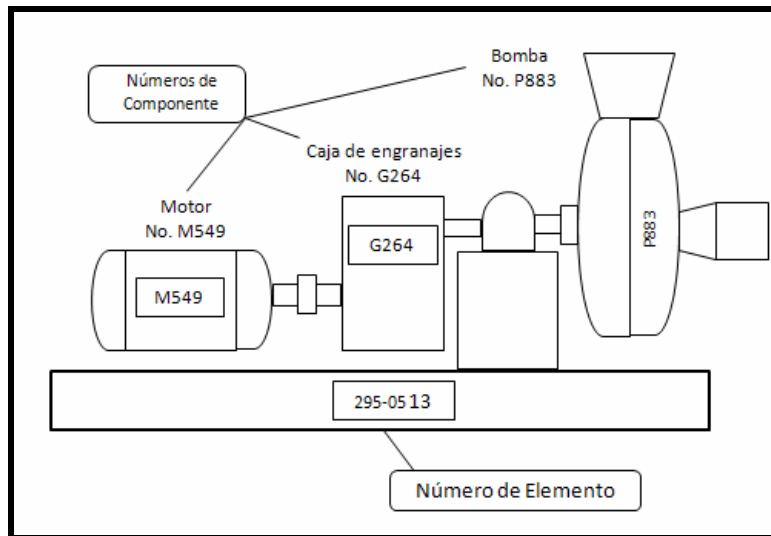
5.3.3.1.2. Codificación de equipos (TAG)

Los sistemas jerárquicos se basan en las unidades y elementos. Sin embargo mucha gente cree que los componentes también deberían estar numerados. Incluso algunos registros están basados exclusivamente en los números de componentes.

La numeración de componentes significa en esencia que a cada componente se le da su propio número el cual permanece con él por toda su vida útil. Ese número no cambia si el componente se traslada a otro lugar.

Por ejemplo, cuando una bomba es accionada por un motor mediante una caja de engranaje, a la bomba se le da un número, al motor otro número y a la caja de engranajes otro número. (notar que el conjunto entero es considerado como un solo elemento en un sistema jerárquico de numeración). Los números del componente están fijados directamente a cada uno de ellos, de modo que si falla la bomba se la sustituye por una bomba con un número diferente. Esta se ilustra en la figura 43

Figura 43. Numeración de Componentes



Aladon, 1998, 3

5.3.3.2. Las siete preguntas

5.3.3.2.1. Análisis del modo y efecto de fallos

Tabla 8. Las cinco primeras preguntas del RCM

PREGUNTAS PARA APLICAR EL ANÁLISIS DEL MODO DE EFECTO DE FALLAS (Consecuencias)		
1	¿Cuales son las funciones del activo?	Funciones y criterios de funcionamiento
2	¿De que forma fallo?	Fallos funcionales
3	¿Qué causa el fallo?	Modo de fallos
4	¿Que sucede cuando hay fallo?	Efectos de los fallos
5	¿Qué ocurre si fallo?	Consecuencias de los fallos

Para contestar estas preguntas es necesario llevar un formato que documente este proceso. En la figura 44 tenemos un ejemplo de cómo es este tipo de formatos. Y para su diligenciamiento es necesario remitirse al numeral 1.1. y continuar con este paso de la metodología de gestión.

Figura 44. Hoja 1 Trabajo de Información RCM

LOGO DE LA EMPRESA		HOJA 1 TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM			No. DE DOCUMENTO	
					No. DE CONTRATO	
ELEMENTO:		CODIGO DEL ELEMENTO:			HOJA:	
COMPONENTE:		CODIGO DEL COMPONENTE:			DE:	
ITEM	FUNCION	FALLOS FUNCIONALES		MODO EFECTO DE FALLOS		EFFECTO DE LOS FALLOS
REALIZO:			REVISO:			AUTORIZO:

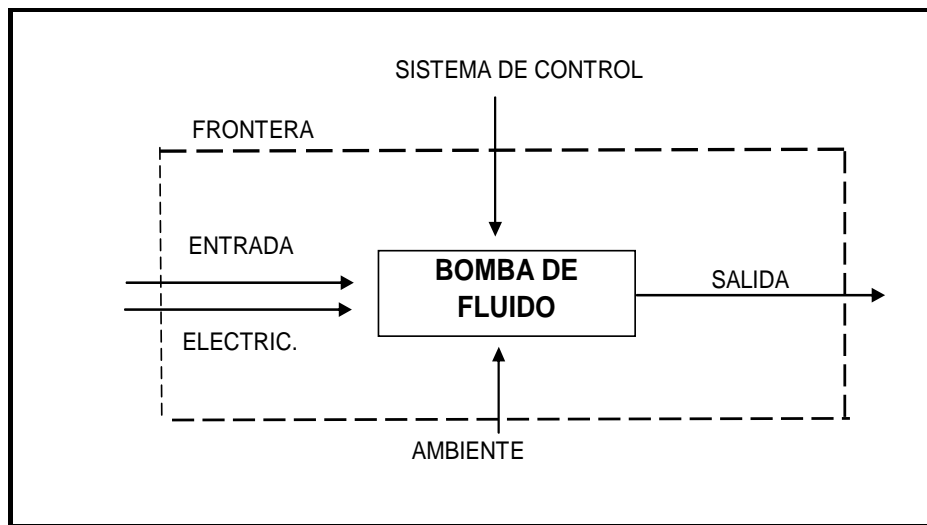
Luego de codificado los equipos y realizado los flujo-gramas de proceso, se debe realizar la identificación de los limites físicos de los sistemas.

La identificación de los límites físicos de un sistema es un paso muy importante en el cual se asegura que todos los componentes que pueden tener un impacto en la operación de un sistema queden evaluados para establecer las potenciales acciones preventivas requeridas e identificar sus relaciones con otros sistemas (Rausand, 1998, 9)

La descripción funcional se hace más importante a medida que la subdivisión de estas funciones muestra coincidencia en la práctica con los elementos que conforman el sistema, pues al llegar a este punto, las descripciones funcionales pueden ser objeto de generalización y de una abstracción mayor de los términos enunciados (Moubray, 1992, 41)

La identificación de los límites físicos de los sistemas se empieza con la planta en general y luego se va subdividiendo para determinar toda la planta. La figura 45 muestra un ejemplo de frontera de una bomba.

