

“APORTES DE LA NORMA ISO 9001:V2000, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD Y LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HACIA EL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN”

**DANIEL FELIPE LEAL CALDERÓN
JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ BELTRÁN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006**

“APORTES DE LA NORMA ISO 9001:V2000, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD Y LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HACIA EL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN”

**DANIEL FELIPE LEAL CALDERÓN
JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ BELTRÁN**

**Monografía para optar al título de
Especialistas en Gerencia de Mantenimiento**

**Director de Monografía
NELSON FONSECA VILLALOBOS
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006**

Dedicatoria

Dedicamos esta Monografía a nuestros padres, por su esfuerzo, paciencia y dedicación a lo largo de nuestras vida, por su amistad y por haber creído en nosotros siempre

Daniel Felipe, José Antonio

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

NELSON FONSECA VILLALOBOS, Ingeniero Electricista, Director de Monografía, por sus invaluable aportes y continua ayuda para poder llevar a cabo la culminación de esta monografía

FELIPE CASTRO, Ingeniero de Mantenimiento CODENSA por sus grandes aportes y continuo apoyo

JESÚS ALVAREZ STANTON Y CIA S A GRUPO CAUCHOSOL - Director General de Mantenimiento por la confianza depositada en nosotros

Al cuerpo de docentes de la Universidad Industrial de Santander por todos sus aportes, por su dedicación, por la fuente inagotable de conocimientos que nos suministraron a lo largo de nuestra carrera

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN	2
1.1 DIRECCIÓN DEL MANTENIMIENTO	2
1.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	3
1.2.1 Mantenimiento Planeado	4
1.2.2 Programación del mantenimiento	5
1.2.3 Mantenimiento de Emergencia (Reparación)	8
1.2.4 Ordenes de trabajo en la planeación y programación del mantenimiento	8
1.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	10
1.3.1 Actividades de Organización	10
1.3.2 Ordenes de trabajo	11
1.3.3 Hoja de Mantenimiento u Hoja de Vida del Equipo	13
1.4 CONTROL DEL MANTENIMIENTO	13
1.4.1 Seguimiento y Medición	13
1.4.2 Actividades de control (Análisis y acciones correctivas y preventivas)	17
1.4.3 Control de requisitos (Análisis y acciones correctivas y preventivas)	20
2. GESTIÓN DE CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO	22
2.1 SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	22
2.1.1 Sistemas de Gestión de Calidad y la norma ISO 9001 versión 2000	22
2.1.2 Metodología para la implementación de gestión de calidad en mantenimiento	23

2.2	NORMA ISO 9001:V2000 Y EL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN	31
2.2.1	El ciclo Deming o Ciclo de Mejora (PHVA) en mantenimiento	31
2.2.2	Principios de gestión de calidad, norma ISO 9001:V2000 y el mantenimiento	33
2.2.3	Componentes de la norma ISO 9001:V2000 y mantenimiento	43
2.2.4	Compatibilidad con otros sistemas de gestión	45
3.	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN MANTENIMIENTO	46
3.1	GENERALIDADES DE TÉCNICAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	46
3.2	ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA Y CRITICIDAD (FMECA)	46
3.2.1	Definiciones para el FMECA	48
3.2.2	Metodología para la elaboración de un FMECA	49
3.2.3	Relación del FMECA con las Normas ISO 9000	56
3.3	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	57
3.3.1	Diagrama de Pareto	58
3.3.2	Diagrama de Causa Efecto	60
3.3.3	Histograma	62
3.3.4	Gráfico de control	65
3.3.5	Diagrama de dispersión	67
3.3.6	Hoja de recogida de datos	69
3.3.7	Estratificación de datos	71
3.3.8	Árbol de Fallas	71
3.3.9	Diagrama de Árbol	73
3.3.10	Árbol de Decisión	75
4.	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	78

4.1	PRESENTACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	78
4.2	METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	80
4.2.1	Definición del Sistema	81
4.2.2	Identificación de Ítems Significativos de Mantenimiento(MSIs)	82
4.2.3	Identificación de Modos de Fallos Significativos	82
4.2.4	Selección de Actividades de Mantenimiento	87
4.2.5	Programación	88
4.2.6	Implementación, análisis y recolección de datos de servicio	89
4.3	NORMA ISO 9001:V2000, MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	89
5.	METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIDAD ENFOCADO A UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	91
5.1	OBJETIVOS	92
5.2	ALCANCE	92
5.3	DEFINICIONES	92
5.4	MAPA DE PROCESOS	92
5.5	OBJETIVOS DE CALIDAD	95
5.6	PLANEACIÓN DEL PRODUCTO	95
5.7	PLANEACIÓN PRESUPUESTAL	95
5.8	PERFIL DEL PERSONAL	97
5.9	SEGURIDAD	97
5.10	ADiestRAMIENTO	98
5.11	SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO	98

5.12	MEDICIÓN DEL TRABAJO	98
5.13	MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO	99
5.14	TRAZABILIDAD	99
5.15	PRODUCTO NO CONFORME	99
5.16	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS	100
5.17	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	103
6.	CONCLUSIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	107
	ANEXOS	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estructura de Coordinación de Órdenes de Trabajo	10
Figura 2	Ciclo de control en mantenimiento	16
Figura 3	Familia de normas ISO 9000:2000	22
Figura 4	Pirámide de la Documentación en un SGC	28
Figura 5	Ciclo Deming o Ciclo de Mejora	31
Figura 6	Procesos de mantenimiento según el PHVA	33
Figura 7	Principio “Organización enfocada al cliente”	33
Figura 8	Principio “Liderazgo”	36
Figura 9	Principio “Participación del personal”	37
Figura 10	Principio “Enfoque basado en procesos”	38
Figura 11	Principio “Enfoque de sistema para la gestión”	39
Figura 12	Principio “Mejora continua”	40
Figura 13	Principio “Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones”	41
Figura 14	Principio Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor	42
Figura 15	Sistema de Gestión de calidad basado en procesos	43
Figura 16	Relación de Técnicas de Gestión de Calidad y Mantenimiento	47
Figura 17	Metodología para la elaboración de un FMECA	50
Figura 18	Diagrama de Pareto	60
Figura 19	Diagrama causa efecto	62
Figura 20	Histograma	64
Figura 21	Gráfico de control	67
Figura 22	Diagrama de dispersión	69
Figura 23	Diagrama Esquemático de un Sistema	72
Figura 24	Árbol de Fallas	73
Figura 25	Diagrama de árbol	76

Figura 26	Metodología de Implementación del RCM	81
Figura 27	Árbol de Decisión del RCM	88
Figura 28	Interrelación de ISO 9001:V2000, técnicas y herramientas y RCM	90
Figura 29	Mapa general de procesos del mantenimiento en una organización	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Prioridades del trabajo de mantenimiento	3
Tabla 2	Hoja de Mantenimiento u Hoja de Vida del Equipo	13
Tabla 3	Niveles de Diagnóstico	24
Tabla 4	Descripción del ciclo Deming o Ciclo de Mejora en mantenimiento	32
Tabla 5	Tipos de FMECA	47
Tabla 6	Modos de Fallo, Efectos y Causas	51
Tabla 7	Coeficientes de Frecuencia	52
Tabla 8	Registro Análisis Modal de Fallas y Efectos	53
Tabla 9	Coeficientes de Gravedad	54
Tabla 10	Coeficientes de Detección	54
Tabla 11	Mejoramiento de índices	55
Tabla 12	Seguimiento de las acciones correctivas	56
Tabla 13	Indicaciones para el gráfico de Pareto	59
Tabla 14	Clasificación de Factores	59
Tabla 15	Tabla de frecuencias	63
Tabla 16	Tipos de gráficos de control	65
Tabla 17	Límites de control	66
Tabla 18	Hoja de Recogida de Datos de las causas del defecto	71
Tabla 19	Tabla de estado de componentes en serie y paralelo	73
Tabla 20	Ecuación Lógica del Sistema	74
Tabla 21	Valores de Incertidumbre	77
Tabla 22	Siete Preguntas del RCM	80

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Directorio complementario de normas de sistemas de gestión	110
Anexo B	Definiciones en mantenimiento	111
Anexo C	Estructura del manual de calidad y requisitos de la norma ISO 9001:V2000	113
Anexo D	Formatos caracterización de procesos de mantenimiento	115
Anexo E	Formato para implementación de indicadores	116
Anexo F	Tecnologías Aplicables de Inspección y Prueba	117

RESUMEN

TITULO: APORTES DE LA NORMA ISO 9001:V2000, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD Y LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HACIA EL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN”

AUTORES: DANIEL FELIPE LEAL CALDERÓN, JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ BELTRÁN

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, CALIDAD, ISO, TÉCNICAS, HERRAMIENTAS, RCM, CONFIABILIDAD Y MANUAL.

DESCRIPCIÓN Y CONTENIDO:

El objetivo de la monografía es establecer una metodología para la elaboración del manual de calidad en mantenimiento basándose en la norma ISO 9001:v2000, técnicas y herramientas de gestión de calidad y el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Se relacionan dos grandes campos, el mantenimiento y la calidad; con el fin de brindar una herramienta de programación, documentación, seguridad y de trabajo y prácticas de calidad que generen confiabilidad a las organizaciones que buscan administrar y optimizar sus recursos de forma sencilla, practica y económica, una tendencia que genere aportes, reconocimiento, satisfacción al cliente final y ante todo un cambio en sus métodos de trabajo que estén orientados a la mejora continua.

La metodología aplicada comienza por la descripción de los elementos de la administración del mantenimiento en una organización enfocándose en el control de calidad, control del trabajo, control de costos y control de materiales, enmarcando el tema bajo el ciclo PHVA (ciclo de mejoramiento continuo) con el fin de direccionar el tema con una visión de gestión de calidad. Enseguida, se complementa la perspectiva con el modelo de gestión de calidad de la norma ISO 9001:V2000. Se continúa con la descripción de las técnicas y herramientas de gestión de calidad en el mantenimiento y se hace la presentación del mantenimiento centrado en la confiabilidad integrando todos los aspectos tratados en una metodología para la elaboración de un manual de calidad enfocado hacia una organización de mantenimiento.

El producto a destacar de la investigación es su presentación en forma de un manual de mantenimiento centrado en la confiabilidad y la calidad, que baja la discusión teórica a la práctica y que servirá como guía de la acción diaria de la gestión. Así las discusiones y análisis cobran utilidad para quienes se enfrentan en las organizaciones a dos retos que percibían diferentes y que la monografía encuentra como complementarios e indisolubles.

Se afianza la relación entre calidad y mantenimiento y se expresan algunas recomendaciones para lograr una fácil adaptación a este cambio, el cual sin duda logrará una mayor competitividad y brindara la oportunidad de abrir las puertas a nuevos clientes.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Nelson Fonseca Villalobos, Ingeniero Electricista.

SUMMARY

TITLE: CONTRIBUTIONS OF THE ISO 9001:V2000 NORM, TECHNICS AND TOOLS OF QUALITY OPTIMIZATION AND THE PHILOSOPHY OF MAINTENANCE BASED ON CONFIABILITY INSIDE AN ORGANIZATION.

AUTHORS: DANIEL FELIPE LEAL CALDERÓN, JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ BELTRÁN.

KEY WORDS: MAINTENANCE, QUALITY, ISO, TECHNICS, TOOLS, RCM, CONFIABILITY AND MANUAL

DESCRIPTION AND CONTENTS:

The objective of this monograph is to establish the methodology in order to elaborate a manual of quality maintenance based on the ISO 9001:v2000 norm, technics and tools of quality optimization and implementation focused on its confiability.

There are two big fields related, the maintenance and the quality, in order to offer a programming tool, documentation, security and quality practices that generate confiability to the organizations that are looking for management and optimization of its resources by a simple, practical and economical way resulting in profits, final customer satisfaction and, most of all, a change in their work methods for a continuous improvement.

First of all, the methodology applicated begins with the description of the elements of the maintenance administration inside of an organization focusing on the quality control, work control, expenses control and materials control, all within the cycle PHVA (cycle of continuous improvement) under the concept of quality optimization.

Next, the perspective is complemented by the quality model of the ISO 9001:v2000 norm. Then, we describe quality maintenance technics and tools, following a pattern based on confiability integrating all the previously presented aspects in a methodology to the elaboration of a manual of quality to a maintenance organization.

So, the discussions and analysis get usefulness to whom confront these two points perceived before differently and which are now shown by this monograph as complementary and indissolubles.

Finally, the relation between quality and maintenance is consolidated, and some recommendations are given to achieve an easy adaptation to this change, which will reach, with out doubt, competitiveness and will provide a greater opportunity to open doors to new customers.

* Monograph

**School of Mechanical Engineering, Specialization in Maintenance Management
Director, Nelson Fonseca Villalobos, Electrical engineer.

INTRODUCCIÓN

La presente monografía busca ligar, establecer coherencia y sinergia entre la gestión del mantenimiento y la gestión de calidad. Privilegia la filosofía RCM, mantenimiento centrado en la confiabilidad, cuya aplicación se extiende en la actualidad a un gran número de organizaciones; seguido de la gestión de calidad, la cual se basa en la norma ISO 9001: V 2000. Mantenimiento y Calidad se buscan unir para orientar a gerentes de mantenimiento y gerentes de gestión de calidad, que se identifican como los potenciales beneficiarios de las conclusiones, procedimientos y recomendaciones que surgen de una visión integradora.

Se trata entonces de permitir una gestión integrada de confiabilidad y calidad, entendiendo que los dos valores son indisolubles en una época de cambio competitivo (globalización). Confiabilidad, surgida de la filosofía RCM, da a las organizaciones un elemento competitivo, la calidad por su parte aporta el reconocimiento de usuarios a los bienes y productos que surgen de las empresas.

La metodología aplicada comienza por la descripción de los elementos de la administración del mantenimiento en una organización enfocándose en el control de calidad, control del trabajo, control de costos y control de materiales, enmarcando el tema bajo el ciclo PHVA (ciclo de mejoramiento continuo) con el fin de direccionar el tema con una visión de gestión de calidad. Enseguida, se complementa la perspectiva con el modelo de gestión de calidad de la norma ISO 9001:V2000. Se continúa con la descripción de las técnicas y herramientas de gestión de calidad en el mantenimiento y se hace la presentación del mantenimiento centrado en la confiabilidad integrando todos los aspectos tratados en una metodología para la elaboración de un manual de calidad enfocado hacia una organización de mantenimiento.

El producto a destacar de la investigación es su presentación en forma de un manual de mantenimiento centrado en la confiabilidad y la calidad, que baja la discusión teórica a la práctica y que servirá como guía de la acción diaria de la gestión. Así las discusiones y análisis cobran utilidad para quienes se enfrentan en las organizaciones a dos retos que percibían diferentes y que la monografía encuentra como complementarios e indisolubles.

1. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN

El enfoque actual de la administración en una organización comprende las actividades de dirección, planeación, organización y control. En una organización de mantenimiento, el enfoque se puede adaptar a sus procesos, tratando de ver a posteriori la revisión hacia un esquema de planear, hacer, verificar y actuar, reflejados en el ciclo Deming.

1.1 DIRECCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La dirección del mantenimiento tiene su soporte en la administración del sistema de prioridades. De la misma forma, los estilos de dirección influyen de manera decisiva en la planeación e implementación de actividades a partir del liderazgo.

El sistema de prioridades en el mantenimiento tiene un gran impacto en la programación del mantenimiento. Las prioridades se establecen para asegurar que se realiza primero el trabajo más crítico. El desarrollo de un sistema de prioridades debe estar bien coordinado con el personal de operaciones, quien comúnmente asigna una mayor prioridad al trabajo de mantenimiento de lo que se justifica. Esta tendencia somete a un esfuerzo a los recursos de personal, de equipos, de herramientas de mantenimiento y podría conducir a una utilización de recursos inferior a la óptima. Así mismo el sistema de prioridades debe ser dinámico y debe actualizarse periódicamente para liberar de carga y dejar a disponibilidad los recursos asignados a dicha actividad, de esta forma se podrán reflejar los cambios en las estrategias de operación o mantenimiento. Los sistemas de prioridades normalmente incluyen de tres a diez niveles.

La mayoría de organizaciones adoptan actividades de cuatro o menos número de niveles con el fin de operar de forma más sencilla el sistema al reducir los campos de criticidad y enmarcar o direccionar las actividades en menos niveles permitiendo una mayor comprensión de la prioridad. Cabe aclarar que gran parte de la asignación del número de niveles depende del tamaño y de la línea de producción de la organización, la Tabla 1 muestra las prioridades del trabajo de mantenimiento.

Tabla 1. Prioridades del trabajo de mantenimiento.

Prioridad		Marco de tiempo en que debe comenzar el trabajo	Tipo de trabajo
Código	Nombre		
1	Emergencia	El trabajo debe comenzar inmediatamente.	Trabajo que tiene un efecto inmediato en la seguridad, el ambiente, la calidad o que detendrá la operación.
2	Urgente	El trabajo debe comenzar dentro de las próximas 24 horas.	Trabajo que probablemente tendrá un impacto en la seguridad, el ambiente, la calidad o que podrá detener la operación.
3	Normal	El trabajo debe comenzar dentro de las próximas 48 horas.	Trabajo que probablemente tendrá un impacto en la producción dentro de una semana.
4	Programado	Según esta programado.	Mantenimiento preventivo o de rutina, todo el trabajo programado.
5	Aplazable	El trabajo debe comenzar cuando se cuente con los recursos o en el periodo de un paro.	Trabajo que no tiene un impacto inmediato en los factores ya señalados.

1.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La planeación es el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo. La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance, como se denota enfocado en el ciclo PHVA (Ver Figura 15).

Una buena planeación es un requisito previo para la programación acertada, sin embargo para que la planeación sea exitosa es necesario una retroalimentación de la función de programación, por esta razón en muchas organizaciones de mantenimiento la misma persona que planea también programa.

1.2.1 Mantenimiento Planeado. El mantenimiento planeado es un esfuerzo integrado para convertir la mayor parte del trabajo de mantenimiento en mantenimiento programado. El mantenimiento planeado es el trabajo que se identifica mediante el mantenimiento predictivo y preventivo, este incluye la inspección y el servicio de trabajos que se realiza a intervalos recurrentes específicos, incluyen también el mantenimiento con base en las condiciones.

En el mantenimiento planeado todas las actividades se planean previamente, esto incluye la planeación, el abastecimiento de materiales y la disponibilidad de los recursos necesarios para el desarrollo de actividades.

La planeación de los materiales permite una programación más confiable además de los ahorros de entregas y pedidos de materiales. Así mismo, los trabajos se programan en momentos que no alteren los programas de entrega y producción. Los ahorros con la introducción del mantenimiento planeado son significativos en términos de la reducción de tiempo muerto y los costos de los materiales, además este mantenimiento ofrece un enfoque acertado para mejorar el mantenimiento y cumplir con los objetivos establecidos.

La planeación del mantenimiento encaminado hacia la calidad, interesa a la organización, teniendo en cuenta las nuevas exigencias del cliente y el mercado globalizado, es por esta razón por la se hace necesario el cambio de muchos parámetros si se desea ser competitivo. En consecuencia un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir pasos como:

- Determinar el contenido del trabajo, incluyendo visitas al sitio.
- Desarrollar un plan de trabajo, este comprende la secuencia de las actividades en el trabajo y el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.
- Establecer el tamaño de la cuadrilla para el desarrollo del trabajo.
- Planear y solicitar las partes y los materiales.

- Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales.
- Asignar a los trabajadores con destrezas apropiadas.
- Revisar los procedimientos de seguridad.
- Establecer la prioridad del trabajo.
- Asignar cuenta de costos.
- Completar las órdenes de trabajo.
- Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control.
- Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronóstico.

El procedimiento se encuentra implícito en la Figura 6.

1.2.2 Programación del mantenimiento. La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo. Un programa confiable debe contener lo enunciado a continuación.

Características de un programa de mantenimiento.

- **Clasificación.** Una clasificación de prioridades de trabajos que reflejen la urgencia y el grado crítico del trabajo.
- **Materiales y orden de trabajo.** Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo se encuentran en la planta, en caso que no, la orden de trabajo no debe programarse.
- **Coordinación.** El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones.
- **Estimación.** Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá y no lo que el programador desea.
- **Flexibilidad.** Flexibilidad en el programa (el programa se revisa y se actualiza con frecuencia).

Horizontes del programa de mantenimiento.

El programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte. Un horizonte para un programa confiable debe contener lo enunciado a continuación.

- **Programa a largo plazo.** El programa a largo plazo o maestro, cubre un periodo de tres meses a un año. El programa a largo plazo se basa en las órdenes de trabajo de mantenimiento existentes, incluye las órdenes de trabajo en banco, los trabajos pendientes, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de emergencia anticipado. Se debe equilibrar la demanda a largo plazo de trabajo de mantenimiento con los recursos disponibles, con base en el programa a largo plazo se pueden identificar los requerimientos de refacciones y materiales y solicitarlos por adelantado. El trabajo a largo plazo generalmente esta sujeto a revisiones y actualizaciones para reflejar cambios en los planes y el trabajo de mantenimiento realizado.

- **Programa semanal.** El programa semanal cubre de una a tres semanas. El programa de mantenimiento semanal se genera a partir del programa a largo plazo y toma en cuenta los programas actuales de operaciones y consideraciones económicas. El programa semanal deberá permitir que se cuente con el 10% a 15% de la fuerza laboral para trabajos de emergencia. El programador deberá proporcionar el programa para la semana actual y la siguiente, tomando en consideración los trabajos pendientes.

A las órdenes de trabajo programadas para la semana actual se les asigna una secuencia con base en su prioridad. El análisis de la ruta crítica y la programación entera son técnicas que pueden utilizarse para generar un programa.

- **Programa diario.** El programa diario debe completarse cada día. En la mayoría de las compañías pequeñas y medianas la programación se realiza con base en reglas heurísticas y en la experiencia. El programa diario se elabora a partir del programa semanal y generalmente se elabora el día anterior, el cual generalmente es interrumpido para elaborar mantenimiento de emergencia. En algunas organizaciones el programa se entrega al supervisor de área quien asigna el trabajo según las prioridades establecidas.

Una programación acertada inicia desde la planeación del mantenimiento y al igual que este se necesitan cumplir con estándares de calidad, no por el cumplimiento de requisitos, sino además por el buen desempeño del trabajo, la seguridad y la

confiabilidad el cual puede llegar a ser el factor de mayor importancia en una organización de mantenimiento, por esta razón se presentan los requerimientos mínimos necesarios para una programación eficaz.

- Ordenes de programaciones escritas, que se derivan de un proceso de planeación bien concebido, con los procesos, técnicas, métodos, refacciones, etc.
- Estándares de tiempo que se basan en técnicas de medición del trabajo.
- Información del perfil y de la disponibilidad de cada técnico.
- Existencia de refacciones e información para su reabastecimiento.
- Información sobre la disponibilidad de equipos y herramientas especiales para el trabajo de mantenimiento.
- Acceso al programa de producción de la planta y conocimiento de la disponibilidad de la planta y sus equipos (sin interrupción del programa de producción).
- Prioridades definidas tanto de mantenimiento como de producción.
- Información de tareas pendientes (trabajos atrasados).
- Autorizar a un supervisor del desarrollo del programa de mantenimiento.
- Verificar el desarrollo del trabajo.
- Tener en cuenta las calibraciones, tolerancias, ajustes.
- Hacer pruebas de ensayo.
- Limpieza tanto del equipo como de sus alrededores.
- Realizar la entrega a satisfacción.
- Completar el registro o reporte del trabajo.

En el caso de trabajos grandes o proyectos de mantenimiento, especialmente aquellos proyectos de mantenimiento con paros generales, se recomienda hacer uso de herramientas como la ruta crítica y técnicas como las de evaluación y revisión de programas, la programación entera y la programación estocástica (CPM, PERT). La programación varía de acuerdo a la actividad de cada organización, los puntos enseñados con anterioridad, generalizan algunas actividades de programación de mantenimiento, estos encaminan la organización en el cumplimiento de estándares los cuales se afirman en el planear, hacer, verificar y actuar.

1.2.3 Mantenimiento de Emergencia (Reparación). El mantenimiento de emergencia se refiere a cualquier trabajo no planeado que deberá comenzar el mismo día. El mantenimiento de emergencia por su naturaleza permite muy poco tiempo para la planeación. Este tipo de mantenimiento se debe reducir al mínimo y no deberá exceder el 10 % del trabajo total de mantenimiento. El departamento de mantenimiento debe tener una política clara para el mantenimiento de emergencia.

A continuación se presentan dos posibilidades para el manejo del mantenimiento de emergencia.

- Introducir el mantenimiento de emergencia dentro del programa regular y luego escoger los trabajos pendientes con tiempo extra, trabajadores, temporales o mantenimiento por contrato. Es una práctica aceptable en la industria conceder del 10 % al 15 % de capacidad de carga para el trabajo del mantenimiento de emergencia.
- Estimar la cantidad de mantenimiento de emergencia y asignar trabajadores hábiles y dedicados para la orden de trabajo de ese tipo.

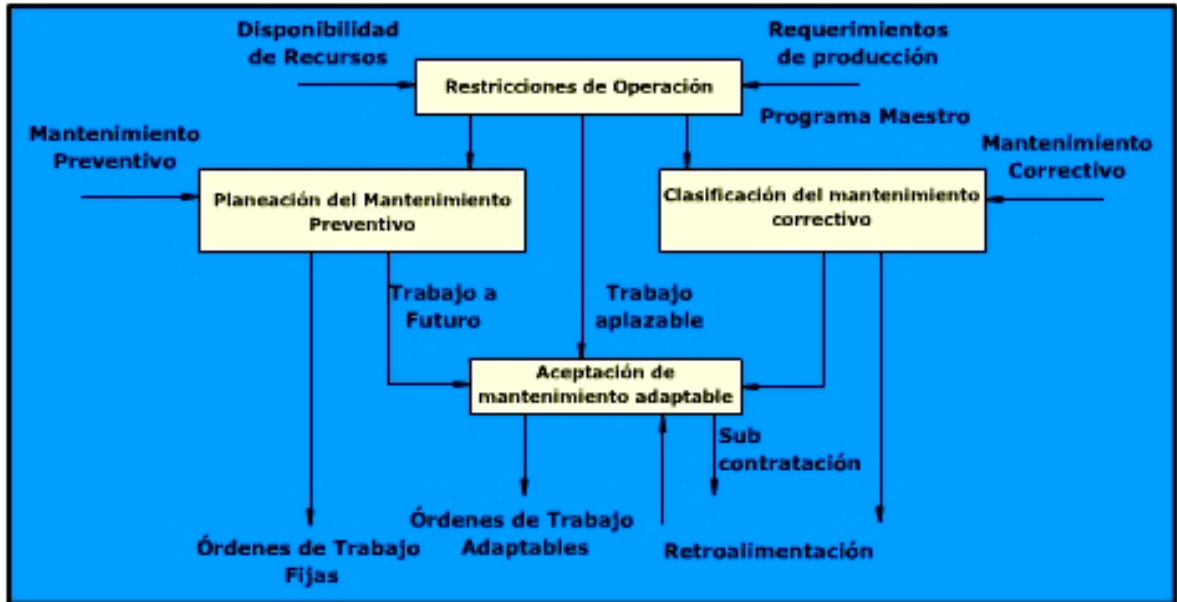
En la mayoría de las plantas se adopta el primer método debido a que se espera que de por resultado una mayor utilización de la fuerza laboral; sin embargo, el segundo ofrece la capacidad de responder con rapidez. Es necesario tan pronto como se haya iniciado el trabajo y sea posible estimar la cantidad de reparación necesaria para el trabajo de emergencia, planear el resto de trabajo con base en la información disponible.

1.2.4 Ordenes de trabajo en la planeación y programación del mantenimiento. (VER NUMERAL 1.3.2.) . En la planeación y programación del mantenimiento se deben tener en cuenta varios aspectos.

- Número del inventario, descripción de la unidad y ubicación.
- Persona o departamento que solicita el trabajo.
- Descripción del trabajo y estándares de tiempo.
- Especificación del trabajo y número de código.
- Prioridad del trabajo y fecha en que se requiere.
- Habilidad y conocimientos requeridos.
- Refacción y materiales requeridos.
- Herramientas especiales requeridas.
- Procedimientos de seguridad.
- Información técnica.

En la planeación y programación de las órdenes de trabajo se cumplen las funciones de planeación del mantenimiento preventivo, clasificación del mantenimiento correctivo, aceptación del mantenimiento adaptable y ajuste de la capacidad del mantenimiento. La Figura 1 muestra la relación entre las cuatro funciones.

Figura 1. Estructura de Coordinación de Órdenes de Trabajo.