Figura 45. Diagrama esquemático de frontera de una bomba

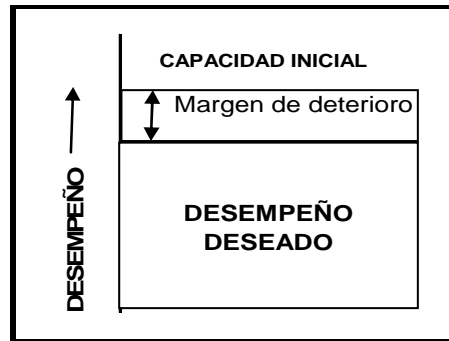


Rausand,1998,8

Los estándares de funcionamiento asociados con la función son: uno es la prestación deseada del elemento (lo que queremos que consiga) y dos es la fiabilidad inherente o capacidad de diseño (lo que es capaz de conseguir). En cuanto a este último es importante reconocer que la fiabilidad inherente de cualquier elemento está determinada por su diseño y por la manera en que se fabrique, y ninguna forma de mantenimiento puede producir una fiabilidad superior a la que está inherente en su diseño (Aladon, 1998)

Los dos tipos de desempeño mencionados deben conocerse, el de construcción y el mínimo que el usuario estaría dispuesto a aceptar, este último se debe incorporar en el registro de funciones (SAE JA 1012, 2002, 13).

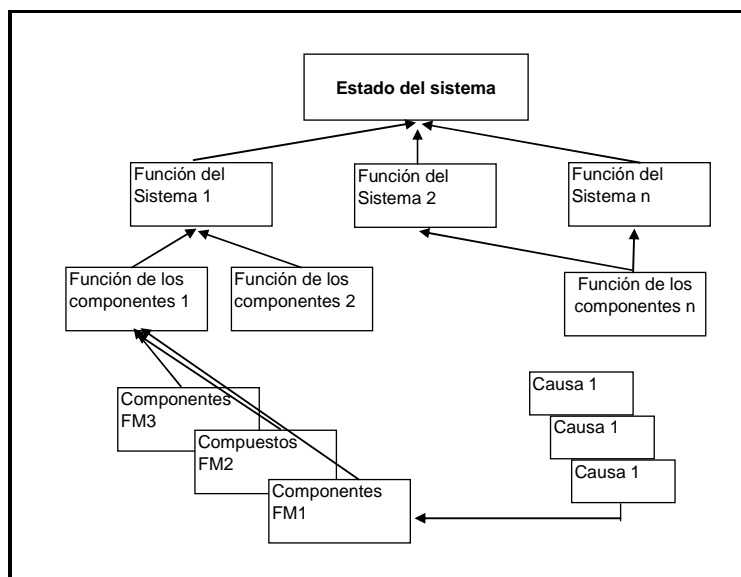
Figura 46. Margen de deterioro



SAE JA1012, 2002,12

Los modos de fallas describen el modo en que un sistema, componente, producto o proceso puede fallar para desempeñar su función deseada (especificaciones de diseño o requerimientos de desempeño). Una válvula puede estar atascada por falla de lubricación, en este caso la falla funcional es “falla al abrir” pero el modo de falla es carencia de lubricación, para esta falla funcional pueden existir muchas otras causas. Las relaciones entre estas y el sistema pueden ser ilustradas en la figura 47 (Esreda, 2001, 33)

Figura 47. Funciones del sistema



Esreda,2001,33

Para determinar la criticidad, una vez trabajado en el análisis de los modos y efectos de falla (FMEA de sus siglas en ingles) se puede determinar la

criticidad de estos activos (FMECA de sus siglas en ingles análisis del modo y efecto de fallas criticas). Una forma sencilla de determinar la criticidad es realizar un listado por orden de criticidad de los efectos de los fallos. Pero para puede continuar se debe entender como hallar esta criticidad de una manera matemática para poderlas ordenar.

Criticidad = (la frecuencia de la falla) x (la consecuencia de la falla)

Para la consecuencia de la falla se debe realizar una tabla en la que se le de un valor de 0 a 100 según sea las consecuencias de medio ambiente, seguridad o dependidas económicas. Luego de este ejercicio se podrá calcular la criticidad y ordenar de mayor importancia a menor importancia para poder tomar decisiones del tipo de mantenimiento y los recursos a emplear.

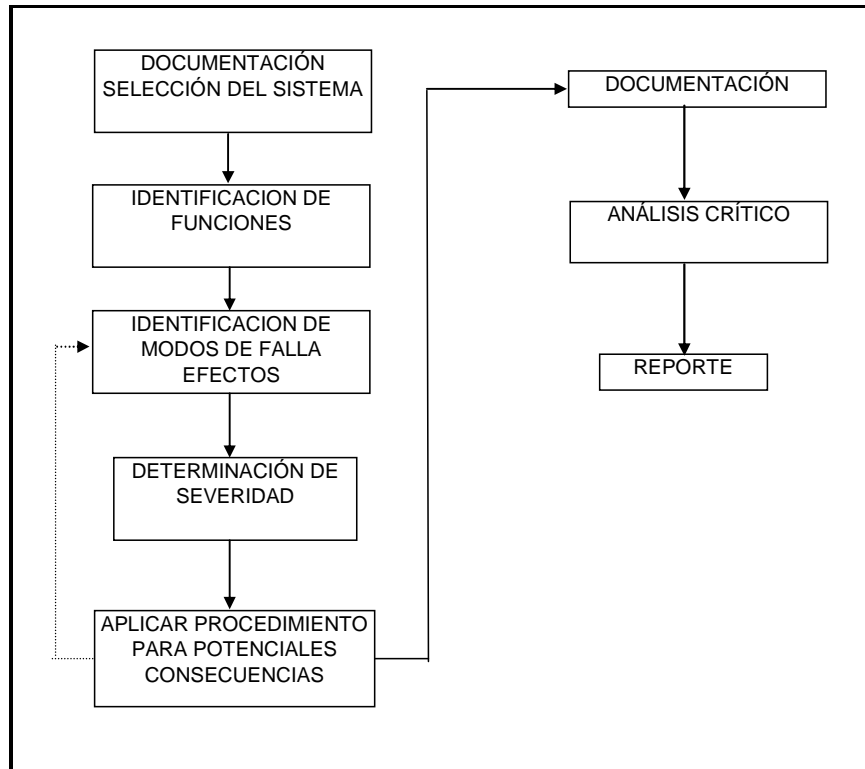
“Una definición de la locura está haciendo las cosas que importan lo más menos posible, a expensas de qué materias más.” (Anónimo)

Todos los activos tienen un número de formas de fallar e influyen de manera directa en el uso de estos activos.

Es necesario priorizar el nivel de importancia de los sistemas a analizar de aquí en adelante, teniendo en cuenta las fallas que afecten la seguridad, consecuencias ambientales, perdidas de producción y perdidas por mantenimiento como primer lugar. En segundo lugar esta la complejidad del sistema.

El árbol lógico de decisiones a seguir es el mostrado en la figura 48

Figura 48. Árbol de decisión para la selección de sistemas significativos



MIL 2173, 1986, 18

5.3.3.2.2. Árboles lógicos de decisión

En este paso se decidirán las acciones a tomar contestando las dos preguntas finales y ayudándose los árboles de decisión. Estas preguntas son las mostradas en la tabla

Tabla 9. Las dos últimas preguntas del RCM

PREGUNTAS PARA APLICAR LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN (Actividades)		
6	¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?	Tareas preventivas
7	¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos?	Acciones a "falta de"

Para documentar estas respuestas se puede tomar como guía el siguiente formato en la figura 49 en el que se puede registrar:

Referencia de información: F(código de la función); FF (código de fallo funcional); FM (código del modo de fallos) estos datos se originan en la hoja 1 trabajo de información de RCM figura 44.

Evaluación de las consecuencias: en esta columna se escribe la consecuencia o consecuencias que pueden surgir con respecto a la función del activo. H (medio ambiente); S (seguridad); E (económicas); O; (operacionales).

Tareas propuestas: en esta columna se documenta cada una de las actividades de mantenimiento, de acuerdo al código d falla.

Frecuencia inicial: en esta columna se consigan las frecuencias iniciales para realizar las actividades de mantenimiento propuestas en la columna anterior.

A realizar por: en esta columna de escribe quien es el responsable de ejecutar la tarea de mantenimiento para el modo de fallas.

Otras celdas: las demás corresponden a información importante para garantizar la calidad en la gestión del proceso.

Figura 49. Hoja No. 2 Trabajo de Decisión de RCM

LOGO DE LA EMPRESA		HOJA No. 2 TRABAJO DE DECISION DE RCM						No. DE DOCUMENTO	
								No. DE CONTRATO	
ELEMENTO:		CODIGO DEL ELEMENTO:						HOJA:	
COMPONENTE:		CODIGO DEL COMPONENTE:						DE:	
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	FM	H	S	E	O			
REALIZO:			REVISO:				AUTORIZO:		

La idea de proponer tareas de mantenimiento preventivo (antes de falla) es la de eliminar o reducir las consecuencias de fallo. Por esto solo vale la pena

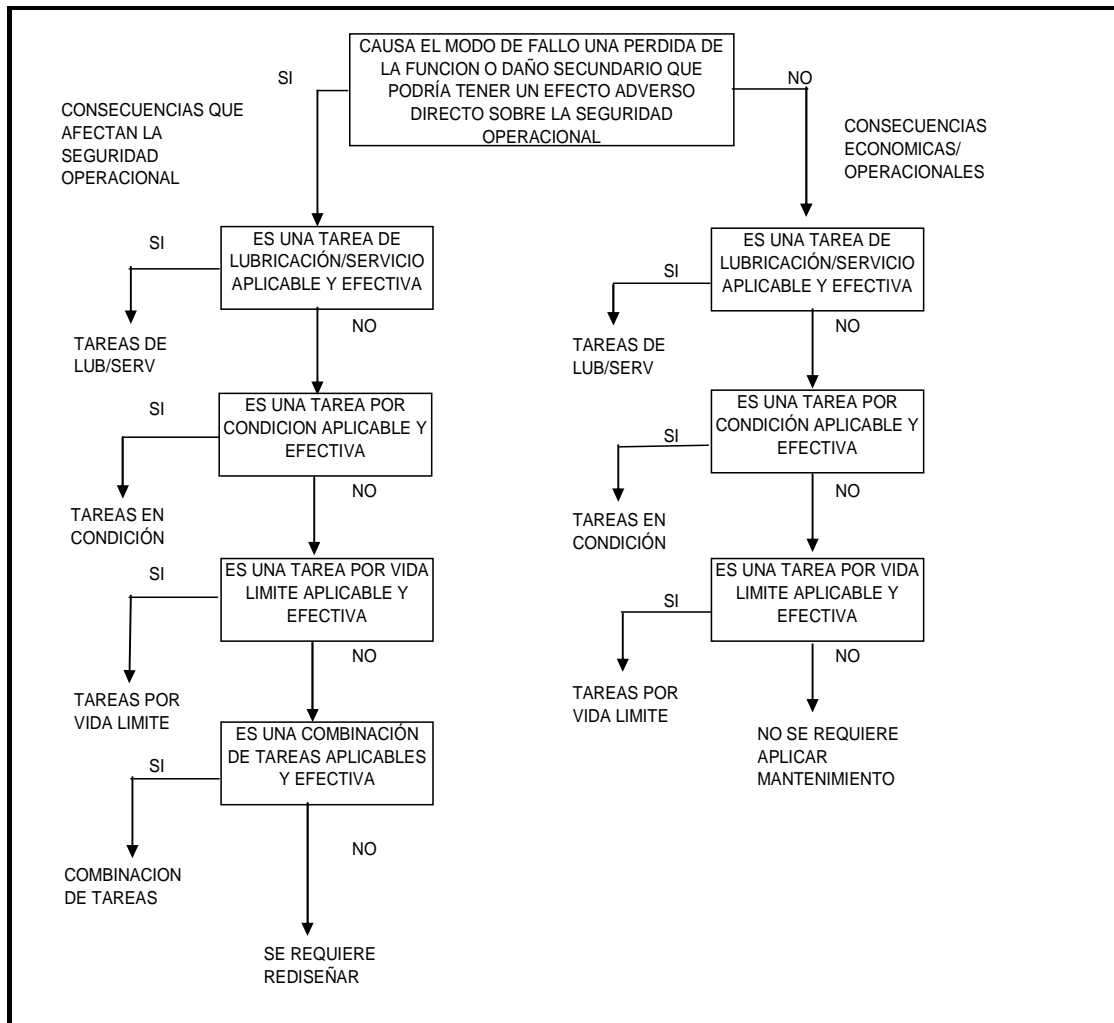
realizar la tarea de mantenimiento preventivo si se hace frente a las consecuencias de fallo que se pretende evitar.