1.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La Programación y la organización para la realización de los planes de mantenimiento de maquinaria y equipos industriales, se inicia con la documentación técnica, coordinando y supervisando la ejecución de los procesos de mantenimiento y la instalación en planta de las maquinas y equipos industriales, al igual que la puesta a punto de los mismos, es una actividad que genera valor si se optimizan los recursos humanos y los medios disponibles en el cual es importante mantener los niveles de calidad, las condiciones de seguridad establecidas y de normalización vigente.

1.3.1 Actividades de Organización. La organización de un sistema de mantenimiento incluye el diseño del trabajo, estándares de tiempo y administración de proyectos. Se sabe que los sistemas de mantenimiento se ponen en movimiento por las órdenes de trabajo, que generalmente son omitidas

por los departamentos de producción, estas órdenes de trabajo describen el trabajo, la ubicación, las habilidades requeridas y la prioridad del trabajo.

Diseño del trabajo.

El diseño de trabajo en lo que se refiere a mantenimiento comprende el contenido de trabajo de cada tarea y determina el método que se utilizara, las herramientas especiales necesarias y los trabajos calificados requeridos.

Estándares de tiempo.

Una vez la tarea de mantenimiento ha pasado por la etapa de diseño es básico estimar el tiempo necesario para completar el trabajo. Los estándares de tiempos realistas representan un elemento muy valioso para vigilar e incrementar la eficacia de los trabajadores y de esta forma reducir al mínimo el tiempo muerto de la planta. No es esencial tener estándares para todos los trabajos de mantenimiento. Por ejemplo puede observarse que el 20 % de los trabajos de mantenimiento consumen aproximadamente el 80 % del tiempo disponible para las operaciones de mantenimiento, deben hacerse los esfuerzos necesarios para desarrollar estándares de tiempo para desarrollar estos trabajos.

Es cierto que se requieren estos estándares de tiempo para pronosticar y desarrollar programas de mantenimiento.

Administración de proyectos.

En el caso de las plantas grandes, las reparaciones generales de gran envergadura o el mantenimiento preventivo se llevan a cabo en forma periódica. Durante estos trabajos toda la planta o parte de esta se para, teniendo en mente la minimización del tiempo muerto, conviene planear y graficar el trabajo para hacer mejor uso de los recursos. La administración de proyectos implica el desarrollo de redes de actividades y el empleo de técnicas como el método de la ruta crítica o la técnica de evaluación y revisión de programas. Una vez se ha desarrollado la red, que incluye una descomposición de trabajos, secuencia de los mismos, estimaciones de tiempo para cada actividad, entre otros, puede utilizarse algún software para programar las actividades y determinar la mejor utilización de los recursos. La fase de control de un proyecto, incluye medir el avance en forma

regular, compáralo con el programa y analizar la varianza como un porcentaje del trabajo total y así tomar las acciones correctivas para eliminar las deficiencias.

1.3.2 Ordenes de trabajo. El primer paso en la planeación y el control del trabajo de mantenimiento se realiza mediante un sistema eficaz de órdenes de trabajo. La orden de trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar la cual debe ser diligenciada para todos los trabajos. Esta orden también es conocida como solicitud de trabajo, requisición de trabajo, solicitud de servicio entre muchos otros, los cuales proporcionan los siguientes medios.

- Solicitar por escrito el trabajo que va a realizar el departamento de mantenimiento.
- Seleccionar por operación el trabajo solicitado.
- Asignar el método y los trabajadores más calificados para desarrollar el trabajo.
- Reducir el costo mediante una utilización eficaz de los recursos ya sea mano de obra o material.
- Mejorar la planeación y la programación de mantenimiento.
- Mantener y controlar el trabajo de mantenimiento.
- Mejorar el mantenimiento en general mediante los datos recopilados de la orden de trabajo que serán utilizados para el control y programas de mejora continua.

La administración del sistema de órdenes de mantenimiento es responsabilidad de las personas a cargo de la planeación y programación. En la orden de trabajo se deben tomar en cuenta dos puntos. El primero consiste en incluir toda la información necesaria para facilitar una planeación y una programación eficaz y el segundo punto consiste en hacer énfasis en la claridad y facilidad de uso. En los sistemas de mantenimiento existen dos tipos de realizar las órdenes de trabajo. El primero es la orden de trabajo general que se utiliza para pequeños trabajos de rutina y repetitivos, cuando el costo de procesar una orden de trabajo individual podría exceder el costo del trabajo mismo o cuando este es un trabajo fijo o de rutina, puede omitirse en cuyo caso se genera un registro del trabajo realizado.

El segundo tipo es la orden de trabajo especial que se elabora para todos los demás trabajos individuales, para los cuales hay que reportar todos los hechos acerca del trabajo.

La orden de trabajo cuando se emplea en toda su extensión puede ser utilizada como una solicitud de trabajo, un documento de planeación, una grafica de asignación de trabajos, un registro histórico, una herramienta para monitoreo y control y una notificación de trabajo completado, por lo tanto la realización de una orden de trabajo es de cuidado pues debe contener información para la planeación, programación y control.

1.3.3 Hoja de Mantenimiento u Hoja de Vida del Equipo. La hoja de mantenimiento recopila la información histórica de los mantenimientos efectuados a la maquinaria y/o equipo. La Tabla 1 muestra una estructura típica de una hoja de mantenimiento.

Tabla 1 Hoja de Mantenimiento u Hoja de Vida del Equipo.

Fecha	Mantenimiento Efectuado	Tiempo Muerto	Refacciones y Materiales	Mano de Obra	Horas de Producción Perdida	Costo de Mano de obra	Costo de Refacciones y Materiales

1.4 CONTROL DEL MANTENIMIENTO.

El desarrollo de un sistema acertado de control de la calidad del mantenimiento es esencial para asegurar reparaciones de alta calidad, estándares exactos, máxima disponibilidad, extensión del ciclo de vida del equipo y tasa eficientes de producción. El control de calidad¹ como un sistema integrado se ha practicado con mayor intensidad en las operaciones de producción y manufactura del mantenimiento.

El control del mantenimiento también se refiere a la organización, presupuesto, puesta en operación y control de ciertos trabajos de construcción industrial que involucran una diversidad de oficios y de equipo.

¹ ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. Control de Calidad, Definición Numeral 3.2.10: "Parte de la gestión orientada al cumplimiento de requisitos de la calidad".

1.4.1 Seguimiento y Medición. La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de seguimiento y medición necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados. La organización debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y la medición pueden realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición. Numeral 7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y medición. Norma Técnica Colombiana. NTC ISO 9001 Segunda Actualización.

Registros de Control de Mantenimiento.

En la norma ISO se denomina registro² como un documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas. Para obtener los datos correctos para el trabajo, el costo y el control de la condición de la planta, es esencial contar con medios exactos para la recopilación de datos y el mantenimiento de registros, en los cuales es importante resaltar tres aspectos importantes.

- Tiempo de reparación.
- Costos.
- Tiempo muerto.

El reporte de trabajo es un documento donde se realiza el trabajo realizado y condición del equipo, se puede entregar una tarjeta de trabajo a cada empleado, con el fin de conseguir registros que demuestren el tiempo consumido en cada orden de trabajo, al igual que el defecto del equipo, los materiales utilizados en la reparación, condiciones generales del equipo, mediciones y observaciones. Este registro se debe diseñar de acuerdo a cada organización en donde genere información valiosa ya sea para una acción o para la toma de decisiones y mantener una mejora continua³ en el departamento de mantenimiento y en el mismo equipo.

² Ibíd. Registro, Definiciones, Numeral 3.7.6

³ Ibíd., Mejora Continua. Definiciones. Numeral 3.2.13 “Actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos”.

Otro punto de importancia es el registro de la historia del equipo, ya que es un documento en el cual se reconoce información de todo el trabajo realizado en un equipo, este contiene información de todas las reparaciones realizadas, el tiempo muerto, el costo de las reparaciones y las especificaciones del mantenimiento planeado, esta información estandariza tiempos, técnicas, métodos, haciendo que el desarrollo de trabajos sea mas eficiente y eficaz.

Es importante registrar las especificaciones y ubicación del equipo, las inspecciones, reparaciones, servicios y ajustes realizados; así como las descomposturas y fallas con su causa y acciones correctivas emprendidas, otro punto importante es el registro de los trabajos realizados en el equipo, componentes remplazados o reparados, condiciones de desgaste o rotura, así como las mediciones o lecturas tomadas, las tolerancias, (equipos calibrados) los resultados de pruebas e inspecciones, la hora de la falla y el tiempo consumido en llevar a cabo la reparación, entre otros datos.

Sea cual sea el formato de llenado de los registros, lo importante es que la información debe ser completa y debe estar registrada en forma organizada para su uso y accesos futuros.

Ordenes de trabajo en el control del mantenimiento.

La información necesaria para el control de mantenimiento es:

- Tiempo real consumido.
- Códigos de costos para las habilidades y conocimientos.
- Tiempo muerto u hora en que se termino el trabajo.
- Causa y consecuencia de la falla.

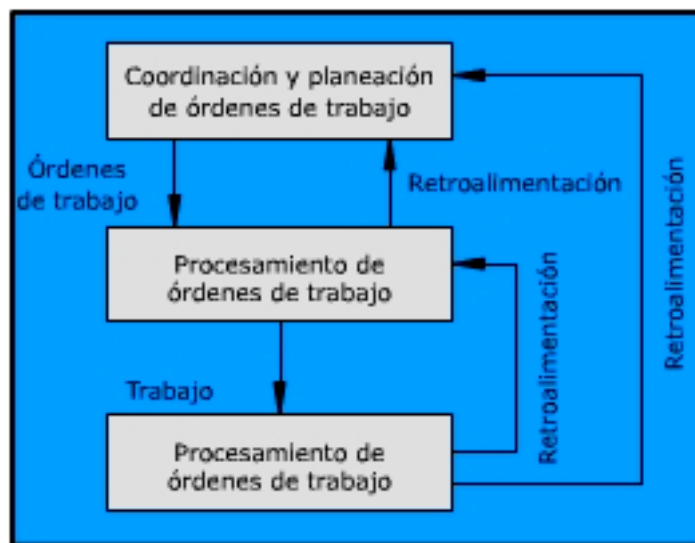
Es importante diseñar una orden de trabajo particular e individual para cada compañía. En los trabajos de mantenimiento es común que al estar realizando las labores los trabajadores descubran algún trabajo adicional que se requiera y que no haya sido incluido en el plan de trabajo, esto podría suceder por una planeación deficiente o que el daño causado por la falla era peor de lo que esperaba; este trabajo debe realizarse y agregarse a la descripción de la orden de trabajo.

Todos los departamentos de mantenimiento deben contar con una orden de trabajo para la planeación y ejecución de su trabajo de mantenimiento.

Estas órdenes de trabajo deben estar numeradas y se requieren por lo menos tres copias para el control del mantenimiento. Las solicitudes de las órdenes de trabajo pueden ser iniciadas por cualquier persona en la organización y deben ser examinadas por el planificador o coordinador del mantenimiento.

El control de mantenimiento comprende las funciones de coordinación y planeación de las órdenes de trabajo, procesamiento de las órdenes de trabajo y retroalimentación de la información y acción correctiva. La Figura 2 muestra el ciclo de control en mantenimiento.

Figura 2. Ciclo de control en mantenimiento.



Flujo del Sistema de Órdenes de Trabajo.

El flujo de sistemas de órdenes de trabajo se refiere a los procedimientos para la realización del trabajo y el orden en que el trabajo se procesa desde su inicio hasta su terminación, para ello se presenta una secuencia para los procesamientos de las órdenes de trabajo.

Cuando el planificador recibe una orden de trabajo la examina, se planea y se completa la orden de trabajo que contiene información requerida para la

planeación, ejecución y control, generalmente se llenan tres o cuatro copias y se envían a través del sistema.

La orden de trabajo se anota en un registro que incluye todos los datos pertinentes para cada orden de trabajo.

Una copia se archiva por número de orden de trabajo en el departamento de control de mantenimiento, dos copias se entregan al encargado correspondiente y la última se envía a quien origino el trabajo.

El encargado asigna el trabajo al técnico apropiado el cual recibe una copia de la orden de trabajo, el trabajador realiza el trabajo y completa la información necesaria acerca del trabajo que realmente se llevo a cabo, en la cual especifica el tiempo real de trabajo, material real utilizado y demás información que complete la descripción del trabajo ya efectuado, esta copia es recibida por el encargado, el cual revisa la información y la calidad del trabajo y anota esta información en la otra copia que se le fue asignada, finalmente envía las dos copias a control de mantenimiento.

El planificador envía una de estas copias al departamento de contabilidad en donde se anota la información de costos enviando esta copia a el departamento donde se conserva el sistema de información de mantenimiento el cual asigna esta copia a la hoja de vida del equipo.

La otra copia se archiva en órdenes de trabajo concluidas guardándose durante unos 6 meses y finalmente es destruida.

1.4.2 Actividades de control (Análisis y acciones correctivas y preventivas).

El control de un sistema de mantenimiento incluye el control del trabajo, control de costos, control de calidad y control de la condición de la planta.

El control incluye las actividades de análisis de costos, materiales, calidad y trabajo (verificar) y los ajustes a los procesos (actuar).

Control del Trabajo.

Este tipo de control vigila el estado del trabajo y el trabajo realizado para investigar si este se ha efectuado de acuerdo con las normas de calidad y tiempo. En este tipo de control se supone que el sistema de control de mantenimiento incluye normas que se asignan antes de llevar a cabo el trabajo real de mantenimiento. Esta categoría de control genera una clase de informes entre ellos uno que

muestra el desempeño, con respecto a la norma, ocupaciones o puestos utilizados en el trabajo y su productividad. En este informe es bueno indicar que proporción del trabajo de mantenimiento se efectúa empleando tiempo extra, otros informes que son útiles para el control del trabajo son el de trabajos pendientes o atrasados, el porcentaje del mantenimiento de emergencia con relación al mantenimiento planeado y el porcentaje de trabajos de reparación originados como resultado de inspección de mantenimiento planeado. Estos informes reflejan medidas de eficiencia⁴.

El informe de trabajos pendientes es esencial para el control del trabajo, manteniendo como buena practica un informe semanal de trabajo pendientes por ocupación o puesto, estos informes deben reflejar o explicar la causa del retardo o atraso del trabajo siendo aceptable un número de trabajos pendientes que generalmente comprenden de dos a cuatro semanas, tener demasiados o muy pocos trabajos pendientes requieren de una acción correctiva, en el caso descendiente bien puede ser; reducir el mantenimiento por contrato, considerar una transferencia entre departamentos o bien reducir la fuerza de trabajo de mantenimiento.

Si la cantidad de trabajos pendientes está aumentando y se identifica una tendencia clara, puede ser necesaria algunas de las siguientes acciones correctivas: incrementar el mantenimiento por contrato, considerar la transferencia entre departamentos, programar tiempo extra que sea eficaz en costos o incrementar la fuerza de trabajo de mantenimiento.

Es aquí donde las herramientas de calidad llegan a jugar un papel importante en el mantenimiento, pues el total de trabajos pendientes deberá controlarse usando herramientas estadísticas como las graficas de control, estas permiten aclarar los limites de control, donde la línea central del promedio para los trabajos pendientes corresponde al promedio de los promedios de los trabajos pendientes durante varios periodos, siendo los limites superior e inferior funciones de la variabilidad en la cantidad de trabajos pendientes.

Control de Costos

En el control de costos, se deben en tener en cuenta los siguientes aspectos.

- El costo directo de mantenimiento, que es el costo de la mano de obra, las refacciones, los materiales, el equipo y las herramientas.

⁴ *Ibíd.*, Eficiencia. Definiciones. Numeral 3.2.15. "Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados".

- Costo de paro de las operaciones debido a la falla.
- Costo de calidad debido a que un producto esta fuera de las especificaciones como resultado de los defectos en la maquina.
- Costo de redundancia debido a equipos de respaldo.
- Costo de deterioro del equipo por la falta de mantenimiento adecuado.
- Costo de mantenimiento excesivo.

Casi toda la información sobre los costos está disponible en la orden de trabajo. Mensualmente se debe entregar un resumen de los costos de mantenimiento por orden de trabajo, este se utiliza para controlar los costos de mantenimiento y determinar los costos de los productos manufacturados. Los informes de costos indicaran los programas de reducción de costos que mas se necesitan.

La reducción de costos será un esfuerzo permanente en cualquier programa de mantenimiento acertado, las áreas en donde pueden llegar a lanzarse programas de reducción de costos se mencionan a continuación.

- Considerar el uso de materiales alternos para mantenimiento.
- Modificar los procedimientos de inspección.
- Revisar los procedimientos de mantenimiento, haciendo ajustes particularmente en el tamaño de las cuadrillas y los métodos.
- Rediseñar los procedimientos de manejo de materiales y la distribución del taller.

Control de Materiales.

La planeación de los requerimientos de materiales y el control de los inventarios son decisivos para el funcionamiento global del sistema de mantenimiento.

Un scan debe ofrecer un control eficaz de inventarios y suministro de materiales. El control de materiales trabajar en conjunto con el numeral 7.4 de la Norma Técnica Colombiana ISO 9001 referente a compras en la adquisición de materia

prima, insumo y refacciones, generando confiabilidad en los trabajos de mantenimiento al contar con un proceso de compras⁵ y verificación de los productos comprados, para ello se hace necesario saber las especificaciones de los productos que se desean adquirir, pues este es un gran paso para el cumplimiento de objetivos y metas en la organización.

Es de gran ayuda en la orden de trabajo especificar los materiales que se necesitan para el desarrollo de una actividad de mantenimiento, esta etapa de planeación es la que permite una programación acertada, pues la disponibilidad de las refacciones y materiales se debe encontrar implícita en el momento de abrir la orden, manteniendo, el registro para un control de inventarios y de refacciones se debe encontrar actualizado.

Control de Calidad.

El mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad de los productos, un equipo con buen mantenimiento produce menos desperdicios que el equipo con un mantenimiento deficiente, también existen pruebas de que la condición de las maquinas afecta su capacidad de proceso. La investigación actual ha establecido el enlace entre el mantenimiento y la calidad.

Un informe mensual sobre el porcentaje de trabajos repetidos y rechazados de productos puede ayudar a identificar cuales maquinas requieren una investigación para determinar las causas de los problemas de calidad.

Una vez realizada la investigación se deberá tomar una acción correctiva para remediar el problema, ya sea una modificación de la política actual de mantenimiento y de la capacidad de la fuerza de trabajo de un oficio particular.

La organización debe asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos, se identifica y controla para prevenir su uso o su entrega no intencional. Los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas con el tratamiento del producto no conforme deben estar definidos en un procedimiento documentado. Numeral 8.3 Control del producto no conforme. Norma Técnica Colombiana. NTC ISO 9001 Segunda Actualización.

⁵ ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Segunda Actualización. Proceso de compras Numeral 7.4.1 y Verificación de los Productos Comprados Numeral 7.4.3

1.4.3 Control de requisitos (Análisis y acciones correctivas y preventivas).

Entre los requisitos del cliente se encuentran la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y soportabilidad. El control de la condición de la planta requiere un sistema eficaz para el registro de falla y las reparaciones de los equipos críticos e importantes en la planta. Esta información generalmente se obtiene de la orden de trabajo y el archivo de historia del equipo, pues estos incluyen el momento de la falla, la naturaleza de esta, las reparaciones realizadas, el tiempo muerto total y las maquinas y refacciones que fueron empleadas.

Un informe mensual de mantenimiento deberá incluir el tiempo muerto de los equipos críticos e importantes y su disponibilidad, si el tiempo muerto es excesivo o si la disponibilidad y prontitud para uso de la maquina son bajas, se debe tomar una medida correctiva para disminuir la ocurrencia de fallas.

La acción correctiva⁶ puede requerir el establecimiento de un programa de mejora de confiabilidad o un programa de mantenimiento planeado, o de ser necesario ambos.

⁶ *Ibíd.*, Acción Correctiva. Numeral 8.5.2. y NTC ISO 9000. Acción Correctiva. Definiciones. Numeral 3.6.5. "Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable".

2. GESTIÓN DE CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO

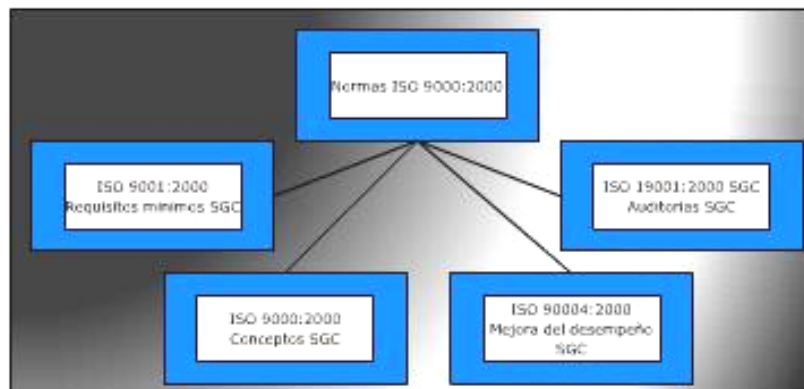
El mantenimiento ha tenido diversos cambios en la concepción a través del tiempo. En tiempos pasados, el mantenimiento era concebido como un área obligatoria dentro de la organización. Las filosofías de calidad en Japón hicieron pensar el mantenimiento como un área cuyo socio estratégico era producción. Las diversas técnicas y herramientas de gestión de calidad son aplicables a los procesos de mantenimiento en la parte de diseño de procesos y productos, experimentos o montajes y análisis de datos ó fallas entre otros.

2.1 SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

Un Sistema de Calidad es la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para aplicar la administración de la calidad. Se definen y se ponen en práctica técnicas y actividades de carácter operacional utilizadas para cumplir con los requisitos para la calidad.

2.1.1 Sistemas de Gestión de Calidad y la norma ISO 9001 versión 2000. La norma ISO 9001 es una norma de carácter certificable por lo cual se tomará como referencia inicial para la formación del manual de calidad en el mantenimiento. La familia de normas ISO 9000 comprende la norma ISO 9001, la cual especifica los requisitos mínimos de un Sistema de gestión de Calidad (SGC), la norma ISO 9000 con los conceptos para un SGC, la norma ISO 9004 con la mejora del desempeño de un SGC y la norma ISO 19001 con las indicaciones para las auditorías de un SGC. La Figura 3 muestra la organización de la familia de normas ISO 9000:V2000.

Figura 3. Familia de normas ISO 9000:2000.



En el anexo A se presenta un listado de normas de gestión de calidad para profundizar en el tema.

2.1.2 Metodología para la implementación de gestión de calidad en mantenimiento. La metodología para la implementación de un sistema de gestión de calidad comprende las fases de diagnóstico, planeación estratégica del sistema, capacitación, documentación, implementación y verificación. A continuación se describirán brevemente cada una de las fases.

Diagnóstico.

El proceso de autoevaluación es una pieza clave de los procesos de implementación de sistema de calidad e igual de importante en una estructura de mantenimiento, este diagnóstico es el punto de partida en el cual le permite a la organización hacer un análisis de su situación actual e identificar sus puntos fuertes y sus áreas de mejora. Existe a disposición de las organizaciones un amplio abanico de métodos de autoevaluación entre ellos se presentan los enunciados a continuación.

- Por simulación de presentación a un premio.
- Por formulario.
- A través de reuniones de evaluación.
- A través de cuestionarios o matrices.
- Por grupos de trabajo, etc.

Corresponde a la organización la decisión de elegir uno u otro en función de factores tan diversos como el tiempo que desee emplear en la autoevaluación, el costo monetario que esté dispuesta a asumir, la calidad de los resultados, la cultura existente o la finalidad que se persiga con la realización de este ejercicio, con la única condición de estudiar y exponer la realidad de la organización pues del resultado de estos será la reseña que nos permitirá apreciar el cambio.

Como regla general, los enfoques que implican un mayor compromiso de recursos suelen ofrecer unos resultados de mayor calidad y más detallados. Sin embargo, organizaciones 'principiantes' en temas de calidad, pueden no estar preparadas para procesos de autoevaluación muy sofisticados. Una opción seguida por

muchas organizaciones y recomendada por la Fundación EFQM es la de comenzar a familiarizarse con la autoevaluación adoptando enfoques no muy complicados que comprometen poca cantidad de recursos como por ejemplo los cuestionarios, e ir pasando a enfoques más complejos a medida que se gana experiencia, en este ejercicio precisan de un mayor compromiso de recursos pero cuyos resultados son más objetivos y exactos por ejemplo, el enfoque de simulación de presentación al premio. Así pues, en función del grado de madurez y del nivel de esfuerzo que la organización desea invertir en el proceso será más adecuado utilizar un método u otro de autoevaluación, Por último cabe resaltar que también es común la utilización de dos métodos a la vez, como el cuestionario y las reuniones de evaluación, con el objetivo de contrastar opiniones dentro del propio equipo⁷.

En la Tabla 3 se muestran los tipos de diagnósticos según la madurez organizacional de la empresa.

Tabla 2. Niveles de Diagnóstico.

ORGANIZACIÓN MADURA	Cuestionario de evaluación adecuado	Formulario apoyado por implicación de colegas.	Simulación de presentación a premio o presentación de premio.
ORGANIZACIÓN EN MARCHA HACIA LA EXCELENCIA	Cuestionario y reunión de evaluación. Reunión de evaluación tutorizada.	Formulario. Reunión de evaluación tutorizada	Prueba piloto de simulación. Presentación a premio.
INICIANDO EL CAMINO HACIA LA EXCELENCIA	Cuestionario de iniciación.	Cuestionario mas detallado	Cuestionario personalizado. Reunión de de evaluación tutorizada.
	ESFUERZO BAJO	ESFUERZO MEDIO	GRAN ESFUERZO

Fuente: Fundación Europea para la Gestión de la Calidad.

⁷http://www.cideal.org/fse/origen/manuales/gestion_calidad/06_capitulo_04_implantacion_de_un_sistema_de_gestion_de_la_calidad_basado_en_el_modelo_efqm.pdf

Planificación Estratégica.

La planificación estratégica, la cual constituye un sistema gerencial que desplaza el énfasis en el ¿qué lograr? (objetivos) al ¿qué hacer? (estrategias). Con la planificación estratégica se busca concentrarse en sólo aquellos objetivos factibles de lograr y en qué negocio o área competir, en correspondencia con las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno.

Algunos autores la define como un proceso que se inicia con el establecimiento de metas organizacionales, define estrategias y políticas para lograr esas metas, y desarrolla planes detallados para asegurar la implantación de las estrategias y así obtener lo fines buscados. También es un proceso para decidir de antemano que tipo de esfuerzos de planeación debe de hacerse, cuándo y cómo debe de realizarse, quién lo llevará a cabo, y qué se hará con los resultados. La planeación estratégica es sistemática en el sentido de que es organizada y conducida con base a una realidad entendida.

Las empresas la definen como un proceso continuo, flexible e integral, que genera una capacidad de dirección. Capacidad que da a los directivos la posibilidad de definir la evolución que debe seguir su organización para aprovechar, en función de su situación interna, las oportunidades actuales y futuras del entorno.

Capacitación

Se considera este ítem como de la mayor importancia en las organizaciones afines con el mantenimiento por su alto valor en conocimiento y tecnología, ya que día a día se generan maquinarias, herramientas y métodos con el fin de optimizar recursos, mejorar procesos, generar mayor productividad y por ende rentabilidad.

En la etapa de ejecución, es básico documentar los procesos internos a los que va a ser sometido a comparación competitiva, así mismo la otra gran actividad consiste en tener información externa para identificar quienes son los mejores en el proceso objeto a investigar, ya que este estudio genera una mayor comprensión en el entendimiento de vivencias de otros departamentos, empresas u organizaciones, instruyendo y generando una noción para evitar la ejecución de errores.

Las fuentes primarias son las universidades y asociaciones profesionales alrededor del mundo; la mayoría de ellas posee un portal en la red mundial de computadores y se puede acceder a su biblioteca virtual donde aparece valiosa información a cerca de conferencias, bases de datos, viajes de estudio, informes y publicaciones. También se han creado asociaciones especializadas en el tema de comparación competitiva con ayudas similares.

Existe información no publicada que se encuentra disponible para el público. Esta información reposa en la cabeza y en las notas de individuos o grupos que tienen experiencia con el proceso objeto de la investigación, en realidad esta información no es aprovechada por las organizaciones ya que no difunden el conocimiento por medio de capacitaciones al resto del personal, donde con una alta rotación del mismo se desperdicia el conocimiento y en la mayoría de los casos se lo llevan generalmente a la competencia.