Para la selección de estas tareas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Si el fallo es oculto, la tarea debe garantizar la disponibilidad precisa para reducir a un nivel aceptable el riesgo de un fallo múltiple. Si no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada, la acción inicial “a falta de” es implementar un sistema de búsqueda de fallos.
- b) si el fallo implica consecuencias que afectan a la seguridad o el entorno, la tarea debería reducir a un nivel bajísimo el riesgo de fallo (o incluso eliminarlo totalmente). Si no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada, la acción “a falta de” es proceder al rediseño.
- c) Si el fallo supone consecuencias operacionales o no operacionales, el coste total de realizar la tarea preventiva a través de un periodo de tiempo debe ser mas bajo que el coste de no realizarlo. Si no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada, la acción inicial “a falta de” es de no realizar ningún mantenimiento cíclico. (Aladon, 1998, 1)

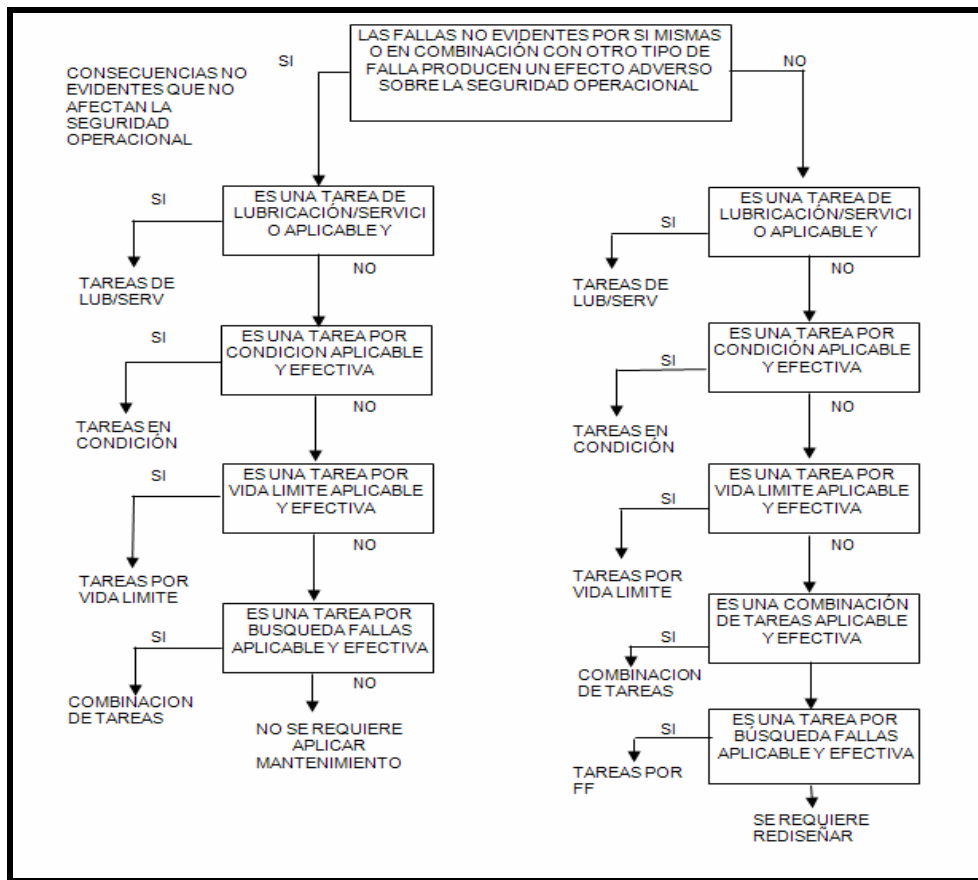
Para la toma de decisiones y contestar las dos preguntas finales de RCM se siguen los árboles de decisión que se muestran a continuación en las figuras 50 y 52.

Figura 50. Diagrama de decisión para la selección de tareas 1



Mil 2173,1986,22

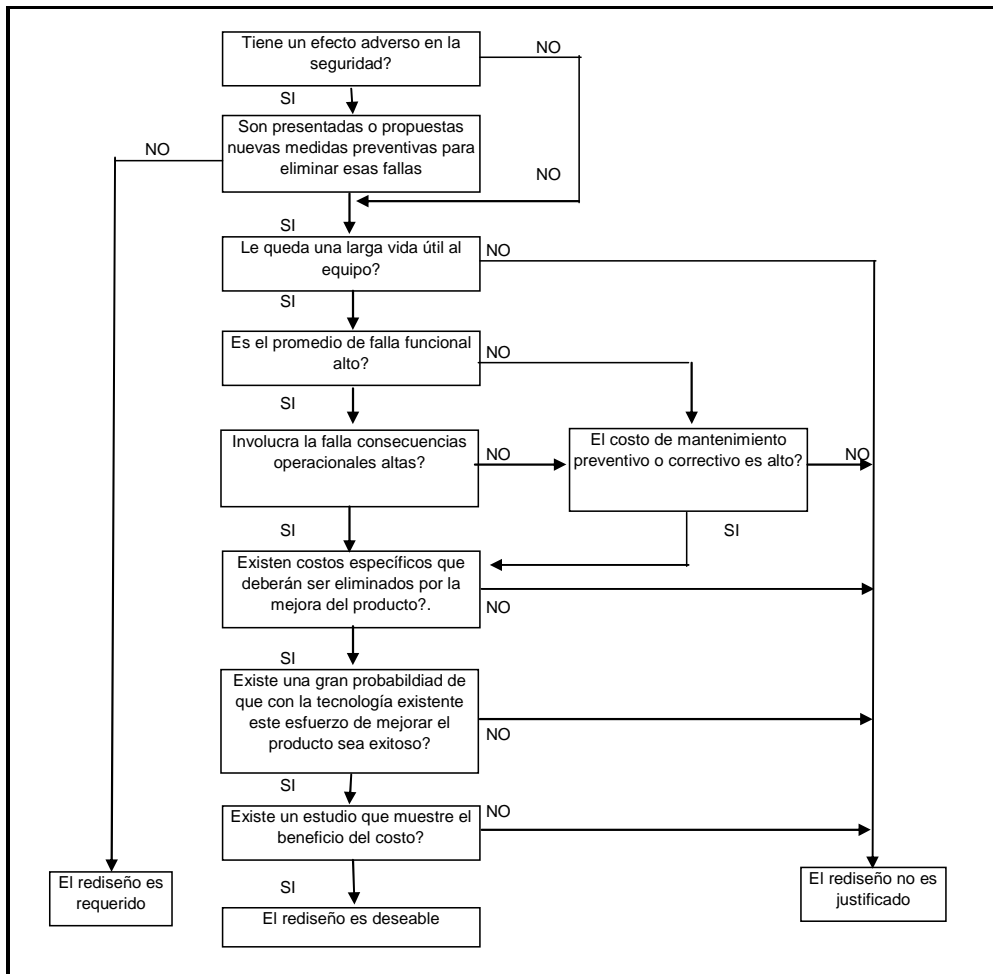
Figura 51. Diagrama de decisión para la selección de tareas 2