Otra fuente que genera conocimiento son las entidades relacionadas con la organización como los proveedores e incluso los clientes, pues teniendo en cuenta los principios para la gestión de calidad en el octavo y primer numeral encauzan la organización a tener relaciones beneficiosas con los proveedores y a contar con un enfoque en el cliente, pues estos entre muchos otros, proporcionan información y conocimiento bien sea sobre las cualidades, características, condiciones ya sea de uso, transporte, o almacenamiento etc. de la materia prima o insumos, información que es suministrada en algunos casos por el proveedor y que de ser conocida por el personal evitaría grandes pérdidas de producto, a nivel ambiental, de tiempo y de recursos.

Un grupo de investigación y de análisis que recopile información y que la divulgue de forma adecuada y enfocada a resolver problemas, mejora el nivel de sus empleados y encamina a la organización hacia el éxito a muy bajo costo.

Este numeral se presenta como alternativa para aquellas pequeñas empresas u organizaciones que no cuentan con el capital para estar a la vanguardia del conocimiento, en el cual se describen algunas alternativas de bajo costo que ayudarían a fortalecer y a forjar una cultura orientada hacia el estudio, hacia el conocimiento, hacia la capacitación.

Documentación

Los procesos de documentación ya existen dentro de la organización y el enfoque inicial debería limitarse a identificarlos y gestionarlos de la manera más apropiada. La Norma ISO 9001:2000 requiere que todos los procesos "necesarios para el sistema de gestión de la calidad" se gestionen según el apartado 4.1 Referente a Requisitos generales. No hay un catálogo o una lista de los procesos que deben documentarse, cada organización debe determinar qué procesos documentar en función de los requisitos de su cliente y de los legales o reglamentarios aplicables, de la naturaleza de sus actividades y de su estrategia corporativa global.

Al determinar qué procesos deberían documentarse la organización podría considerar factores tales como el efecto sobre la calidad, el riesgo de insatisfacción del cliente, los requisitos legales y reglamentarios, el riesgo

económico, la eficacia y eficiencia, la competencia del personal y la complejidad de los procesos.

Cuando sea necesario documentar los procesos, pueden usarse diferentes medios, tales como las representaciones gráficas, las instrucciones escritas, las listas de verificación, los diagramas de flujo, los medios visuales o los medios electrónicos, entre otros.

El documento ISO/TC 176/SC2/N525R proporciona orientaciones adicionales sobre los requisitos de la documentación de la Norma ISO 9001:2000.

La documentación es el soporte del sistema de gestión de calidad, pues en ella se plasman no sólo las formas de operar de la organización sino toda la información que permite el desarrollo de los procesos y la toma de decisiones.

En el proceso de documentación existen talantes que se deben tener en cuenta como las reglas de la documentación y las amenazas.

- Reglas para la documentación.

Entre las reglas de la documentación se encuentra el realismo, evitar detalles (exceso), emplear diagramas, usar referencias de otros documentos, utilizar modelos cuando sea apropiado y aprovechar la documentación existente.

- Amenazas.

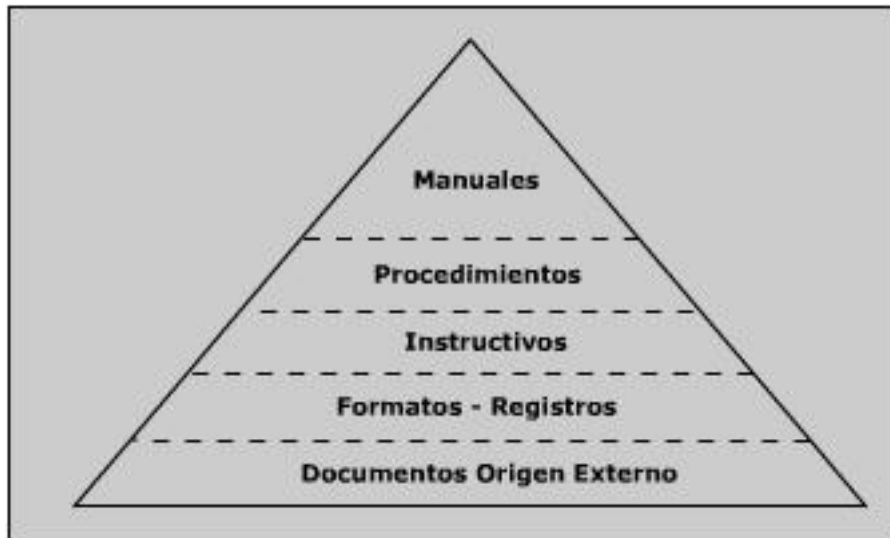
Entre las amenazas se encuentra subestimar el compromiso de la gerencia, el manual interminable, asignar equivocadamente la responsabilidad del proyecto, copiar impunemente lo que han hecho otras empresas, exagerar el volumen de la documentación, los circuitos de aprobación y dejar todo en manos de un asesor.

- Categoría de Documentos.

La base de un Sistema de Calidad se compone de dos documentos, denominados Manuales de Aseguramiento de la Calidad, que definen por un lado el conjunto de la estructura, responsabilidades, actividades, recursos y procedimientos genéricos que una organización establece para llevar a cabo la gestión de la calidad (Manual de Calidad), y por otro lado, la definición específica de todos los procedimientos que aseguren la calidad del producto final (Manual de Procedimientos). La categoría de documentos se muestra en la Figura 4. Dentro de la infraestructura

del Sistema existe un tercer pilar que es el de los Documentos Operativos, conjunto de documentos que reflejan la actuación diaria de la empresa⁸.

Figura 4 Pirámide de la Documentación en un SGC.



- **Manuales de la Calidad.**

El manual de calidad debe referirse a procedimientos documentados del sistema de la calidad destinados a planificar y gerenciar el conjunto de actividades que afectan la calidad dentro de una organización. Este manual debe igualmente cubrir todos los elementos aplicables de la norma del sistema de calidad requerida para una organización. También deben ser agregados o referenciados al manual de calidad aquellos procedimientos documentados relativos al sistema de la calidad que no son tratados en la norma seleccionada para el sistema de la calidad pero que son necesarios para el control adecuado de las actividades.

Los manuales de la calidad son elaborados y utilizados por una organización para comunicar la política de la calidad, los procedimientos y los requisitos de a organización; describir e implementar un sistema de la calidad eficaz, suministrar control adecuado de las prácticas y facilitar las actividades de aseguramiento,

⁸ <http://www.monografias.com/trabajos11/conge/conge.shtml#man>

además debe suministrar las bases documentales para las auditorias y adiestrar al personal en los requisitos del sistema de la calidad⁹.

- **Manual de Procedimientos**

El manual de procedimientos sintetiza de forma clara, precisa y sin ambigüedades los procedimientos operativos, donde se refleja de modo detallado la forma de actuación y de responsabilidad de todo miembro de la organización dentro del marco del Sistema de Calidad de la empresa y dependiendo del grado de involucramiento en la consecución de la Calidad del producto final.

Los procedimientos documentados del sistema de la calidad deben formar la documentación básica utilizada para la planificación general y la gestión de las actividades que tienen impacto sobre la calidad, también deben cubrir todos los elementos aplicables de la norma del sistema de la calidad. Dichos procedimientos deben describir las responsabilidades, autoridades e interrelaciones del personal que gerencia, efectúa y verifica el trabajo que afecta a la calidad, como se deben efectuar las diferentes actividades, la documentación que se debe utilizar y los controles que se deben aplicar.

Cada procedimiento documentado debe abarcar una parte del sistema de calidad, tal como un elemento completo del sistema de calidad o una parte de este, o una secuencia de actividades interrelacionadas ligadas con más de un elemento del sistema de la calidad.

Implementación.

La primera etapa, de Implementación, incluye un diagnóstico y las actividades necesarias para que la organización quede en condiciones de cumplir con las exigencias establecidas en un sistema o estándar de gestión.

La segunda etapa, de Verificación, consiste en la evaluación de conformidad y cuando corresponda, la emisión del certificado o documento que formaliza el cumplimiento de los requisitos establecidos en un sistema o estándar de gestión.

La clave para la implementación es la comunicación y la capacitación. Durante la fase de implementación, todos operan de acuerdo a los procedimientos, reúnen y

⁹ <http://www.monografias.com/trabajos6/maca/maca.shtml>

guardan los registros que sirven de evidencia para demostrar que se está cumpliendo con lo que se dice.

Es importante que la empresa haga una fase de alistamiento, empezando por crear unas condiciones de favorabilidad en el clima, en el ambiente, en el compromiso, cambios de ciertas rutinas, motivación, compromiso desde la dirección, entre muchas otras actividades.

A esta etapa se le conoce como “proceso de sensibilización” al cambio con énfasis en la calidad, pues es indispensable que la empresa desarrolle previamente una cultura específica donde se trabajen los puntos mencionados a continuación.

- Medición de clima organizacional y su consecuente valoración.
- Atención de factores de bajo nivel reflejados en la valoración del clima.
- Un proceso de capacitación orientado a la motivación y a enseñar el trabajo en equipo.
- Concientización e implementación de sistemas de orientación al mercadeo integral y de servicio a cliente.
- Mejoramiento de los sistemas de comunicación horizontal y vertical.
- Creación de un grupo de apoyo al programa.
- Implementar sistemas elementales hacia la calidad como el de las 5´S.
- Atender problemas menores en las diferentes áreas.

Verificación.

Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados, esta actividad se puede llevar a cabo por medio de los indicadores que se fijaron para el cumplimiento de las metas. Soportado en el seguimiento y medición¹⁰ y en las acciones correctivas.

¹⁰ ICONTEC. NTC ISO 9001. Numeral 8.2 Seguimiento y Medición. Numeral 8.5.2 Acción Correctiva.

2.2 NORMA ISO 9001:V2000 Y EL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN

El mantenimiento, actualmente reconocido como un elemento fundamental para incrementar la competitividad industrial en un escenario de mercados globales, ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeamiento con aplicaciones ingenieriles de avanzada.

La creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de alta calidad, han obligado a los fabricantes a adoptar la automatización, esto a dado lugar a inversiones muy grandes en equipo. Para alcanzar las tasas de rendimiento de la inversión fijada, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado, donde la disponibilidad, la confiabilidad y la eliminación de tiempos muertos de producción juegan un papel importante y para ello se hace necesario la implementación de un sistema de gestión que soporte las exigencias y que genere seguridad en la producción con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

2.2.1 El ciclo Deming o Ciclo de Mejora (PHVA) en mantenimiento. El ciclo PHVA es un ciclo sistémico y estructurado utilizado para la resolución de problemas y el mejoramiento continuo. El ciclo de calidad se encuentra basado en cuatro actividades principales, las cuales comprenden el planear, hacer, verificar y actuar. Es de resaltar que el ciclo PHVA, es un ciclo que se desarrolla dentro de todos los procesos de la organización, incluyendo a mantenimiento y en el sistema de procesos como un todo. La Figura 5 muestra el concepto y la aplicación del ciclo PHVA..

Figura 5 Ciclo Deming o Ciclo de Mejora.



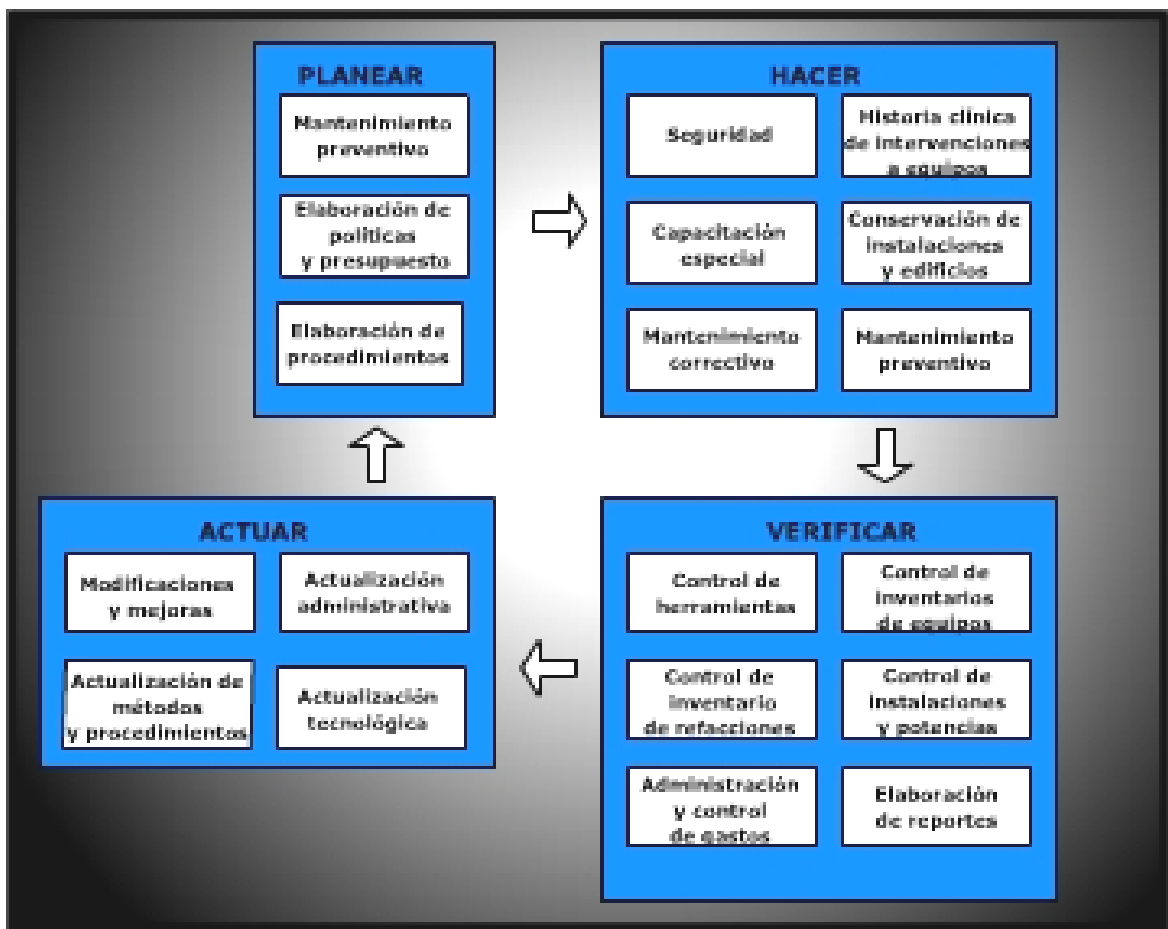
El significado de cada actividad se explica en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción del ciclo Deming o Ciclo de Mejora en mantenimiento.

Actividad	Significado
Planear	Establecer los objetivos y procesos necesarios de mantenimiento para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
Hacer	Implementar los procesos de mantenimiento.
Verificar	Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos de mantenimiento respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
Actuar	Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos de mantenimiento.

La Figura 6 muestra una posible clasificación de algunas actividades de mantenimiento según la metodología PHVA.

Figura 6. Procesos de mantenimiento según el PHVA.



2.2.2 Principios de gestión de calidad, norma ISO 9001:V2000 y el mantenimiento. Los principios básicos de la gestión de la calidad, son reglas de carácter social encaminadas a mejorar la marcha y funcionamiento de una organización mediante la mejora de sus relaciones internas. Estas normas, han de combinarse con los principios técnicos para conseguir una mejora de la satisfacción del consumidor. Los principios de gestión de calidad constituyen una clase de política para definir la filosofía de la norma ISO 9001:V2000.

Principio de Organización enfocada al cliente en mantenimiento.

Las organizaciones, dependen de sus consumidores, y por eso debe entender las necesidades presentes y futuras de los consumidores. Deben de adaptarse a las necesidades e incluso sobrepasar las expectativas de los consumidores.

La norma [ISO 9001](#), trata de adaptarse a la realidad, de que las empresas, dependen de la aceptación y consumo de sus productos por parte de los clientes. Esta necesidad, da origen al principio de la orientación hacia el consumidor de toda la actividad productiva de la empresa u organización.

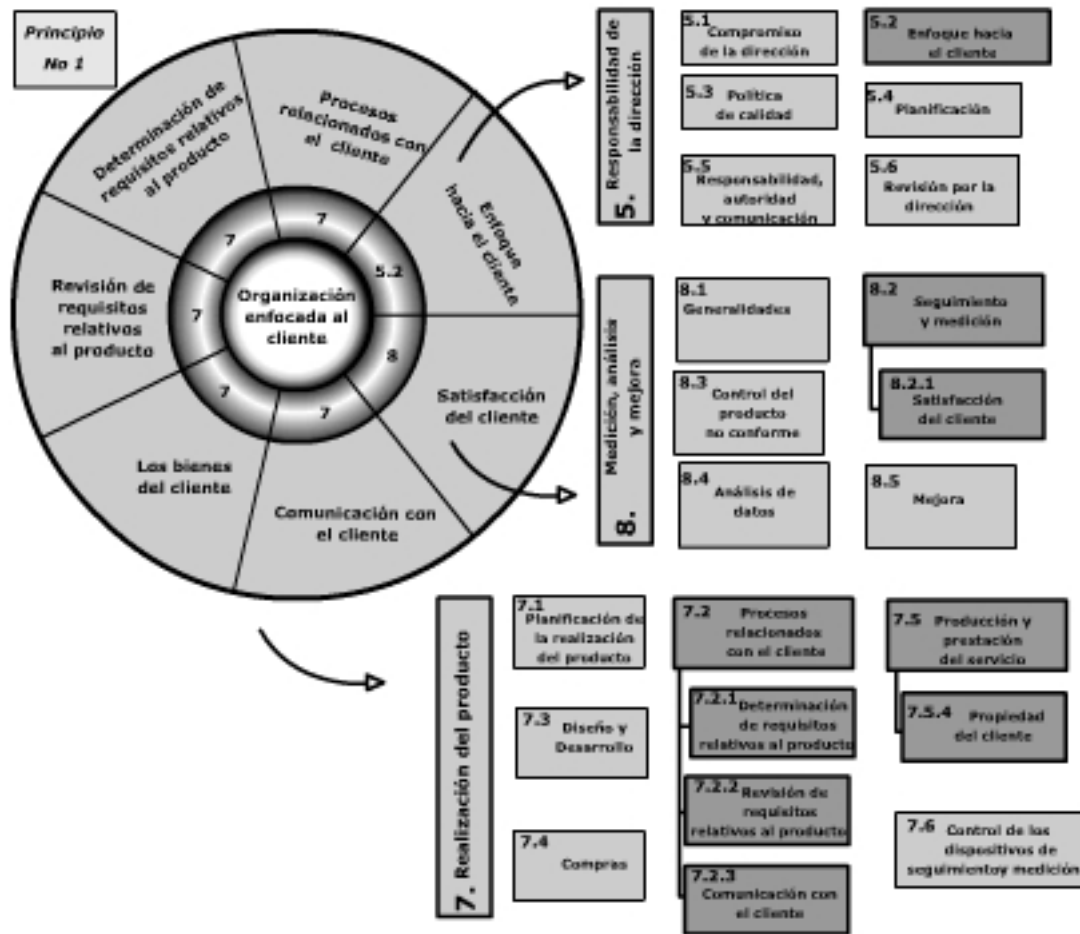
A cambio, el consumidor se identificará con la organización, y estará predispuesto a mantener su nivel de [implicación](#) hacia la organización.

Este principio es el punto más importante de la norma, en cuanto es el motivo de su origen. El resto de principios, lo único que hacen es intentar satisfacer esta necesidad mediante el cumplimiento y aplicación del resto de las especificaciones. Cumpliendo los demás principios, es posible cumplir con este primero de visión orientada hacia el consumidor.

En mantenimiento, el principio de organización enfocada al cliente se puede interpretar como la satisfacción de los requerimientos del cliente interno, en procesos industriales puede ser el programa de producción asociado a la calidad del producto por el estado de la infraestructura y en empresas de servicios como la continuidad del servicio a los clientes externos con las condiciones de fiabilidad.

La Figura 7 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma. Los cuadrados resaltados al lado derecho muestran la correspondencia entre la sección de la norma y el principio.

Figura 7. Principio Organización enfocada al cliente.



Principio de Liderazgo en mantenimiento.

Los líderes, establecen la unidad de propósito y dirección de la organización en el cual los integrantes de la organización, se vean totalmente involucrados en alcanzar los objetivos de la organización.

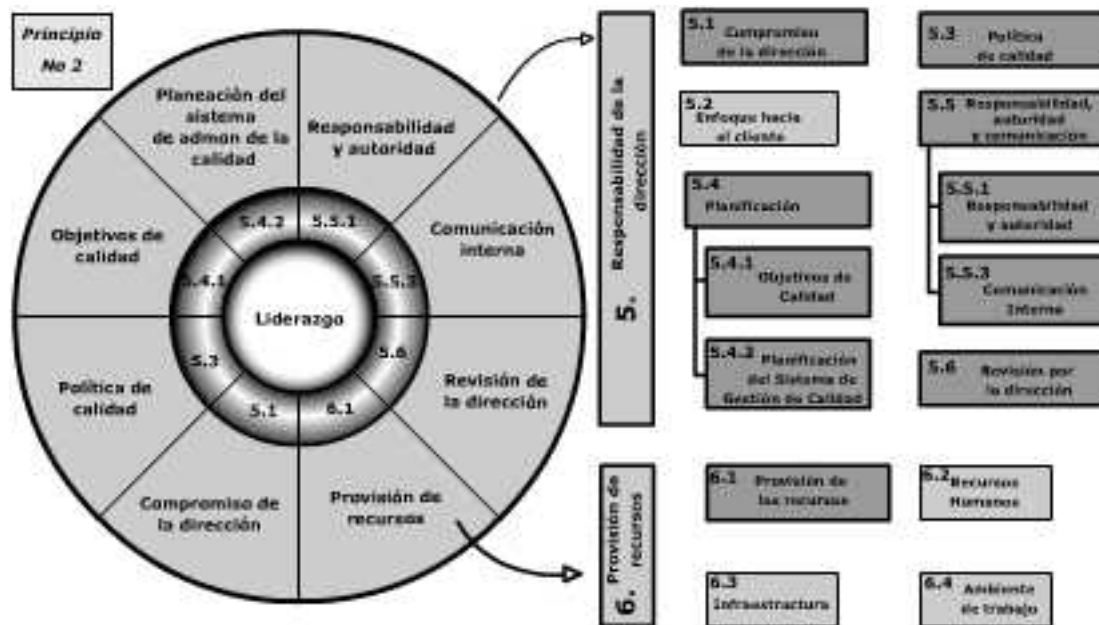
Los líderes deben desarrollar y entender las necesidades y expectativas de los consumidores, además deben asegurarse de que los objetivos de la organización están enlazados con las necesidades y expectativas de los clientes, formando un canal de comunicación de estas necesidades y expectativas de ellos a través de toda la organización, los líderes reflejan y miden la satisfacción del cliente, y actúan en función de los resultados.

Se reconoce un líder porque cuenta con los suficientes conocimientos técnicos, con información de calidad y una amplia experiencia, para que sus acciones conduzcan al éxito. Entre las habilidades ha de ser imaginativo, diligente, esforzado con conocimiento de la empresa, negocio u organización y debe ser capaz de no solo [tomar decisiones](#) acertadamente sino de saber involucrar al resto del grupo en la consecución de los objetivos.

En mantenimiento, el principio de liderazgo se puede interpretar como la habilidad de los gestores del mantenimiento para promover el cumplimiento de los objetivos de calidad de la organización entre el personal de mantenimiento y su grado de pertenencia con la organización de mantenimiento y las políticas o estrategias, tales como las estrategias de mantenimiento, los planes maestros o cualquier otro aspecto incluido o no dentro del Sistema de Gestión de Calidad.

La Figura 8 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma. Los cuadrados resaltados al lado derecho muestran la correspondencia entre la sección de la norma y el principio.

Figura 8. Principio “Liderazgo”.

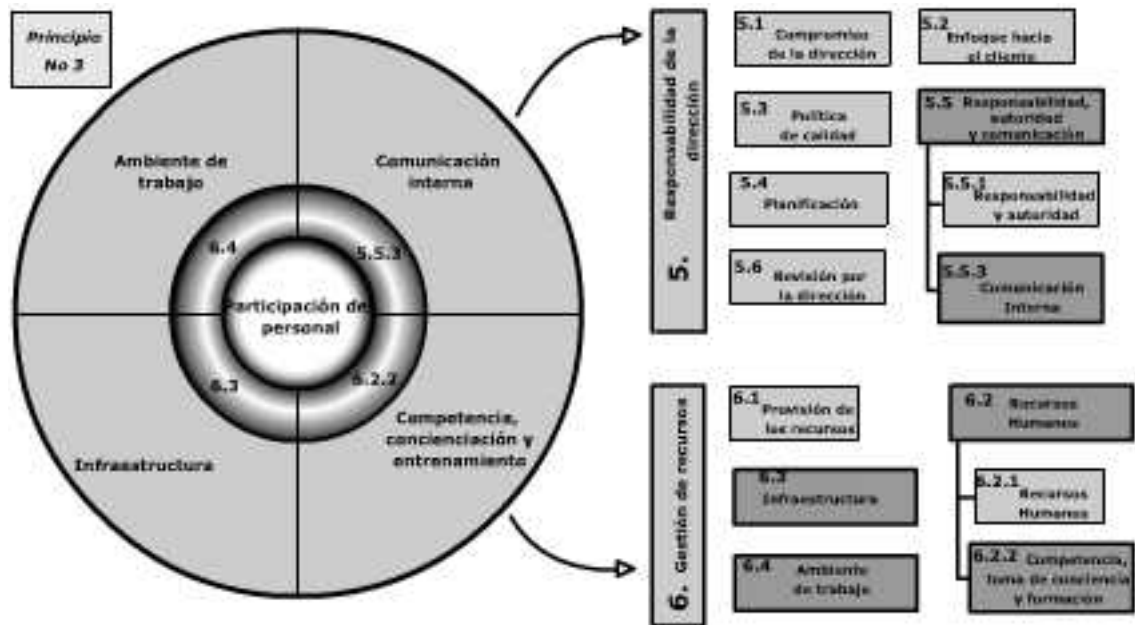


Principio de Participación del personal en mantenimiento.

Los integrantes de la organización, [consumidores](#), trabajadores, mandos, [proveedores](#), distribuidores, y los elementos ajenos a la empresa como redes de transporte, comunicaciones, entre otros, son los elementos que constituyen la organización. El desarrollo completo de las potencialidades del personal permite aprovechar al máximo las habilidades para conseguir los objetivos de la organización y la excelencia de la calidad.

En mantenimiento, el principio de participación del personal se puede interpretar como la motivación, interés, compromiso y desempeño en equipo del personal, produce inclinación a cumplir las expectativas y necesidades del grupo, mejorando su satisfacción personal y mediante la satisfacción del cliente interno o externo. En los equipos naturales de trabajo del mantenimiento centrado en confiabilidad se cumple el principio conforme a la participación del personal sea activa, confiando en el potencial de cada individuo para mejorar los procesos de mantenimiento. La Figura 9 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma. Los cuadrados resaltados al lado derecho muestran la correspondencia entre la sección de la norma y el principio.

Figura 9. Principio “Participación del personal”.

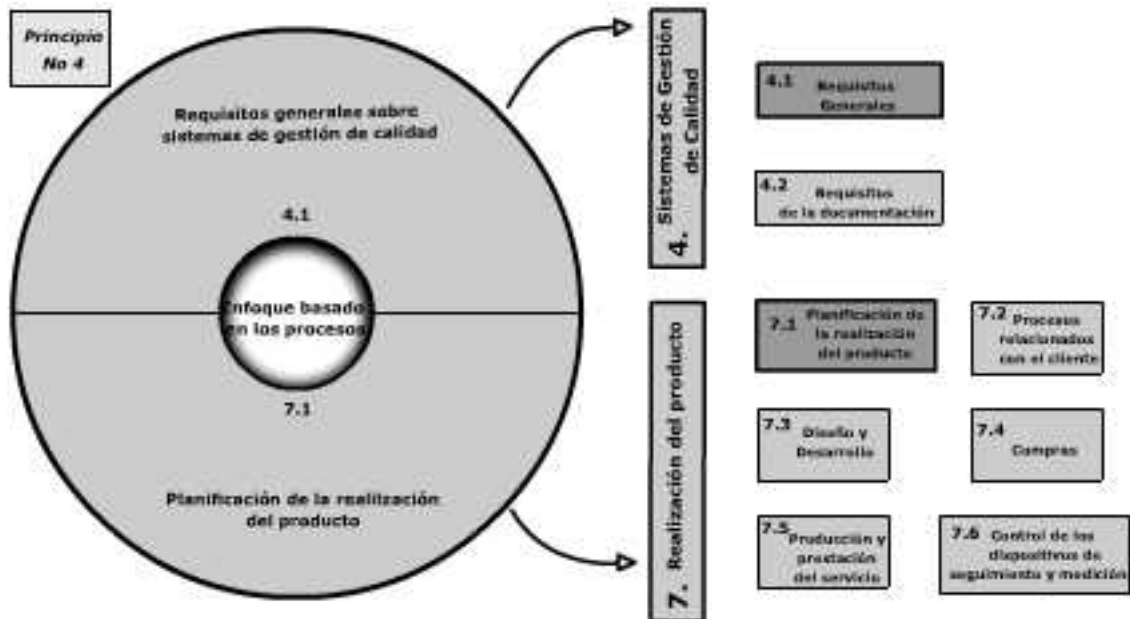


Principio de Enfoque basado en los procesos en mantenimiento.

Un proceso se define como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. En las organizaciones a menudo se entregan productos, los cuales están definidos como la salida de un proceso. Un resultado deseado se alcanza con más eficiencia cuando sus actividades y recursos relacionados son manejados como procesos. El enfoque orientado hacia los procesos, permite una rápida y sencilla identificación de los problemas, así como la rápida solución de los mismos. La responsabilidad de la mejora del proceso, corresponde a los [integrantes](#) del proceso, con la ayuda de toda la [organización](#).

En un enfoque basado en procesos es necesario enfatizar la importancia de la comprensión y el cumplimiento de los requisitos, la necesidad de considerar los procesos en términos que aportan en valor, la obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas. En mantenimiento, el principio de enfoque basado en procesos se puede interpretar como el grado de comprensión que se tenga de los componentes y las interrelaciones de los subprocesos o actividades de mantenimiento en la organización con orientación hacia la satisfacción del cliente y la facilidad de administración de los recursos dentro de la estructura de procesos. Es importante, tener una visión objetiva del ciclo PHVA para lograr una comprensión completa del enfoque basado en procesos. La Figura 10 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma.

Figura 10. Principio “Enfoque basado en procesos”.



Principio de Enfoque de sistema para la gestión en mantenimiento.

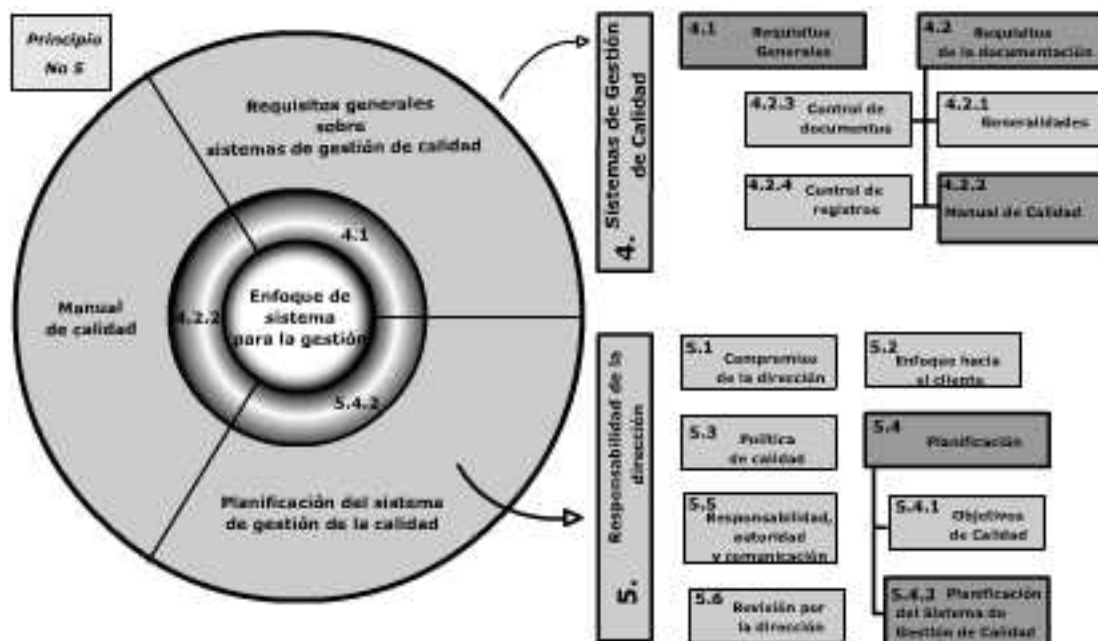
El enfoque de sistema requiere del entendimiento, identificación y gestión de los procesos interrelacionados, contribuyendo a la efectividad y la eficiencia de la organización con el único propósito en alcanzar sus objetivos.

Se hace necesario establecer un sistema de gestión válido y consistente en toda la compañía, se deben documentar los datos e información y estos estarán a disposición de todos los miembros de la organización, los cuales deben de ser instruidos en la gestión del sistema de procesos, haciendo que los planes y sistemas de gestión, sean buenos, los cuales contendrán información fiable obtenida mediante el análisis de los hechos, generando una mayor implicación y participación de los integrantes de la organización, logrando un mejor resultado en los procesos.

En mantenimiento, el principio de enfoque de sistema para la gestión se puede interpretar como la administración de cada uno de los componentes o procesos dentro de un enfoque sistémico como es la comprensión de las entradas y salidas de los subprocesos y su relación, junto con el aporte de cada subproceso para el cumplimiento de los objetivos de calidad del mantenimiento.

La Figura 11 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma.

Figura 11. Principio “Enfoque de sistema para la gestión”.



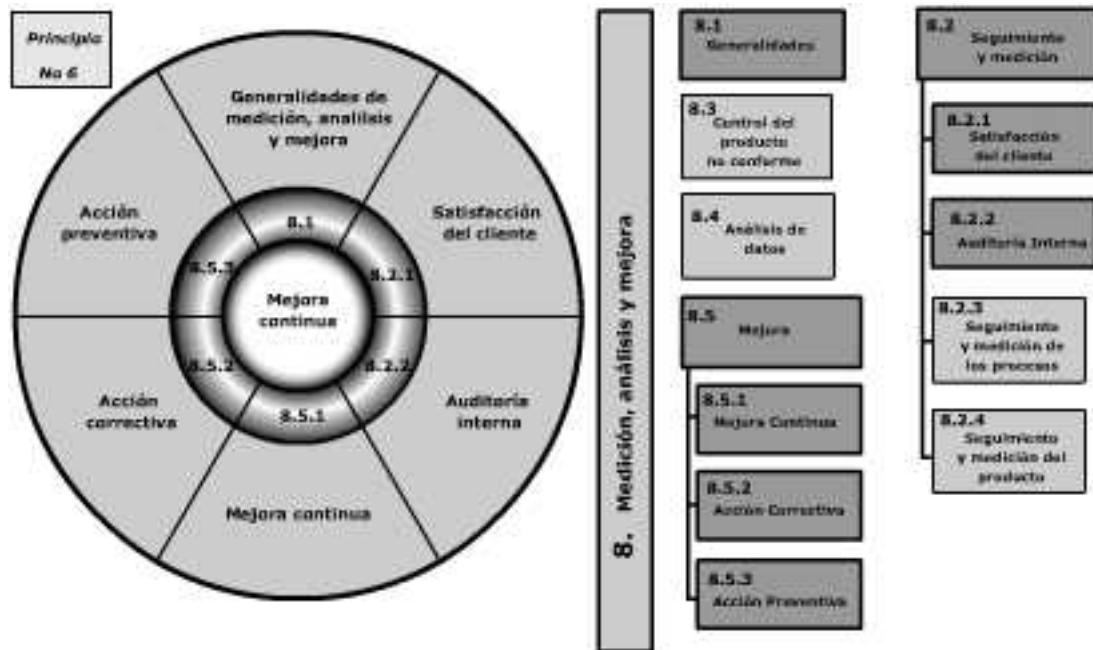
Principio de Mejora Continua en mantenimiento.

La mejora continua de la capacidad y los resultados, debe ser el objetivo permanente de la organización, no siendo labor de un día sino un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos. La mejora de los resultados lleva a una dinámica continua de estudio, análisis, experiencias y soluciones, cuyo propio dinamismo tiene como consecuencia un proceso de mejora de la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

El cumplimiento de los objetivos de la organización, ha de prepararla para los próximos requerimientos superiores, llevando a obtener un rendimiento mayor en las tareas individuales y resultados del conjunto de la organización.

En mantenimiento, el principio de mejora continua se puede interpretar como la mejora en la capacidad del proceso de mantenimiento para atender las necesidades de los clientes internos o externos teniendo en cuenta la medición y seguimiento de los procesos para evidenciar el mejoramiento continuo. Las políticas de la organización para apoyar los proyectos de mejoramiento en mantenimiento, como puede ser los sistemas de información, la capacitación y sensibilización del personal son aspectos importantes para el mejoramiento continuo. La Figura 12 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma.

Figura 12. Principio "Mejora continua".



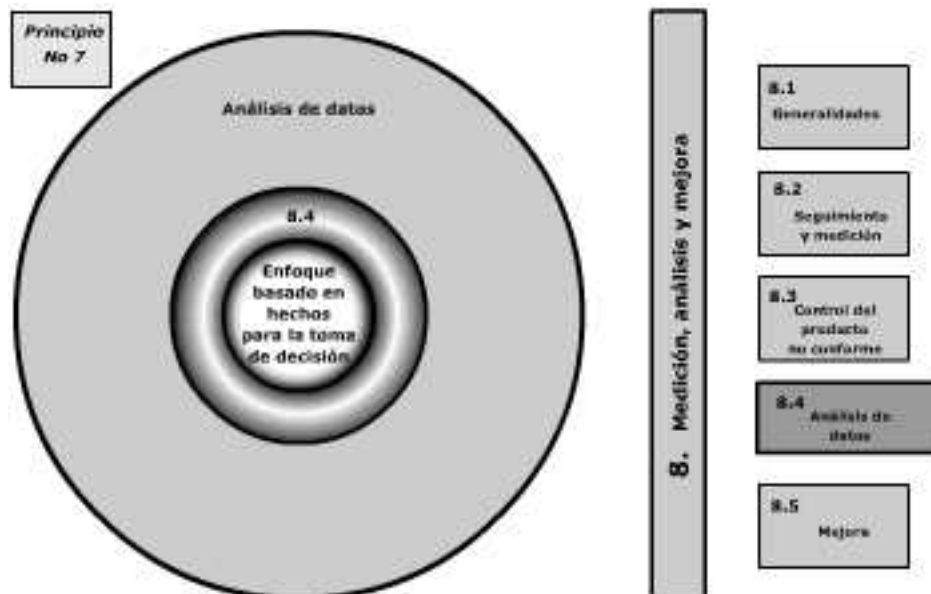
Principio de Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones en mantenimiento.

La información es la herramienta o materia prima fundamental en la toma de decisiones de la empresa. A mayor calidad de la información, mejor calidad en la toma de decisiones. La toma de decisiones acertadas debe basarse en la frialdad y objetividad de los datos, más que intuiciones, deseos y esperanzas.

El [sistema de gestión de la calidad](#), mejora la calidad de la información obtenida, y mejora los cauces para su obtención. Con buena información, se pueden hacer estudios y análisis de futuro, y mejora del producto a corto plazo.

“Los hechos, son los hechos”, y es responsabilidad de todos aceptarlos y darles solución a los problemas. En mantenimiento, el principio de enfoque basado en hechos para la toma de decisiones se puede interpretar como la toma de decisiones basado en los datos recolectados o registrados en sistemas de información manuales o automáticos de los procesos de mantenimiento como puede ser la productividad de los recursos empleados, la fiabilidad de los sistemas de mantenimiento o cualquier otro aspecto con el fin de definir actuaciones clave o decisiones clave en los planes de acción de los objetivos de calidad, soportándose en el análisis de datos dentro de cada plan. La Figura 13 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma.

Figura 13. Principio “Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones”.



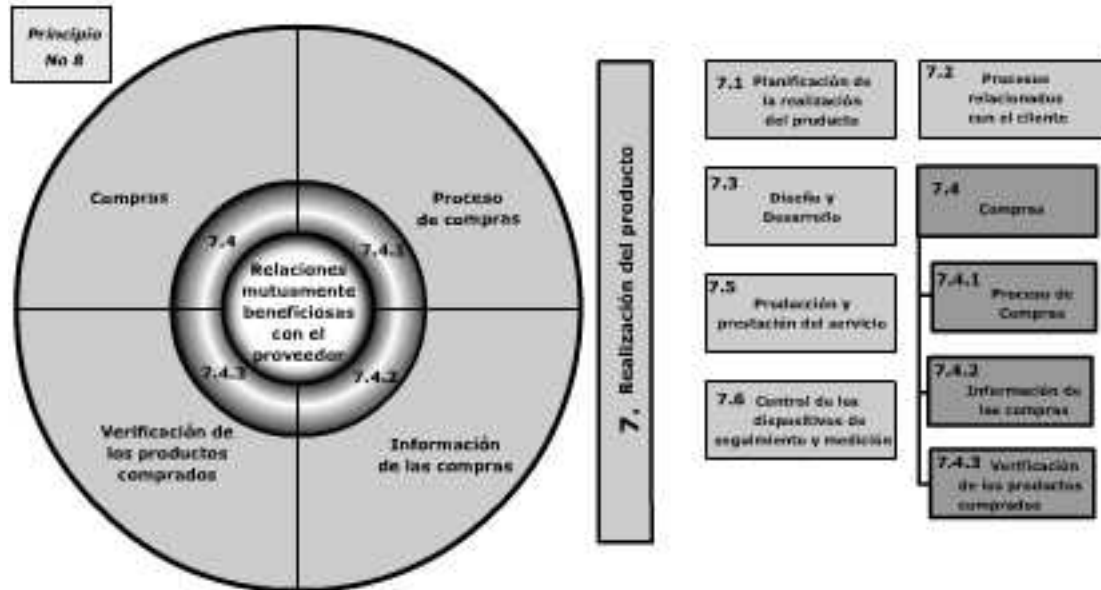
Principio de Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor en mantenimiento.

La empresa, necesita suministradores de confianza, que conozcan sus necesidades y expectativas y superen las dificultades para adecuarse a las necesidades de la empresa; por tanto, los suministradores tienen un carácter vital para la empresa, en donde se inicia la gestión de la calidad.

Las buenas relaciones y marcha de los negocios entre los proveedores y el resto de la organización, redundan en beneficio de ambas partes, pues esta debe ser una relación gana-gana donde ayude a mejorar la calidad final del producto y a satisfacer las necesidades y expectativas del consumidor y su entorno.

En mantenimiento, el principio de relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor se puede interpretar como la gestión efectiva de los proveedores de refacciones o materiales o servicios de mantenimiento con el fin de optimizar los recursos en ambas partes para mejorar los procesos de mantenimiento. La Figura 14 muestra la relación del principio con la estructura organizativa de la norma.

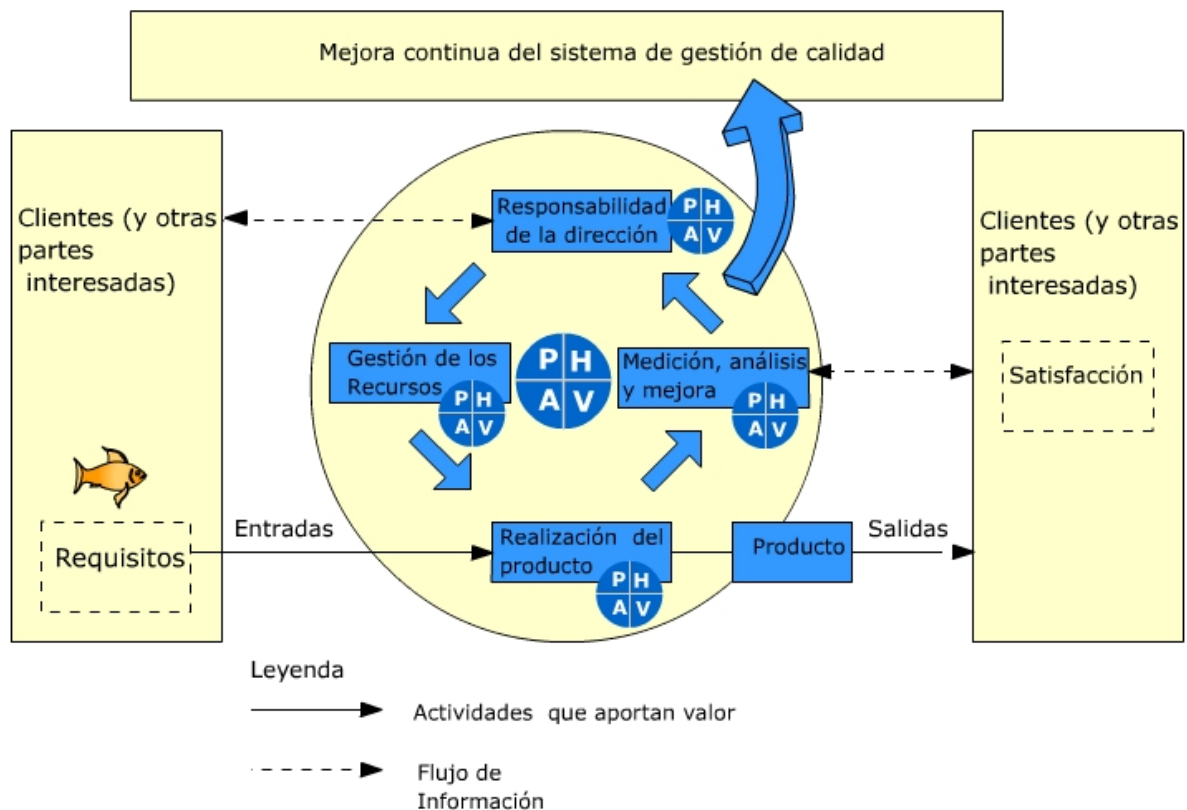
Figura 14. Principio Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.



2.2.3 Componentes de la norma ISO 9001:V2000 y mantenimiento. En la norma ISO 9001, el enfoque basado en procesos incluye los procesos para la realización del producto. Existen otros procesos para lograr una implementación eficaz del sistema de gestión de calidad como son la revisión por la dirección, gestión de recursos y medición, análisis y mejora.

En general, se tiene un modelo mejorado al propuesto por la norma tal como el mostrado en la Figura 15.

Figura 15. Sistema de Gestión de calidad basado en procesos.



La norma ISO 9001:V2000 maneja un esquema general de componentes basado en las sinergias existentes entre la realización del producto (Capítulo 7 de la norma), la gestión de los recursos (Capítulo 6), la responsabilidad para su realización (Capítulo 5) y la medición, análisis y mejora del producto (Capítulo 8).

Realización del producto.

La realización del producto debe ser coherente con los requisitos de otros procesos, sin perder de vista el cumplimiento de los objetivos de calidad de la organización.

Los productos deben ser desarrollados y definidos con el enfoque hacia el cliente con el fin de lograr la satisfacción y el cumplimiento del primer principio, para ello se hace necesario la planeación del producto, pues de esta forma se logra asegurar la calidad, siendo su propósito fundamental prever de manera ordenada como se llevaran a cabo las actividades de realización del producto.

En mantenimiento se logra enfocar en el cumplimiento de las expectativas de la organización, lograr un acople entre los procesos productivos y el mantenimiento sin entorpecimientos. La planeación propicia una adecuada realización de las actividades, disminuye los costos y favorece la mejora continua generando confiabilidad a los equipos de la organización. En todos los casos, debe tomarse en cuenta el modelo de calidad como mecanismo impulsor de los procesos desde el punto de vista con la interrelación con el ciclo PHVA, Norma técnica Colombiana NTC ISO 9001 CAPITULO 7 Segunda Actualización.

Gestión de los recursos.

Los recursos son indispensables para el desarrollo de los sistemas de calidad, refiriéndose a los recursos humanos, infraestructura y el ambiente de trabajo.

En el mantenimiento los recursos humanos implican la apropiada asignación del personal, el cual debe cumplir con los requisitos relacionadas en el desempeño humano, sus capacidades, educación, entrenamiento, habilidades y experiencia entregando trabajos apoyados en conocimiento y realizado por personal competente. En cuanto infraestructura es importante que la organización proporcione y mantenga sus edificios, espacios de trabajo y servicios asociados para el desempeño adecuado de sus actividades, es de gran relevancia en el mantenimiento contar con la infraestructura necesaria, los equipos de comunicación, software, hardware, equipos y herramientas para el cumplimiento adecuado de sus mismas actividades. Ver Capítulo 6 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9001 Segunda Actualización.

Responsabilidad para su realización.

El compromiso de la dirección con la calidad y con el mantenimiento proporciona mayor entendimiento de la importancia del mantenimiento con el desarrollo de la producción y los objetivos de la organización, colaborando con el libre desarrollo de actividades que generen mejoras, presupuesto, tecnología, capacitación y demás recursos que aporten en el cumplimiento de metas.

Medición análisis y mejora.

Medir el logro de los objetivos de mantenimiento, tiempos, trabajos, reparaciones, paradas de planta, incidentes y accidentes de trabajo, reprocesos (mantenibilidad) y productos no conformes haciendo uso de indicadores que generen información veraz para realizar acciones correctivas, preventivas y de mejora continua ver capítulo 8 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9001.V: 2000.

VER NUMERAL 5.1.13 Medición y Seguimiento.

2.2.4 Compatibilidad con otros sistemas de gestión. En cualquier proceso de mantenimiento, se puede adoptar un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14001:v2004 y un sistema de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional según la norma OSHAS 18000:v1999. Así mismo, los sistemas de gestión social y gestión de riesgos son complementarios a la norma ISO 9001:v2000. Todo se puede integrar bajo la metodología HSQE. Existen normas que integran los diferentes Sistemas De Gestión para no tener inconvenientes en la gestión integrada.

3. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN MANTENIMIENTO

El mantenimiento, actualmente reconocido como un elemento fundamental para incrementar la competitividad industrial en un escenario de mercados globales, ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeamiento con aplicaciones ingenieriles de avanzada. El diseño optimizado orientado al mantenimiento centrado en la confiabilidad hace uso de la técnica de análisis modal de fallos y efectos, conocido como FMECA. A continuación se describirá la técnica con orientación al mantenimiento.

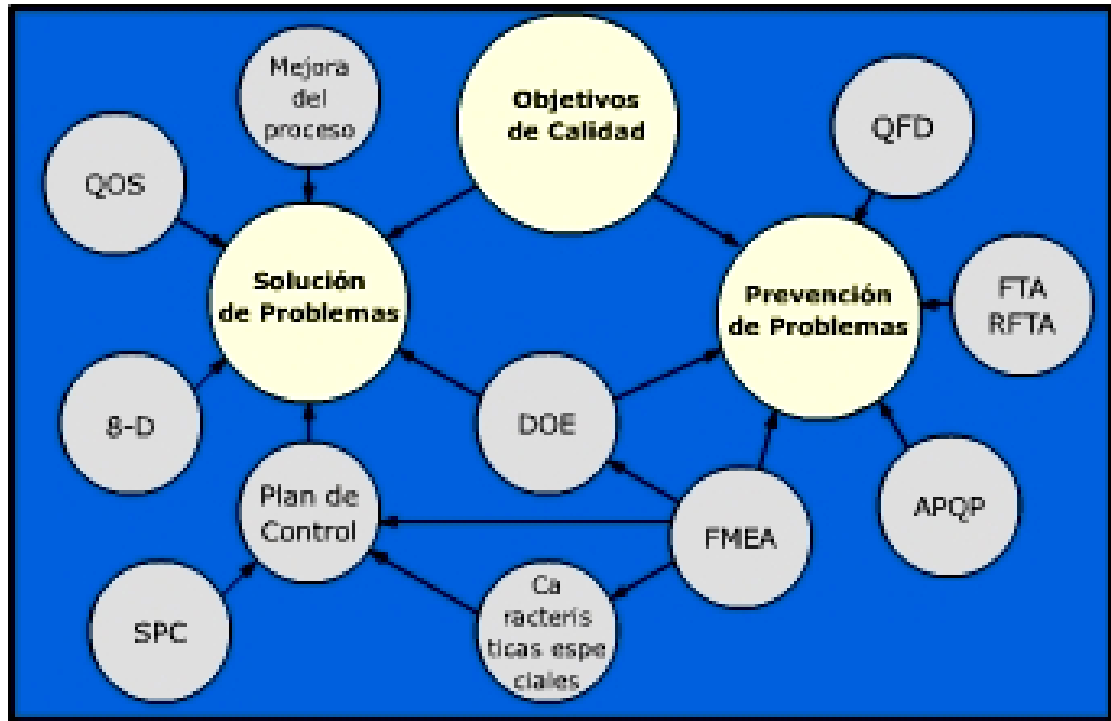
3.1 GENERALIDADES DE TÉCNICAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

En la prevención de problemas los sistemas de gestión de calidad se emplean el Despliegue de la Función Calidad (QFD), el Análisis del Árbol de Falla (FTA), el Análisis de Árbol de Falla Reverso (RFTA), la Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP) y el FMECA, éste último es empleado tanto de manera directa como indirecta a través de la APQP y del Diseño de Experimentos (DOE), el cual es un elemento importante para la prevención y la solución de problemas; en cuanto a ésta última los sistemas de calidad utilizan principalmente el Mejoramiento Continuo, el Sistema Operativo de Calidad (QOS), las ocho disciplinas para la solución de problemas (8D) y el Plan de Control, cuya elaboración requiere directamente del FMECA, de herramientas de Control Estadístico de Proceso (SPC) y la consideración de las características especiales establecidas a través del FMECA. En la Figura 16 se muestra la relación existente entre los objetivos de calidad de un sistema de aseguramiento ISO 9001:V2000 y las técnicas de gestión de calidad orientadas a la prevención y solución de problemas en mantenimiento.

3.2 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA Y CRITICIDAD (FMECA)

El Análisis de modo y efecto de falla y criticidad, FMECA, es un proceso sistemático para analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad de funcionamiento de un sistema, tratando de identificar las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Tal como lo observado en la Figura 16, el FMECA se trata de una técnica para la prevención de problemas y de corrección a través del plan de control.

Figura 16. Relación de Técnicas de Gestión de Calidad y Mantenimiento.



El FMECA es aplicable a diferentes campos, teniendo distinta denominación en cada caso (ver Tabla 4).

Tabla 4. Tipos de FMECA.

	Tipo de FMECA		
	Diseño	Proceso	Medios
Aplicación	Productos nuevos o mejora de productos	Procesos	Máquinas, instalaciones, etc.

Entre los objetivos del FMECA se encuentran el reconocimiento y evaluación de los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto, determinación de los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema, identificación de las acciones para eliminar o reducir

la oportunidad de que ocurra la falla potencial, analizar la confiabilidad del sistema, documentación de un proceso.

3.2.1 Definiciones para el FMECA. El proceso FMECA requiere de la comprensión de algunas definiciones, las cuales son enunciadas a continuación¹¹.

Función.

Se entiende como cualquier propósito de un producto, proceso o sistema.

Modo de Fallo.

Un modo de fallo describe la forma en la cual un producto, proceso o sistema podría dejar de ejecutar la función deseada, tal como debe ser descrito por las necesidades, requerimientos y expectativas de clientes internos y/o externos. Una misma función puede tener ligada a ella varios modos de fallo.

Causa.

Una causa es el medio por el cual un elemento particular resulta en un modo de falla.

Efecto.

Un efecto es una consecuencia adversa que el sistema(o cliente) podría experimentar.

Características críticas.

Una característica crítica es una característica especial que afecta la seguridad del cliente o podría resultar en una no conformidad de acuerdo a las regulaciones gubernamentales, y por tanto son de cumplimiento obligatorio.

¹¹ SANTAMARIA, Aleck. Memorias del Seminario Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Universidad Industrial de Santander, Bogotá D.C.

Probabilidad de Ocurrencia o Coeficiente de Frecuencia (F).

Es una medida de que tan factible es que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla específico, durante la vida estimada o esperada del producto. El coeficiente de frecuencia se expresa en función de una probabilidad.

Coeficiente de Gravedad (G).

Es una valoración del perjuicio ocasionado al cliente, por única y exclusivamente, el efecto del fallo.

Coeficiente de Detección (D).

Se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, suponiendo que aparezca, llegue al cliente.

Índice de Prioridad del Riesgo (IPR).

El IPR es el producto matemático de los rateos de severidad, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de detección.