Mil 2173,1986,22

Si ninguna de las dos últimas preguntas de RCM son contestadas satisfactoriamente el paso a seguir es el rediseño del equipo o sistema. Para verificar la necesidad del rediseño ver el árbol de decisión en la figura 52.

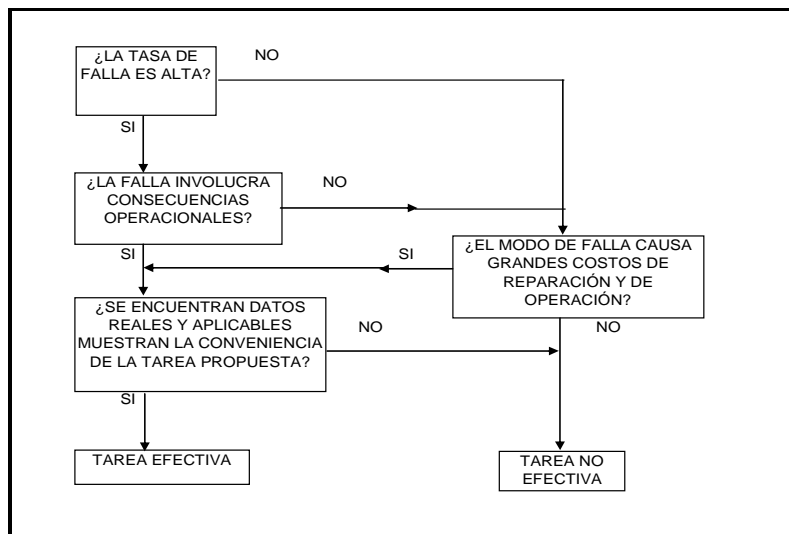
Figura 52. Diagrama de decisión para el rediseño



MIL 2173,1986,96

Para determinar la efectividad de las tareas seleccionadas para el equipo o sistema desde el punto de vista económico, se utiliza el siguiente árbol de decisión en la figura 53.

Figura 53. Diagrama de decisión para efectividad de costos



MIL, 1986, 48

La frecuencia de mantenimiento preventivo se determina teniendo claro el concepto del intervalo de tiempo P-F que define la norma SAE-JA 1012, ya que la frecuencia de mantenimiento preventivo debe ser menor que el intervalo de tiempo P-F.

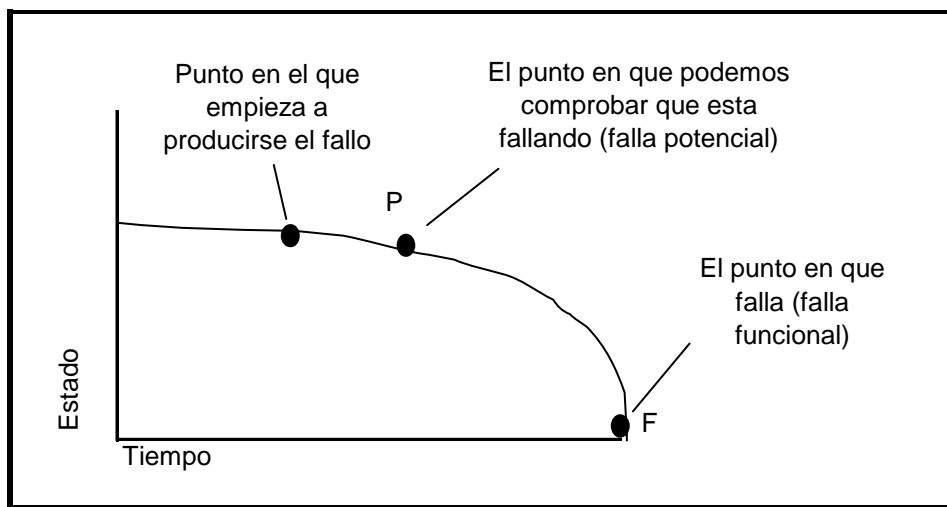
Un equipo antes de fallar evidencia unas señales en las que puede determinar que la falla esta cerca, a este punto se le denomina punto P y el punto en el que se produce la falla F. la diferencia entre estos dos puntos es lo que se conoce como intervalo de tiempo P-F.

Una vez el fallo empieza a producirse se puede tener evidencia de este fallo (punto P) antes de que ocurra la falla (punto F) según se ve en la figura 54 por lo que para determinar las frecuencias de mantenimientos preventivos se debe considerar el tiempo P y el tiempo F de los activos.

Las frecuencias de mantenimiento preventivo deben ser menores al intervalo de tiempo P-F ya que si son mayores podría darse el caso de pasar inadvertidas.