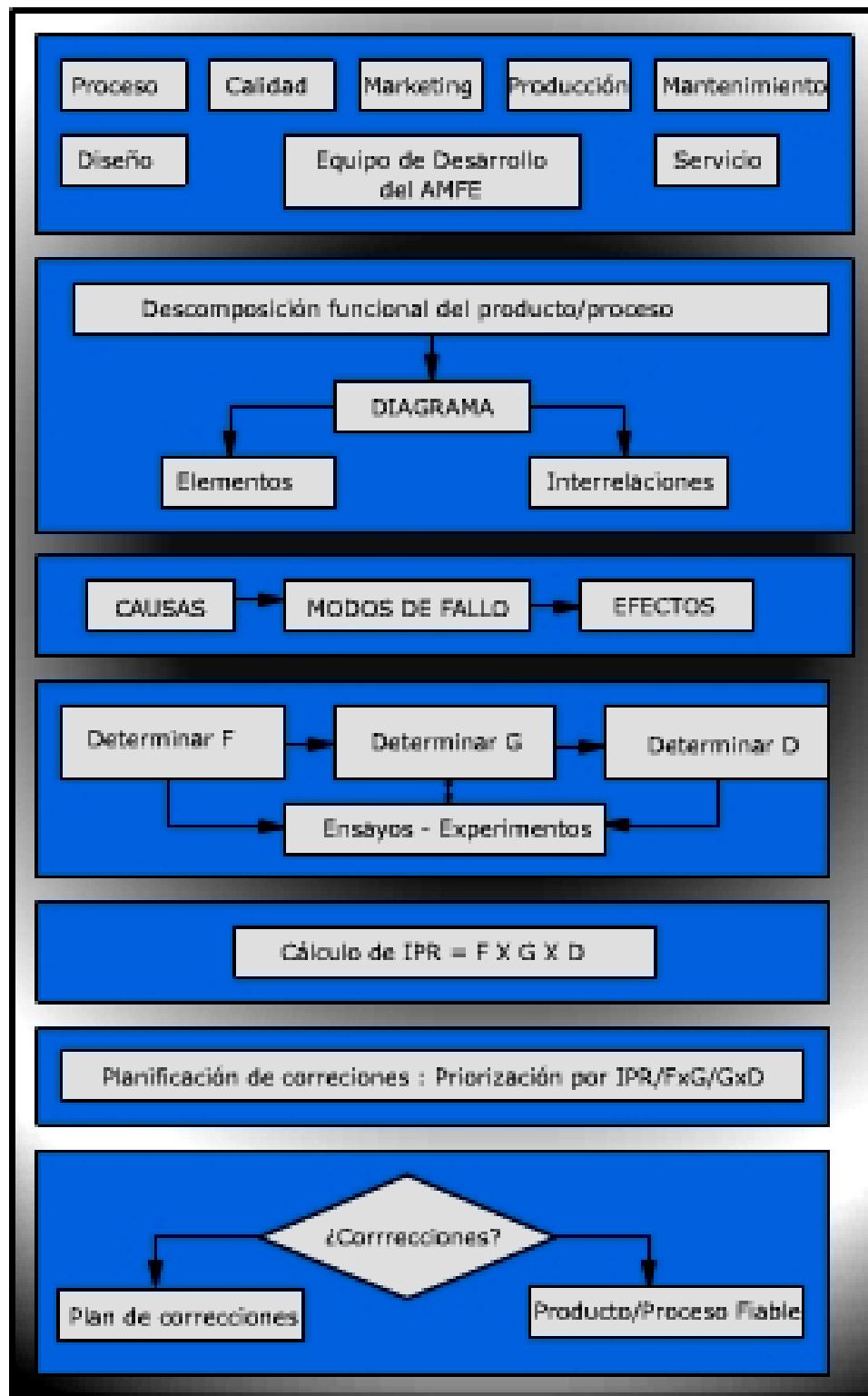
3.2.2 Metodología para la elaboración de un FMECA. El FMECA implica una serie de pasos a seguir en forma lógica para llegar al resultado esperado, que es el plan de correcciones o el producto o proceso fiable.

La Figura 17 muestra la secuencia para la elaboración del FMECA. Los pasos a seguir se enuncian a continuación.

Equipo de desarrollo del FMECA.

La conformación de un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente. El equipo debe estar conformado por personas de las áreas involucradas o interesadas en el FMECA.

Figura 17. Metodología para la elaboración de un FMECA.



Descomposición funcional del producto y/o proceso y Diagrama.

La etapa de descomposición funcional del producto y/o proceso se facilita mediante la utilización de la columna de Función o Proceso en el registro mostrado en la Tabla 7 y la definición dada anteriormente de función. Es importante identificar claramente el proceso, el sistema y los componentes a analizar.

Causas, Modos de Fallo y Efectos.

La etapa de causas, modos de fallo y efectos se facilita mediante la utilización de la columna de Función o Proceso en el registro mostrado en la Tabla 7 y las definiciones dadas anteriormente. En la Tabla 5 se muestra la definición del concepto y un ejemplo para mantenimiento.

Tabla 5. Modos de Fallo, Efectos y Causas.

Concepto	Modos de Fallo	Efectos	Causas
Definición	Términos físicos	Repercusión	Factores desencadenantes del modo de fallo
Ejemplo	Fatiga, Vibraciones, agarrotamiento, corrosión, bloqueo, pandeo, desalineación, circuitos con fugas, etc.	Combado, ruido, suciedad, ausencia de funcionamiento, fugas, etc.	Vibraciones, calor, dimensiones excesivas o cortas, excentricidad, fragilidad, falta de lubricación, sobretensiones eléctricas, etc.

Determinación de F, G y D.

El dimensionamiento de la importancia de los modos de fallos se obtiene a partir de los coeficientes F, G y D cuyo producto es el IPR.

- Determinación de F.

La probabilidad de ocurrencia de un fallo parte de la posibilidad de que se dé previamente la causa potencial del fallo (probabilidad P_1). Posteriormente, se evaluará la probabilidad de que una vez ocurrida la causa del fallo, como consecuencia de ésta se produzca el modo de fallo asociado a ella (probabilidad P_2). Puesto que ambas son necesarias, el coeficiente de frecuencia será el producto de ambas probabilidades. En este caso, se debe suponer que tanto la causa como el modo de fallo no son detectados antes de que llegue al cliente. La expresión matemática se enuncia continuación.

$$F = P_1 \times P_2$$

La Tabla 6 contiene los valores de esta probabilidad para los cuatro posibles valores que considera el coeficiente de frecuencia.

Tabla 6 Coeficientes de Frecuencia.

Valor del Coeficiente de Frecuencia	Observación	Frecuencia
1	Muy Baja	< 1 Fallo por año
2	Posible	< 1 Fallo por trimestre
3	Media	< 1 Fallo por semana
4	Alta o Frecuente	1 a 3 Fallos Diarios

- Determinación de G

El coeficiente de gravedad atiende a factores como la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones y el coste y tiempo de la reparación del perjuicio ocasionado. La Tabla 8 contiene los valores de esta probabilidad para los cuatro posibles valores que considera el coeficiente de gravedad.

Tabla 8. Coeficientes de Gravedad.

Gravedad	Observación	Frecuencia
1	Muy Baja	<1 minuto
2	Posible	1 a 20 minutos
3	Alta o crítica	20 a 60 minutos
4	Catastrófica	> 60 minutos

- Determinación de D

El Coeficiente se refiere a la probabilidad de que no pueda detectarse el fallo y la causa antes de entregar el producto al cliente. La Tabla 10 contiene los valores de esta probabilidad para los cuatro posibles valores que considera el coeficiente de detección.

Tabla 9. Coeficientes de Detección.

No Detección	Observación
1	Escasa probabilidad de No detección
2	Poca Probabilidad
3	Media Probabilidad
4	Alta Probabilidad

Cálculo del Índice de Prioridad del Riesgo (IPR).

El índice IPR se obtiene del producto de los coeficientes F, G y D.

$$IPR = F \times G \times D$$

El objetivo del índice IPR es priorizar los fallos para llevar a cabo posibles acciones correctoras. La utilización de histogramas facilita el seguimiento del índice IPR. El histograma estará compuesto en el eje de las abscisas del índice IPR y en el eje de las ordenadas del número de causas.

Planificación de correcciones.

La fiabilidad es una de las características que aportan a la calidad. El plan de correcciones estará orientado mejorar o cambiar el diseño del componente o sistema, mejorar o cambiar el proceso o incrementar el control para mejorar la detección con el fin de eliminar la causa del fallo, reducir la frecuencia del fallo, reducir la gravedad del fallo y aumentar la probabilidad de detección.

Las correcciones pueden ir encaminadas al mejoramiento individual de los índices, tal como lo mostrado en la Tabla 11.

Tabla 10 Mejoramiento de índices.

Mejoramiento Índice F		Mejoramiento Índice G		Mejoramiento Índice D	
Acción	Efecto	Acción	Efecto	Acción	Efecto
Cambiar diseño	Reducir la probabilidad de aparición del fallo	Implementar sistemas redundantes	Prevenir fallos potenciales fallos existen elementos con las mismas funciones	Añadir o mejorar los sistemas de control de calidad	Evitar llegada de fallo al cliente
Incrementar o mejorar sistemas de control	Impedir que se produzca el fallo	Alterar los elementos causantes del fallo	Corregir el diseño	Modificar el diseño	Evitar llegada de fallo al cliente

Plan de correcciones (Ejecución)

El seguimiento a las acciones correctivas es clave para aportar valor al proceso. La Tabla 12 muestra un esquema para el seguimiento de las acciones correctivas.

Tabla 11 Seguimiento de las acciones correctivas.

ACCIONES	AREA	RESPONSABLE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
O Previsto			● Realizado											

Una vez terminado el seguimiento de las acciones correctivas, se recalculará el IPR y se tomarán nuevas acciones.

3.2.3 Relación del FMECA con las Normas ISO 9000. Las normas ISO 9000 solo definen directrices y modelos, no indican procedimientos a ser implementados ni las estrategias correspondientes que deberán ser definidas por cada empresa.

La serie ISO 9000 es especialmente aplicable cuando es necesario comprobar al cliente, como requisito contractual, que están siendo considerados un conjunto de parámetros de calidad previamente establecidos. En estos casos, el cliente exige contractualmente la comprobación de la calidad, no sólo del proyecto de desarrollo.

Entre los requerimientos establecidos en la norma 9000:2000 se hace referencia al control de diseño¹² numeral 7.3 y al control del proceso¹³, numeral en sus cláusulas se establece como requisito la verificación de los mismos incluyendo un análisis de fallas y de sus correspondientes efectos. Esta verificación debe confirmar que los datos resultantes del proyecto cumplen las exigencias establecidas, a través de actividades de control de proyecto, tales como la realización y registro del análisis. Esta metodología permite conocer los efectos de un modo de falla antes de que este actúe en deterioro de un equipo, dándonos la

¹² ICONTEC. NTC ISO 9001. Numeral 7.3 Diseño y Desarrollo.

¹³ *Ibíd.*, Numeral 4.1 Requisitos Generales.

información indispensable para hacer los procedimientos de reparación, liberación, instrucción de operación, inspección, seguridad.

Se ha descubierto también el uso de esta técnica para hacer el seguimiento de un efecto de falla, después de ocurrida y que no se comprenda cual es o fue su causa por la dificultad que presenta por desconocimiento técnico o cualquier otra incógnita.

El potencial más importante del FMECA es: La gran cantidad de datos que de manera sistemática, ordenada y estructurada, proporciona para convertirlos en información útil que pueda usarse para tomar decisiones y extraerle valor, el conjunto de información almacenada a lo largo del proceso debe estar disponible para toda la organización a modo de crear una base de conocimientos, que debe integrarse a los procesos de la organización para formar el capital intelectual. El conocimiento tiene un valor invaluable para el proceso de mejora continua que tiene como necesidad el actual sistema de producción Lean Manufacturing.

Los modos de falla producen los efectos de las fallas, que sin parar un equipo si están presentes en él, promoviendo entonces su paulatino deterioro, frecuentemente encontramos que una determinada falla se llega a convertir en un problema, el cual por la pérdida de información o por falta de una técnica que permita erradicarla, generalmente se termina por sistematizarla y se le programará dentro de un mantenimiento preventivo o una fuerte inspección de los parámetros de calidad para tratar de someterla a su control, esto es común y se le llama convivencia de falla.

Entonces en esencia, un equipo o producto, (a nivel sistema y/o a otros niveles inferiores) se examina en cuanto a todas las formas en que puede producirse un fallo. Se requiere entonces ubicarse en la causa remota para eliminar o controlar los modos de falla que se ubiquen en ella.

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con sus percepciones de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

3.3 Herramientas de Gestión de calidad.

Las herramientas de gestión de calidad tienen utilidad en el análisis de datos, entre estas se encuentra el diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto,

histograma, gráfico de control, diagrama de dispersión, hoja de recogida de datos, árbol de fallas y árbol de decisión.

3.3.1 Diagrama de Pareto. El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas, utilizado para detectar las causas o efectos de problemas graves ó con más relevancia (pocos vitales) frente a unos sin importancia. En general, el principio de Pareto, especifica que el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado.

Un equipo puede utilizar la Gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras, para analizar las causas, estudiar los resultados y planear los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva de mejora continua sin malgastar esfuerzos. Los diagramas de Pareto se clasifican en diagramas de fenómenos y diagramas de causas.

Diagrama de fenómenos.

El objetivo del diagrama es identificar los efectos o problemas más relevantes. Entre los resultados indeseables se pueden encontrar problemas de calidad, costo, entrega o seguridad del producto.

Diagrama de causas.

El objetivo del diagrama es identificar las causas más relevantes del efecto más relevantes del diagrama de fenómenos. Entre las causas indeseables se encuentran factores atribuibles al operario, la máquina, el operario, la materia prima y el método operacional.

Elaboración de un diagrama de Pareto.

La elaboración de un diagrama de Pareto conlleva el seguimiento de unos pasos, enunciados a continuación.

- Decisión de la clase de problema a investigar.
- Decisión de la clase de datos y su clasificación.

- Definición del método de recolección de datos y su período.
- Elaboración de una Tabla de datos con la lista de ítems ordenados según orden de cantidad, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- Dibuje el diagrama según las indicaciones de la Tabla 13.

Tabla 12. Indicaciones para el gráfico de Pareto.

Eje	Datos	Forma de la curva	Orden (Izquierda a derecha)	Criterio	Diagrama de Fenómenos	Diagrama de Causas
Horizontal	Listado de ítems	Barras	De mayor a menor	Cantidad	Problema	Causa
Vertical izquierdo	0 hasta el último total acumulado				No. Fallos ó coste de fallos	No. Fallos ó coste de fallos
Vertical Derecho	0 al 100%	Líneas	De menor a mayor	Porcentaje acumulado	Porcentaje de fallos o porcentaje de costes	No. Fallos ó coste de fallos

- Trazar una línea horizontal desde el eje vertical derecho partiendo desde el 80% hasta cortar la curva de líneas. Desde este punto de corte, trazar una línea vertical hasta el eje horizontal.
- Los problemas o causas no incluidos en la región anterior son los pocos vitales. La Figura 18 muestra un diagrama de Pareto.

El gráfico de Pareto divide los factores en tres clases. Las clases se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13 Clasificación de Factores.

Clase	Factores (%)	Costo (%)
A	15 al 20	70 al 80
B	20 al 25	20 al 25
C	Restantes	Menos del 5%

Figura 18 Diagrama de Pareto.

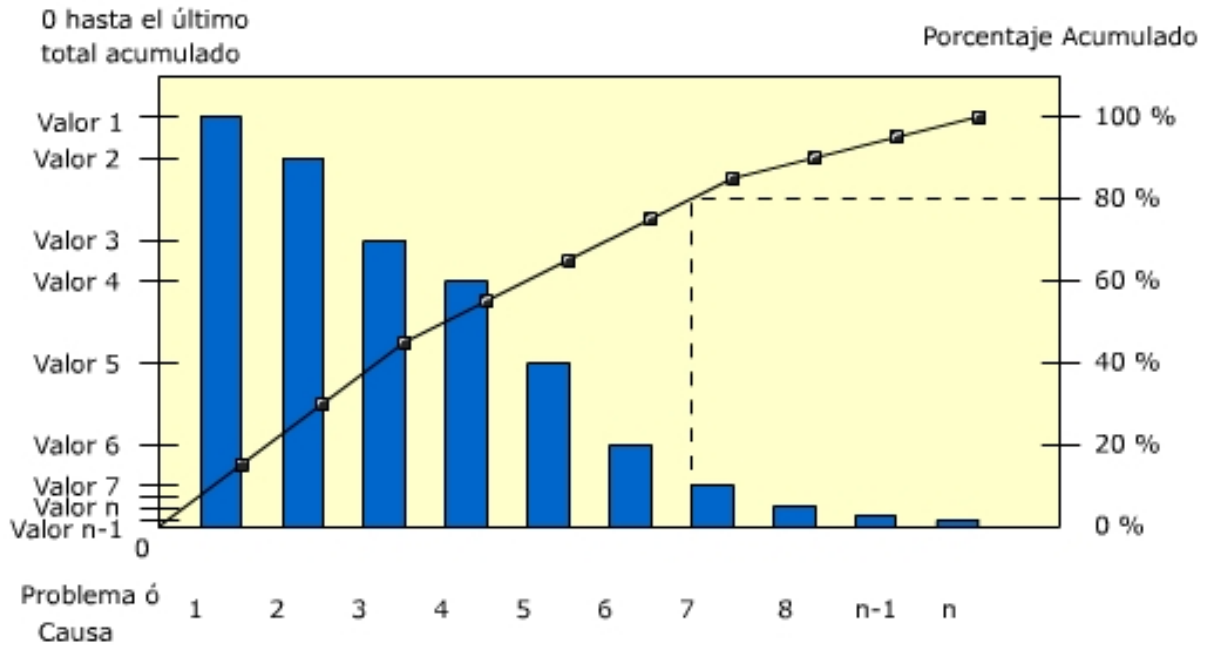


Diagrama de Pareto en mantenimiento.

En mantenimiento, el diagrama de Pareto es utilizado en auditorias de mantenimiento para identificar mejoras en los factores con mayores debilidades como son la organización y el personal, productividad de la mano de obra, capacitación gerencial, capacitación del planificador, capacitación de los técnicos, motivación, administración y control del presupuesto, planeación y programación de las órdenes de trabajo, instalaciones, control de almacenes, materiales y herramientas, mantenimiento preventivo e historia del equipo, ingeniería y monitoreo de las condiciones, medición del trabajo e incentivos y sistemas de información con el fin de lanzar programas de mejora del sistema de mantenimiento.

3.3.2 Diagrama de Causa Efecto. El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. El diagrama causa-efecto es un medio para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

La variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, debemos investigar para identificar las causas del mismo.

La realización de un diagrama de Causa-Efecto requiere los pasos enunciados a continuación.

Característica de Calidad.

Se decide sobre la característica de calidad a analizar y se escribe a la derecha con una línea o rama primaria.

Factores causales primarios hacia la rama primaria.

Se indican los factores causales primarios más importantes que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando ramas secundarias hacia la rama primaria. Los factores causales primarios comúnmente utilizados son la mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, mantenimiento y maquinaria.

Factores causales secundarios hacia la rama secundaria.

Se indican los factores causales secundarios más importantes que puedan generar la fluctuación en los factores causales primarios, trazando ramas terciarias hacia la rama secundaria.

Factores causales terciarios hacia la rama terciaria.

Se indican los factores causales terciarios más importantes que puedan generar la fluctuación en los factores causales secundarios, trazando ramas hacia la rama terciaria.

Verificación final.

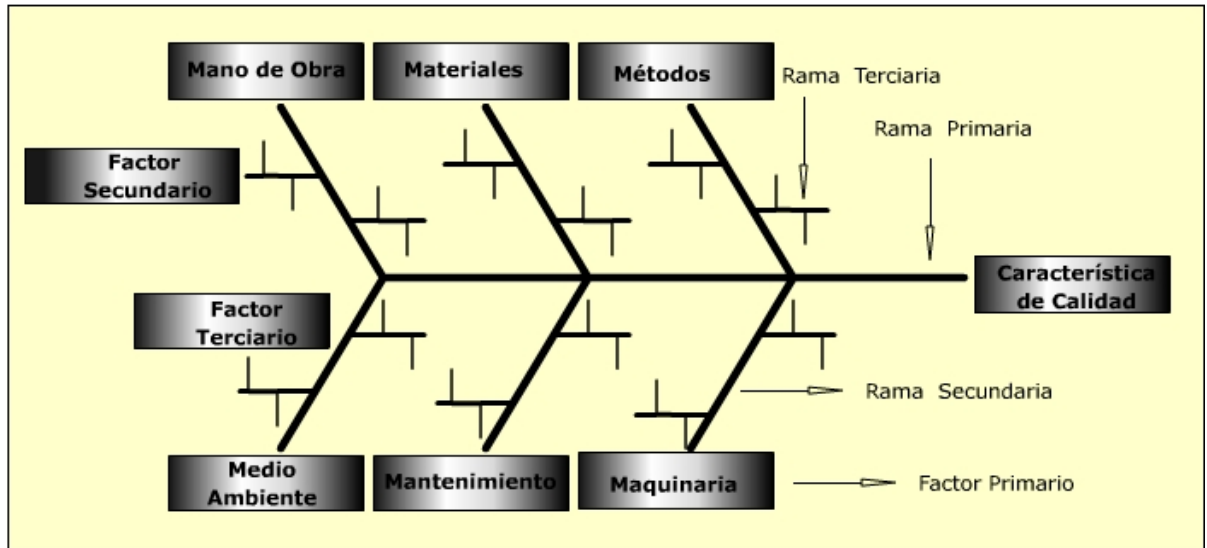
Se verifica que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones Causa-Efecto deben quedar claramente establecidas.

Diagrama de causa efecto en mantenimiento.

En mantenimiento, el diagrama de Pareto es utilizado para identificar las causas de la baja productividad de los trabajadores, excesivo tiempo muerto, descomposturas recurrentes, repetición de trabajos, excesivo ausentismo, trabajos pendientes y excesivos errores en el registro de datos.

La Figura 19 muestra un ejemplo del diagrama causa – efecto.

Figura 19. Diagrama causa – efecto.



3.3.3 Histograma. Un histograma es un resumen gráfico de la variación de una característica de calidad. La naturaleza gráfica del histograma nos permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple Tabla numérica. El propósito del análisis de un histograma es, por un lado, identificar y clasificar la pauta de variación, y por otro desarrollar una explicación razonable y relevante de la pauta. Los pasos requeridos para la construcción de un histograma se enuncian a continuación.
Rango de Datos.

El rango es igual al valor máximo menos el valor mínimo¹⁴.

Número de clases.

Un criterio usado frecuentemente es que el número de clases debe ser aproximadamente a la raíz cuadrada del número de datos. En caso de resultar un número decimal, se aproxima al siguiente entero.

¹⁴ Rango = Valor Máximo – Valor Mínimo.

Longitud del intervalo de clase.

Los intervalos resultan de dividir el rango de datos entre el número de clases en intervalos iguales.

Límites de clase.

El límite inferior de la primera clase se obtiene de restar al valor mínimo, un $\frac{1}{2}$ del valor de intervalo de clase. El límite superior de la primera clase se obtiene de sumar al valor mínimo, un $\frac{1}{2}$ del valor de intervalo de clase. El límite inferior de la segunda clase es el límite superior de la primera clase. El límite superior de la segunda clase se obtiene de sumar al límite inferior de la segunda clase, el valor de intervalo de clase. Luego, se suma el valor previo para obtener el segundo límite, el tercero, y así sucesivamente, cerciorándose que la última clase incluye el valor máximo.

Punto medio de la clase.

El punto medio de la clase se calcula con la ecuación 1.

Ecuación 1

$$\text{Puntomedio}(\text{Clase } i) = \left[\text{suma}(\text{Límite superior}_{\text{clase } i} + \text{límite inferior}_{\text{clase } i}) / 2 \right]$$

Frecuencias.

Los datos observados se clasifican y contabilizan dentro de cada clase.

Tabla de frecuencias.

Construir una Tabla en la cual se especifiquen el número de la clase, clase, punto medio de la clase y frecuencia. La Tabla 15 muestra una Tabla de frecuencias.

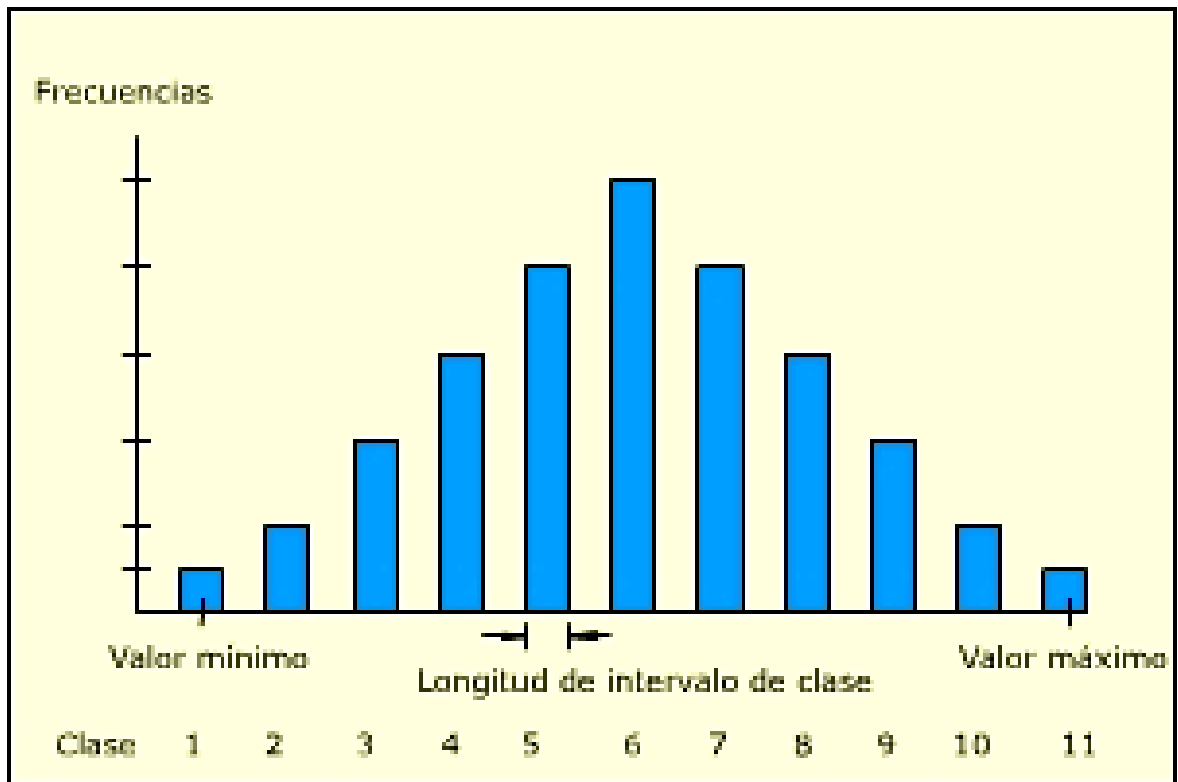
Tabla 14. Tabla de frecuencias.

Número de clase	Clase	Punto medio de la clase	Frecuencia f
1	Límite inferior – Límite superior	Valor Mínimo	F1
2	Límite inferior – Límite superior	Ecuación 5	F2
.	.	.	.
N	Límite inferior – Límite superior	Valor máximo	Fn

Construcción del histograma.

Se construye un gráfico de barras, en el cual la bases de las barras son los intervalos de clases y altura son la frecuencia de las clases. Si se unen los puntos medios de la base superior de los rectángulos se obtiene el polígono de frecuencias. La Figura 20 muestra un histograma.

Figura 20 Histograma.



Histograma en mantenimiento.

En mantenimiento, el histograma es utilizado para estimar carga de mantenimiento, confiabilidad del proveedor de refacciones, distribución en el tiempo hasta la falla del equipo, distribución de los tiempos de reparación, distribución de los trabajos pendientes y cambios en la distribución del tiempo muerto.

3.3.4 Gráfico de control. Un gráfico de control es una herramienta utilizada para analizar, supervisar, y controlar la estabilidad de un proceso, mediante el seguimiento de los valores de las características de calidad y su variabilidad.

Existen dos tipos de gráficos de control, uno para valores continuos y otro para valores discretos. La Tabla 16 muestra los tipos de gráficos.

Tabla 15. Tipos de gráficos de control.

Valor característico	Denominación de la gráfica	Nombre	Característica principal
Valor continuo	\bar{x} -R	Valor promedio y rango. Dos gráficos.	Característica de calidad con valores continuos
	X	Variable de medida	Datos registrados durante intervalos largos
Valor discreto	Pn	Número de unidades defectuosas	Muestra de tamaño constante
	P	Fracción de unidades defectuosas	Muestra de tamaño variable
	C	Número de defectos	Producto de dimensiones constantes
	U	Número de defectos por unidad	Producto de dimensión variable

Los pasos requeridos para la construcción de un gráfico de control \bar{x} -R se enuncian a continuación.

Recolección de datos.

Recolectar los datos en una Tabla (mínimo 100) y clasificarlos en subgrupos de cinco (5) según razones técnicas.

Promedio de cada subgrupo.

Calcular el promedio aritmético (\bar{x}) de cada subgrupo.

Promedio bruto.

Calcular el promedio bruto (\bar{x}) ó promedio del promedio aritmético de cada subgrupo.

Rango del subgrupo.

Calcular el rango de cada subgrupo (R).El rango es igual a la resta del valor máximo y mínimo en su subgrupo.

$R = (\text{valor máximo en un subgrupo} - \text{valor mínimo en un subgrupo})$.

Promedio de rangos.

Calcular el promedio aritmético (\bar{R}) tomando los R's de cada subgrupo.

Líneas de control.

Calcular las líneas de control central, inferior y superior con las expresiones matemáticas enunciadas en la Tabla 17.

Tabla 16. Límites de control.

Gráfico	Línea central (LC)	Línea de control superior (LCS)	Línea de control inferior(LCi)
\bar{x}	\bar{x}	$\bar{x} + A_2 \bar{R}$	$\bar{x} - A_2 \bar{R}$
R	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$	$D_3 \bar{R}$

Dibujo de líneas de control.

Graficar las escalas horizontal con el número de subgrupos y la vertical con el valor máximo entre los \bar{x} 's y los R's. Dibujar las rectas con los valores obtenidos para las líneas centrales, superior e inferior de los gráficos \bar{x} y R.

Localización de puntos.

Registrar los valores de \bar{x} y R de cada subgrupo. La Figura 21 muestra un gráfico de control.

Figura 21. Gráfico de control.

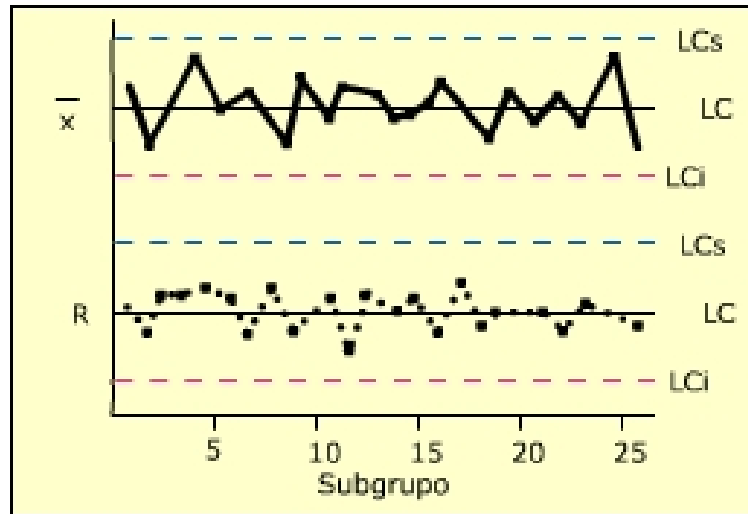


Gráfico de control en mantenimiento.

En mantenimiento, el gráfico de control es utilizado para monitorear la calidad de trabajos pendientes mensuales, tiempo muerto del equipo principal, disponibilidad del equipo, tasa de calidad del equipo, evaluar la adecuación de normas de mantenimiento, vigilar el desgaste de las herramientas, número de descomposturas y establecer del punto de comienzo para el mantenimiento basado en las condiciones.

3.3.5 Diagrama de dispersión. Un diagrama de dispersión es una representación gráfica de la relación entre dos variables características de calidad en función de los valores medidos, utilizado en la comprobación de teorías, identificación de causas raíz y en el diseño de soluciones y mantenimiento de los resultados obtenidos. Los diagramas de dispersión, son utilizados para el análisis de tendencias y la correlación o análisis de patrones. El descubrimiento de la relación causa-efecto a través de un diagrama es la clave para la resolución eficaz de un problema. La realización de un diagrama de Causa-Efecto requiere los pasos enunciados a continuación.

Recolección de datos.

Recolección de pares de datos referentes a las dos variables del estudio en un número suficiente (+/- 50 a 100).

Rango de valores.

Establecimiento del rango de valores para la elección de las escalas en ambos ejes de las variables.

Elaboración del diagrama.

Marcación de pares de datos en el diagrama, con remarcas en caso de coincidencia de pares de datos.

Medias aritméticas.

Cálculo del promedio aritmético de cada una de las variables o características de calidad.

Función lineal de correlación.

Obtención de la función lineal (recta de regresión ó línea de tendencia) que relaciona las dos características de calidad mediante la técnica de regresión lineal. Existen las regresiones de una variable en otra y viceversa. En el sentido que las dos rectas no se aparten una de la otra, la correlación entre las dos características será más estrecha, lo cual dará un coeficiente r para su cuantificación. Las expresiones para las rectas de regresión se enuncian a continuación.

Ecuación 2 Recta de regresión de Y en X

$$Y - M_Y = \left[\frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sum x_i^2} \right] \cdot (X - M_X)$$

Ecuación 3 Recta de regresión de X en Y

$$Y - M_Y = \left[\frac{\sum y_i^2 / \sum x_i \cdot y_i}{\sum x_i^2} \right] \cdot (X - M_X)$$

Ecuación 4 Coeficiente de correlación entre dos variables

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i^2}}$$

Entre más cercano a 1 sea el valor de r , mayor correlación existirá entre las variables.

Análisis de resultados.

Interpretación de resultados. La Figura 22 muestra un diagrama de dispersión.

Figura 22 Diagrama de dispersión.

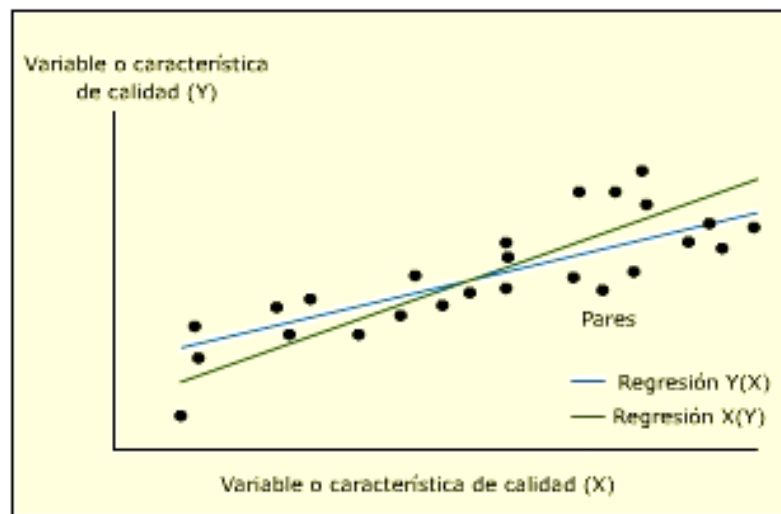


Diagrama de dispersión en mantenimiento.

En mantenimiento, el diagrama de dispersión es utilizado para encontrar correlación entre el mantenimiento preventivo y la tasa de calidad, correlación entre el nivel de capacitación y los trabajos pendientes, correlación entre el nivel de capacitación y la repetición de trabajos, correlación entre el nivel de vibración y la tasa de calidad, correlación entre el mantenimiento preventivo y el tiempo muerto, la tendencia del tiempo muerto, tendencia del costo de mantenimiento, tendencia de la productividad de los trabajadores, tendencia de los trabajos pendientes y tendencia de la disponibilidad del equipo.

3.3.6 Hoja de recogida de datos. La Hoja de Control o también llamada hoja de recogida de datos, y conocida como hoja de Registro, sirve para reunir y clasificar las informaciones según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Dentro de los objetivos de las hojas de control

están la investigación de procesos de distribución, artículos defectuosos, localización de defectos y causas de efectos.

La principal función es facilitar la recopilación de datos con facilidad de análisis, entre otras se encuentran la distribución de variaciones de variables de los artículos producidos (peso, volumen, longitud, talla, clase, calidad, etc.), clasificación de artículos defectuosos, localización de defectos en las piezas, causas de los defectos y verificación de chequeo o tareas de mantenimiento.

Una secuencia de pasos útiles para aplicar la hoja se enuncia a continuación.

Identificación.

Identificar el elemento de seguimiento.

Alcance.

Definir el alcance de los datos a recoger.

Muestreo.

Especificar la técnica de muestreo. En este paso se incluye la frecuencia.

Diseño.

Diseñar el formato de la hoja de recogida de datos, de acuerdo con la cantidad de información a recoger, dejando un espacio para totalizar los datos, que permita conocer: las fechas de inicio y término, las probables interrupciones, la persona que recoge la información, fuente.

Hoja de recogida de datos en mantenimiento.

La hoja de recogida de datos se utiliza en mantenimiento para recopilar datos para desarrollar histogramas, realizar tareas de mantenimiento, prepararse para antes de los trabajos de mantenimiento, revisión de refacciones, planeación de los trabajos de mantenimiento, equipos de inspección, auditoria, verificación de las causas de artículos defectuosos, diagnóstico de defectos de maquinas y recopilación de datos para muestreo del trabajo.

En la Tabla 17 se muestra una hoja de recogida de datos de las causas de un defecto. La concentración en ciertas áreas tiene causas en la mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, mantenimiento y maquinaria.

Tabla 17 Hoja de Recogida de Datos de las causas del defecto.

Equipo	Operario	Defecto	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
			AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Máquina 1	1	A										
		B										
		C										
	2	A										
		B										
		C										
Máquina 2	1	A										
		B										
		C										
	2	A										
		B										
		C										

3.3.7 Estratificación de datos. La estratificación de datos es la clasificación y separación de datos en grupos con el objeto de realizar un análisis exhaustivo de las causas y comprobar acciones correctivas y de mejora.

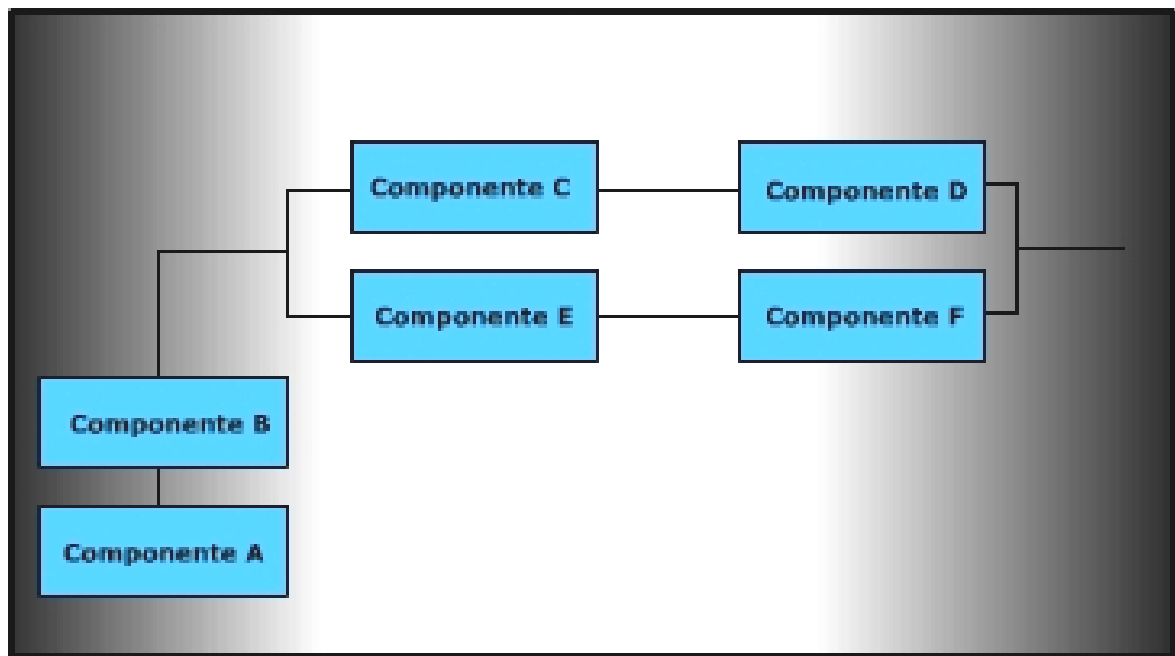
La estratificación de datos sirve de complemento o ayuda significativa para el diagrama de Pareto y el diagrama de dispersión.

3.3.8 Árbol de Fallas. El árbol de fallas es un diagrama dirigido, o un conjunto de nodos unidos entre ellos por líneas que no contiene lazos cerrados y expresa el evento de falla de un sistema en función de los eventos de falla de sus componentes y de sus interrelaciones lógicas. La realización de un árbol de fallas requiere los pasos enunciados a continuación.

Construcción del diagrama esquemático del sistema.

El diagrama esquemático es un esquema en el cual se representa la conexión de cada uno de los componentes del sistema en el orden indicado según la función cumplida. La Figura 23 muestra un ejemplo de árbol de diagrama esquemático de un sistema.

Figura 23. Diagrama Esquemático de un Sistema



Determinación del evento tope.

En la construcción del árbol de fallas, el evento de falla del sistema (o evento tope) se representa en un nodo superior; se lo designa con la letra X (salida del sistema) y su representación gráfica es un rectángulo.

Eventos de falla de los componentes.

Los demás nodos indican los eventos de falla de los componentes y las interrelaciones entre los componentes se expresan a través de compuertas lógicas.

Relaciones lógicas con compuertas.

Los estados lógicos para un componente son el evento de falla o funcionamiento. Las compuertas OR asocian componentes en serie y las compuertas AND asocian componentes en paralelo. La Tabla 18 muestra las expresiones lógicas para dos componentes A y B, dada por X. El 1 representa el evento de falla y el 0 el evento de funcionamiento normal del componente. En un sistema en serie, la falla de cualquiera de los componentes hace fallar el sistema. Por el contrario, el sistema en paralelo hace posible el funcionamiento del sistema con uno solo de los componentes.

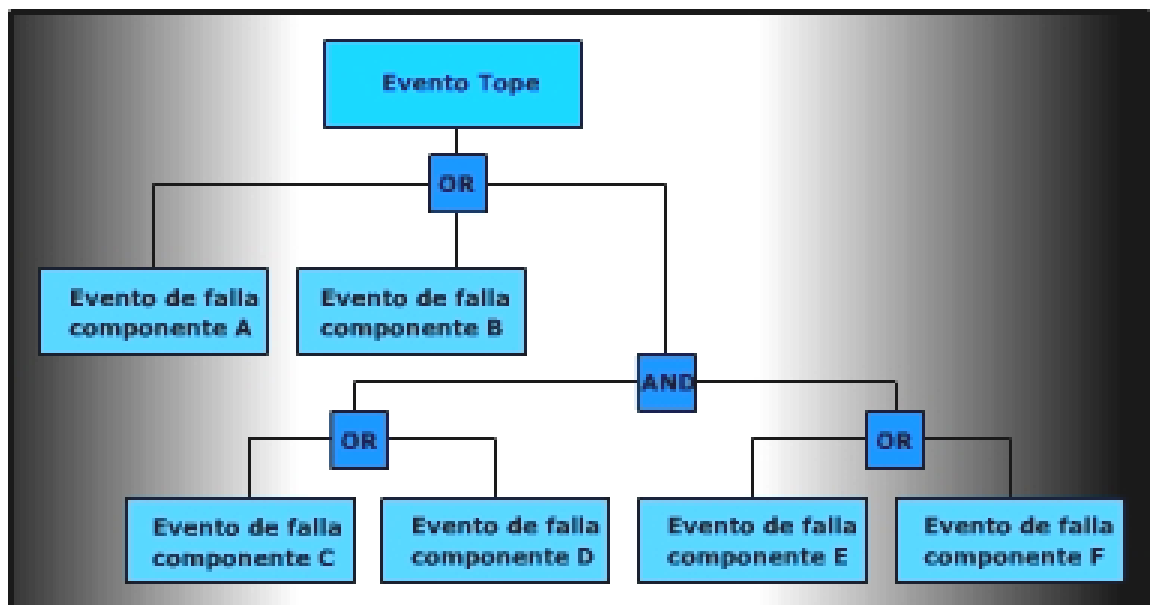
Tabla 18. Tabla de estado de componentes en serie y paralelo.

Compuerta	Compuerta OR			Compuerta AND		
Sistema	Serie			Paralelo		
Símbolo matemático	+ (o)			· (y)		
Ecuación	$X = A + B$			$X = A \cdot B$		
Tabla de Verdad	A	B	X	A	B	X
	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	1	0
	1	0	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	1

Un evento de falla de un componente cualquiera que tenga como efecto el evento tope se representa con la compuerta OR.

3.3.9 Diagrama de árbol. La Figura 24 muestra un ejemplo de árbol de fallas correspondiente al sistema de la Figura 23. Las relaciones lógicas entre los eventos de fallas de los componentes se representan por los cuadrados con notación de compuertas AND y OR.

Figura 24. Árbol de Fallas.



Ecuación lógica.

La ecuación lógica X resulta de la múltiple asociación de estado de los componentes según el diagrama de árbol. La muestra la obtención de la ecuación lógica para el sistema mostrado.

Tabla 19. Ecuación Lógica del Sistema.

Componente	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Componente	Expresión	Componente	Salida X
A	(A + B) Serie					(A + B) Serie	(A + B) + ((C + D) · (E + F))
B							
C	(C + D) Serie			(C + D)	(C + D) · (E + F) Paralelo	(C + D) · (E + F) Paralelo	
D							
E							
F							
		(E + F) Serie	(E + F)				

En este caso, una falla del componente 1 ó 2, ó la falla del componente 3 ó 4 simultáneamente con cualquiera de los componentes 5 ó 6 representan el evento tope o falla del sistema.

Conjuntos mínimos de Corte.

Cada expresión separada por el símbolo, una vez realizadas las operaciones lógicas de simplificación, se transforman en conjuntos mínimos de corte (D).

La ocurrencia de los eventos de falla que componen un conjunto mínimo de corte cualquiera implica la ocurrencia de la falla del sistema.

La probabilidad de ocurrencia del evento tope es función de las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los eventos que componen los conjuntos mínimos de corte. Estas probabilidades, a su vez, dependen de la tasa de falla y del modo de funcionamiento de los componentes del sistema.

Árbol de Decisión en mantenimiento.

El árbol de decisión en mantenimiento para identificar la posible fiabilidad del sistema o problemas de seguridad en momento de la planificación, evaluar la fiabilidad del sistema o seguridad durante el funcionamiento, mejorar el entendimiento del sistema, identificar componentes que pueden necesitar pruebas o mayor riguroso control de calidad e identificar fallas del equipo desde su raíz.

3.3.10 Árbol de Decisión. Un árbol de decisión proveen un método efectivo para la toma de decisiones a partir del planteamiento de un problema debido a que ayuda a tomar decisiones adecuadas teniendo varias o todas las alternativas, con base en la información existente y las mejores suposiciones.

El árbol de decisión provee una estructura efectiva para estimar las opciones de decisión e investigar las posibles consecuencias de seleccionar cada una de ellas con un esquema para cuantificar el costo de un resultado y la probabilidad de que suceda. También ayudan a construir una imagen balanceada de los riesgos y recompensas asociados con cada posible curso de acción.

Determinación de la decisión a tomar.

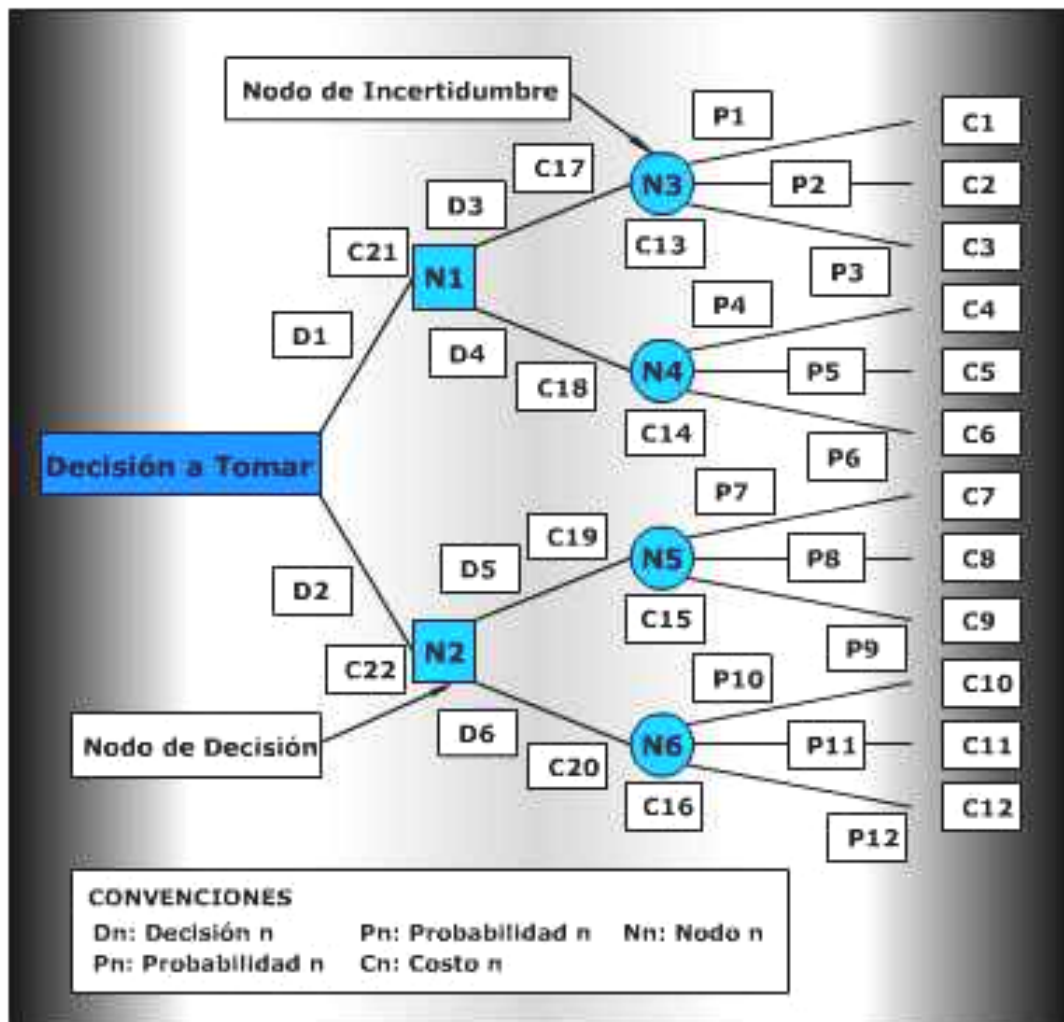
El requerimiento principal es determinar la decisión a tomar. La Figura muestra un ejemplo para un árbol de decisión.

Dibujo de líneas de solución.

En sentido derecho se dibujan las líneas para cada solución según la decisión a tomar. Si el resultado es otra decisión que necesita ser tomada, se debe dibujar otro recuadro. Si este resultado es incierto, se puede dibujar un pequeño círculo y se debe estimar cuál puede ser el resultado. Los recuadros representan decisiones, y los círculos representan resultados inciertos.

Si se completa la solución al final de la línea, se puede dejar en blanco. Desde los círculos se deben dibujar líneas que representen las posibles consecuencias. La Figura 25 muestra el esquema general de un árbol de decisión.

Figura 25. Diagrama de árbol.



Evaluar el árbol.

Se debe asignar un costo o puntaje a cada posible resultado. Luego, se debe ver cada uno de los círculos (puntos de incertidumbre) y estimar la probabilidad de cada resultado. Si utilizamos fracciones, estas deberían sumar 1.

Calcular el valor de los nodos de incertidumbre.

El valor para los resultados inciertos, se obtiene de multiplicar el costo del resultado y la probabilidad de que se produzca. La Tabla 20 muestra la operación matemática para obtener el valor en un nodo de incertidumbre.

Tabla 20 Valores de Incertidumbre.

Nodo	Tipo	Probabilidades	Costos	Valores
3 (N3)	Incertidumbre	P_1	C_1	$P_1 \times C_1$
		P_2	C_2	$P_2 \times C_2$
		P_3	C_3	$P_3 \times C_3$
			Total	C_{13}

Calcular el valor de los nodos de decisión.

La evaluación de un nodo de decisión implica escribir el costo de la opción sobre cada línea de decisión. Enseguida, se calcula el costo total basado en los resultados anteriormente calculados. El costo total da como resultado el beneficio de la decisión. La opción con el beneficio más significativo es la decisión a tomar.

4. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM¹⁵).

La creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de alta calidad, han obligado a los fabricantes a adoptar la automatización, esto a dado lugar a inversiones muy grandes en equipo. Para alcanzar las tasas de rendimiento de la inversión fijada, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado, donde la disponibilidad, la confiabilidad y la eliminación de tiempos muertos de producción juegan un papel importante y para ello se hace necesario la implementación de un sistema de gestión que soporte las exigencias y que genere seguridad en la producción con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

4.1 PRESENTACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

El mantenimiento centrado en la confiabilidad fue desarrollado en un principio por la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la Nasa y privadas como la Boeing.

Desde 1974 el departamento de defensa de los Estados Unidos, han utilizado el RCM como la filosofía de mantenimiento en sus sistemas aéreos. El éxito del RCM en el sector de la aviación ha hecho que otros sectores como el de generación de energía (plantas nucleares y termoeléctricas), la industria química, petroleras y de refinación se interesen en implementar esta filosofía de gestión del mantenimiento, adecuándola a sus necesidades de operación.

Un aspecto favorable en la filosofía del RCM es que promueve el uso de nuevas tecnologías desarrolladas para el campo del mantenimiento. La aplicación adecuada de nuevas técnicas de mantenimiento, bajo el enfoque RCM, permite de forma eficiente, optimizar los procesos de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el medio ambiente, que traen consigo las fallas de los activos en un contexto operacional específico.

La evolución del mantenimiento permite determinar tres etapas; una inicial hacia la segunda guerra mundial donde mantenimiento actúa por averías en los equipos, donde no se requieren grandes habilidades; una segunda fase donde imperaba el mantenimiento preventivo y una reducción de costos prolongando la vida útil y la

¹⁵ RCM: Reliability Centred Maintenance.

tercera generación donde predomina la confiabilidad y la disponibilidad del parque industrial con mayores niveles de seguridad alcanzando altos índices de eficiencia.

Una denominación presentada por Moubray (1997) presenta el RCM como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en sus condiciones normales de operación.

La filosofía RCM se fundamenta en:

- Evaluación de los componentes de los equipos, estado y función.
- Identificación de los componentes físicos.
- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos.
- Mediante revisión y análisis.

De esta forma se conceptualiza sobre sus estándares de mantenimiento.

El RCM aporta a la organización de mantenimiento beneficios como:

- Mejorar la seguridad.
- Mejorar el rendimiento operacional de los activos.
- Mejorar la relación costo / riesgo – efectividad de las tareas de mantenimiento.
- Aplicación a las características de las fallas.
- Efectividad en mitigar las consecuencias de la falla, es decir, un mantenimiento que funcione que sea costo – efectivo.
- Sean documentos auditables.

El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos a bajos costos, partiendo de la ejecución,

permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un texto operacional. En otras palabras, el mantenimiento debe asegurar que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados. Es decir deben estar centrados en la confiabilidad operacional.

En la actualidad este objetivo puede ser alcanzado de forma óptima con la tecnología de gestión de mantenimiento titulada Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

El proceso de RCM implica responder siete preguntas acerca de los activos o sistemas bajo revisión. FMECA (análisis de modo y efectos de falla) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el RCM para dar respuesta¹⁶ a las preguntas. La Tabla 22 muestra las siete preguntas del RCM.

Tabla 21 Siete Preguntas del RCM.