Por ejemplo si el intervalo de tiempo para un determinado modo de falla es de un mes, la frecuencia de mantenimiento debería ser cercana a tres semanas. Se debe tener cuidado de que los tiempos de frecuencia de mantenimiento preventivo y el intervalo P-F estén en un punto adecuado, ya que si están muy cercanos el punto P puede pasar inadvertido y si están muy lejanos se incurre en gastos de mantenimientos altos.

Figura 54. Intervalo de tiempo P-F



SAE JA 1012, 2002

5.3.4. Nivel A de Mantenimiento (Estratégico)

5.3.4.1. Obtención de los datos

Los datos para determinar el nivel de éxito se obtienen de la documentación como ordenes de trabajo, hojas de vida o históricos de arranques y paradas por los operadores. Un ejemplo de los datos de los históricos de arranques y paradas de operaciones se muestra en la figura 55.

Figura 55. Formato Recolección de Datos de parada y arranque

LOGO DE LA EMPRESA		RECOLECCIÓN DE DATOS DE PARADA Y ARRANQUE				No. DE DOCUMENTO
						No. DE CONTRATO
EQUIPO:		CODIGO DEL EQUIPO:			HOJA:	DE:
EVENO Nº	FECHA Y HORA INICIO DE PARADA	HORA FIN DE PARADA	MOTIVO PARADA	TVF (Horas)	TTR (Horas)	
REALIZO:		REVISO:		AUTORIZO:		

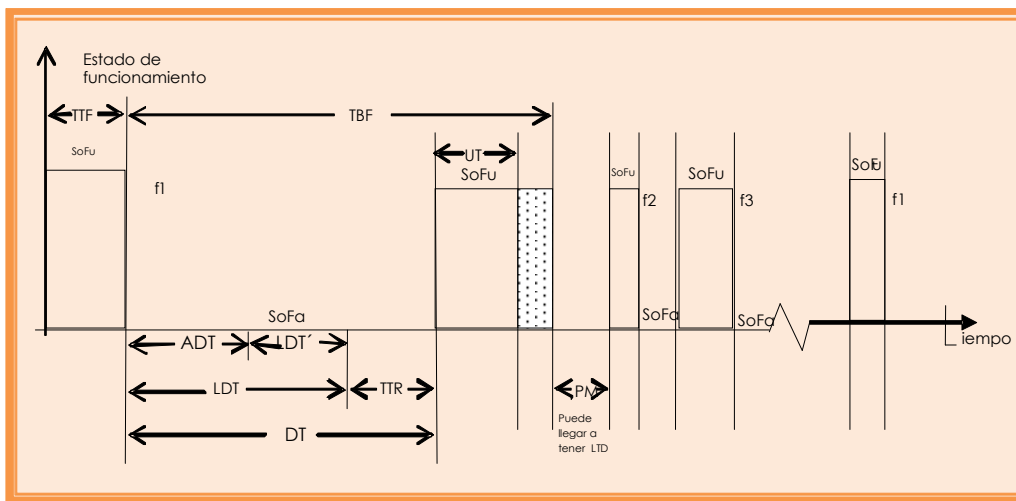
La veracidad y habilidad de la obtención de los datos para el calculo de índices es de suma importancia. Si los datos no son correctos, los índices que se generan son falsos y puede llevar a la toma de decisiones inadecuadas.

Es importante realizar toma de datos desde el primer momento y con un gran compromiso y no tomar más datos de lo necesario o dejar pasar información relevante en los documentos de mantenimiento. También es importante estandarizar los datos en cada documento, por ejemplo si el tiempo se toma en horas o días, si las paradas menores de 15 minutos se tienen en cuenta u otro parámetro que afecte los índices a calcular.

5.3.4.2. Preparación de los datos

Los datos que se registran en la hojas de vida y otros documentos de mantenimiento y operaciones, operaciones, como por ejemplo las fechas y horas de mantenimiento, se grafican según la figura 56.

Figura 56. Tiempos de falla y funcionamiento



Mora, 2005, 59

El significado de las siglas de la figura 56 son:

TTF: Time To Failure: Tiempo hasta fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables).

fi: Falla i – esima

m: Número de fallas. Ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f1 hasta fi.

TTR: Time To Repair: Tiempo que demora la reparación neta sin incluir demoras ni tiempos logísticos ni tiempos invertidos en suministro de repuestos o recursos humanos.

MTTR: Mean Time To Repair: Tiempo medio para reparar

TBF: Time Between Failures: Tiempo entre fallas

MBF: Mean Time Between Failures: Tiempo medio entre fallas

UT: Up Time: Tiempo útil en el que el equipo funciona correctamente

MUT: Mean Up Time: Tiempo medio de funcionamiento entre fallas

DT: Down Time: Tiempo no operative

MDT: Mean Down Time: Tiempo medio de indisponibilidad o no funcionamiento entre fallas

ADT: Administrative Delay Time: Retrasos Administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo requerido para esa

reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.

LDT': Logistics Delay Time: Retrasos logísticos de la obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministro, etc.

LDT= ADT + LDT': Logistics Down Time: Tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo.

MLDT: Mean Logistics Down Time: Tiempo medio de tiempos logísticos.

SoFa: State Of Failure: Estado de falla, el equipo no funciona correctamente.

SoFu: State Of Functioning: Estado de funcionamiento correcto.

PM: Planned Maintenances: Mantenimientos planeados pueden ser preventivos o predictivos.

Ready Time: Tiempo de alistamiento: El equipo o sistema esta disponible, opera pero no produce, no esta en carga operativa.

5.3.4.3. Selección de índices, rendimientos e indicadores

Los índices internacionales que miden el grado de éxito de la gestión del mantenimiento son lo CMD (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad), estos índices se pueden usar para compararse con empresas de cualquier lado del mundo en sectores industriales diferentes.

Para la pequeña empresa que trabaja el mantenimiento en outsourcing los CMD son igualmente aplicables y comparables con otras empresas a nivel mundial. Los costos e índices por los que se debe empezar aparte de los CMD son el LCC, los backlog, programado vs ejecutado, correctivos ejecutados vs correctivos ejecutados, preventivos ejecutados vs correctivos ejecutados.

Una vez estén implementado el cálculo de estos índices será decisión y experticia del lector que otro índice o costo es el que requiere para medir la gestión del mantenimiento y presentar resultados que le den bases sólidas para la toma decisiones en el cumplimiento de metas y objetivos de la empresa contratista.