No.	Pregunta	Técnica/Herramienta Utilizada
1	¿Cuales son las funciones y estándares asociados de desempeño de los activos, en el contexto operativo actual?	FMECA
2	¿Cuales son las fallas probables y experimentadas por los activos?	FMECA
3	¿Qué causa cada falla funcional?	FMECA
4	¿Qué pasa cuando cada falla ocurre?	FMECA
5	¿En que forma cada falla se manifiesta?	FMECA
6	¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?	Árbol lógico de decisión
7	¿Qué se debe hacer si una tarea preactiva y apropiada no se puede encontrar?	Árbol lógico de decisión

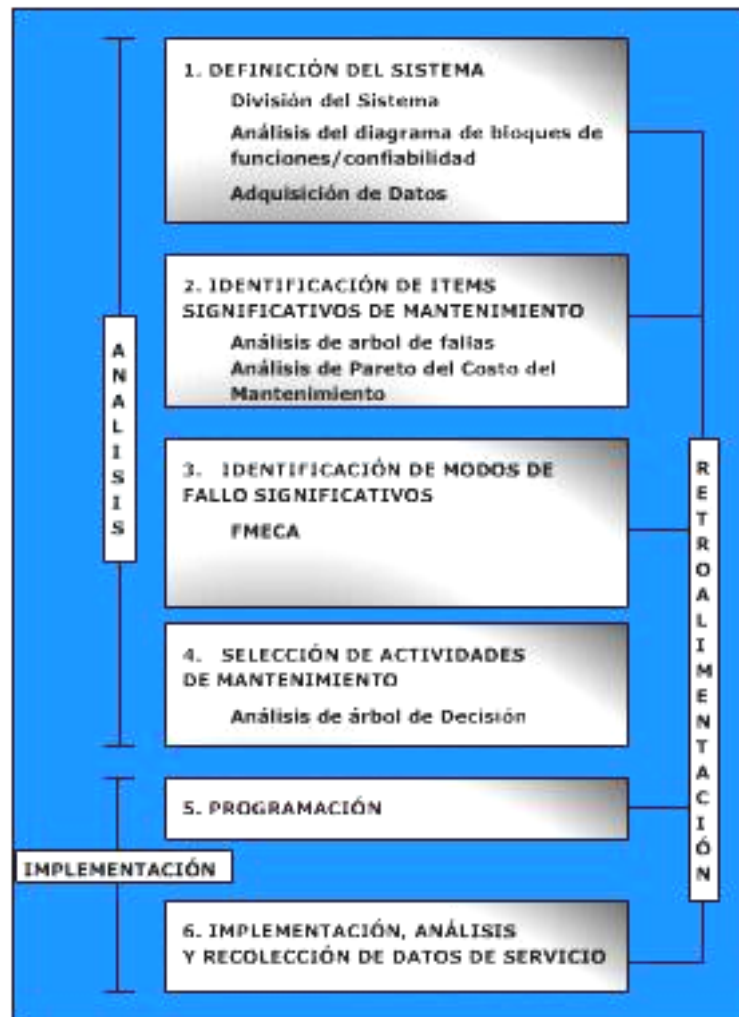
4.2 METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

La implementación de una metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad conlleva a una serie de pasos como la definición del sistema, identificación de ítems significativos de mantenimiento, identificación de modos de fallos significativos, selección de actividades de mantenimiento, programación e implementación, análisis y recolección de datos de servicio. La Figura 26 muestra

¹⁶ PARRA MARQUEZ, Carlos Alberto. Seminario: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander. 2000.

cada uno de los pasos de la metodología relacionada con las técnicas y herramientas de gestión de calidad utilizadas.

Figura 26. Metodología de Implementación del RCM.



4.2.1 Definición del Sistema. La definición del sistema comprende la definición del objetivo y el alcance del estudio de confiabilidad. A su vez, la definición del sistema se encuentra dividida en la división del sistema, análisis de diagrama de bloques funciones/confiabilidad y la adquisición de datos.

División del Sistema.

La división del sistema en subsistemas se realiza con el objetivo de simplificar el estudio, delimitar el alcance y hacerlo más objetivo de acuerdo a los criterios

principales o requisitos de un estudio de confiabilidad. Es indispensable definir los sistemas para los cuales el análisis RCM es beneficioso comparado con la planificación tradicional y a qué nivel (planta, sistema, subsistemas, etc.) debe ser conducida la ejecución del RCM.

Análisis de Diagrama de Bloques de Funciones/Confiabilidad.

En el diagrama de bloques, cada bloque representa un componente o subsistema. Este deberá ser un diagrama esquemático, mostrando las conexiones físicas, ó un diagrama de bloques de funciones, mostrando flujos de potencia, material, etc., con las entradas y salidas especificadas para cada bloque. De manera similar, el análisis global de confiabilidad puede ser facilitado construyendo y analizando el diagrama de bloques de confiabilidad (RBD). En este diagrama, las conexiones simbolizan el camino en el cual el sistema funcionará tal como es requerido y no necesariamente indica la conexión actual de los componentes. La salida del análisis es el dato de la confiabilidad, disponibilidad o no disponibilidad del sistema.

Adquisición de Datos.

La adquisición de datos consiste en la recopilación de información de funcionamiento y confiabilidad del sistema. Una herramienta de gestión de calidad aplicable puede ser la hoja de recogida de datos.

4.2.2 Identificación de Ítems Significativos de Mantenimiento (MSIs) La identificación de ítems significativos de mantenimiento, por ejemplo, componentes de falla que significan amenaza a la seguridad o incremento de los costos (altas pérdidas de producción y/o altos costos directos de reparación). La identificación de MSIs, puede ser logrado exactamente por las hojas de mantenimiento, registros de operación y datos de costo para identificar los ítems de mantenimiento costosos o poco fiables (una actividad facilitada por el análisis de Pareto, que es poco más que solucionar el peor elemento en una lista de rango, ejemplo, las diez cabezas de una lista), el análisis de árbol de fallas puede ser requerido en caso de una planta compleja.

En las distintas configuraciones del árbol de fallas se obtiene el dato de disponibilidad y no disponibilidad. Enseguida, el análisis de Pareto permite extraer las opciones de menor costo y disponibilidad.

4.2.3 Identificación de Modos de Fallos Significativos. Como se cita en el numeral 3.2, el FMECA es el análisis de modo y efectos de fallas y criticidad. Esta es una herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de falla

en cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se obtiene la respuesta para las preguntas 1 a la número 5.

Funciones y estándares de mantenimiento.

Antes de aplicar el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios desean en el contexto operativo, se necesita hacer dos cosas; primero determinar lo que el usuario desea y por último asegurar que hay la capacidad para hacer los que el usuarios quieren empezar a tener.

Esta es la razón por la cual el primer paso del RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los estándares de desempeño asociados y deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer.

Funciones primarias.

Este resume el porque el activo ha sido adquirido en primer lugar. Esta categoría de funciones cubre datos tales como velocidad, entrega, capacidad para llevar o almacenar, calidad del producto o servicio del cliente.

Funciones secundarias.

Las funciones secundarias reconocen que ha todos los activos se les espera que hagan más que simplemente cumplir con sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas en áreas tales como seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia de operación, cumplimiento con las regulaciones ambientales e incluso apariencia del activo.

Los usuarios de los activos están usualmente en una mejor posición porque están más cercanos al conocimiento exacto de cuales son las contribuciones que cada activo hace al bienestar físico y financiero de la organización como un todo y que tan esencial es que aquellos estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

Fallas Funcionales.

Los objetivos de mantenimiento son definidos por las funciones y las expectativas de desempeño asociados con los activos a consideración. Pero ¿Como hacer que mantenimiento logre esos objetivos?

La única ocurrencia que puede llevar a parar el desempeño, bajo estándares requeridos por los usuarios de cualquier activo, es una clase de falla. Esto sugiere

que mantenimiento logra sus objetivos adoptando un adecuado enfoque de administración de fallas. Sin embargo, antes de que se pueda aplicar una mezcla apropiada de herramientas de administración de fallas, se necesita identificar que fallas pueden ocurrir.

El proceso de RCM tiene dos niveles. Primero, identificar que circunstancias llevan al estado de falla y segundo preguntar que eventos puede causar que el activo llegue al estado de falla.

En el mundo RCM, los estados fallados son conocidos como fallas funcionales porque pueden ocurrir cuando un activo esta incapacitado para cumplir una función a un estándar de desempeño aceptable por el usuario.

Además en la incapacidad total para la función, esta definición cubre las fallas parciales donde los activos aun funcionan pero a un nivel de desempeño inaceptable (incluye calidad o precisión). Claramente ellas pueden ser solo identificadas después de que las funciones y estándares hayan sido definidos.

Modos de Falla.

Como se menciona en el anterior numeral, una vez que cada falla funcional ha sido identificada, el próximo paso es intentar identificar todos los eventos, los cuales razonablemente causarían cada estado de falla. Estos eventos son conocidos como Modos de Falla. Los modos de falla razonablemente probables incluyen aquellos que han ocurrido a la vez en equipos similares operando en el mismo contexto, fallas las cuales corrientemente se previenen por programas existentes de mantenimiento y fallas las cuales no han sucedido pero que pueden ser consideradas como posibilidades reales dentro del contexto en estudio.

Las listas más tradicionales de modos de fallas incorporan fallas causadas por el deterioro normal del desgaste y rotura. Sin embargo la lista debería incluir las fallas causadas por errores humanos (por personal de operaciones y mantenimiento) y defectos de diseño de tal manera que todas las causas razonablemente probables de las fallas de los equipos, puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente. Es también importante identificar la causa de cada falla al detalle requerido, para asegurar que tiempo y esfuerzos no se pierdan intentando tratar síntomas en vez de causas. De otro lado, es igualmente importante asegurar que no se pierda tiempo en análisis que por si mismo no profundizan al detalle.

Efectos de Falla.

Este conforma el cuarto paso del proceso de RCM, implica listar los efectos de las fallas, los cuales describen lo que pasa cuando cada modo de falla ocurre. Estas descripciones deben incluir toda información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de la falla como:

- Que evidencia (si la hay) hay de que la falla ha ocurrido.
- En que formas (si la hay) se presentan amenazas a la seguridad o al medio ambiente.
- En que formas (si la hay) se afectan la producción y las operaciones.
- Que daños físicos (si los hay) son causados por la falla.
- Que se debe hacer para reparar la falla.

El proceso de identificar los modos de falla funcionales y los efectos de fallas ofrece oportunidades sorprendentes para mejorar el desempeño y la seguridad y a su vez eliminar desperfectos.

Consecuencia de las fallas.

Un análisis detallado del promedio de los resultados en la industria, esta cercano a encontrar entre tres y diez mil posibles modos de falla. Cada una de estas fallas afecta la organización de alguna forma, pero en cada caso los efectos son diferentes. Las fallas pueden afectar las operaciones o pueden afectar la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad y el medio ambiente. Las fallas tomaran tiempo y dinero para repararlas.

Son esas consecuencias las que más influyen fuertemente en la duración del trabajo, y por medio de las cuales se intenta prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, se dispone a profundizar para intentar prevenirla. De otro lado, si esta tiene un pequeño o ningún efecto, entonces se puede decidir por no hacer rutinas de mantenimiento más allá de la limpieza básica y la lubricación.

Un gran esfuerzo de RCM es reconocer que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas. De hecho se reconoce que la única razón que justifica cualquier clase de mantenimiento proactivo no es la prevención de fallas por si, si no prevenir o al menos reducir las consecuencias de las fallas.

El proceso RCM clasifica esas consecuencias en cuatro grupos. Consecuencias de falla oculta, consecuencias a la seguridad y el medio ambiente, consecuencias operacionales, consecuencias no operacionales.

Consecuencias de falla oculta.

Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero si exponen a la organización a múltiples fallas con serias y catastróficamente consecuencias. (La mayoría de estas fallas esta asociadas con aparatos de de protección los cuales no son a prueba de fallas.)

Consecuencias a la seguridad y el medio ambiente.

Una falla tiene consecuencias a la seguridad si esta puede ocasionar un robo o perdida o causar la muerte a alguien y tiene consecuencias al medio ambiente, si permite infringir cualquier estándar corporativo, regional, nacional o internacional sobre el medio ambiente.

Consecuencias operacionales.

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (entregas, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos además de los costos directos de reparación).

Consecuencias no operacionales.

Son fallas evidentes las cuales encajan en esta categoría y no afectan a la seguridad, ni a la producción y que solo involucran costos directos de operación.

La evaluación de las consecuencias también hace énfasis en alejar la idea de que son malas y deben ser prevenidas. Por lo tanto se centraliza la atención en las actividades de mantenimiento las cuales han tenido mas efecto en el desempeño de la organización y desvían energía de aquellas que tiene poco o ningún efecto. Esto también lleva a pensar mas ampliamente acerca de las diferentes maneras que hay para manejar fallas, antes que concentrarse solamente en la prevención de las fallas. Las técnicas de manejo de las fallas se dividen en dos categorías.

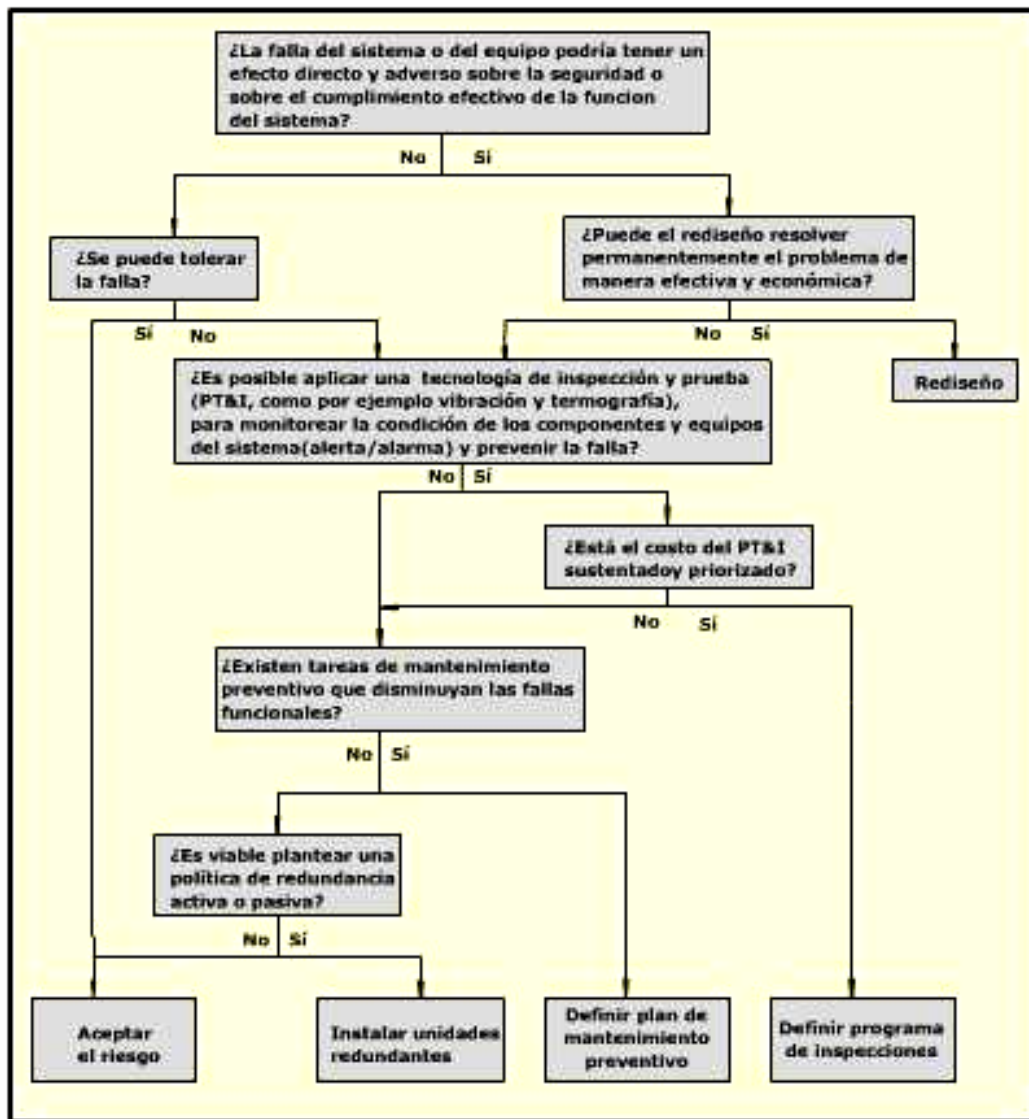
- Tares proactivas. Son aquellas tareas que son realizadas antes de que ocurra la falla, para prevenir que un componente entre en estado de fallado.

- Acciones por defecto. Estas actúan con el estado de fallado y son seleccionadas cuando no es posible identificar una tarea efectiva proactiva.

El RCM reconoce tres grandes categorías de acciones por defecto, la primera es búsqueda de fallas, el rediseño y mantenimiento no programado (Ver Definiciones en el Anexo B).

4.2.4 Selección de Actividades de Mantenimiento. El árbol lógico de decisión permite dar respuesta a las preguntas restantes 6 y 7 ya que la herramienta permite seleccionar de forma optima las actividades de mantenimiento según el modo de falla de entrada al árbol. En cada interrogante del árbol de decisión del RCM (ver Figura 27), se puede adoptar el modelo de árbol de decisión explicado en el numeral 3.3.10. Lo anterior permite dar una valoración económica a las decisiones en el árbol de decisión RCM.

Figura 27. Árbol de Decisión del RCM.



Las tecnologías aplicables de inspección y prueba se mencionan en el anexo F.

4.2.5 Programación. La programación consiste en la conformación de una lista de tareas en un programa de trabajo de planta.

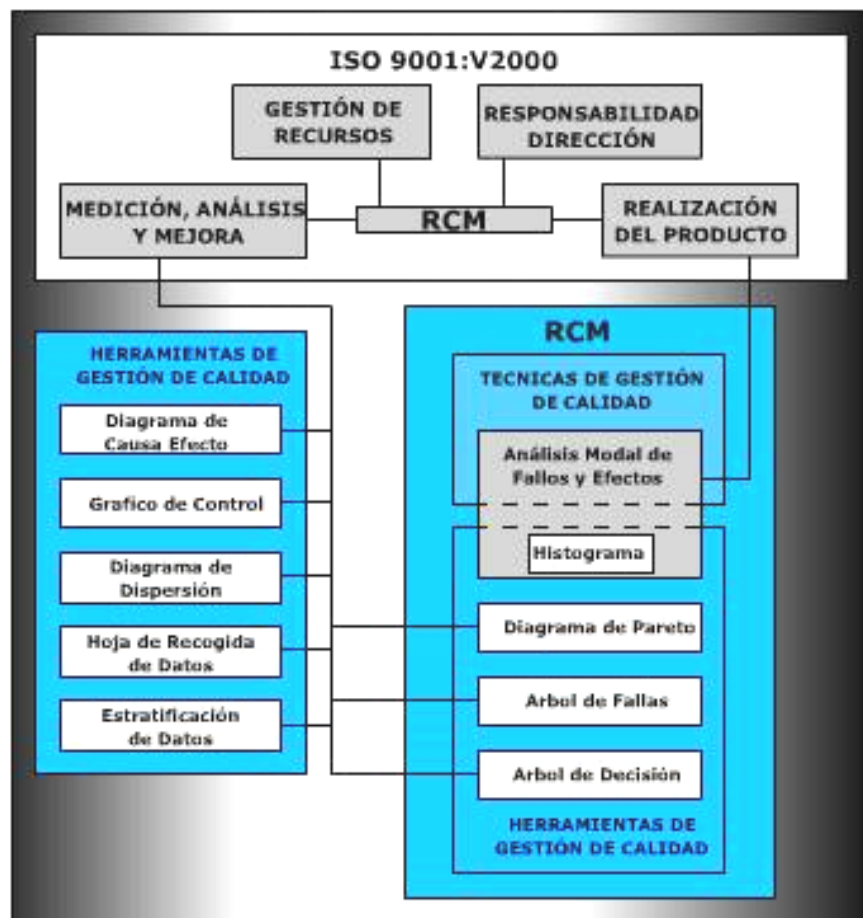
4.2.6 Implementación, análisis y recolección de datos de servicio. La implementación consiste en la ejecución del programa y la respectiva retroalimentación de los datos de servicio en una revisión periódica y actualizable.

4.3 NORMA ISO 9001:V2000, MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

Los componentes de la norma ISO 9001:v2000, tienen relación directa con las fases del RCM de análisis ya que la realización del producto (numeral 7) se puede ver como la planeación del mantenimiento. Así mismo, la gestión de los recursos (numeral 7) es necesaria para las fases del RCM concernientes a la selección de actividades de mantenimiento y la programación. Igualmente, la medición, análisis y mejora (Numeral 8) es necesario considerar para llevar a cabo la fase de análisis y recolección de datos de servicio del RCM.

El RCM hace uso de las herramientas de gestión de calidad de diagrama de pareto, árbol de fallas, árbol de decisión y en la fase del análisis de modo, fallas y efectos utiliza el histograma. La Figura 28 muestra la interrelación de la norma ISO 9001:V2000, las técnicas y herramientas de gestión de calidad y el RCM.

Figura 28 Interrelación de ISO 9001:V2000, técnicas y herramientas y RCM.



5. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIDAD ENFOCADO A UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

El objetivo del manual es brindar una herramienta de gestión de procesos en mantenimiento teniendo en cuenta las sinergias existentes entre las directrices de la norma ISO 9001:v2000, las técnicas y herramientas de gestión de calidad y la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Un manual de mantenimiento describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Este debe incluir métodos normalizados para el mantenimiento y/o reparación de equipos y aparatos, además reafirma los conceptos de mantenimiento en la organización y su importancia en la consecución de los objetivos.

El manual, eleva el mantenimiento desde un papel meramente secundario a un papel importante en la gestión de la empresa. La gestión de mantenimiento se convierte en una parte integrante de la empresa y contribuye a sus objetivos.

La competencia hace necesaria una reducción en los costos de producción sin que por ello se vea afectada la calidad del producto. La utilización de un manual en la creación de un programa sólido en la gestión del mantenimiento puede ser un medio efectivo para la reducción de costos, asimismo puede conseguirse una comunicación eficaz de ordenes escritas, cuando se encuentra el manual bien organizado, indicara cual es el método que se considera mejor para el cumplimiento de una tarea, el manual puede utilizarse como un medio para la determinación clara de normas. Un manual bien diseñado proporciona una base estándar para el adiestramiento y enseñanza del nuevo personal o para el adiestramiento del personal existente entre muchos otros beneficios.

Un manual de mantenimiento desde el punto de vista técnico debe estar conformado por sus objetivos, alcance, definiciones (entre estas la actividad de la organización), mapas de procesos, sus objetivos de calidad, los procedimientos y métodos empleados para realizar las actividades de mantenimiento, perfil del personal y responsabilidades del mismo, medición y seguimiento, producto no conforme, caracterización de procesos y los capítulos de seguridad (ambiental, industrial y social). A continuación, se describen brevemente cada uno de los componentes.

El Anexo C muestra la estructura del manual de calidad y los requisitos de la norma ISO 9001:V2000.

5.1 OBJETIVOS

Este debe ser breve, claro y entusiasta con el fin de que el personal conozca hacia donde se dirigen los esfuerzos de la organización y como aportar al cumplimiento de las metas de la empresa, igualmente debe ser medible y en lo posible memorizable. Los objetivos deben ser retadores y por ende comenzar con un verbo el cual debe ser motivador. Un objetivo de mantenimiento en una organización puede ser asegurar la competitividad de la empresa por medio de la garantía de la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada, la satisfacción de todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa y el cumplimiento de todas las normas de seguridad y medio ambiente con la maximización del beneficio global.

5.2 ALCANCE

Define lo que abarca la función. En lo que se enmarca. De donde a donde.

5.3 DEFINICIONES

Comenzando con la definición de la actividad de la organización, y concluyendo con la realización de un glosario, en donde se debe definir palabras y terminología usada en mantenimiento, esto será útil para conseguir una buena comunicación entre todo el personal y en la capacitación de nuevos empleados (Ver anexo B).

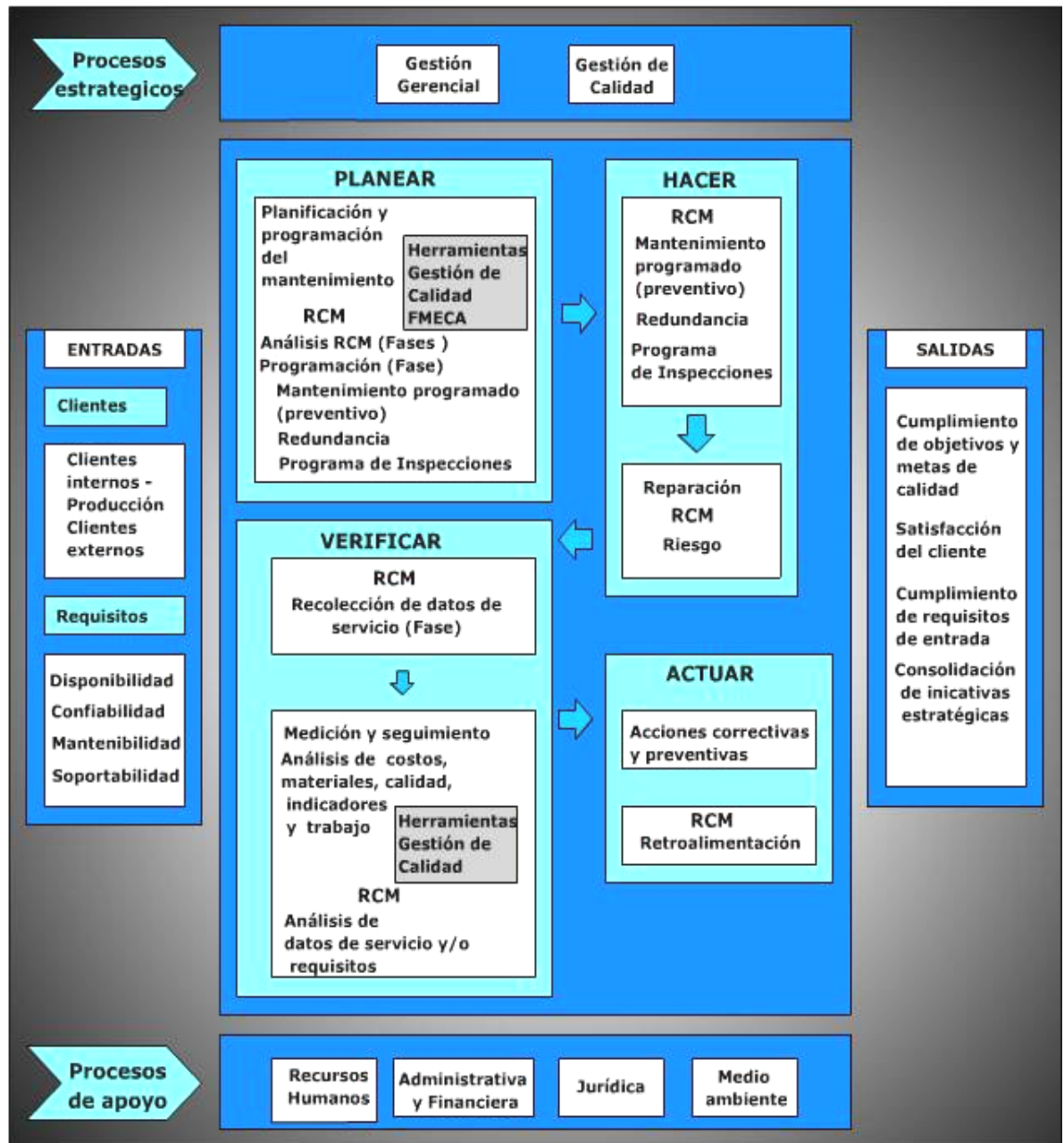
5.4 MAPA DE PROCESOS

El mapa de procesos impulsa a la organización a poseer una visión más allá de sus límites geográficos y funcionales, mostrando cómo sus actividades están relacionadas con los clientes, proveedores y grupos de interés. Tales "mapas" dan la oportunidad de mejorar la coordinación entre los elementos clave de la organización. Asimismo dan la oportunidad de distinguir entre procesos clave, estratégicos y de soporte, constituyendo el primer paso para seleccionar los procesos sobre los que actuar¹⁷.

En un sistema de mantenimiento, un mapa general de procesos (Ver Figura 29) de mantenimiento sigue los parámetros representados en el modelo de gestión de calidad basado en procesos.

¹⁷ www.aiteco.com/gestproc.htm

Figura 29. Mapa general de procesos del mantenimiento en una organización.



Como su nombre lo indica el mapa de procesos muestra la trayectoria que debe seguir toda la organización, los esfuerzos por enfocar y aplicar los procesos deben ser en función de esta herramienta, la cual demuestra los requisitos de la documentación, el enfoque al cliente y como proceso su salida será la satisfacción del mismo, en el mapa se denotan los procesos de mejora continua al realizar las actividades entorno al ciclo PHVA, de igual forma las actividades de seguimiento y medición aportan a la organización información valiosa para la toma de decisiones, ya que los indicadores contribuyen con la veracidad de los datos con el fin de minimizar las no conformidades en el mantenimiento y tomar las acciones correctivas o preventivas en el desarrollo de los trabajos.

En los capítulos anteriores, se encuentra el desarrollo de los diferentes componentes y su directa relación con los trabajos de mantenimiento, en donde permite el entendimiento para el diseño de esta herramienta; en el capítulo 1 Administración del mantenimiento en una organización se encuentran la dirección, planeación, organización y control, componentes que enlazan la administración y generaliza la aplicación a una organización de mantenimiento, la dirección y la planeación estampado en los cuadrantes del mapa de procesos como planeación (P), la organización en el cuadrante del hacer (H), el control en el cuadrante de verificación (V) y en el de actuar (A).

En el desarrollo del capítulo 2 Gestión de calidad en el mantenimiento, se adopta de la norma ISO 9001 v:2000 la consecución del proceso; al demostrar las entradas, la transformación y las salidas, con las expectativas y las necesidades del cliente respectivamente determinado en la idea central, el cumplimiento de los objetivos de calidad y la satisfacción del cliente.

En el desarrollo del capítulo 3 Técnicas y Herramientas de Gestión de calidad se integran la técnica FMECA a la filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el mantenimiento, la cual es contextualizada en el mapa de procesos en el planear dentro del análisis RCM, igualmente las herramientas de gestión de calidad aplicables como son el árbol de fallas, análisis de pareto y el árbol de decisión, sin dejar de lado las otras herramientas, también aplicables al planear y verificar.

En el desarrollo del capítulo 4 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se analizan los dos principales pasos de la metodología, como son el análisis y la implementación, cada uno con sus respectivas fases. En el mapa de procesos se integra la metodología dentro del planear y hacer, reflejado en la fases de definición del sistema, identificación de ítems significativos de mantenimiento, identificación de modos de fallos significativos para concluir en la selección de actividades de mantenimiento según el árbol de decisión como son la el programa de mantenimiento preventivo o el programa de inspecciones, la redundancia o la aceptación del riesgo, visto como reparar. La fase de programación de la metodología RCM se contextualiza en el planear. Las fases de recolección de

datos de servicio y análisis de datos de servicio y/o requisitos se encasillan en el verificar. La actividad de retroalimentación se clasifica en el actuar.

El personal y la documentación simbolizados en los procesos de apoyo en el recurso humano y en la sección de jurídica además de los aportes de los principios de calidad y la filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad que concluyen el proceso de soporte con las secciones de medio ambiente y con la parte de activos de la organización entendiendo esto como lo referente a maquinaria y costos.

5.5 OBJETIVOS DE CALIDAD

Estos objetivos generalmente se basan en la política de calidad de la organización. Los objetivos de calidad generalmente se especifican para los niveles y funciones pertinentes de la organización. Es importante el uso de indicadores para el cumplimiento de estos objetivos, establecer las metas y mirar su aproximación en el tiempo, estas metas a medida que se alcanzan deben ser cada vez de mayor exigencia.

5.6 PLANEACIÓN DEL PRODUCTO

Ver numeral 2.2.3 Componentes de la norma ISO 9001:V2000 y mantenimiento. Planeación y realización del producto.

5.7 PLANEACIÓN PRESUPUESTAL

El control presupuestal es uno de los principales indicadores de desempeño de una organización. Presupuestar es un proceso complejo que involucra a gran cantidad de usuarios diversos, con muchos datos que deben procesarse y que están disponibles para analizar y reportar. Las soluciones tradicionales adolecen de falta de control sobre el proceso, problemas de integridad y coherencia de los datos, poca escalabilidad, alto costo de mantenimiento y limitadas capacidades de información.

La aplicación de Planeación y control presupuestal distribuido resuelve los típicos problemas asociados con la preparación de planes, presupuestos, y pronósticos.

Principales características.

- Estructuras de administración de presupuestos
- Estructuras jerárquicas múltiples.

- Estructuras de Centro de Costo y Rubros Presupuestarios flexibles.
- Presupuestos a la medida de cada responsable y en múltiples unidades.
- Reglas de cálculos definidas por el usuario.
- Múltiples ejercicios y múltiples versiones.

Construcción del Presupuesto.

- Generación.
- Carga de datos reales o históricos.
- Distribución de datos.
- Carga de presupuestos.
- Notas y comentarios.
- Validaciones.

Administración del Proceso.

- Envío de paquetes presupuestarios.
- Recepción de paquetes presupuestarios.
- Aprobación y rechazo de paquetes presupuestarios.
- Control de avance del proceso / tareas.

Principales beneficios.

Visión Estratégica

- Facilita la alineación de la organización y sus planes operativos con los objetivos estratégicos del negocio.
- Promueve la discusión y cuestionamiento de estructuras de costos y gastos, así como los planes de negocio.
- Visión Operacional
- Menor tiempo empleado en la preparación del presupuesto, permitiendo mayor dedicación al análisis de información.
- Control completo sobre el proceso de armado del presupuesto con mejor integridad, calidad y consistencia del presupuesto final.
- Implementación más rápida, sin las restricciones de adaptación de las aplicaciones transaccionales.

La aplicación de Planeación y control presupuestal Distribuido acelera el proceso de administración de presupuestos a través de mejores controles, reportes y análisis. Mejora la planeación, asegura el control, reduce la cantidad de interacciones y asegura un mejor uso de la información.

5.8 PERFIL DEL PERSONAL

Para cada puesto de trabajo en el equipo de mantenimiento conviene tener un perfil, el cual es específico para cada actividad y donde la persona debe cumplir con ciertos requisitos ya sean de conocimiento, experiencia, práctica o habilidad, es de gran relevancia que todo el personal cuente con la capacidad requerida para el desarrollo de su actividad.

5.9 SEGURIDAD

Se recomienda que el manual cuente con los números telefónicos del personal clave en mantenimiento y ante todo el del personal encargado de los equipos auxiliares.

A la par los teléfonos de los médicos, urgencias, bomberos, policía y ambulancias, los cuales se deben encontrar en un lugar visible y de fácil acceso y al igual reposar en el manual.

El plan de la organización en caso de emergencia o de desastre que pueda afectar a la compañía debe estar incluido en el texto, el apartado de seguridad puede ser cubierto haciendo referencia al manual de seguridad, este debe tratar la parte ambiental, minimización de riesgos y la relación de la organización con la sociedad, de no existir es necesario realizar una detallada intervención en el manual.

5.10 ADIESTRAMIENTO

En el manual se debe incluir el programa de adiestramiento de la organización para el personal de mantenimiento.

El entrenamiento es la educación profesional que adapta al a la persona para un cargo o función dentro de una organización, e implica la transmisión de conocimientos, ya sea información de la empresa, de sus productos, servicios, su organización, su política, etc. En segunda medida, implica un desarrollo de habilidades, entendido un entrenamiento orientado a las tareas y operaciones que van a ejecutarse.

5.11 SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO

El manual cuenta con un apartado donde se describe los métodos que se utilizan en la simplificación o mejora de métodos y puede aplicarse para mejorar la eficacia del mantenimiento y la reducción de costos.

5.12 MEDICIÓN DEL TRABAJO

La eficacia de la administración de las operaciones puede mejorar considerablemente si se establece e implementa metas para evaluar y mejorar el rendimiento de tales operaciones. El manual debe ceñir una pauta donde genere la evaluación del rendimiento de los trabajadores, las instalaciones, los trabajos realizados y la satisfacción del cliente bien sea interno o externo para poder predecir, planear y controlar el trabajo, los costos y las operaciones, el uso de indicadores revela los programas, métodos, actividades en las que se deben comprometer mayores esfuerzos para cumplir los estándares de calidad y por ende las metas de la organización.

5.13 MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

Considerado como uno de los ítems de gran importancia, ya que las actividades de medición, seguimiento, análisis y mejora aportan a la organización importante información para tomar decisiones trascendentales, donde además se demuestra la conformidad de los servicios, el cual se asegura la conformidad del Sistema y la mejora continua de la eficacia.

Medición y seguimiento demuestra la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados.

En medición y seguimiento es de gran relevancia la determinación de métodos y técnicas estadísticas para analizar, estratificar y procesar los datos y la información generada por el sistema, al igual que establecer los métodos para obtener y utilizar información de la percepción del cliente ya sea interno o externo del cumplimiento de sus requisitos, de su nivel de satisfacción y de sus expectativas y necesidades.

Una gran herramienta para determinar si el sistema cumple con las actividades planeadas y con los requisitos son las auditorías, soportadas en los registros; estas auditorías generan gran parte de la documentación que se debe analizar para establecer las mejoras y cambios en la organización ya que estas proyectan las tomas de acciones ante no conformidades, bien sean por inconformidad en la organización, métodos, procesos, documentación, personal, productos entre otros. Este medio de evaluación tiene notabilidad en la organización y en el proceso de mejora continua, por medio de la política de la calidad, los objetivos, el resultado de las auditorías, el análisis de datos, las acciones preventivas y correctivas y la revisión por la dirección.

5.14 TRAZABILIDAD

La trazabilidad es un conjunto de acciones, medidas y procedimientos técnicos que permite identificar y registrar cada producto desde su nacimiento hasta el final de la cadena. La trazabilidad permite rastrear la cadena bien sea de producción o de un servicio y otorga la posibilidad de colocar sus productos o servicios en mercados específicos, que exigen la certeza del origen y de las distintas etapas del proceso productivo.

5.15 PRODUCTO NO CONFORME

El producto no conforme en mantenimiento es aquel que no cumple con las especificaciones establecidas para el producto ó para el proceso.

5.16 CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

Secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas desarrollan, orientadas a generar un valor agregado sobre una entrada, para conseguir un resultado o una salida que satisfaga los requerimientos del cliente.

Como su nombre lo indica consiste en enunciar cada uno de los procesos de la organización, definiendo las entradas, las salidas, los responsables, los registros que se emplean, los procesos en los que se apoya, los indicadores que trabaja, los objetivos de cada proceso, métodos de medición entre otros. Es decir todos los factores que enmarcan un proceso en la organización.

Técnicas para Identificar.

- Diagrama de bloques
- Modelo Integrado
- Cadena de Valor
- Modelo Alemán (Icontec)

Técnicas para Caracterizar.

- Ficha de Procesos
- Flujograma Integrado
- Modelo de Procesos
- Modelo Alemán (Icontec)
- Modelo de Crosby

Se recomienda la utilización del presente cuestionario, con el fin de desarrollar una caracterización completa y apropiada para cada uno de los procesos de la organización de mantenimiento.

- Nombre del proceso.
- Definición del proceso.
- Responsable.
- Objetivo del proceso.
- ¿Cuáles son las entradas que se requieren para llevar a cabo el proceso?
- ¿Cuáles son las salidas del proceso?
- ¿Quién (es) son los responsables del verificar el cumplimiento de los objetivos del proceso?
- ¿Cuáles son los proveedores del proceso?
- ¿Cuál es el objeto o finalidad del proceso?
- ¿Qué hace el proceso?
- ¿Cómo sabe usted que las salidas del proceso son buenas?
- ¿Qué retroalimentación recibe el proceso?
- ¿Quiénes son los clientes de dicho proceso?
- ¿Cómo hace usted para que sus proveedores sepan que están trabajando bien?
- ¿Con qué frecuencia o periodicidad evalúa la efectividad del proceso?
- ¿Quiénes y qué proceso utilizan sus salidas?
- ¿Qué sucedería si usted no ejecutara el trabajo, adecuadamente?
- ¿Ha revisado la descripción de las actividades o tareas que se llevan a cabo en el proceso?
- ¿Qué sucedería si cada uno de sus proveedores dejara de suministrarle entradas?

Esta información se debe validar con el personal de mantenimiento y enfocarse al mismo para un mejor entendimiento de la importancia de realizar bien su trabajo y cumplir con el desarrollo de los cuadros de caracterización de procesos, pues este es el método más amigable para la estandarización de actividades.

En el Anexo D se presenta un formato de caracterización de procesos diseñado para organización de mantenimiento.

Los indicadores de calidad son otra herramienta que nos permite realizar a tiempo acciones tanto correctivas como preventivas.

El desarrollo de estos indicadores de gestión conforman una parte fundamental en el mejoramiento continuo de la calidad, debido a que son medios económicos y rápidos de identificación de problemas, según la naturaleza y manejo del mismo.

En los procesos de mantenimiento se plantea la necesidad de definir indicadores dando respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Que debemos medir?
- ¿Donde es conveniente medir?
- ¿Cuando hay que medir?
- ¿En que momento o con que frecuencia?
- ¿Quien debe medir?
- ¿Como se debe medir?
- ¿Como se van a difundir los resultados?
- ¿Quien y con que frecuencia se va a revisar y/o auditar el sistema de obtención de datos?

“Los indicadores son necesarios para poder mejorar. Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar.”

Se recomienda utilizar máximo cinco indicadores por proceso, con el fin de contar con información de rápido análisis a cambio de una gran cantidad de datos que no permita una pronta decisión.

5.17 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Este apartado debe referirse a los conceptos, procedimientos y técnicas que se utilizan en el mantenimiento y reparación de los equipos auxiliares y de la maquinaria de instalación.

Entre estos conceptos tenemos los inventarios de la maquinaria y equipo auxiliar de la instalación y su importancia en la gestión eficaz de mantenimiento. El inventario nos dice como es la instalación, donde esta situada, cual es su tamaño y su costo, de que tipos de maquinaria y equipos auxiliares dispone, cual es el tipo de construcción, y quizás también su valor de reposición. El inventario de la maquinaria y equipo auxiliar pueden incluirse en el apéndice u otras publicaciones. Se recomienda una publicación aparte del inventario.

Igualmente se debe incluir los sistemas de inspección incluyendo la que debe hacer el propio operador, inspección de mantenimiento preventiva e inspección periódica de la maquinaria y equipo auxiliar.

Un sistema de inspección adecuado es indispensable para el cumplimiento eficaz del mantenimiento. Es durante la inspección donde el personal se dará cuenta de la mayor parte del trabajo que tiene que realizar e indica el estado de la inspección de acuerdo con lo que Figura en el inventario. Para las inspecciones se cuenta con una gran diversidad de herramientas, que por lo general la organización adopta alguna de ellas ya sea los programas de inspección que minimizan el costo de una sola maquina, el modelo de maximización de utilidades para la inspección de una sola maquina, el modelo de para minimizar el costo esperado con reparaciones mínimas, el modelo para coordinación de inspección de un grupo de maquinas entre muchos otros, o bien la organización diseña algún método que genere confiabilidad y disponibilidad.

Sin embargo el mantenimiento de algunas cosas debe hacerse sobre la base de que se produzca una avería, ya que esto resulta en estos casos mas económico que una inspección, las técnicas de diagnostico forman parte de este apartado en el cual se delega un responsable para la conformación de las pruebas de termografía, ultrasonido, análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, monitoreo de defectos eléctricos. etc.

Otro punto de igual relevancia son las peticiones procedentes de otros departamentos, estas describen el procedimiento a seguir cuando son requeridos los servicios del personal de mantenimiento por otro departamento de la organización. Cuando estén autorizadas por teléfono debe realizarse de una lista de abonados, con un método ordenado se deben registrar en el sistema, para poder analizar la petición y un método para poder incluirla en el plan de trabajo, en estimaciones y en el de horarios es aconsejable realizar un formulario para ello el cual debe estar incluido en el manual.

La planificación y las estimaciones juegan un papel vital para el mantenimiento, pues allí donde se discute la necesidad de planificar el alcance de la tarea, para la justificación de la misma, para su aprobación por parte del encargado para la especificación de requisitos, disponibilidad de mano de obra y para que no se produzcan faltas de acoplamiento en la realización de la tarea. Las estimaciones no las debe realizar el personal, estas deben estar basadas en valores unitarios estándar, así se puede conseguir que las estimaciones entre los costos reales y estimados sean significativas y puedan valorarse.

Continuando en orden vale la pena aclarar las órdenes de trabajo. Estas deben ser descritas brevemente en lo que concierne a su utilización e importancia. Debe describirse la clasificación de los tipos de trabajo incluidos en el mismo sistema de órdenes de trabajo, permitiendo llevar un registro que encamine a la mejora continua en cada actividad de mantenimiento igualmente se recomienda el uso de un formulario, no olvidar que un sistema eficaz es relevante para la determinación de los costos y para una administración efectiva de mantenimiento.

El manual debe también referirse a la programación. Debe describirse su importancia a la hora de comparar la capacidad del taller con el trabajo que se ha asignado. Deben discutirse los diferentes tipos de programación utilizados en el departamento de mantenimiento, esto es útil para aquellos a los cuales esta asignado el personal de mantenimiento, llegando a tener en cuenta el rendimiento del personal; se hace necesario contar con una descripción de métodos y procedimientos de trabajo, esto proporciona información sobre el cronometraje para el pedido de materiales y para las operaciones diarias de rutina del personal. Es importante integrar al manual las tarjetas de tiempo y los formularios de pedidos de materiales, en dicho formulario debe existir la aprobación de conformidad de los materiales, a los cuales se les debe tener en cuenta, su transporte, almacenamiento y las condiciones y especificaciones con las que se solicitaron.

Por último y sin menor importancia se encuentran los informes administrativos, esta recopilación de informes de cada actividad se utiliza para determinar el rendimiento del trabajo y las necesidades del personal de mantenimiento, asimismo un informe financiero el cual es una recopilación de los mismos, nos genera información referente a los costos, los cuales son de gran ayuda en los presupuestos de trabajos a futuro.

CONCLUSIONES

Se presentaron la dirección, la planeación, la organización y el control como los elementos de la administración del mantenimiento en una organización centrada en la calidad, a estos elementos se les enfocó con el fin de adaptar los diferentes procesos que se generan en el mantenimiento a la esencia del mejoramiento continuo con el objetivo de adaptar la herramienta del PHVA en una organización.

En el capítulo inicial como aporte en lo referente al primer elemento “dirección” se realizó una clasificación de las actividades de mantenimiento según su nivel de criticidad, para saber cuáles merecen mayor atención y prontitud en su realización; en el segundo elemento, “la planeación”, se indujo al lector en el diseño y pasos para el mantenimiento planeado, resaltando ante todo la importancia de conocer que fallará y como afectará a la organización y a los planes de mantenimiento dicha falla e impedir el paro de la producción al realizar el mantenimiento planeado.

En lo referente a la “organización del mantenimiento”, vale la pena resaltar el desarrollo de los ítems que apuntan al tercer elemento de la administración. Se orientó el diseño del trabajo, los estándares de tiempo y la administración de proyectos; mecanismos importantes en el logro de los objetivos de organización plasmados en el “hacer” del ciclo de Deming; y como ultimo elemento se revela la parte de control en donde su mayor contribución se expuso en la importancia de un sistema acertado de control de la calidad del mantenimiento, pues este es esencial para asegurar reparaciones de alta calidad, estándares exactos, máxima disponibilidad, extensión del ciclo de vida del equipo y tasas eficientes de producción, apoyado en el uso acertado de Tablas y gráficos que permiten de forma amigable una mayor comprensión de la idea de mantenimiento y calidad.

Continuando con el desarrollo del tema se expuso la gestión de calidad en el mantenimiento, se desarrollaron los principios de calidad en una organización de mantenimiento, así mismo, esta parte de la monografía revela cómo los componentes de la Norma ISO 9001:v2000 apuntan a cada uno de los principios de calidad y al mantenimiento, presentando la sinergia que existe entre la calidad y el mantenimiento.

Siguiendo el hilo conductor se exponen las técnicas y herramientas de gestión de calidad, afianzando la relación con el tema anterior, en la cual de forma directa se

enuncia “para qué” sirve y el método de elaboración y de aplicación de cada uno de estos en el mantenimiento, como interpretar los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los histogramas, los análisis causa efecto y demás herramientas y técnicas que generan información veraz para la toma de decisiones en la organización.

Luego de hacer evidentes las relaciones mencionadas se hizo participe la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, valiéndose de la metodología que aplica al mantenimiento, presentando la herramienta y su utilidad, para culminar en el desarrollo de una metodología para la elaboración de un manual de calidad en mantenimiento, con la aclaración de cada uno de sus componentes, al igual que se exhibe un modelo de formatos ubicados en los anexos D y E para hacer posible una adaptación de estos a las organizaciones, su desarrollo, para qué sirven y el porqué implementarlos.

En este último capítulo se afianza la relación entre calidad y mantenimiento y se expone en el cuadro de mapas de procesos la recopilación de todos los temas tratados en la monografía y se expresan algunas recomendaciones para lograr una fácil adaptación a este cambio, el cual sin duda logrará una mayor competitividad y brindara la oportunidad de abrir las puertas a nuevos clientes.

Este manual se basó en la norma ISO 9001:v2000, técnicas y herramientas de gestión de calidad mencionadas y el mantenimiento centrado en la confiabilidad, cumpliendo de esta forma los objetivos propuestos y entregando una herramienta de gran utilidad a las diferentes organizaciones de mantenimiento que buscan de forma sencilla, práctica y económica una tendencia que genere aportes, reconocimiento, mejora de la confiabilidad, prácticas “limpias”, satisfacción al cliente final y ante todo un cambio en sus métodos de trabajo que estén orientados a la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

ANTHONY, Kelly. Maintenance Strategy. Business - Centred Maintenance. First Publisher. An imprint of Elsevier Science. Editorial Butterworth – Heinemann, 1997.

BELTRÁN JARAMILLO, Jesús Mauricio, Indicadores de Gestión. Segunda Edición. Colombia : 3R, 2000.

BROCKA, Bruce y M. BROCKA, Suzanne. QUALITY MANAGEMENT (Gestión de Calidad). Primera Edición. Buenos Aires : Javier Vergara, 1994.

CUATRECASAS, Luís. Gestión Integral de la Calidad. Implementación, Control y Certificación. Barcelona : Gestión 2000, 2001.

DUFFUA, SALIH O. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. México D.F. : Limusa, 2002.

EBELING, Charles E. AN INTRODUCTION TO RELIABILITY AND MAINTANIBILITY ENGINEERING. Bogotá : Mc Graw Hill, 1997.

GATICA ANGELES, Rodolfo R. Mantenimiento Industrial, Manual de Operación y Administración. Primera Edición. México : Trillas, 2000.

HITOSHI, Kume. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Barcelona : Norma, 1992.

<http://www.aiteco.com/gestproc.htm>

http://www.cideal.org/fse/origen/manuales/gestion_calidad/06_capitulo_04_implantacion_de_un_sistema_de_gestion_de_la_calidad_basado_en_el_modelo_efqm.pdf

<http://www.monografias.com/trabajos11/conge/conge.shtml#man>

<http://www.monografias.com/trabajos6/maca/maca.shtml>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de Gestión de calidad. Fundamentos y vocabulario. Bogotá : Icontec, 2002. (NTC-ISO 9000). 37 p.

Requisitos. Bogotá : Icontec, 2002. (NTC-ISO 9001). 28 p.

Directrices. Bogotá : Icontec, 2002. (NTC-ISO 9004).

Journal Quality, Maintenance Engineering. Volumen 1 Número 1. 1995. MCB University Press.

MARIÑO NAVARRETE, Hernando. Gerencia de procesos. Colombia : Alfa Omega, enero 2001.

MORROW, L. C. Manual de Mantenimiento Industrial. Tomo I y III. Segunda Edición. México: Continental, 1982.

NAVA CARVELLINO, Víctor y JIMENEZ VALAEZ, Ana Rosa. Estrategias para implementar de calidad para la mejora continua. México : Limusa, 2003.

PARRA MARQUEZ, Carlos Alberto. Seminario: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, 2000.

SANTAMARÍA, ALECK. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad industrial de Santander.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A. Directorio complementario de normas de sistemas de gestión.

Sistemas de Gestión de Calidad		
Ítem	Codificación	Nombre
1	ISO 10005	Planeación de la calidad
2	ISO 10006	Gestión de Proyectos
3	ISO 10007	Gestión de la configuración
4	ISO 19011	Auditorías
5	ISO 10012	Aseguramiento metrológico
6	ISO 10017	Aplicación de técnicas estadísticas
Sistemas de Gestión Ambiental		
7	ISO 14001	Gestión Ambiental
8	ISO 14010	Principios generales de la auditoría ambiental
9	ISO 14012	Criterios para la calificación de auditores ambientales

Anexo B. Definiciones en mantenimiento.

DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO: Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

CONFIABILIDAD: Es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.

MANTENIBILIDAD: Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

SOPORTABILIDAD: es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

FALLA: Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.

ÍTEM: Término general para indicar un equipo, obra o instalación.

MANTENIMIENTO: Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: Es aquel mantenimiento que permitirá hacer una predicción del activo en cuestión, por medio de las técnicas cuales quiera utilizar llámese (análisis de vibraciones, mediciones eléctricas voltaje, amperaje,

resistencia, ultrasonidos, medición de espesores, termografías, etc.) y que se les pueda aplicar al activo claro.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Es el que con base a fechas calendarizadas se programa un activo para su mantenimiento, las fechas se determinan de tal manera que según las condiciones de operación permitan que el equipo no alcance el deterioro tal que falle; y de esta manera prevenir antes de que se presente la falla.

PRIORIDAD DE EMERGENCIA: Mantenimiento que debe ser hecho inmediatamente después de detectada su necesidad.

PRIORIDAD DE URGENCIA: Mantenimiento que debe ser realizado a la brevedad posible, de preferencia sin pasar las 24 horas, después de detectar su necesidad.

PRIORIDAD NORMAL: Mantenimiento que puede ser postergado por algunos días.

BÚSQUEDA DE FALLAS. Las tareas para encontrar fallas implican chequear periódicamente las funciones ocultas, para determinar si ellas han fallado, mientras las tareas basadas en la condición implican chequear si algo está fallando.

REDISEÑO. El rediseño implica hacer un cambio trascendental para darle capacidad al sistema, esto incluye modificaciones de hardware y también cubre cambios radicales a los procedimientos.

MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO. Esta acción significa no hacer esfuerzo alguno por anticipar o prevenir modos de falla si este es aplicado, y hacerle seguimiento durante el siguiente desarrollo de la falla hasta que ocurra y posteriormente reparar. Estas acciones son conocidas como "Corrida Hasta Fallar".

Anexo C. Estructura del manual de calidad y requisitos de la norma ISO 9001:V2000.

COMPONENTES DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC ISO 9001: V 2000	
	NUMERAL	REQUISITO
Objetivos	1	Objetivo y campo de aplicación.
Alcance	2	Aplicación.
Definiciones	3	Términos y definiciones.
Mapa de procesos	4.2	Requisitos de la documentación.
	4.2.3	Documentación.
	5.2	Enfoque en el cliente.
	5.4.1	Objetivos de calidad.
	7.1	Planificación del producto.
	8.2	Medición y seguimiento.
Objetivos de calidad	8.2.2	Satisfacción del cliente.
	5.4	Planificación.
Planeación del producto	5.4.1	Objetivos de la calidad.
	7.1	Planificación de la realización del producto.
Personal	5.2	Enfoque al cliente.
	6.2	Recursos humanos
Seguridad	6.4	Ambiente de Trabajo
	4.1	Requisitos generales Recursos humanos
Capacitación	6.2	Recursos humanos.
	6.2	Recursos humanos.
Simplificación del trabajo	6.2.2	Competencia, toma de conciencia y formación.
	6.3	Infraestructura.
	7.2.3	Comunicación con el cliente.
	7.4.2	Información de las compras.
Medición del trabajo	4.2.3	Control de documentación
	8	Medición análisis y mejora.
	8.5.1	Mejora continua.

Seguimiento y medición	7.6 8.1 8.2 8.2.1 8.2.2 8.2.3 8.2.4 8.4	Control de dispositivos de seguimiento y medición. Generalidades Seguimiento y medición. Satisfacción del cliente. Auditorías internas. Seguimiento y medición de los procesos. Seguimiento y medición del producto. Análisis de datos.
Trazabilidad	7.5.3	Identificación y Trazabilidad.
Producto no conforme	7.4.3 7.5.1 8.3 8.4 4.2.4 5.2 7.5.5 8.2.4 8.5.2	Verificación de los productos comprados. Control de la producción y de la prestación del servicio. Control del producto no conforme. Análisis de datos Control de los registros. Enfoque al cliente. Preservación del producto. Seguimiento y medición del producto. Acción correctiva
Caracterización de procesos	4.2.3 4.2.4. 5.4.1 6.2 6.3 6.4 8.2 8.4	Control de documentos. Control de registros. Objetivos de calidad. Recursos Humanos. Infraestructura. Ambiente de trabajo. Medición y seguimiento. Análisis de datos.

Anexo E. Formato para implementación de indicadores.

	PROCESO	AREA /DPTO.	RESPONSABLE
OBJETO / ALCANCE			
OBJETIVO DEL PROCESO			
NOMBRE	<i>NOMBRE DEL INDICADOR</i>	NOMBRE	<i>NOMBRE DEL INDICADOR</i>
PROCEDIMIENTO		PROCEDIMIENTO	
UNIDAD		UNIDAD	
OBJETIVO		OBJETIVO	
FRECUENCIA DE DATOS		FRECUENCIA DE DATOS	
FRECUENCIA DE ANALISIS		FRECUENCIA DE ANALISIS	
VALOR DE ACTUALIDAD		VALOR DE ACTUALIDAD	
VALOR DE POTENCIABILIDAD		VALOR DE POTENCIABILIDAD	
META		META	
FUENTES DE INFORMACION		FUENTES DE INFORMACION	
PERIODICIDAD		PERIODICIDAD	
RESPONSABLE		RESPONSABLE	
SENTIDO		SENTIDO	
USUARIOS		USUARIOS	
OBSERVACIONES		OBSERVACIONES	