5.3.4.4. Calculo para medir el grado de éxito

De la interpretación, uso y análisis de las curvas características CMD, de sus pronósticos y de todos los cálculos asociados se desprenden las estrategias a realizar para lograr alcanzar las metas, objetivos, misión y visión de las empresas a través del uso intensivo de estos instrumentos en la gestión y operación de mantenimiento. (Mora, 2005, 287)

Los tiempos medios se calculan de la siguiente manera:

MTTR: \sum de TTR/m

MTBF: \sum de TBF/m

MUT: \sum de UT/m

MDT: \sum de DT/m

Los CMD son reconocidos como índices de clase mundial por la mayoría de las casas que tratan el mantenimiento y definen los CMD como:

Confiabilidad: Es la capacidad de una maquina de realizar su función de la manera prevista. O se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un periodo de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

Disponibilidad: La disponibilidad es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo este disponible para cumplir la función para la cual fue destinada. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que este funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Mantenibilidad: Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas (función) en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos.

A continuación se mostrara como calcular cada uno de estos índices.

Para el cálculo de la disponibilidad genérica:

$$A_G = \frac{\sum UT}{(\sum UT + \sum DT)} = \frac{MUT}{(MUT + MDT)} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Para el cálculo de confiabilidad se presenta la siguiente ecuación:

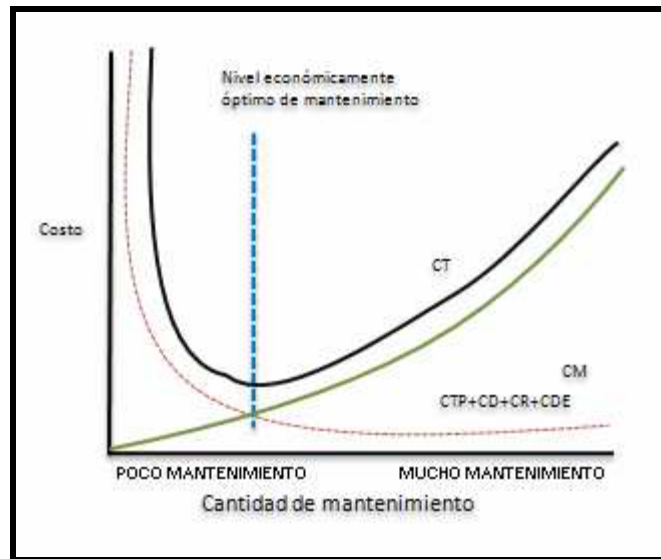
$$R_a = 1 - \lim_{N \rightarrow \infty} (n/N)$$

Donde **n** son los eventos de falla a estudiar; **N** es el número total de eventos posibles y R_a probabilidad de confiabilidad o éxito de supervivencia en un tiempo.

La relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se aprecia en la expresión; $\text{disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad}}{(\text{confiabilidad} + \text{mantenibilidad})}$

El nivel económico óptimo de mantenimiento: Los costos de mantenimiento se elevan exponencialmente a medida que aumentan las actividades de mantenimiento en un equipo, pero el realizar pocas actividades de mantenimiento tiene como consecuencias un incremento en los costos por tiempo de paro, desperdicio, reproceso y desgaste excesivo. Para determinar el punto óptimo de cantidad de mantenimiento se debe calcular los costos totales combinados más bajos como se muestra en la figura 57.

Figura 57. Cantidad de mantenimiento óptimo



Carlos, 1992,258

CT: Costo Total combinado

CM: Costo de Mantenimiento

CTP: Costo de Tiempo de paro

CD: Costo de desperdicio

CR: Costo de retroceso

CDE: Costo de desgaste excesivo

El ciclo de costo de vida del equipo (LCC) se calcula para ser comparado con los costos de mantenimiento del equipo y determinar si es viable realizar mantenimiento o reposición de equipo. El cálculo del LCC se muestra a continuación.

$$LCC = \sum_0^T \frac{1}{(1+R)^n} \times C(n)$$

Donde,

R es la tasa de descuento o tasa de interés

C(n) es el costo en el año n

T es la vida útil en años

Otros índices importantes para llevar son los programados vs ejecutado y los preventivos vs correctivos. También es importante calcular los backlog en horas de mantenimiento para contemplar el mantenimiento en horas atrasado.

5.3.5. La implementación del modelo de gestión

Es una buena idea planear, programar y fijar metas en la implementación de este modelo de gestión. Medir los resultados de la implementación y realizar graficas en las que se indique estas metas en cuanto al análisis de los modos de fallas de los sistemas o lo implementado del modelo de gestión. Un ejemplo de este tipo de graficas se muestra en la figura 58.

Figura 58. Seguimiento de la implementación del modelo de gestión.



El mansueiro y asociados

Para la implementación del modelo de gestión propuesto se requiere no solo seguir los pasos a paso propuesto en esta monografía sino también el soporte de los documentos guía, para garantizar el éxito. El modelo de gestión es la flecha que apunta a cumplir las políticas y objetivos de la empresa contratista, que además están soportados por las bases teóricas y científicas de los documentos guía ver figura 59. En algunos casos particulares se requerirá consultar estos documentos para una mayor claridad.

Figura 59. Soporte del modelo de gestión



5.3.6. Ventajas y limitaciones del modelo de gestión

La ventaja de este modelo de gestión, esta en la flexibilidad para adaptarse a cada tipo de pequeña empresa dedicada al mantenimiento en outsourcing, según su nivel de mantenimiento. Permite la evolución en los niveles de mantenimiento y la claridad de las responsabilidades que pueden asumir las empresas contratistas y contratantes. Este modelo cumple con las normas SAE JA 1011 1012, también están contruidos para que no contradiga la norma ISO 9000:2000. Cuenta con bases de TPM y se fundamenta en el RCM para el nivel táctico.

La Limitación de este modelo de gestión esta en que es aplicable a la pequeña y mediana empresa contratista de mantenimiento en outsourcing pero no puede ser utilizada en la gran empresa, a no ser que esta empresa sea fraccionada en varias divisiones (por ejemplo división contrato gas, división contrato crudo de una misma empresa) para ser tratadas como núcleos autónomos.

CONCLUSIONES

Esta monografía propone un modelo de gestión para la pequeña empresa que trabaja en mantenimiento en outsourcing el cual está documentado en el capítulo cinco. En este capítulo se presentó un modelo de gestión flexible para ser implementado en la pequeña y mediana empresa, tomando como variable del modelo el nivel de mantenimiento (Niveles D, C, B y A) contratado como una unidad de negocio. Resuelve los problemas típicos de este tipo de empresas contratistas y permite evolucionar en el tiempo a un nivel más alto de mantenimiento de acuerdo a lo contratado con la empresa cliente (contratante).

Esta monografía está sustentada en el análisis de cinco encuestas a empresas cuidadosamente seleccionadas para la construcción, y en el análisis de documentos guía para la implementación o profundidad en los fundamentos de este modelo de gestión, que están relacionados en el capítulo cuatro (análisis cruzado) para determinar los requerimientos del modelo de gestión.

En el capítulo uno se presentó toda la fundamentación teórica básica referente al modelo de gestión como RCM, TPM, ISO 9000, Teoría de restricciones y otros fundamentos básicos útiles al momento de la implementación, o para realizar mejoramientos continuos de la gestión de mantenimiento.

Al final del capítulo cinco se expresa cuáles son las ventajas y limitaciones del modelo de gestión, para tenerlos en cuenta antes de la implementación.

Por lo anterior, los objetivos propuestos fueron cumplidos en su totalidad en cada uno de los capítulos descritos; por lo que el lector tomará esta monografía como una guía sencilla en la implementación particular a empresas que trabajan en mantenimiento contratado por outsourcing.

En definitiva se obtiene un modelo de gestión sencillo, flexible y fácil de implementar a empresas que trabajan en mantenimiento contratado por outsourcing, que cumple con las normas SAE JA 1011 y 1012, la norma ISO 9000 y está acorde con filosofías de mantenimiento como RCM y fundamentos de TPM.

BIBLIOGRAFIA

- ALADON. Curso de formación de tres días en mantenimiento centrado en confiabilidad: introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad. En: curso público. Versión 2 (Agosto 1998); 1-25p.
- AMENDOLA, Luis. Modelos de Confiabilidad: 2002, 114P
- A. KELLY. Gestión del Mantenimiento Industrial. Madrid-España: Graficas CAR S.A. 1998. 218P.
- DURÁN REVERSE, José. RCM, The Woodhouse Partnership Limited. Carolina del norte. 1999. 25 p.
- Esreda Working group report. Hanbok on maintenance management. Statistical series No 5, Hovick Noruega: DNV 2001. 4-52p.
- ESTUPIÑAN, Edgar. SAAVEDRA, Pedro. Club de Mantenimiento. Publicación periódica. Chile: club_mantener@sinectis.com.aor., 2003. 5 p.
- GATCA, Rodolfo R. Mantenimiento Industrial. Mexico: Trillas, 2000. 123P.
- GONZÁLEZ DANGER. Antonio H. HECHAVARRÍA PIERRE, Laureano. Club de mantenimiento. Publicación periódica: Cuba, club_mantener@sinectis.com.ar. 2003. 3 p.
- GREIF, Michael. La Fabrica Visual. Massachussets: JProductivity Press Inc.
- HUERTA MENDOZA, Rosendo. Club de mantenimiento. Publicación periódica. Venezuela: club_mantener@sinectis.com.ar. 2003. 12 p.
- ISO. 9000:2000: Guía para las Pequeñas Empresas. Icontec, 2001.172p
- JONES, Richard. Risk Based Management: A reability centered approach gulf publishing,1995.
- LATINO, Charles J. Club de Mantenimiento. Publicación periódica. USA: Club_mantener@sinectis.com.ar, 2003. 3 p.

- LATINO, Robert J. Club de mantenimiento. Publicación periódica. USA: blatin@reliability.com., 2003. 12 p
- MANTENIMIENTO PREDICTIVO. Propuesta 2003. Servicios de ingeniería y diagnósticos de maquinaria. Bogotá: Electrodinámica Ltda, 2003. 8 p.
- METODOLOGIA INTERNACIONAL UNIFICADA PARA LA IMPLEMENTACION INDUSTRIAL DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD: Medellín, 2003 121p. Monografía (Ingeniería Mecánica). Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería.
- MIL STD 2173(AS): Mantenimiento centrado en confiabilidad, Requisitos de mantenimiento para aviones, sistemas de armas y equipos de apoyo: Norma militar departamento de defensa. Washibton, Estados Unidos. 1980, 214P.
- MONTOYA SERNA, Darío. Implementación de Tácticas TPM en la sección de preparación dentro de una empresa Mercerizadora de Hilos. Medellín, 2002, 90P. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT.
- MORA, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: AMG, 2006. 306P.
- MOUBRAY, John. Reability Centered Maintenance: edición 2. New York, Estados Unidos: Industrial press, 1997, 5-65p
- NIKAJIMA, Seiichi. Implantación del Mantenimiento Productivo Total. Madrid- España. 1991
- PEREZ, Carlos. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información: Medellín: 1992. 309P.
- POSADA HURTADO, Leonardo. Metodología Internacional Unificada Para la Implementación Industrial de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Medellín, 2003, 120P. Trabajo de Grado (Ingeniero Mecánico) Universidad EAFIT.
- ROBERTS, Jack. TPM Mantenimiento productivo total.
- RAUSAND M y Vatn J. Reliability Centered Maintenance. Balkema, Holanda: Soares Editor, 1998.
- SAE. JA1011: Evaluación de Criterios del Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, agosto 1999. 2-13p.

- SAE. Ja1012: Guía para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, enero 2002. 4-50p.
- SACRISTAN, Francisco. Hacia la Excelencia en Mantenimiento: TGP Hoshin, 1996.
- TSUCHIYA, Seiji. Mantenimiento de calidad. Madrid España: Productivity press, 1995
- VARGAS T, Ernesto.: Club de mantenimiento. Publicación periódica. Bolivia: club_mantener@sinectis.com.aor., 2003. p. 6.

ZYLBERBERG, Ariel. Repuestos centrados en la confiabilidad. Argentina: