

**EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN LA
EMPRESA PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.**

**PEDRO OCTAVIO DALLOS LARA
DIEGO FERNANDO TOBAR SOLER**

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

2014

**EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN LA
EMPRESA PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.**

PEDRO OCTAVIO DALLOS LARA

DIEGO FERNANDO TOBAR SOLER

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director

Ing. ANDRÉS JULIÁN DÍAZ MORENO

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

2014

DEDICATORIA

A mi familia y en especial a mi mamá, María Nelly Lara Nausa, quien con todo su apoyo, paciencia y comprensión hizo posible este importante logro con el cual se cumple una etapa de vida. En general a todas aquellas personas que influyeron para poder alcanzar esta meta.

PEDRO DALLOS

A mi familia por su incondicionalidad, como una muestra de gratitud por su cálido y en ocasiones silencioso apoyo, pero siempre presente y sincero. Mi madre fuente de paciencia y sabiduría, perennemente con la palabra precisa.

DIEGO TOBAR

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. a cargo de su Gerente General el doctor Manuel Vicente Barrera Medina y específicamente a su Gerente de Operaciones, el ingeniero Héctor Jairo Escobar Quiroz por brindarnos la oportunidad de poder desarrollar esta investigación dentro de su gerencia.

A todos los integrantes de la Gerencia de Operaciones en especial al área de mantenimiento en cabeza del ingeniero Andrés Julián Díaz Moreno, director de la monografía, por su guía, apoyo, empeño y colaboración durante el desarrollo de todo el proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	17
1.1 PROACTIVA MEDIO AMBIENTE	17
1.2 PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.	19
1.3 ANTECEDENTES	27
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	29
1.6 OBJETIVOS	29
1.6.1 Objetivo General	29
1.6.2 Objetivos Específicos	29
1.7 JUSTIFICACIÓN	30
2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.1 DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO	31
2.1.1 Mantenimiento	30
2.1.2 Mantenimiento Correctivo	30
2.1.3 Mantenimiento Preventivo	30
2.1.4 Estrategias	34
2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO	36
2.2.1 Operativo	35
2.2.2 Táctico	35
2.2.3 Estratégico	35
2.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO	37
2.3.1 Planeación	36
2.3.2 Programación de Mantenimiento	37
2.4 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS EN MANTENIMIENTO	41
2.4.1 Ensayos No Destructivos (NDT)	40

2.4.2	Análisis de Causa Raíz (RCA)	40
2.4.3	Análisis de los Modos de Falla, Efecto y su Criticidad (FMECA)	41
2.4.4	Análisis de Pareto	41
2.4.5	Análisis de Criticidad	42
2.4.6	Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC)	43
2.4.7	Indicadores Clave de Desempeño (KPI)	45
2.5	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	49
2.5.1	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	48
2.5.2	Inspección Basada en Riesgo (IBR)	49
2.5.3	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	49
2.6	ENFOQUES DE MANTENIMIENTO	51
2.6.1	Kantiano	50
2.6.2	Gestión de Activos	51
2.6.3	Confiabilidad Operacional	53
2.6.4	Mantenimiento de Clase Mundial (MCM)	53
2.7	HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE GESTIÓN	58
2.7.1	Auditoria	57
2.7.2	Encuesta	58
3.	PROCESO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	60
3.1	GENERALIDADES	60
3.2	INDICADORES	62
3.2.1	Disponibilidad de Equipos	61
3.2.2	Cumplimiento de la Planeación	63
3.3	PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	64
3.3.1	Ruta I	64
3.3.2	Ruta II	65
3.3.3	Ruta III y IV	66
3.3.4	Ruta V y VII	67

3.3.5 Ruta VI y VII	67
4. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ACTUAL	71
4.1 SELECCIÓN DE UN ENFOQUE GUÍA	71
4.2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN	71
4.3 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN	79
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA	82
4.4.1 Estrategia	81
4.4.2 Tecnologías de la Información	81
4.4.3 Medidas de Desempeño	82
4.4.4 Análisis de Confiabilidad	83
5. CONCLUSIONES	85
6. RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de Riesgo	44
Tabla 2. Niveles Jerárquicos Para Distribución de Indicadores	47
Tabla 3. Ejemplos de KPI	47
Tabla 4. Matriz de Excelencia	57
Tabla 5. Indicador Disponibilidad de Equipos	62
Tabla 6. Calculo de Indicador Disponibilidad de Equipos	63
Tabla 7. Indicador Cumplimiento de la Programación	64
Tabla 8. Calculo del Indicador Cumplimiento de la Planeación	64
Tabla 9. Análisis de Criticidad Según Rutas	70
Tabla 10. Cuestionario de Auditoria: Estrategia	72
Tabla 11. Cuestionario de Auditoria: Gestión del Recurso Humano	73
Tabla 12. Cuestionario de Auditoria: Planeación y Programación	74
Tabla 13. Cuestionario de Auditoria: Técnicas de Mantenimiento	75
Tabla 14. Cuestionario de Auditoria: Medidas de Desempeño en Mantenimiento	75
Tabla 15. Cuestionario de Auditoria: Tecnología de la Información	76
Tabla 16. Cuestionario de Auditoria: Involucramiento de los Empleados	77
Tabla 17. Cuestionario de Auditoria: Análisis de Confiabilidad	78
Tabla 18. Cuestionario de Auditoria: Análisis de Procesos	78
Tabla 19. Resumen de la Evaluación.	80
Tabla 20. Niveles de Calificación.	81

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Imagen Corporativa de la Empresa	18
Figura 2. Mapa de Procesos	22
Figura 3. Logos de Certificación Proactiva	25
Figura 4. Organigrama Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.	26
Figura 5. Comportamiento de los Tipos de Mantenimiento	33
Figura 6. Tipos de Mantenimiento	34
Figura 7. Categorización de Mantenimiento	34
Figura 8. Niveles Organizacionales de Mantenimiento	37
Figura 9. Diagrama de Causa Efecto	42
Figura 10. Diagrama de Pareto	43
Figura 11. Costo del Ciclo de Vida	45
Figura 12. Sistema Integral de Mantenimiento y Operación.	52
Figura 13. Estructura Sistema Gestión de Activos	53
Figura 14. Organigrama área de Mantenimiento	60
Figura 15. Diagrama del Proceso	61
Figura 16. Calificación de Evaluación.	81

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Informacion Proactiva de Medio Ambiente	91
ANEXO B. Datos del Contrato	93
ANEXO C. Flujograma del proceso de ejecucion del Mantenimiento Preventivo	94
ANEXO D. Plan de Auditoria	95
ANEXO E. Formatos de Verificacion de Auditoria	96
ANEXO F. Matriz de Excelencia	110

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.1

AUTORES: PEDRO OCTAVIO DALLOS LARA y DIEGO FERNANDO TOBAR SOLER.**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, GESTIÓN, EVALUACIÓN, CLASE MUNDIAL, MATRIZ EXCELENCIA.

DESCRIPCIÓN:

Partiendo de la necesidad de conocer en la empresa PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P. si el actual plan de mantenimiento a largo plazo, es coherente con estándares de mantenimiento, se plantea la solución de evaluar la metodología de gestión actual respecto a un enfoque modelo de mantenimiento.

Para lograr una evaluación objetiva, inicialmente se presentan las generalidades de la empresa para contextualizar su naturaleza, luego se presenta un marco teórico para uniformidad de definiciones con las que a continuación se presenta el planteamiento y funcionamiento del proceso de mantenimiento al interior de la organización. Con este contexto se selecciona un enfoque guía que represente los estándares de mantenimiento contra los que va a ser evaluado el plan a largo plazo o metodología actual de la compañía, siendo la mejor opción el Mantenimiento de Clase Mundial, igualmente importante es seleccionar una herramienta objetiva de evaluación de gestión como la auditoría y desarrollar un cuestionario que identifique claramente cada aspecto y permita la presentación de evidencia objetiva del cumplimiento de la disposición. Otra característica de la herramienta de evaluación es que debe estar diseñada para permitir una cuantificación de las características evaluadas, para así presentar y retroalimentar a la organización de forma clara y ágil con el estado actual de su visión de mantenimiento.

La evaluación representa una oportunidad de mejora para el proceso y la organización. Sus resultados apuntan claramente a las áreas de atención y las tareas o acciones pendientes por desarrollar si el objetivo de la gerencia estratégica es dejar a un lado el concepto de mantener pasivos y reemplazarlo por gestionar activos.

¹ Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela Ingeniería Mecánica. Especialización Gerencia de Mantenimiento. Director: Andrés Julián Díaz Moreno.

SUMMARY

TITLE: ASSESSMENT OF THE CURRENT METHODOLOGY FOR MAINTENANCE COMPANY PROACTIVE WATERS OF TUNJA S.A. E.S.P.2

AUTHORS: PEDRO OCTAVIO DALLOS LARA, DIEGO FERNANDO TOBAR SOLER.**

KEY WORDS: MAINTENANCE, MANAGEMENT, EVALUATION, CLASS MUNDIAL, EXCELLENCE MATRIX.

DESCRIPTION

Based on the need to know the company PROACTIVE WATERS OF TUNJA S.A. E.S.P. if the current long-term plan of maintenance is consistent with maintenance standards, the solution methodology to assess current management regarding a health model approach arises.

To achieve an objective, initially an overview of the company is presented to contextualize their nature, then presents a theoretical framework for uniform definitions below which the approach and operation of the maintenance process within the organization is presented. In this context, an approach that represents guide maintenance standards against which it will be evaluated the long-term plan or current methodology of the company is selected, still the best option the World Class Maintenance, equally important is to select an objective tool to made management evaluation and audit and develop a questionnaire that clearly identifies every aspect and allow the presentation of objective evidence of compliance with the provision. Another feature of the assessment tool is that it must be designed to allow quantification of the characteristics assessed, in order to present and provide feedback to the organization in a clear and agile with the current state of company's vision maintenance. The assessment is an opportunity for improvement to the process and the organization. Their results clearly point to the areas of attention and pending tasks or actions by developed if the objective of strategic management is to put aside the concept of passive maintaining and replacing for asset management. Once the company decides to implement, run and maintain a plan for improvement with these actions will be closer to a focus on asset management and is recommended a feasibility study to integrate at their Management System the PAS-55 standard.

² Monograph.

** Faculty of Engineering Physical - Mechanical. School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Andrés Julian Diaz Moreno.

INTRODUCCIÓN

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites, lubricantes, limpieza, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Dentro de las necesidades que tiene la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., está la de mejorar el área de mantenimiento de equipos e instalaciones. Conforme a su política de mejora continua en todos sus procesos decide mejorar en este aspecto, vinculando un proyecto el cual contemple la evaluación del actual sistema de mantenimiento y sugerir elementos que permitan un mayor control y seguimiento de la gestión del área.

El proyecto tiene una importancia relevante ya que suministra a la empresa una herramienta más para la eficaz organización de los trabajos realizados sobre sus activos y permite un mejor control de las actividades a ejecutar.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 PROACTIVA MEDIO AMBIENTE

“Quienes Somos”

Con sede en Madrid, España, Proactiva Medio Ambiente es una de las empresas líderes de América Latina en servicios medioambientales, especializada en la gestión integral del agua y la gestión integral de los residuos.

Actualmente estamos presentes en 8 de los principales países de la región: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela.

Estamos respaldados por dos líderes mundiales: FCC Servicios Ciudadanos y Veolia Environnement (...ver ANEXO A...), referencias internacionales en la construcción y los servicios. Con una amplia red de profesionales -11.733 profesionales- y delegaciones, Proactiva utiliza las mejores y más sofisticadas tecnologías en la mejora y protección del medio ambiente, dando servicio a más de 45 millones de personas. Trabajamos con un criterio de calidad en el servicio, lo cual se refleja en la obtención de diversas certificaciones (Normas ISO 9000, ISO 14000 y OHSAS 18000)³.

Historia

Iniciamos nuestra actividad como Proactiva Medio Ambiente S.A. en 1996. El capital social de Proactiva está repartido de forma equitativa entre dos empresas modelos de referencia en sus sectores: la francesa Veolia Environnement, líder mundial en servicios medioambientales, y la española Fomento de Construcciones y Contratas, constructora y empresa de servicios líder en España. Ambas tienen más de 100 años de historia, con clara vocación internacional y claros referentes en el mundo empresarial.

En 1996 la empresa española Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) y la firma francesa Veolia Environnement, presentes de forma independiente en el mercado latinoamericano, unieron fuerzas para crear Proactiva Medio Ambiente con sede principal en Madrid, España.

Proactiva Medio Ambiente es una organización líder en el desarrollo de proyectos de servicios públicos y privados para América Latina, aporta conocimiento,

³ PROACTIVA MEDIO AMBIENTE. [en línea]. <http://www.proactiva.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=17> [citado el 13 de Agosto de 2013]

tecnología, experiencia y talento humano, en pro del mejoramiento de la calidad de vida y la optimización del manejo de los recursos medioambientales.

Figura 1. Imagen Corporativa de la Empresa



Fuente: Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

Proactiva Medio Ambiente enfoca su desarrollo en los siguientes campos de trabajo:

- Gestión integral del ciclo del agua
- Gestión integral del ciclo de los residuos
- Gestión del saneamiento urbano
- Gestión comercial para servicios públicos
- Gestión de proyectos para clientes industriales

Proactiva Medio Ambiente está presente en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela.

- Damos servicio a cerca de 85 municipalidades
- Más de 44 millones de usuarios atendidos
- Alrededor de 4.000 clientes privados
- Cerca de 11.000 profesionales
- 170 pozos de agua potable
- 100% calidad global agua potable
- 21 rellenos sanitarios

El medio ambiente es nuestro componente más importante y el capital más valioso dentro del negocio, por eso invertimos permanentemente en el fortalecimiento de los procesos y la tecnología.

Nuestras operaciones están basadas en políticas de desarrollo sostenible. Protegemos, administramos racionalmente los recursos naturales y reducimos el impacto ocasionado por la actividad humana sobre el medio ambiente⁴.

1.2 PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.

ANTECEDENTES

En 1996, el promedio de suministro de agua en Tunja era de 6 horas al día. Había discontinuidad en la prestación del servicio y se evidenciaba un avanzado grado de deterioro en el sistema de distribución del servicio y en las estructuras hidráulicas, además de obstrucciones físicas en el sistema de alcantarillado.

El volumen producido para el abastecimiento de 23.282 suscriptores, era de 10'163.965 m³/año y había una pérdida de agua en el sistema de distribución superior al 60%, además de una multiplicidad de vertimientos de agua residual a cielo abierto.

OBJETIVO DEL CONTRATO

Concesión con inversión cofinanciada para la operación, mantenimiento, rehabilitación y expansión de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Tunja (...ver ANEXO B...).

DESARROLLO DEL PROYECTO

- Catastro digitalizado de los usuarios comerciales y del sistema operativo de acueducto y alcantarillado, lo que facilita su actualización y optimización continua entre las áreas operativa, de construcción y comercial.
- Diseño y desarrollo del plan maestro de acueducto y alcantarillado. Conformación de 24 sectores de distribución hidráulicamente independientes.
- Adecuación del sistema de acueducto con válvulas ventosas admisoras y expulsoras de aire, válvulas reguladoras de presión, disposición de hidrantes y válvulas de purga. Dotación de macro medidores para la obtención de información del sistema.

⁴ PROACTIVA COLOMBIA. [en línea]. <http://www.proactiva.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=230> [citado el 13 de Agosto de 2013]

- El banco de calibración de medidores con el que se cuenta, es una de las herramientas desarrolladas por la empresa para garantizar la confiabilidad en la micromedición, alcanza una cobertura del 100% y está acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC), bajo la norma NTC ISO/IEC: 2005.
- Se han hecho inversiones por más de 30.085 millones de pesos colombianos.
- Operación y mantenimiento de 426,8 km de tubería para el sistema de acueducto y de 373,3 km para el sistema de alcantarillado.
- Optimización física e hidráulica de la planta potabilizadora de agua.
- Construcción e instalación de planta para tratamiento de lodos resultantes del proceso de potabilización.
- Reducción de pérdidas de agua en el sistema de distribución con un índice del 29,02% para lo corrido del año 2011.
- Volumen producido al año 2010 para el abastecimiento de 39.884 suscriptores de 8'533.582 m³/año.
- Cumplimiento de la legislación nacional en cuanto a servicios públicos, calidad de agua, medio ambiente y seguridad social.

LOGROS

- Premio Súper Gestión otorgado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - 2002.
- Reconocimiento por parte del Ministerio de Desarrollo Económico como empresa modelo en gestión de acueductos y alcantarillados en Colombia - 2005.
- Continuidad del servicio las 24 horas al día con presión mínima de 7 m.c.a.
- Certificación en el año 2003 del sistema de gestión de calidad bajo la norma NTCISO 9001:2008 para todos sus procesos.
- Certificación en el año 2006 del sistema de gestión de calidad bajo la norma NTCISO 14001:2004 para todos sus procesos.
- Certificación en el año 2009 en el sistema de seguridad y salud ocupacional OHSAS 18001:2007, logrando así que PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P. sea la primera empresa de acueducto y alcantarillado de Colombia en obtener la integración de sus sistemas de gestión.
- Reconocimiento de la Cámara de Comercio de Tunja, por su nominación a Mejor Empresa Comercial - 2005.
- Acreditación del Laboratorio de Calibración de Medidores y del Laboratorio de Análisis de Calidad de Agua Potable, mediante certificado de acreditación N° 10 – LAB – 006.
- Premio Nacional de ANDESCO a la Responsabilidad Social Empresarial en la categoría pequeña y mediana empresa - 2006, 2008. Declarada fuera de concurso por ANDESCO en esta categoría - 2009.
- Primer lugar en el Concurso Premios Proactivos, Mejor Gestión en Prevención, Higiene, Salud y Seguridad.

- Reconocimiento de la Cámara de Comercio de Tunja con el premio Chibchacum Especial - 2009.
- Reconocimiento de FENALCO Capítulo Boyacá con el mérito de Responsabilidad Social Corporativa - 2010⁵.

MISIÓN

Somos una empresa especializada en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y complementarios para la ciudad de Tunja y a nivel nacional; dirigida al beneficio y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

VISIÓN

Posicionarnos a nivel regional, en los próximos 5 años (2015), como una empresa que promueve el desarrollo sostenible, transfiere conocimiento y expande sus servicios con responsabilidad social.

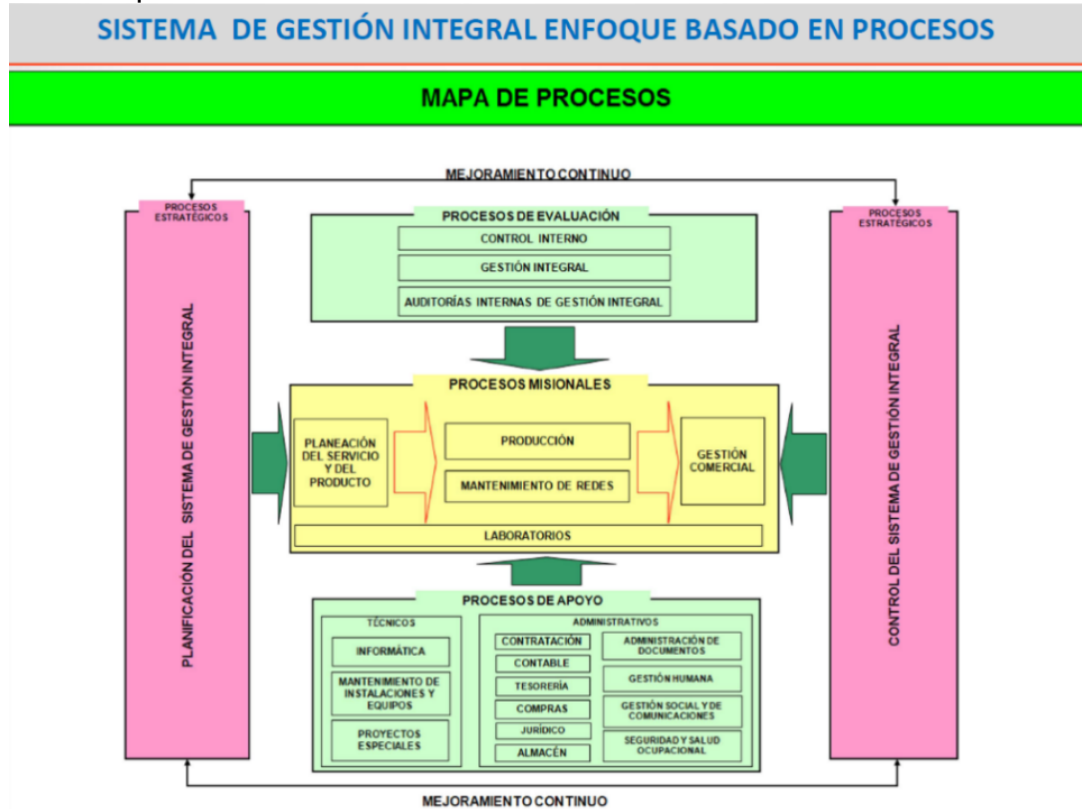
POLÍTICA

La alta dirección de la empresa tiene el compromiso y la responsabilidad en la eficaz, eficiente y efectiva prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y complementarios, cumpliendo con los requisitos contractuales, la legislación ambiental, de seguridad y salud ocupacional y demás normas aplicables al sector, ejecutando estrategias de mejoramiento continuo, evitando la contaminación, mitigando los impactos ambientales, identificando peligros, controlando los riesgos, previniendo lesiones y enfermedades que afecten la integridad física y mental de los funcionarios, contratistas y terceros.

⁵ PROACTIVA COLOMBIA. [en línea]. <http://www.proactiva.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=279> [citado el 13 de Agosto de 2013]

Mapa de Procesos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

Figura 2. Mapa de Procesos



Fuente. Página Web Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

OBJETIVOS

Política de Gestión Integral: la alta dirección de la empresa tiene el compromiso y la responsabilidad en la eficaz, eficiente y efectiva prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y complementarios, cumpliendo con los requisitos contractuales, la legislación ambiental, de Seguridad y Salud Ocupacional y demás normas aplicables al sector, gestionando el bienestar y el equilibrio entre la vida laboral, personal y familiar de los funcionarios; ejecutando estrategias de mejoramiento continuo, evitando la contaminación, mitigando los impactos ambientales, identificando peligros, controlando riesgos y previniendo lesiones y enfermedades que afecten la integridad física y mental de los funcionarios, contratistas y terceros.

Objetivo de Calidad: cumplir las metas contractuales a través de la ejecución de estrategias organizacionales, técnicas y financieras que apoyen de forma integral la gestión empresarial de una manera eficiente y efectiva.

Objetivo Ambiental: fomentar el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico a través del diseño y ejecución de proyectos técnicos-económicos y de programas de carácter social e interinstitucional que garanticen el manejo del recurso de una manera eficiente y efectiva, logrando reducir el índice de agua no contabilizada.

Objetivo Seguridad Industrial y Salud Ocupacional: reducir los potenciales riesgos de nuestros funcionarios, contratistas y la seguridad de terceros en caso de verse afectados por nuestras actividades, manteniendo la integridad física, mental y social de una manera eficiente y efectiva, a través de la ejecución de programas de seguridad y salud.

Objetivo del Sistema efr: facilitar en Proactiva Aguas de Tunja el desarrollo de sus colaboradores y su entorno, fomentando la conciliación de la vida laboral, personal y familiar para contribuir al mejoramiento de su calidad de vida y al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

PRINCIPIOS

Respeto: Escuchar, entender y valorar al otro, buscando armonía en las relaciones interpersonales, laborales y con los usuarios.

Ética Profesional: Es el comportamiento responsable, solidario o justo cuando se actúa en nombre de una profesión u oficio.

Responsabilidad: Capacidad existente en toda persona de conocer y aceptar las consecuencias de un acto suyo, inteligente y libre.

Transparencia: Claridad que debe mostrar todo acto humano, es ponerse en evidencia ante sí mismo y ante los demás con los propios actos y no excusándose en la posición política, administrativa o ideológica para eludir responsabilidades.

Lealtad: Cualidad de aquellas personas que acatan las leyes o cumplen los acuerdos, tácitos o explícitos. Es la fidelidad de nuestro actuar frente a las personas, las ideas, las instituciones y la comunidad.

Equidad: Criterio personal que orienta la distribución de un determinado atributo entre los miembros de un grupo social.

VALORES

Responsabilidad Social: contribución activa y voluntaria de las empresas al mejoramiento social, económico y ambiental con el objetivo de mejorar su situación competitiva y valorativa y su valor añadido, va más allá del cumplimiento de las leyes y las normas, dando por supuesto su respeto y estricto cumplimiento.

En este sentido, la legislación laboral y las normativas relacionadas con el medio ambiente son el punto de partida.

Actitud de Servicio: disposición del servidor público en realizar actividades que buscan responder a uno o más necesidades de un cliente.

Trabajo en Equipo: capacidad de colaborar y cooperar con los demás formando parte de un grupo y trabajar juntos por la consecución de metas y objetivos planificados.

Sentido de Pertenencia: aptitud de considerarse y sentirse como parte integrante de un grupo, de una familia o de un conjunto. Compromiso por parte del trabajador que se ve manifestado por su entrega diaria en pro del cumplimiento de los objetivos de la organización.

Calidad del Servicio: Poseer la capacidad de comprender la esencia de los aspectos complejos, para transformarlos en soluciones prácticas y operables para la organización tanto en su propio beneficio como en el de los clientes y otros involucrados.

Respeto al Medio Ambiente: prevención, preservación, conservación y protección de los recursos naturales, dentro de la ejecución de cada una de las actividades asociadas a la organización.

INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL CLIENTE

Apreciado suscriptor / usuario, el Centro de atención al cliente cuenta con 4 indicadores de gestión que permiten medir la calidad del servicio prestado.

Satisfacción del cliente:

Mide la calificación de los clientes atendidos en las ventanillas entre excelente y bueno. Durante los meses de enero a mayo arrojó un promedio del 95%.

Resolución de reclamos:

Tiempo destinado a resolver las reclamaciones de los usuarios desde el momento de recibirlos hasta la notificación por escrito. Durante el periodo de enero a abril arrojó un promedio de 10 días hábiles.

Reclamos procedentes:

Hace referencia a los reclamos efectivos, los cuales alcanzaron un 0,17% de 36.922 suscriptores matriculados en el periodo de enero a abril.

Tiempo de reinstalación de servicio:

Hace referencia al tiempo que gasta la empresa en restablecer el servicio suspendido desde el momento en que se efectúa el pago de la factura el cual se encuentra en 19 horas y 34 minutos en el periodo de enero a abril.

CERTIFICACIONES Y RECONOCIMIENTOS

Alcance certificación en Gestión Integral ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001

Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P., empresa prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudad, viene trabajando bajo las normas y lineamientos de las certificaciones ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001.

Figura 3. Logos de Certificación Proactiva



Fuente. Página Web Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

Luego de recibir la certificación en Gestión de la Calidad y Medioambiental, el alcance de estas certificaciones está enfocado a:

Captación, transporte, tratamiento, almacenamiento, distribución de agua potable, operación y mantenimiento de sistemas de acueducto, mantenimiento de sistemas de alcantarillado. Diseño e interventoría de infraestructuras de sistemas de acueducto y alcantarillado. Gestión comercial, facturación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo público, gestión social y de comunicaciones para los servicios de acueducto y alcantarillado. Verificación de medidores de agua potable.

Lo cual nos permite garantizarle a toda la ciudad una prestación del servicio con CALIDAD.

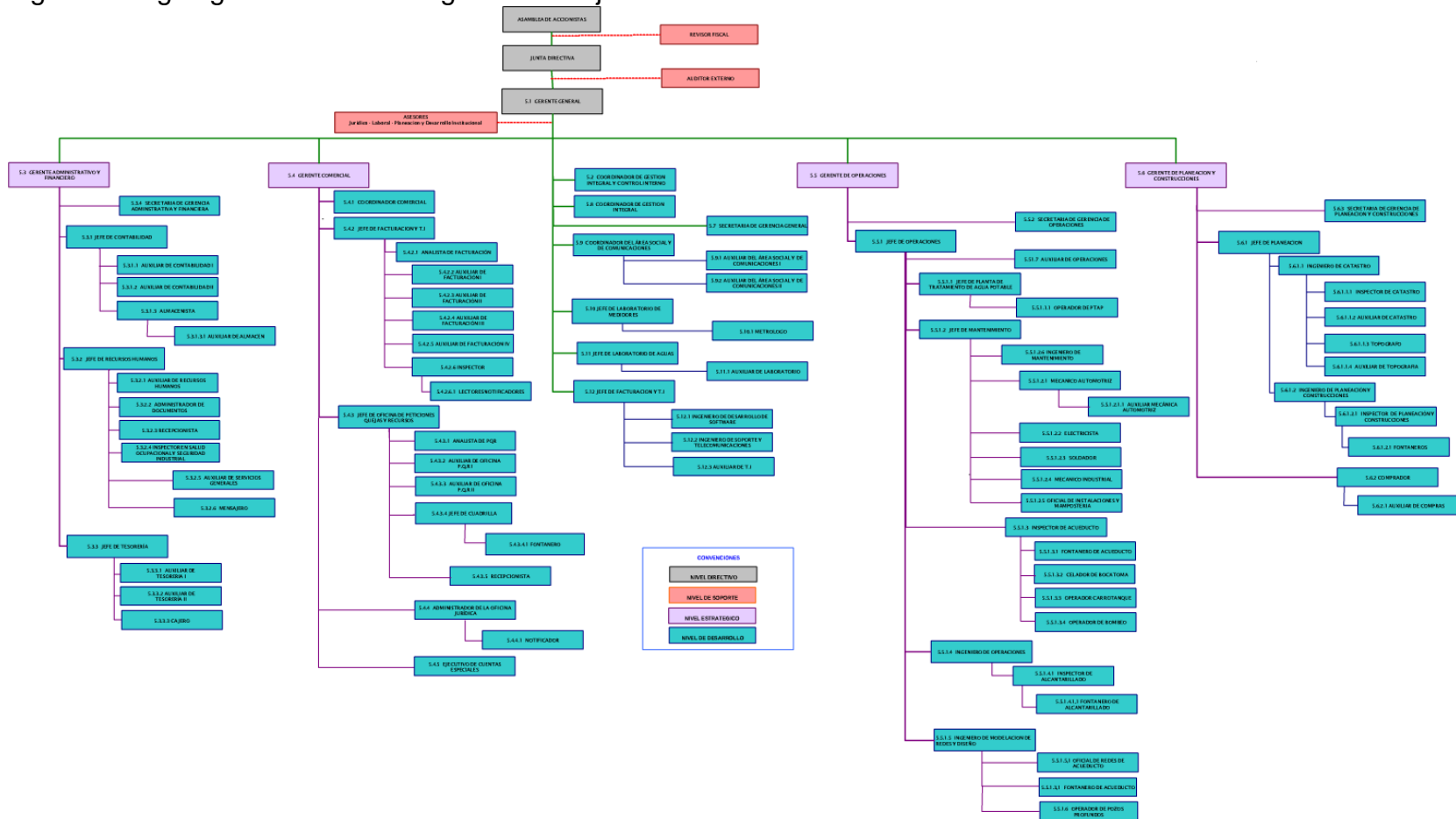
LABORATORIOS

El pasado 15 de Julio de 2010, el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC, acreditó el Laboratorio de Ensayos de Agua y el Laboratorio de Calibración de Medidores de Agua de PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P., mediante certificado N° 10-LAB-006⁶.

⁶ PROACTIVA AGUAS DE TUNA. [en línea]. <http://www.proactiva.com.co/tunja/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=106> [citado el 13 de Agosto de 2013]

ORGANIGRAMA GENERAL PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.

Figura 4. Organigrama Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.



Fuente. Página Web Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

1.3 ANTECEDENTES

La empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. es una empresa de servicios medioambientales, especializada en la gestión integral del agua y los residuos, líder en su campo por el eficiente compromiso de servir a la comunidad, prestando el servicio de agua potable a la comunidad del municipio de Tunja.

Por esta razón, las directivas de la empresa, en especial la Gerencia de Operaciones, desean mejorar el área de mantenimiento, con el fin de optimizar los procesos que atañen directamente en la planeación y ejecución de actividades, concernientes a mantener en buenas condiciones de operación a los equipos e instalaciones que influyen en los procesos de potabilización y distribución del recurso hídrico.

El proceso de mantenimiento es una herramienta que le permite a la empresa, identificar, clasificar y codificar todos los equipos e instalaciones, preservándolos a fin de lograr un óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil, contribuyendo así a la prevención de la contaminación y al sostenimiento ambiental. Apoyando el desarrollo seguro de las actividades propias de la organización.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El funcionamiento actual del proceso de mantenimiento está conformado por los procedimientos de:

- Elaboración de los Instructivos de Mantenimiento Seguro y Ambiental
- Programación del Mantenimiento Preventivo
- Ejecución del Mantenimiento Preventivo
- Solicitud del Mantenimiento
- Ejecución del Mantenimiento Correctivo
- Producción y Adecuación Metalmecánica
- Actualización del Inventario Técnico
- Control de Variables de Consumo
- Control de Herramienta
- Siniestros
- Proyectos Nuevos

La presente investigación se enfocará en los procedimientos de Programación del Mantenimiento Preventivo, Ejecución del Mantenimiento Preventivo, Solicitud del Mantenimiento y Ejecución del Mantenimiento Correctivo.

El proceso de mantenimiento está conformado por nueve (9) Rutas de Mantenimiento en función de los equipos o instalaciones a atender.

- RUTA I – CAPTACIÓN
- RUTA II - POZOS PROFUNDOS
- RUTA III - SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN
- RUTA IV - ESTACIONES DE BOMBEO
- RUTA V – VEHÍCULOS
- RUTA VI – INMUEBLES
- RUTA VII - EQUIPOS ESPECIALES
- RUTA VIII - TANQUES DE ALMACENAMIENTO
- RUTA IX - PRODUCCIÓN METALMECÁNICA

Dada la heterogeneidad de los equipos entre rutas se presume la existencia de diferentes estrategias de mantenimiento, sin embargo, se evidencia la ejecución de rutinas de mantenimiento similares entre las rutas.

Los ejecutores del mantenimiento no cuentan con un criterio de evaluación del equipo y/o partes a la hora de realizar el mantenimiento respectivo, limitándose a ejecutar la actividad programada según el plan. Igualmente el operador no realiza análisis de falla en caso de mantenimientos correctivos, de las piezas y equipos a su cargo.

Estos antecedentes surge la interrogante que plantea el problema de esta investigación para evaluar la metodología actual.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la búsqueda de un mejoramiento progresivo en el proceso de mantenimiento se genera el siguiente interrogante.

¿El actual plan de Mantenimiento a largo plazo en la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. es coherente con un enfoque estándar de mantenimiento según la visión empresarial, la criticidad de sus activos y su función dentro de los diferentes procesos de la empresa?

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Evaluar durante el último año el actual plan de mantenimiento a largo plazo de la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analizar cómo funciona el plan de mantenimiento actual de la empresa en el último año, para enmarcar el desarrollo de la evaluación.
- ✓ Plantear una metodología para el manejo y análisis de la información existente y por recolectar, de tal forma que permita una valoración y caracterización objetiva de los datos recolectados.
- ✓ Contrastar las metodologías utilizadas actualmente en la empresa con estándares de mantenimiento según el tipo de éste.
- ✓ Identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas del funcionamiento actual del plan de mantenimiento preventivo.
- ✓ Formular una estrategia de mantenimiento según lo evidenciado en el análisis de la comparación.

1.7 JUSTIFICACIÓN

El proceso de mantenimiento es una herramienta que le permite a la empresa, identificar, clasificar y codificar todos los equipos e instalaciones, preservándolos a fin de lograr un óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil, contribuyendo así a la prevención de la contaminación y al sostenimiento ambiental, además la disminución de los peligros y riesgos de funcionarios que los operan, apoyando el desarrollo seguro de las actividades propias de la organización.

El proceso de mantenimiento va desde la inspección, programación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, hasta la actualización del inventario técnico de equipos e instalaciones, de acuerdo con las rutas establecidas en el proceso.

Debido a la criticidad del proceso, es necesario que la empresa adopte una política de mejora en su sistema de mantenimiento y reducción de fallas a equipos para propender por la buena conservación de estos y minimizar el impacto en una eventual interrupción del servicio.

Aunque la actual metodología de mantenimiento está implementada desde hace año y medio, aun no se cuenta con una retroalimentación de la misma, pudiendo medir la asertividad del enfoque con que se desarrolló el plan.

La empresa al estar certificada con las normas ICONTEC ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y el certificado IQNet Management System, propenderá siempre por la mejora continua en la eficiencia de sus procesos, y esta herramienta será un eslabón más y de vital ayuda para que esta meta sea alcanzada.

El desarrollo de este proyecto traerá inmensos beneficios para la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. como para el estudiante, ya que se pone en práctica los conocimientos recibidos en la especialización y se obtiene además una importante experiencia.

2. MARCO CONCEPTUAL

Durante el proceso de investigación se evidencia la falta de uniformidad en definiciones o conceptos dado que comparando diversas fuentes existen múltiples significados para la misma palabra relacionada con mantenimiento, así como niveles de jerarquía entre estas, mientras para un autor un conjunto de definiciones pertenecen a un mismo nivel, para otro autor las mismas definiciones están jerarquizadas entre ellas. Sin embargo, para el desarrollo de esta investigación se conceptualiza con base en las siguientes definiciones por considerarlas las más lógicas y acordes al momento actual del mantenimiento y la industria.

2.1 DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

2.1.1 Mantenimiento. Todas las acciones técnicas o administrativas realizadas sobre un activo (artículo, equipo, instalación, etc.) que tienen como objetivo conservarlo en - o *restaurarlo* a - un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Nótese que la condición de “*restaurarlo a*” aparece o no en diferentes fuentes, al no existir da cabida al concepto de reparación como acciones para restablecer un equipo a condición de operación una vez presente una falla; al estar presente la *restauración* en la presente definición de mantenimiento da la posibilidad de conceptualizar el mantenimiento correctivo.

2.1.2 Mantenimiento Correctivo. “Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente. Por lo general obliga a un riguroso conocimiento del equipo y las partes susceptibles de falla y a un diagnóstico acertado y rápido de las causas”⁷. La definición deja implícito que es una decisión consiente el permitir que el equipo falle y no que es un asunto accidental, sin embargo, en la práctica no todas las veces que se realiza un mantenimiento correctivo los equipos han sido dejados conscientemente trabajar a falla.

2.1.3 Mantenimiento Preventivo. “El mantenimiento que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza y

⁷ BORRAS PINILLA, Carlos, Ph.D. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011. p. 56.

el contexto operacional de cada máquina”⁸. Si no se tiene en cuenta la condición de “restaurar” en la definición general de mantenimiento, el mantenimiento preventivo puede ser entendido como una redundancia, puesto que mantener es conservar la función y para esto es necesario prevenir la falla.

“Es además un proceso de construcción de reportes y organizarlos en vía al control de la instalación, normalización de niveles de intervención técnica, construir historia de la maquinaria. Ciclo de intervención a las instalaciones para lubricarlas, enderezarlas, corregirle desajustes, pintarlas, quitarle fugas, ruidos, vibraciones, desbalanceos, etc., y devolverla a la producción para que el uso permanente pierda estas condiciones, y regrese entonces a mantenimiento”⁹.

De este concepto de Mantenimiento Preventivo pueden desprenderse diferentes tipos de aplicación de mantenimiento, como Sistemático, Predictivo y Proactivo.

Sistemático: “El preventivo realizado de acuerdo a una variable independiente”¹⁰ que controla el período de las inspecciones, con la característica que este periodo es constante. Como ejemplo están las horas de operación, unidades de producción, número de arranques, etcétera. Generalmente al cumplirse el criterio de la variable independiente se realizan cambios de piezas establecidas, sin verificar su condición ni causas de desgaste, ni agotando el ciclo de vida útil de la pieza.

Predictivo: “Es el mantenimiento planificado y programado con base en el estado o condición, que se determina mediante el monitoreo de variables”¹¹, por esto también es conocido como Mantenimiento Basado en Condición (CBM). Las variables independientes deben ser parámetros fundamentales del funcionamiento de la máquina que son monitoreadas (continua o esporádicamente) y controlan el periodo de las inspecciones de mantenimiento, dejando de ser constante como en el sistemático. Como ejemplo de variables independientes están la vibración, temperatura, ruido, análisis de aceites y gases, etcétera. Permite la detección temprana de desgastes o condiciones fuera de límite y la toma de decisiones antes de que se presente una falla. Permite dar un tiempo de trabajo más preciso a las piezas al no ser reemplazadas antes de tiempo como puede pasar en el tipo Sistemático, aunque la inversión de implementación es mayor.

“Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento permite contar con un registro de la historia de la característica analizada, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada

⁸ *Ibíd.*, p. 61.

⁹ TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia Estratégica y Operacional del Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. p. 123.

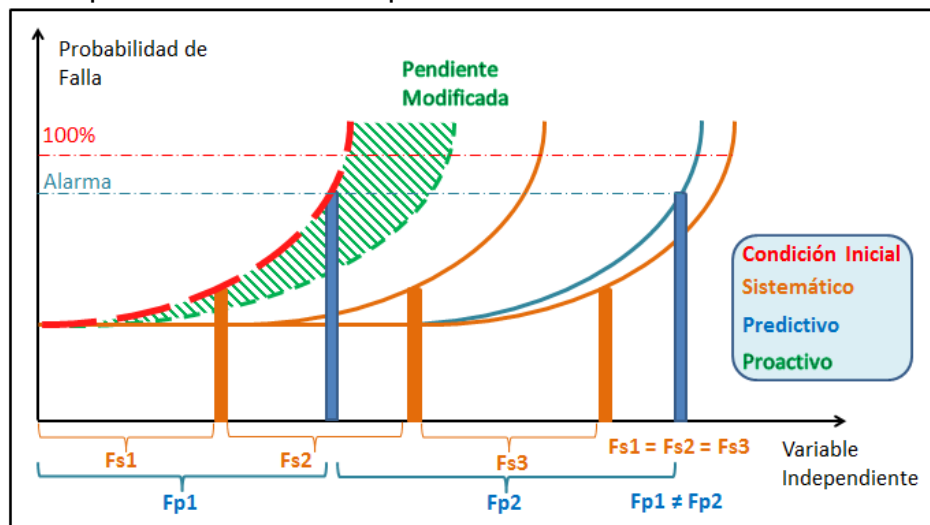
¹⁰ BORRAS PINILLA. *Óp. cit.*, p. 13.

¹¹ BORRAS PINILLA. *Óp. cit.*, p. 70.

programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento”¹².

Proactivo: está centrado en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en los equipos. Aparece para cubrir la incertidumbre que origina el porqué de la falla no solo su prevención. Requiere históricos de variables físicas, seguimiento de reportes, técnicas de análisis, equipos de trabajo y direccionamiento.

Figura 5. Comportamiento de los Tipos de Mantenimiento



Fuente. Los Autores

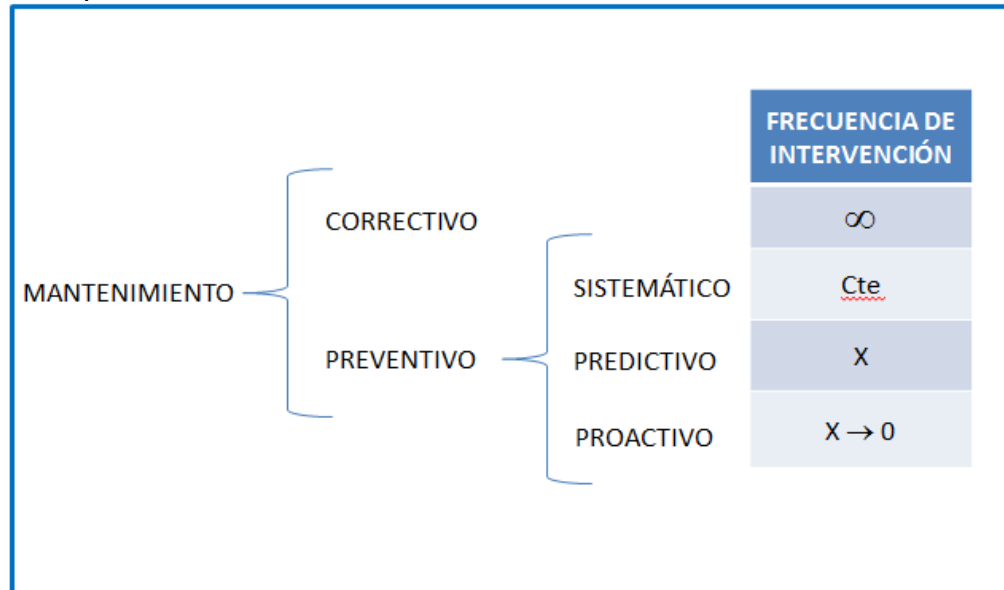
Las frecuencias de intervención en un Mantenimiento Sistemático son constantes ($Fs_1=Fs_2=Fs_3$), mientras que en un Predictivo estas son variables ($Fp_1 \neq Fp_2$) dado que obedecen a mediciones en parámetros físicos fundamentales del equipo; por su parte el Mantenimiento Proactivo incide directamente en el comportamiento de la probabilidad de falla modificando su pendiente al identificar y controlar en cierta medida las causas que originan la misma.

En diversos libros, empresas, universidades y profesiones existe gran cantidad de definiciones de tipos de Mantenimiento e incluso para un mismo término diferentes fuentes difieren en su significado. Algunos de estos otros términos son: detective, edilicio, modificativo, monitoreado, inteligente, automatizado, productivo, progresivo, con proyecto, reactivo, mixto, integral, logístico, entre otros, generando confusión, falta de uniformidad y normalización, sin embargo, todos estos caben dentro de la descripción general de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

¹² JARAMILLO, Julián. Mantenimiento Predictivo. Filosofía, Gestión Tecnológica y Teoría de la Predicción. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2012. p. 5.

De forma gráfica se pueden entender los tipos de mantenimiento aplicados en este trabajo de investigación de esta forma:

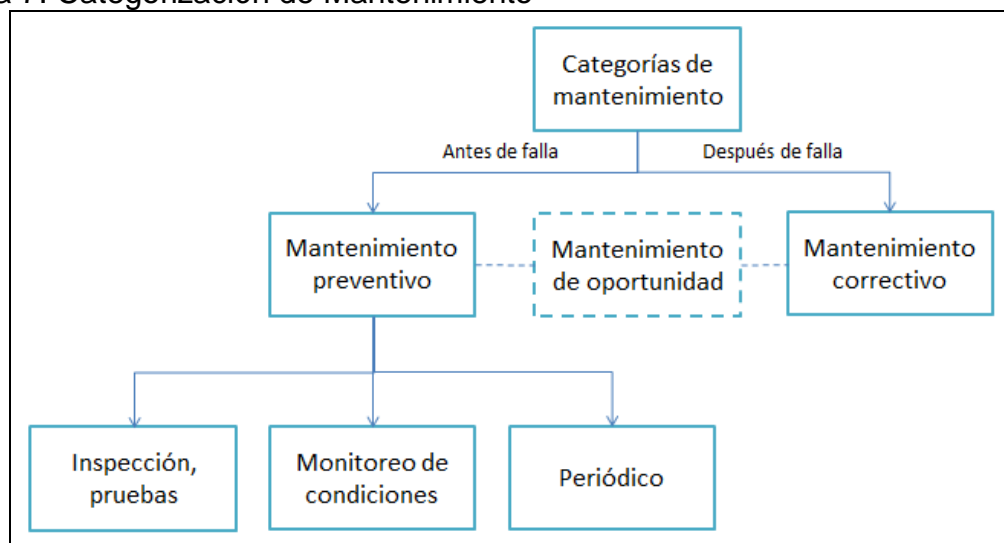
Figura 6. Tipos de Mantenimiento



Fuente. Los Autores

Ésta conceptualización de Mantenimiento guarda similitud con una definición normalizada y de credibilidad como la presentada en la norma ISO 14224.

Figura 7. Categorización de Mantenimiento



Fuente. ISO 14224. p. 44

2.1.4 Estrategias. Para llevar a cabo cualquiera de los dos tipos de mantenimiento mencionados, modernamente se consideran cinco estrategias diferentes. Una combinación de estas puede ser la estrategia óptima para llevar a cabo la conservación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

Mantenimiento Programado. Las acciones llevadas a cabo mediante esta estrategia se realizan a intervalos regulares de tiempo o cuando los equipos se sacan de operación. Este tipo de actividad requiere sacar de funcionamiento el equipo y solo puede ser bien planificada cuando la falla es dependiente del tiempo de operación. Eso no es lo común en nuestras plantas de tratamiento. Las actividades que son siempre factibles de programar son la lubricación y la limpieza. Para llevarlas a cabo, los fabricantes de los equipos indican la frecuencia con que se requieren. Con esta información se puede establecer la programación correspondiente.

Mantenimiento Predictivo. El mantenimiento predictivo no es dependiente de la característica de la falla y es el más efectivo cuando el modo de falla es detectable por monitoreo de las condiciones de operación. Se lleva a cabo en forma calendario y no implica poner fuera de operación los equipos. Entre las técnicas usadas en esta estrategia están las inspecciones, el chequeo de condiciones y el análisis de tendencias.

Operar hasta la Falla. Esta estrategia no requiere planes por adelantado o ninguna otra actividad más que la de asegurar que al momento de la falla se contará con los hombres, las herramientas y los repuestos necesarios para atender la emergencia en el menor tiempo posible. Desde todo punto de vista, esta es la estrategia menos deseable si se empleara como la única por seguir.

Mantenimiento de Oportunidad. Esta es una manera efectiva de dar mantenimiento. Se hace uso de los tiempos de parada de los equipos por otras estrategias empleadas o por paradas en la operación de la planta. Se hace uso de los tiempos muertos. El esfuerzo desplegado en aplicar esta estrategia puede ser muy efectivo desde el punto de vista económico.

Rediseño por Obsolescencia. Esta es la mejor alternativa cuando las fallas son demasiado frecuentes y la reparación o los repuestos son muy costosos. Si se ejecuta bien, es una actividad de un solo tiempo; todas las demás son actividades repetitivas.

La aplicación y la evaluación del programa de mantenimiento son actividades importantes en el proceso de tratamiento de las aguas. Las condiciones físicas de los componentes de la planta pueden variar hasta el punto de requerir un total rediseño del programa o inclusive del sistema de mantenimiento, ya que se correría el riesgo de afectar la calidad del agua tratada.

Esto significa que el plan o programa de mantenimiento no es una actividad que termina con su puesta en marcha. La evaluación y control constante darán la requerida retroalimentación para que el plan se actualice y mejore su eficiencia con la experiencia generada¹³.

2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO

La estructura organizacional de la gestión del mantenimiento es generalmente estructurada en tres niveles:

2.2.1 Operativo. Se considera que está en el orden mental y comprende todas las posibles acciones por realizar en el mantenimiento: correctivas y preventivas. Este nivel incluye el instrumental, el cual comprende la implementación de las acciones de mantenimiento y todos los elementos reales para que se dé el mantenimiento: información, máquinas, herramientas, repuestos, utensilios, materias primas, técnicas, etcétera, así como la recolección de información relevante.

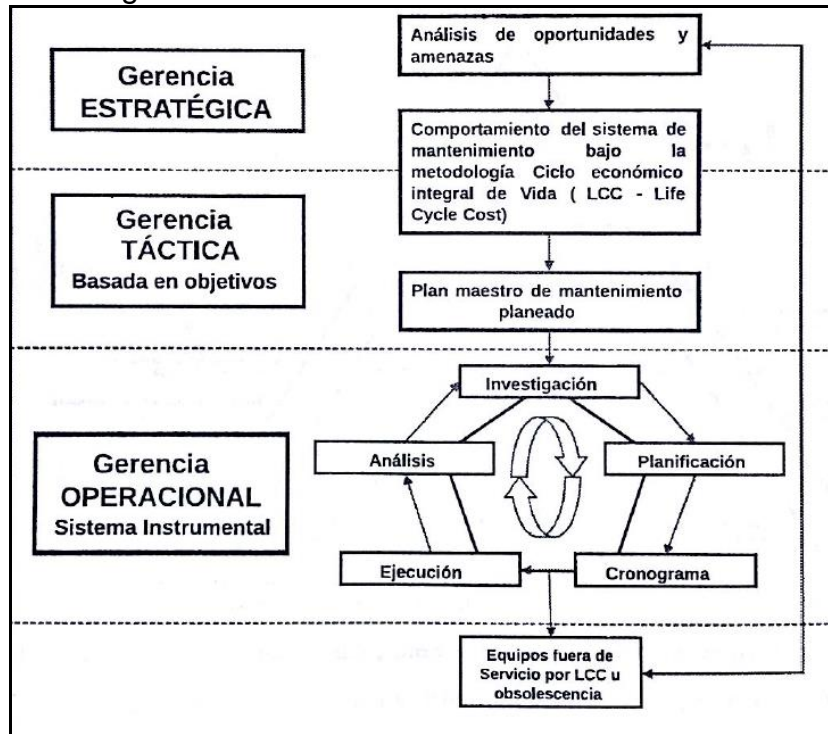
2.2.2 Táctico. Conjunto de acciones reales y decisiones acerca de las estrategias óptimas de mantenimiento. Es el conjunto de tareas que se realizan para alcanzar un objetivo siguiendo las normas y reglas establecidas para ello (TPM, RCM, PMO) incluye el análisis de los datos recolectados, monitorización de las acciones implementadas por los gerentes de bajo nivel y si se presenta del mantenimiento subcontratado.

2.2.3 Estratégico. Conjunto de funciones y acciones mentales para un manejo del mantenimiento desde un punto de vista global. Está compuesto por las metodologías que se desarrollan para evaluar el grado de éxito alcanzado por las tácticas aplicadas. Involucra establecer índices, indicadores y rendimientos. Deben decidir si se hace el mantenimiento o subcontrata. Además proveer los recursos necesarios (humanos y físicos) para realizar la monitorización y reparación el equipo siendo mantenido y crear una cultura que impulse una interacción cercana entre las diferentes unidades de negocios de la organización¹⁴.

¹³ ALPÍZAR VILLEGAS, Emilio. Capítulo 5: Mantenimiento. En: CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Tratamiento de agua para consumo humano. *Plantas de filtración rápida*. Manual IV: Operación, mantenimiento y control de calidad. Lima: CEPIS/OPS, 2005. p. 196.

¹⁴ JARAMILLO. Óp. cit., p. 51.

Figura 8. Niveles Organizacionales de Mantenimiento



Fuente. MORA GUTIÉRREZ, Luis. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control.

2.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

2.3.1 Planeación. Se debe conocer que existen tres áreas básicas en la planeación del mantenimiento:

- ✓ El largo plazo
- ✓ El corto plazo
- ✓ Planes inmediatos

La primera cubre la planeación a largo plazo de los requerimientos de mantenimiento y está muy ligada a los proyectos de largo plazo del departamento de producción de la empresa. Esta planeación debe llevarse a cabo en el nivel de la gerencia estratégica y sus metas se deben fijar a cinco o diez años. Aunque el nivel inicial de esta planificación es muy elevado, los efectos de estos planes recaen sobre toda la organización. El propósito fundamental del planeamiento a largo plazo es mantener los objetivos, las políticas y los procedimientos de mantenimiento acordes con los objetivos fundamentales de la empresa.

La planeación a corto plazo, la segunda área, contiene planes que se desarrollan con el horizonte aproximado de un año. Esta recae bajo la responsabilidad directa de los jefes de departamento (Nivel Táctico). Para estos planes se toman en cuenta tres actividades básicas: la instalación de equipo nuevo, el trabajo cíclico y el trabajo de mantenimiento preventivo. Las tres deben estar incluidas en el programa de mantenimiento.

La tercera área contiene los planes inmediatos en la actividad del mantenimiento. Esta actividad puede ser desarrollada por los técnicos en control del mantenimiento o por los supervisores (Nivel Operativo). Se incluye entre sus actividades una planificación diaria con el propósito de reducir el tiempo utilizado en traslados y otras actividades que no constituyen el trabajo directo sobre los equipos o instalaciones. Sin una planificación día a día, se estaría dedicando realmente al trabajo tan solo 25% de la fuerza laboral disponible.

Es muy importante notar que las tres áreas de planeación difieren enormemente en su tipo de desarrollo y en su nivel organizacional. Sin embargo, todas deben llevarse a cabo de una manera muy coordinada. Los objetivos y responsabilidades de la planeación del trabajo varían muy poco, aunque sea llevado a cabo por un ingeniero de planta, un jefe de taller o un planificador. Aunque los detalles de procedimientos varíen un poco, las actividades necesarias para conseguir los objetivos comunes pueden describirse como investigación, análisis económico, desarrollo del plan, ejecución y evaluación¹⁵.

2.3.2 Programación de Mantenimiento. Los programas de mantenimiento de la planta tienen como objetivo primordial el lograr que sus unidades componentes trabajen económicamente en forma normal durante todo su periodo de vida útil. Forman parte del programa el registro de datos, la programación de las actividades, las normas técnicas, los recursos humanos y materiales y los controles necesarios para su desarrollo y la evaluación correspondiente.

Podemos distinguir como etapas de un programa de mantenimiento las siguientes:

- ✓ Confección de historiales
- ✓ Diseño
- ✓ Puesta en marcha
- ✓ Supervisión
- ✓ Evaluación

Todas estas no son etapas terminadas sino que se debe lograr un proceso continuo de reacondicionamiento de ellas, de tal manera que constituyan un ciclo de desarrollo propio del programa. Los cambios que se lleven a

¹⁵ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 206.

cabo no deben obedecer a un proceso al antojo, sino que deben responder al control y evaluación que se haga del proceso¹⁶.

Confección de Historiales. El historial de los equipos representa una de las herramientas más importantes con que cuenta el ingeniero de mantenimiento. Tres actividades típicas conforman esta labor.

Inventario Técnico. La confección de historiales se inicia con un registro de toda la maquinaria e instalaciones existentes en la planta. El jefe de mantenimiento, en colaboración con los supervisores y técnicos, se ocupará de confeccionar un inventario técnico como un primer paso. Este inventario se irá cumpliendo por unidades de tratamiento.

Normas de Mantenimiento. Como parte fundamental del programa, se debe contar con un manual de normas en el que se indiquen todos los procedimientos que se deben seguir por parte de los técnicos al realizar servicios de mantenimiento. Para el diseño del manual de normas de mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Las clases de equipos, estructuras y unidades de la planta.
- b) Recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes.
- c) Experiencia adquirida en la operación de la planta.
- d) Ensayos que permitan establecer frecuencias, personal requerido, etcétera, para las operaciones de mantenimiento.

La aplicación de las normas depende fundamentalmente de la estrategia que se haya determinado para el equipo o instalación¹⁷.

Análisis de Tendencias. Los cambios que ocurren en la planta pueden ser analizados por su tendencia, lo cual anticipa problemas futuros. Los gráficos de tendencias permiten identificar situaciones que tienden a empeorar y comportamientos erráticos. El análisis de tendencias es más efectivo en el caso de que se esté produciendo un empeoramiento de condiciones. Una planta que ha comenzado a deteriorarse se puede identificar muy fácilmente cuando se hace el estudio de la tendencia de fallas¹⁸.

Diseño. Una vez completa la etapa de recolección de información y de análisis, se procederá a diseñar el plan de mantenimiento. El uso de una o más estrategias depende del análisis hecho y es muy probable que se tenga que considerar algunas unidades con estrategias propias o diferentes de la mayoría. Se debe enfatizar que el diseño resultante, para ser efectivo, debe contener una mezcla de las cinco estrategias descritas anteriormente.

¹⁶ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 211.

¹⁷ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 216.

¹⁸ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 217.

Esta etapa debe arrojar la programación correspondiente de actividades que permita adquirir los recursos necesarios. En este punto se debe ser enfático. Los programas y planes deben determinar el presupuesto y no a la inversa¹⁹.

Puesta en Marcha. Una vez realizada la programación, adquiridos los recursos, seleccionado y entrenado el personal, se procede a la implantación del plan.

Para tal fin, el ingeniero jefe del programa o el subalterno designado imparte órdenes de trabajo a los técnicos y operadores encargados de la ejecución. Esta orden de trabajo debe ser lo más explícita posible, a fin de evitar errores y traslados innecesarios. Las órdenes de trabajo deben revisarse para que su ejecución siga el diagrama de flujo de la planta. En la orden de trabajo debe incluirse, además, el espacio necesario para que el ejecutante detalle comentarios u observaciones.

Las órdenes de trabajo pueden confeccionarse manualmente cuando se reciban quejas o pueden programarse para que su producción sea rutinaria mediante el uso de un programa de cómputo¹⁷.

Supervisión. El control del programa de mantenimiento debe llevarse a cabo directamente por el ingeniero en el nivel táctico. Para esto, debe tener lo siguiente:

Informes de Labores. Deben ser presentados por técnicos y operadores semanalmente y deben corresponder con las órdenes de trabajo recibidas. Las causas de no correspondencia entre órdenes de trabajo y el informe deben quedar claramente especificadas. El formato de estos informes debe ser claro y estar de acuerdo con el estilo gerencial del ingeniero. El procedimiento de los informes brindará la retroalimentación que la supervisión debe entregar al sistema.

Reportes de Operación de la Planta. Esta información es importante para evaluar los resultados de la aplicación del plan de mantenimiento. Los operadores son un agente externo al departamento y proporcionan un punto de vista independiente sobre la calidad del servicio que reciben. La forma de recolectar esta información debe ser coordinada con el departamento de producción de la empresa.

Evaluación en el Sitio. Se requiere una evaluación periódica por parte del ingeniero acerca de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta. Esa evaluación puede basarse en un programa aleatorio de mediciones e inspección que permitan un control cruzado de la labor de sus técnicos. Todo el control del programa se basará en el proceso estadístico

¹⁹ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 218.

de la información recibida. La toma de decisiones deberá estar basada en el análisis de toda esta información²⁰.

Evaluación. Esta es una etapa permanente del sistema y es la más importante. Permite la retroalimentación requerida para corregir cualquier deficiencia que se presente en la aplicación del programa. Los resultados obtenidos del programa deberán evaluarse, a fin de determinar que no exista ni exceso ni defecto de mantenimiento. Un buen sistema deberá ser evaluado constantemente para reflejar, en todo momento, las condiciones actuales de eficiencia. Un análisis de costos contra satisfacción de usuarios representa un buen método de evaluación del mantenimiento²¹.

2.4 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS EN MANTENIMIENTO

Estas herramientas existen para determinar y facilitar la toma de decisiones de corto y mediano plazo en mantenimiento a nivel Estratégico, Táctico y Operativo con el objeto de ser acertados en la resolución de problemas y ejecución de actividades planeadas, enfocando los esfuerzos y recursos en las áreas que lo necesitan en el momento justo.

2.4.1 Ensayos No Destructivos (NDT). “Esta técnica es utilizada para determinar grietas y discontinuidades en superficies específicas del área de manufactura que provoquen desgaste, fatiga, procedimiento de mantenimiento y reparación general, corrosión o desgaste general por agentes atmosféricos, para su uso se debe tener en cuenta que la superficie debe estar limpia, el penetrante se revela de modo que se hace visible la falla, fluorescente o electrostática”²².

2.4.2 Análisis de Causa Raíz (RCA). La causa raíz es el origen del cual procede el efecto de falla visible. Un sistema o equipo puede tener diversos modos de falla pero cada modo de falla tiene una única causa raíz. RCA es una metodología científica, compleja, lógica y sistemática para hallar la causa raíz de una falla mediante la verificación de las causas probables de falla y su corrección o mitigación. Esta metodología le otorga gran importancia a la implementación de la solución más óptima, proporcionando las herramientas para su evaluación y selección²³.

²⁰ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 218.

²¹ ALPÍZAR VILLEGAS. Óp. cit., p. 219.

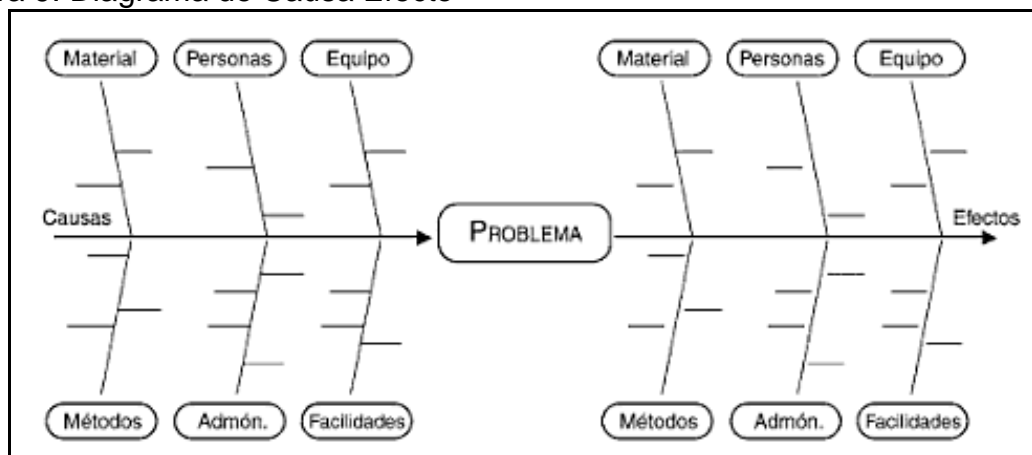
²² BORRAS PINILLA, Carlos, Ph.D. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2012. p. 36.

²³ *Ibíd.*, p. 28.

Dada su naturaleza enfocada en identificar la causa, permite eliminarla y no tratar el síntoma. Comúnmente se aplica ante fallas repetitivas, fallas esporádicas pero de alta criticidad como muertes, daños a la propiedad y medio ambiente y en algunas oportunidades para mejorar directamente los procedimientos o instructivos de trabajo.

Suele relacionarse con el diagrama de Causa Efecto, dado que permite interpretar en forma gráfica la situación actual y determinar claramente los modos y causas de falla.

Figura 9. Diagrama de Causa Efecto



Fuente. ACUÑA ACUÑA, Jorge. Mejoramiento de la Calidad: Un Enfoque a los Servicios. 1ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005. p. 82

2.4.3 Análisis de los Modos de Falla, Efecto y su Criticidad (FMECA). “Se aplica siempre y cuando se conozcan las fallas funcionales, todos los modos de falla que pueda tener un equipo y las causas que las produce. En este proceso se analiza los modos de falla y sus efectos, pero no se investiga la falla en sí; además determina la criticidad de un componente basándose en la criticidad de los modos de falla que pueda presentar éste”²⁴.

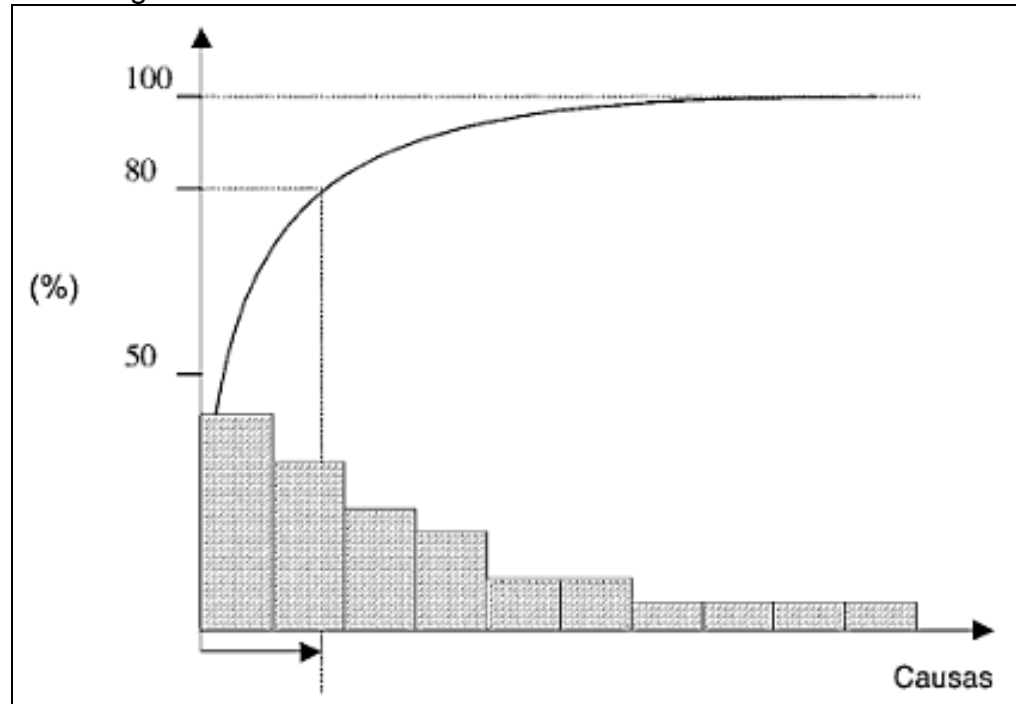
2.4.4 Análisis de Pareto. Como dice Borrás²⁵, es una herramienta genérica de mantenimiento para identificar y jerarquizar datos. Éste permite, mediante una representación gráfica, identificar los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o tienen incidencia mayor. Permite la detección de problemas con más relevancia por la regla 80/20, muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves, por lo tanto el resultado de un proceso depende de un pequeño

²⁴ Ibid., p. 28.

²⁵ Ibid., p. 30.

número de factores, de esta forma se concentran recursos en estos y se resuelve la mayoría del problema.

Figura 10. Diagrama de Pareto



Fuente. ACUÑA ACUÑA, Jorge. Mejoramiento de la Calidad: Un Enfoque a los Servicios. 1ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005. p. 79.

2.4.5 Análisis de Criticidad. “Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y un propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método según el orden de prioridad de los sistemas objeto de análisis”²⁶.

La criticidad está dada como el producto entre la frecuencia o probabilidad de ocurrencia y la consecuencia o gravedad, siendo frecuencia el número de veces que sucede un evento relacionado con un área evaluada y la consecuencia es el impacto del evento. Los impactos se evalúan en diferentes áreas fundamentales que varían de acuerdo a cada empresa pero generalmente pueden ser seguridad, ambiente, producción, calidad, imagen, costo. Se relaciona gráficamente con una matriz de nivel de riesgo o criticidad.

²⁶ AMENDOLA, Luis José. Gestión de Proyectos de Activos Industriales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. p. 31.

Tabla 1. Matriz de Riesgo

EVENTO		PROBABILIDAD				
CONSECUENCIAS	Área	Ninguna	Baja	Media	Alta	Muy Alta
	Fatal	A	A	A	A	MA
	Grave	M	M	A	A	A
	Media	M	M	M	M	A
	Leve	B	B	B	M	M
	Ninguna	B	B	B	B	B

*B: Bajo, M: Medio, A: Alto, MA: Muy Alto

Fuente. Los Autores

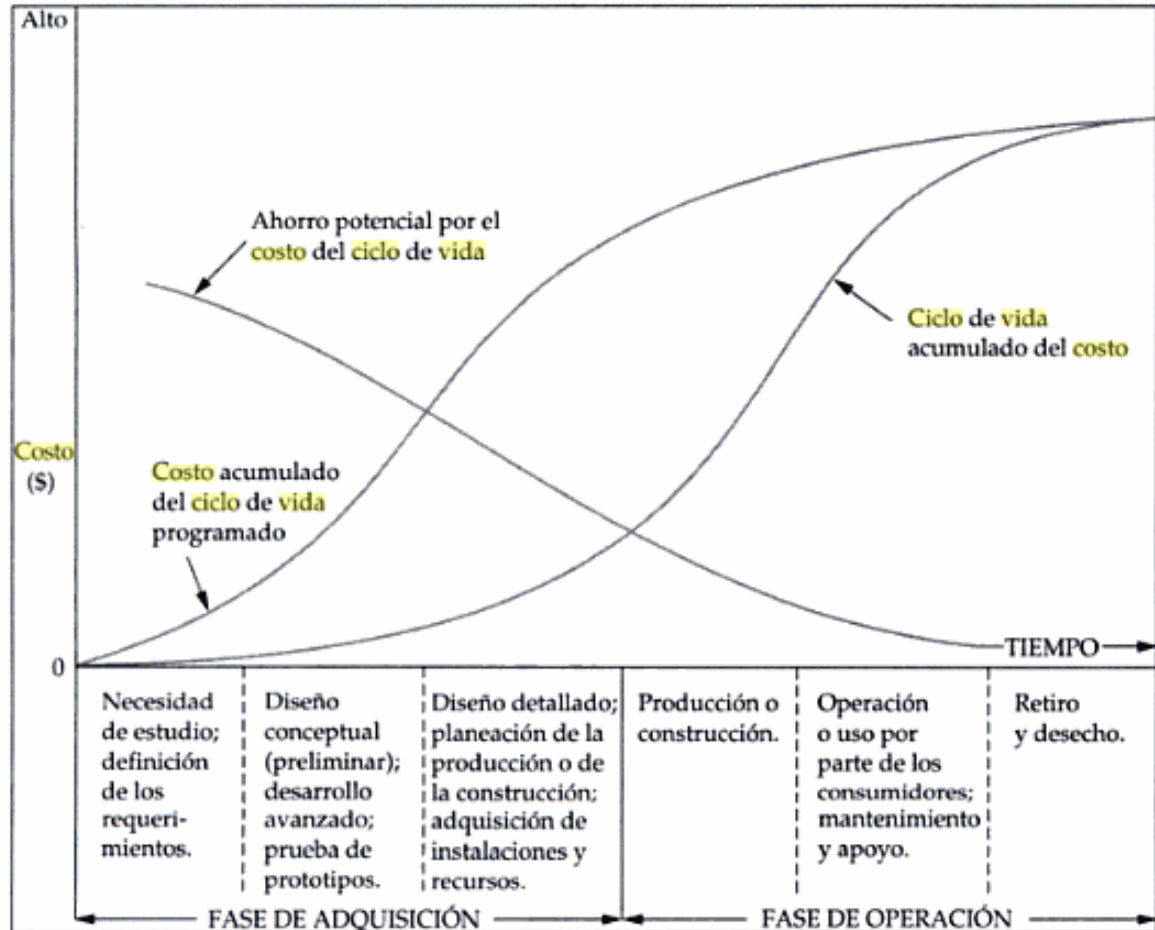
- Determinar claramente el escenario a evaluar (evento).
- Determinar cuál es la consecuencia potencial del evento para un área elegida.
- Determinar cuál es la frecuencia del evento.
- Ubique en la matriz de riesgo la criticidad, es decir la coordenada (b,c).
- Repita los puntos b,c,d con las demás áreas fundamentales.
- Determine cuál es el riesgo más crítico.
- Completar para todos los eventos del alcance.
- Jerarquizar el equipo, instalación o sistema.

Cada empresa debe establecer sus propios criterios de evaluación; es decir, que significa para la empresa una consecuencia fatal, grave, media, leve o ninguna en cada área y que se interpreta como probabilidad muy alta, alta, media, baja y ninguna. Así mismo el nivel de criticidad bajo, medio, alto o muy alto.

2.4.6 Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC). Se refiere a la suma de todos los costos, tanto recurrentes como no recurrentes, relacionados con un producto, estructura, sistema o servicio, durante su vida. Comienza con la identificación de la necesidad o deseo económico y termina con el retiro y las actividades finales, es el horizonte de tiempo que debe definirse en el contexto de la situación específica. El final del ciclo de vida se proyecta sobre una base funcional o económica. Por ejemplo, la cantidad de tiempo que una estructura puede funcionar de forma económica, quizá sea menor que lo que permite su capacidad física²⁷.

²⁷ SULLIVAN, William G; WICKS, Elin M. y LUXHOJ, James T. Ingeniería Económica de DeGarmo. Duodécima ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 33.

Figura 11. Costo del Ciclo de Vida



Fuente. SULLIVAN, William G. Ingeniería Económica DeGarmo p. 34

Comienza según Robinson²⁸, proyectando una serie de costos e ingresos netos de acuerdo a una tasa de inflación seleccionada, ajustando estas proyecciones al valor del dinero en el tiempo y luego suma los costos e ingresos ajustados. La forma general de la ecuación para calcular el LCC evaluada en moneda presente es:

$$LCC = \sum_{n=1}^N C_n \frac{(1+c)^n}{(1+d)^n}$$

²⁸ ROBINSON, William D. The Solid Waste Handbook: A Practical Guide. New York: John Wiley and Sons Ltd, 1986. p. 66.

Dónde:

n = Periodo de análisis

N = Total de periodos en el análisis

C_n = Costo o ingreso en el periodo n en valor presente

c = Tasa de inflación

d = Tasa de descuento

2.4.7 Indicadores Clave de Desempeño (KPI). De la norma ISO 14224²⁹ se puede extraer que el objetivo de los indicadores es asistir a la gerencia en el mejoramiento del negocio, deben estar orientados con los objetivos de la organización y mostrar la situación actual de los procesos e identificar las áreas de grandes oportunidades.

Si se desea mejoramiento en la organización el indicador debe tener un nivel como meta que debe ser medible, realizable, basado en el tiempo y real. La frecuencia de medición estará determinada por el tiempo necesario para que cualquier acción correctiva tenga impacto en el desarrollo del nivel, de esta forma no se desea medir cuando no hay cambio entre mediciones pero sin llegar a dejar de medir lo suficientemente seguido como para perder el control.

Al ser medidos deben ser reportados, comparar el resultado contra el objetivo y en cualquier caso identificar las causas de desviación. Las causas de las desviaciones deben ser dirigidas, desarrollar acciones correctivas y repetir continuamente este proceso.

Hay cantidad de indicadores disponibles. La medición de costos y tasa de fallas proveerá indicaciones de la tendencia en la efectividad de mantenimiento y la confiabilidad del programa. También se puede estimar la compenetración de la organización a los programas y procedimientos mediante el registro del cumplimiento del plan de mantenimiento.

Un solo indicador no provee una imagen completa y es necesario definir un grupo de KPI que juntos indique el progreso y tendencia en la confiabilidad de planta y equipos. Los indicadores en cada nivel jerárquico proveen diferente información, por ejemplo si un indicador demuestra debilidad entonces el o los indicadores del nivel jerárquico inferior pueden proveer claridad y definición de la causa de la debilidad.

²⁹ INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14224:2006, Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. p. 204-215

La Tabla 3 da algunos ejemplos de KPI de acuerdo a su implementación en los diferentes niveles de la compañía descritos en la Tabla 2, otros pueden ser usados dependiendo la industria y la aplicación.

Tabla 2. Niveles Jerárquicos para Distribución de Indicadores

Categoría principal	Nivel	Jerarquía	Uso/ubicación
Ubicación	1	Industria	Tipo de industria principal
	2	División de Negocio	Tipo de negocio o corriente de proceso
	3	Instalación	Tipo de centro
	4	Planta/unidad	Tipo de planta o unidad
	5	Sección / sistema	Sección principal/ sistema de una planta
Subdivisión de Equipos	6	Equipo (clase/unidad)	Clase o grupo similar de equipos (ej. compresores)
	7	Sub-unidad	Un subsistema necesario para la función de un equipo unitario
	8	Componente/ ítem mantenible	Grupo de partes de un equipo que son comúnmente mantenidas como un todo
	9	Parte	Una pieza de equipo

Fuente. ISO 14224:2006. p. 209

Tabla 3. Ejemplos de KPI

Parámetro	Jerarquía Relevante	Unidades	Explicación y Cálculo	Propósito y Valor	Personal Involucrado
<i>MTBF</i> Tiempo Medio Entre Fallas	6-8	Tiempo (Horas, días semanas, meses, años) Para diferentes clases o tipos de equipo. Tendencias sobre un periodo de tiempo	Indica el promedio de tiempo entre fallas para componentes, equipos o unidades. Incluye el tiempo detenido y el de reparación. Tiempo de operación / Número de fallas	Indica el incremento o decremento de la confiabilidad de componentes, equipos o unidades.	Expertos en el equipo (<i>SME</i>) Ingeniero de Confiabilidad (<i>RE</i>) Gerente Medio (<i>MM</i>) Inspección
<i>MTTF</i> Tiempo Medio Para Fallar	6-8	Como el anterior	Es similar al <i>MTBF</i> pero no tiene en cuenta el tiempo detenido ni el de reparación. $1/\lambda$ (λ = tasa de falla)	Como el anterior Nótese que el <i>MTTF</i> en principio concierne solamente a la primera vez de falla de un nuevo ítem	Como el anterior

				antes de que cualquier tarea de mantenimiento haya sido desarrollada	
<i>MTBR</i> Tiempo medio Entre Reparaciones	6-8	Como el anterior	Indica el promedio de tiempo entre reparaciones para componentes, equipos o unidades. Aunque una falla típicamente resulta en una reparación, no es siempre el caso. Reparaciones mayores pueden llevarse a cabo dentro de una base de tiempo diferente a la de la falla. Tiempo total entre reparaciones / número de reparaciones en un período de tiempo especificado	Como el anterior	<i>SME</i> <i>RE</i> <i>MM</i> Mantenimiento Inspección
<i>MTTR</i> Tiempo Medio Para Reparar	6-8	Tiempo usualmente en días u horas Para diferentes clases o tipos de equipo Tendencias graficadas respecto a un periodo de tiempo	Tiempo tomando para reparar un componente, equipo, sistema o unidad. Tiempo total fuera de servicio / número de reparaciones Es necesario definir parámetros de fuera de servicio.	Indicación de la productividad y cantidad de trabajo en actividades de reparación.	<i>SME</i> <i>RE</i> Mantenimiento
Malos Actores Lista de equipos frecuentemente en falla	6-8	Lista de equipos Lista de modos frecuentes de falla Frecuencia de	Necesita definición clara de que tipos de falla son cubiertos. Listas de las fallas más frecuentes en equipos pueden ser frecuencia de	Provee un foco para gestión de confiabilidad y Análisis de Causa Raíz de Falla Desarrollo de	Como el anterior

		falla	reparación. Reestructuración de impacto en planta	Productividad/ Calidad	
AO Disponibilidad Operacional	6	% de tiempo disponible para operación de equipo cuando todo el mantenimiento (correctivo y preventivo) está incluido en el tiempo de inactividad	Normalmente en el nivel de equipos	Muestra tendencia de disponibilidad de equipos cuando correctivo y preventivo son cubiertos. Es una entrada para la planeación de producción	SME y RE MM Operaciones Mantenimiento Inspección

Fuente. ISO 14224:2006. p. 210-215

2.5 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO

Son metodologías a largo plazo de planeación, implementación y control de recursos y tareas, destinados a cumplir objetivos de mantenimiento, confiabilidad y maximizar el valor de la compañía, que se implementan desde el nivel táctico hasta el nivel operativo de la planta pero deben contar con el apoyo y promoción de la alta dirección (nivel estratégico). La elección de un método o la combinación de ellos depende del tipo de activo y negocio de la compañía.

2.5.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Extraído de la norma SAE JA1011³⁰: Proceso específico utilizado para identificar políticas que van a ser implementadas para manejar modos de fallo lo cual causaría la falla funcional de cualquier recurso físico en un contexto de operación dado.

Un proceso RCM asegurará que todas las siguientes preguntas sean respondidas satisfactoriamente y en la secuencia mostrada como sigue a continuación:

- a. ¿Cuáles son las funciones y normas asociadas deseadas de desempeño del recurso en su contexto de operación actual (funciones)?
- b. ¿En cuáles modos de falla puede fallar el cumplimiento de sus funciones (fallos funcionales)?

³⁰ SAE INTERNATIONAL. SAE JA 1011, Surface Vehicle / Aerospace Standard: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. 2009

- c. ¿Qué causa cualquier fallo funcional (modo de fallo)?
- d. ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo (efectos de fallo)?
- e. ¿En cuál modo ocurre cada fallo (consecuencias del fallo)?
- f. ¿Qué se haría para pronosticar o prevenir cada fallo (tareas proactivas e intervalos de tarea)?
- g. ¿Qué se haría si una tarea proactiva apropiada no pudiera encontrarse (acciones implícitas)?

Su aplicación es para cualquier organización que tenga o fabrique sistemas o recursos físicos que desee administrar responsablemente.

2.5.2 Inspección Basada en Riesgo (IBR). Está fundamentada en las normativas API RP-580 y API PUB-581 y que permite caracterizar el riesgo asociado a los componentes estáticos de un sistema de producción sometidos a corrosión, con base en el análisis del comportamiento histórico de fallas, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas. El objetivo fundamental del IBR es definir planes de inspección basados en la caracterización probabilística del deterioro y el modelaje probabilístico de la consecuencia de una falla (caracterización del riesgo)³¹.

2.5.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM). La definición presentada por el JIPM (*Japan Institute for Plant Maintenance*) es que el TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

Al complementar con lo que presenta Giraldo³²:

Incluye cinco (5) metas:

- Maximizar la eficacia del equipo.

³¹ Reliability and Risk Management S.A. [en línea]. <http://www.reliarisk.com>. [citado el 5 de Septiembre de 2013].

³² GIRALDO CARDONA, Sebastián. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 1-179

- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen equipo.
- Involucrar a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

La palabra “Total” tiene tres (3) significados:

- Eficacia total: perseguir la eficiencia económica.
- PM total: establecer un plan de mantenimiento para la vida del equipo, incluyendo prevención del mantenimiento (técnicas de monitoreo para diagnosticar las condiciones del equipo, identificando signos de deterioro y la inminente falla).
- Participación total: mantenimiento autónomo por operadores y actividades de grupos pequeños en cada nivel.

Ante las metas establecidas por la alta gerencia cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupos en el lugar de trabajo, que aseguren el cumplimiento de las metas. Los grupos pequeños establecen sus propias metas basadas en las metas globales, muestra de empoderamiento. No es un curso de aprendizaje en mantenimiento de la máquina, significa que autorizan a los operadores para mantener la producción continua y eficiente en todas las líneas.

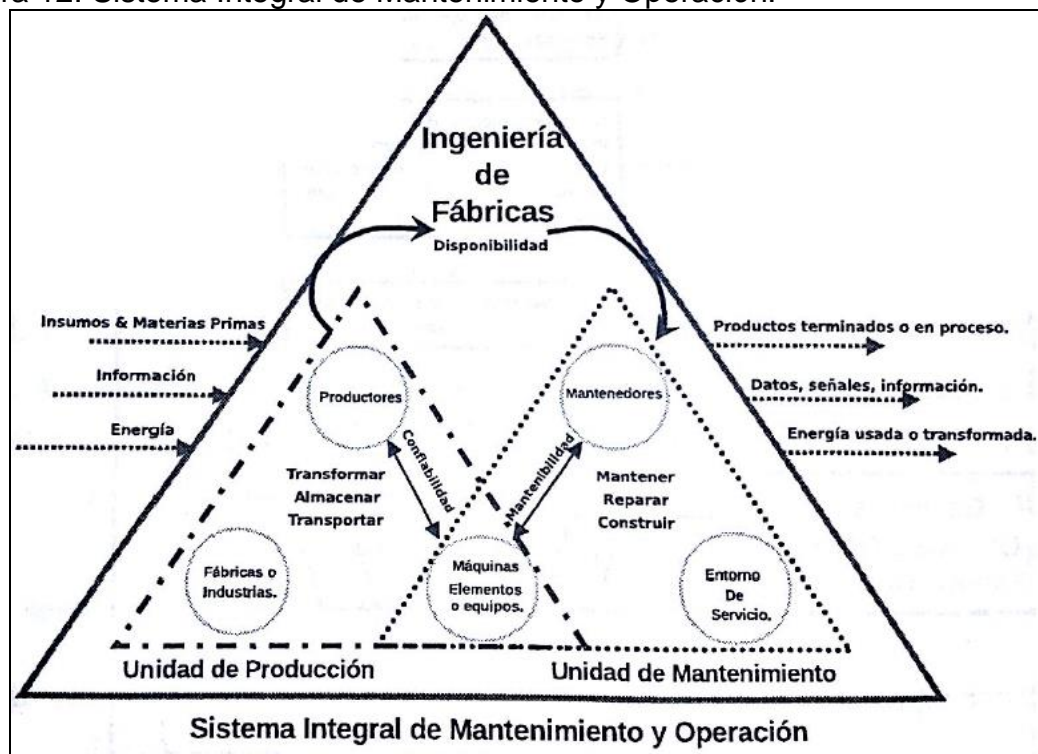
El mantenimiento pasa de ser una función de apoyo a ser una función estratégica con metas que figuran en los propósitos de la empresa y su cumplimiento requiere la implementación de una efectiva administración del programa de mantenimiento. Su implementación (de 3 a 4 años) necesita un Plan Maestro, que sirve como lista de actividades dividido en etapas y se visualizan las funciones de los grupos en cada nivel.

2.6 ENFOQUES DE MANTENIMIENTO

Hace referencia a los diferentes conjuntos de percepciones, conceptos y valoraciones de la función de mantenimiento que forman una imagen o figura general y es asumida o es adopta por la gerencia estratégica de la organización. A partir de él se definen los paradigmas para las ideas restantes y no es fácil o continuamente modificado, tiende a preservarse en el tiempo.

2.6.1 Kantiano. Este enfoque divide el sistema en personas (mantenedores), artefactos (máquinas, componentes, herramientas, documentos, insumos, repuestos, etcétera) y entorno (sitios físicos). En este enfoque la producción y el mantenimiento se consideran como un sistema integrado en el cual la relación entre producción y máquinas está gobernada por la confiabilidad, entre el mantenimiento y las máquinas por la mantenibilidad y entre mantenimiento-máquina-producción por la disponibilidad. La confiabilidad se mide a partir de números y la duración de las falla. La mantenibilidad se establece por medio de la cantidad y la duración de las reparaciones. La disponibilidad se cuantifica a partir de las dos anteriores³³.

Figura 12. Sistema Integral de Mantenimiento y Operación.



Fuente. MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Alfaomega, 2009.

2.6.2 Gestión de Activos. Como se extrae de Parra y Crespo³⁴ es una disciplina que surge a finales de los años 90 y que se enfoca en la toma de decisiones a través de todo el ciclo de vida del activo físico, desde su creación o adquisición, utilización, mantenimiento y renovación o disposición final. Para esto agrupa

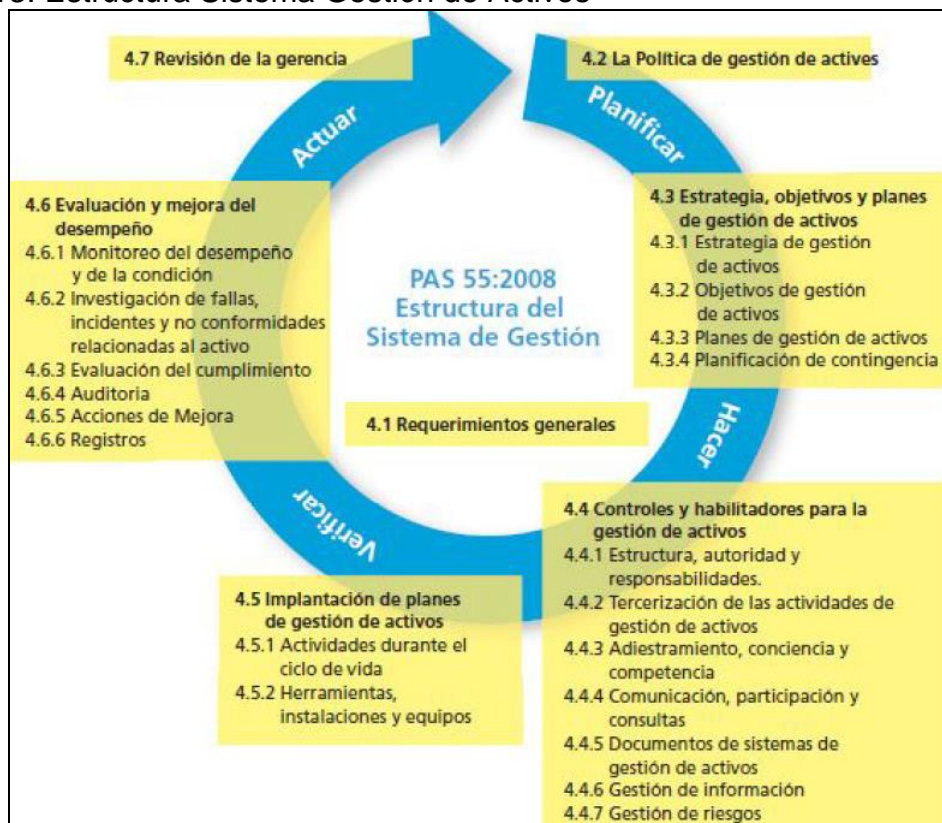
³³ JARAMILLO. Óp. cit., p. 50.

³⁴ PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos: Desarrollo y Aplicación Práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento (MGM). INGECON, 2012. p. 13-22.

conceptos y técnicas de diferentes ámbitos como finanzas, ingeniería, tecnología, operaciones. La gestión conjunta de diseño, construcción, montaje, operación, mantenimiento y reemplazo del equipo influyen enormemente en las actividades de prevención y corrección de fallos.

Como una respuesta a la necesidad de contar con un patrón para la gestión de activos se crea en Inglaterra la propuesta de norma PAS 55 (*Publicly Available Specification*), en la que se define la gestión de activos como “las actividades y prácticas sistemáticas y controladas a través de las cuales una organización gestiona óptimamente sus activos, su desempeño asociado, sus riesgos y gastos a través de su ciclo de vida, con el objetivo de cumplir con el plan estratégico de la organización”.

Figura 13. Estructura Sistema Gestión de Activos



Fuente. PAS 55-1:2008. Asset Management. Part 1: Specification for the Optimized Management of Physical Assets. London: BSI, 2008.

En sus inicios se recomendó fuertemente su implementación en las empresas de servicios públicos. Esta norma cuenta con veintiocho requerimientos y está basada en el ciclo Deming de planificar, hacer, verificar y actuar, por lo que se

puede implementar sin mayores traumatismos en empresas que tengan implementado o certificado un sistema de gestión integral.

2.6.3 Confiabilidad Operacional. Que describe Arata³⁵, como la capacidad de la empresa, a través de los procesos, las tecnologías y las personas, para cumplir con su propósito dentro de los límites del diseño y de las condiciones operacionales. Considera una serie de procesos de mejora continua que incorpora en forma sistemática herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías para optimizar el proyecto, la gestión, la planeación, la ejecución y el control, asociados con producción, abastecimiento y mantenimiento.

Tiene cuatro ejes que son:

- Confiabilidad humana: involucramiento, compromiso, competencias de las personas para cumplir las actividades. Estructura organizacional para lograrlo.
- Mantenibilidad y confiabilidad: diseño de los equipos y su apoyo logístico para la disminución del tiempo medio para reparar. Estrategias de mantenimiento sobre equipos. Efectividad de mantenimiento.
- Confiabilidad del proceso: sintonía entre proceso y procedimientos. Parámetros operacionales de acuerdo a condiciones establecidas.
- Confiabilidad de los suministros: integración entre los distintos procesos internos y los proveedores de insumos asegurando calidad, cantidad, oportunidad y costo con procesos establecidos que faciliten logística, gestión de terceros y análisis de ofertas.

Enfoca al mantenimiento transformando la imagen parcial y de corto plazo asumida por la gerencia de una unidad de gasto a una de resultado y oportunidades, creando una cultura organizacional donde prevalece la integración, prevención, mejoramiento continuo, conocimiento, tecnología e innovación.

2.6.4 Mantenimiento de Clase Mundial (MCM). Se define como “conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne los elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas”³⁶.

³⁵ ARATA ANDREANI, Adolfo. Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales: Aplicación de la Plataforma R-MES. Primera ed. Santiago de Chile: RiL Editores, 2009. p 28-31

³⁶ BOXWELL, Robert, Jr. Benchmarking for Competitive Advantage. Michigan: McGraw-Hill, 1994. 224 p.

Al ser un conjunto de las mejores prácticas operacionales de distintos enfoques organizacionales y no existir un patrón o guía internacional reconocida, se infiere que obedece a la observación y comparación con un grupo de organizaciones productivas que evidencian las mejores prácticas en la función de mantenimiento, por consiguiente se asume como un proceso de *Benchmarking*, con el propósito de transferir dichas prácticas y su aplicación.

Tamayo³⁷ resalta como conceptos fundamentales del mantenimiento de clase mundial:

- Rol de jefe facilitador: los problemas se deben resolver en el nivel más bajo de una organización, para ello se dota al personal de toda la información necesaria para su desempeño, empoderarlos.
- Programar mantenimiento integral: la máquina es un todo y el resultado no es solo mecánico, eléctrico o de otro tipo. Se concibe el programa de intervenciones donde interactúa personal en materias no afines a su especialidad por tanto es necesario compartir conocimientos.
- Definir claramente responsabilidades: cuando las normas son claras y las reglas de juego se han dado a conocer la participación no genera ansiedad y se acerca más al compromiso del equipo.
- Normalización de niveles de mantenimiento: estricta programación y asignación de personal, realización de reportes correspondientes, interacción con personal tercerizado.
- Considerar como experto al operario: el operario es clave, lograr su conocimiento y rutinas establecidas por la experiencia para convertir variables de la operación en condiciones normales y anormales de las máquinas es el objetivo.
- Planear y trabajar con las áreas de producción: la misión de la operación es la programación de la maquinaria de acuerdo a su disponibilidad, esta situación deberá ser conocida por el área de mantenimiento para minimizar su impacto negativo.
- Normalizar actividades para el auto control y la experiencia: la calidad del mantenimiento es la realización del trabajo de acuerdo al manual.
- Reporte del estado de la instalación: permite visualizar y encontrar tendencias de deterioro para planear los trabajos en forma preventiva.

³⁷ TAMAYO DOMÍNGUEZ. Óp. cit., p. 28-31.

- Aprobaciones técnicas permanentes: los trabajos técnicos requieren una aprobación toda vez que se está garantizando el funcionamiento de la instalación en el tiempo, las situaciones no modelo y temporales deberán tener un reporte y un responsable para lograr la recuperación de la situación modelo.
- Seguimiento de tiempos: interfaces entre operación y mantenimiento, los resultados son del equipo de trabajo, los tiempos denominados de interface pertenecen a ambos, y es allí donde está el riesgo de perder responsabilidad.

Una herramienta para organizar dichas “mejores prácticas” observadas y establecer un orden lógico funcional y por niveles para ser implementadas en la organización es la creación de una matriz de excelencia.

Dicha matriz de excelencia está compuesta por un eje donde se ubican las categorías referentes a los factores de gestión y en el otro eje los niveles correspondientes a la complejidad o evolución en la implementación de las prácticas.

Por tener una naturaleza de *Benchmarking* la elección de los factores de gestión corresponde exclusivamente a la compañía, sin embargo, se pueden buscar las mejores prácticas en las áreas de planeación, organización y recurso humano, costos, seguridad y medio ambiente, manejo de la información, ingeniería, procesos.

Los niveles o etapas de mejora establecidas reflejan la madurez de la compañía en cada categoría, generalmente parten desde un nivel “inocente” donde no se evidencia implementación alguna de una “buena práctica”, pasando por varios niveles hasta llegar a “clase mundial” donde se demuestran con resultados las “mejores prácticas” y estas hacen parte de la cultura organizacional.

Un ejemplo de esta matriz de excelencia es la presentada en el curso *Reliability Management* de ABS – *Reliability and Risk Group JBFA Training*.

Tabla 4. Matriz de Excelencia

Etapas Criterios	Etapa 1 Incertidumbre	Etapa 2 Conciencia	Etapa 3 Entendimiento	Etapa 4 Madurez	Etapa 5 Excelencia
Aptitud gerencial	No existe el concepto de prevención - solo se corrige cuando sea necesario	Reconoce que el mantenimiento podría mejorar pero esta reuente a aceptar	Comienza a aprender sobre el impacto del mantenimiento en la rentabilidad - se interesa y promueve algunos cambios	Genera propuestas de mejora hacia el mantenimiento, reconoce que el apoyo de la gerencia es de vital importancia para consolidar las mejoras	Incluye al mantenimiento como parte integral de los objetivos del negocio.
Status de la organización Mantenimiento	REACTIVA: trabajar sobre los equipos cuando estos fallan de forma imprevista - reparar cuando se rompa	CONCIENTE: se mantiene corrigiendo fallas pero tiene ahora repuestos y realiza algunos mantenimientos mayores	PREVENTIVA: aplica rutinas preventivas por tiempo de inspección, lubricación, ajustes y servicios menores con el fin de aumentar el TPO de algunos equipos	PREDICTIVA: aplica técnicas de análisis de vibración, termografía, ultrasonido, etc., para monitorear la condición de algunos equipos. Realiza análisis de fallas repetitivas	PROACTIVA: define y prioriza las actividades de mant. (preventivo y predictivo) en función de las consecuencias de las fallas y desarrolla modelos de decisión basados en riesgo
Costes totales de mantenimiento / Costes totales de producción	30+%	20-30%	10-20%	5-10%	Menos del 5%
Formas de resolver los problemas	Problemas se resuelven según como vayan apareciendo	Se reparan las fallas en tiempos cortos. Se inician algunos análisis de fallas (solo mantenimiento)	Problemas analizan y se resuelven con información proveniente de mantenimiento y operaciones	Problemas se analizan a partir del esfuerzo de equipos de trabajo (operaciones, mantenimiento, ingeniería, logística, proyectos, fabricante, etc.)	Problemas se analizan por equipos de trabajo, se evalúan los riesgos y se previenen los problemas que afectan la rentabilidad del negocio
Calificación y adiestramiento del personal de mantenimiento	Trabajos de baja calidad son aceptados, entrenamiento se considera innecesario, ausencia de procedimientos, herramientas en mal estado	Se reconoce la falta de adiestramiento, se identifican las herramientas obsoletas, se identifican algunos procedimientos de trabajo	Se entiende la importancia de la calidad en el mant., se definen los roles y procedimientos de trabajo, se desarrollan algunas habilidades críticas, anualmente se considera un presupuesto para adiestramiento	Se definen procedimientos de certificación de calidad en mantenimiento, se desarrolla personal de mant. de multihabilidades, el entrenamiento se define por rendimiento y desempeño	Altos estándares de calidad en la ejecución del mant., el adiestramiento se visualiza como una inversión y se planifica en función del impacto económico de cada área, muy alta flexibilidad para la ejecución del mant.
Manejo de la información y proceso de toma de decisiones	No se maneja ningún registro de mantenimiento - la poca data que se recopila es de muy baja calidad	Se utiliza un sistema manual o computarizado muy sencillo - no hay apoyo del sistema para planificar actividades	Se utiliza un sistema que permite desarrollar órdenes de trabajo de mant., se hace seguimiento a los costos totales, (solo tiene acceso mantenimiento)	Se utiliza un sistema computarizado de control del mantenimiento que involucra a mantenimiento y operaciones, se registran datos de costos y confiabilidad de forma segura	Se tiene un sistema de gestión del mantenimiento integrado con todas las áreas del negocio (finanzas, logística, materiales, operación, procesos, etc.), incluye módulo de análisis de Riesgo
Posición de la organización en relación al mantenimiento	Nosotros no tenemos ni idea porque los equipos fallan. La continuidad operacional es muy baja pero para nosotros el mantenimiento no es un factor importante	Nuestros competidores tienen menos problemas que nosotros, su disponibilidad es más alta y no generan tanto impacto en la producción	Un nuevo enfoque de nuestro proceso de gestión del mantenimiento nos puede ayudar a identificar los problemas y a incrementar la disponibilidad de nuestros activos	"Todo el mundo esta comprometido a que la calidad se convierta en algo rutinario dentro del mantenimiento, que pase a ser parte de nuestra filosofía operacional. Nosotros no podremos hacer productos de calidad a partir de actividades de mantenimiento mal ejecutadas"	"Nosotros no esperamos paros imprevistos y sorpresas, cuando ello ocurre, será sólo en equipos que previamente mantenimiento ha definido como equipos de bajo riesgo (es más barato esperar que ocurra la falla que hacer alguna actividad de mantenimiento preventivo"

Fuente. PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos. INGECON, 2012. p. 42.

2.7 HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE GESTIÓN

2.7.1 Auditoria. “(3.1) Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener ‘evidencia de auditoria’ y evaluarla objetivamente para determinar la extensión en la cual se cumplen los ‘criterios de auditoria’.”³⁸.

- Criterio de auditoria: “(3.2) conjunto de políticas, procedimientos o requisitos”³⁹.
- Evidencia de auditoria: “(3.3) registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información que son pertinentes para los criterios de auditoria (3.2) y que son verificables”³⁷.

Como describen Parra y Crespo⁴⁰, las auditorias de mantenimiento, deben tener como objetivo principal el evaluar los procesos más importantes de la gestión de mantenimiento, de tal forma que uno de los aspectos de mayor relevancia en el desarrollo de una auditoría de mantenimiento, está relacionado con la definición de los objetivos claves a ser auditados. Estos objetivos clave de mantenimiento están relacionados con áreas y por consiguiente son estas las de mayor importancia a ser evaluadas. En términos generales éstas son:

- Recursos Gerenciales.
- Sistemas de Información.
- Tecnologías aplicadas al mantenimiento.
- Procesos de planificación.
- Control de calidad.
- Logística e inventarios.
- Integración entre mantenimiento y producción.
- Motivación y comunicación.

Las características más importantes que debe tener una auditoria orientada a gestión de mantenimiento son:

- Capaz de permitir la toma de decisiones con datos cualitativos o cuantitativos.
- Capaz de evaluar factores que agregan valor.
- Combinar lenguaje económico (finanzas) con lenguaje técnico (ingeniería).
- Aplicación rápida y de fácil implantación.
- Las complicaciones matemáticas deben manejarse por computador⁴¹.

³⁸ NORMA INTERNACIONAL. ISO 19011:2002. Directrices para la Auditoria de los Sistemas de Gestión de la Calidad y/o Ambiental. p. 1.

³⁹ *Ibíd.*, p. 2.

⁴⁰ PARRA y CRESPO. *Óp. cit.*, p. 40.

⁴¹ GONZÁLES HERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid: FC Editorial, 2004. Citado por PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO

2.7.2 Encuesta. “Es un estudio observacional en el cual el investigador busca recaudar datos por medio de un cuestionamiento pre diseñado (preguntas normalizadas), sin modificar el entorno ni controlar el proceso que está en observación. Las preguntas están dirigidas a una muestra representativa del grupo de estudio, con el fin de conocer estados de opinión, características o hechos específicos”⁴².

MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos: Desarrollo y Aplicación Práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento (MGM). INGECON, 2012. p. 41.

⁴² WIKIPEDIA. [en línea] <<http://es.wikipedia.org/wiki/Encuesta>> [citado el 23 de septiembre de 2013]

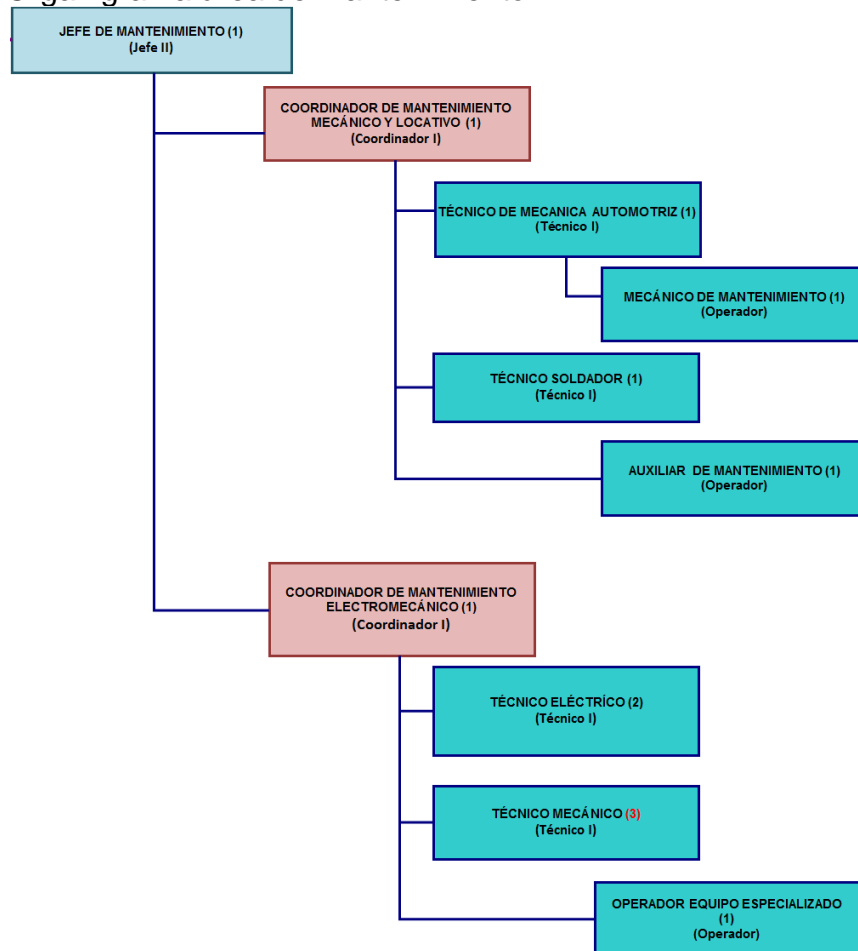
3. PROCESO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

3.1 GENERALIDADES

El proceso de mantenimiento es una herramienta que le permite a la Empresa, identificar, clasificar y codificar todos los equipos e instalaciones, preservándolos a fin de lograr un óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil, contribuyendo así a la prevención de la contaminación y al sostenimiento ambiental. Apoyando el desarrollo seguro de las actividades propias de la organización.

El área de mantenimiento se ubica dentro de la Gerencia de Operaciones, junto con las áreas de mantenimiento de acueducto y mantenimiento de alcantarillado y se encuentra jerarquizado de la siguiente forma:

Figura 14. Organigrama área de Mantenimiento

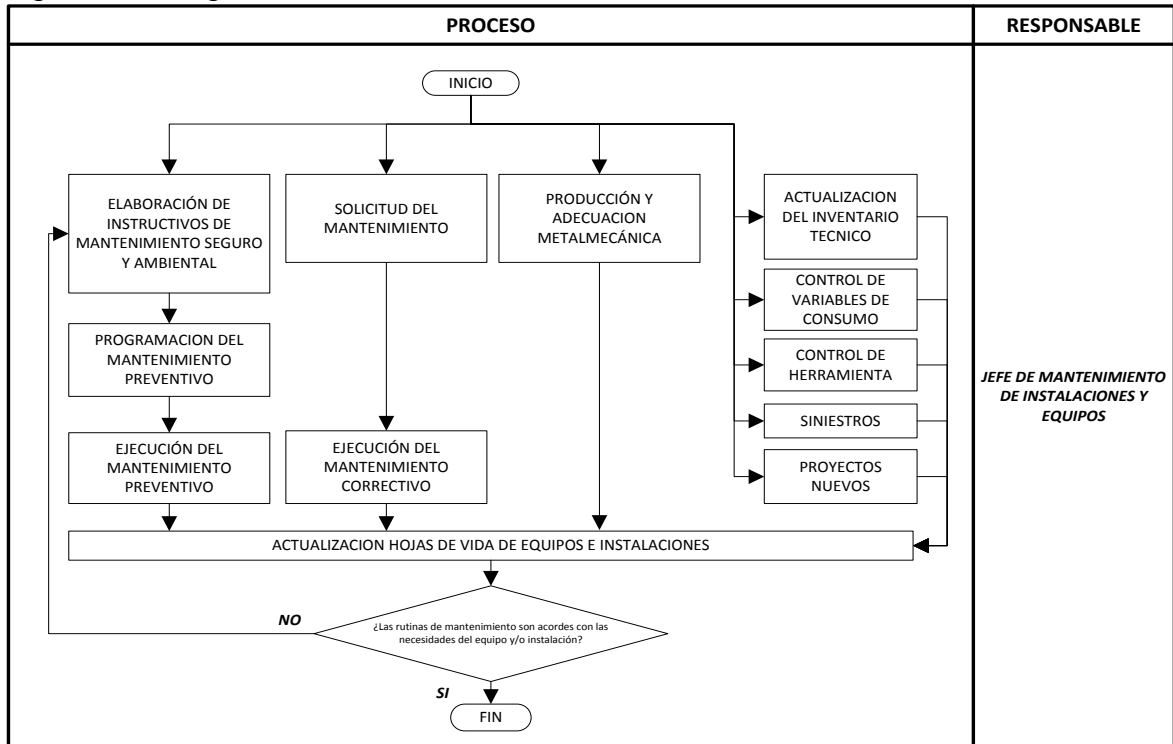


Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

Dentro de las funciones y responsabilidades del proceso de mantenimiento de instalaciones y equipos se encuentran las siguientes:

- ✓ Formular e implementar los programas de mantenimiento preventivo necesarios para la adecuada atención de los equipos, maquinaria e instalaciones de la empresa.
- ✓ Proporcionar oportuna y eficientemente los servicios que requiera la empresa ya sea preventivos y/o correctivos; así como la gestión para la contratación de la obra externa calificada necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de a las instalaciones, maquinarias y equipos.

Figura 15. Diagrama del Proceso



Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

Objetivo del Proceso: Preservar los equipos e instalaciones, mejorando las condiciones del servicio, prolongando su vida útil y optimizando los niveles de mantenibilidad y disponibilidad para garantizar su operación y correcto funcionamiento y así contribuir con la prevención de la contaminación y el sostenimiento ambiental, además la disminución de los peligros y riesgos de funcionarios que los operan.

Alcance: El proceso va desde la elaboración de instructivos de mantenimiento seguro y ambiental, programación, ejecución, control y solicitud, a través de sus procedimientos aplicables a todos los procesos de la empresa. Vincula procedimientos alternos tales como Producción Metalmecánica, actualización del inventario técnico, control de variables de consumo, control de herramienta, siniestros y proyectos nuevos.

Como se observa, el proceso de mantenimiento de instalaciones y equipos no solamente atiende equipos propios para el desarrollo de las actividades que atañe al objetivo de la empresa, que al ser una entidad de servicios públicos es el de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado con calidad, sino que también tiene a cargo procesos adyacentes como el control de activos a su cargo, producción metalmecánica y otros.

3.2 INDICADORES

El proceso de mantenimiento cuenta actualmente con dos indicadores que miden el desempeño del área, específicamente en lo que tiene que ver con la atención de mantenimiento de los equipos a su cargo.

3.2.1 Disponibilidad de Equipos. La función principal del indicador es medir el número de conjuntos (de equipos) disponibles en la empresa que garantice la producción y la distribución de agua al sistema (Planta Potabilizadora, Estaciones de bombeo y Pozos Subterráneos).

Se tienen en cuenta solamente equipos de los procesos anteriormente citados una vez que se constituyen en procesos críticos para el objetivo de la empresa; conjuntos que de estar por fuera de su estándar de funcionamiento generan serios problemas en la prestación del servicio de acueducto a los usuarios finales, con las implicaciones sociales, jurídicas y contractuales que esto conlleva.

Tabla 5. Indicador Disponibilidad de Equipos

Nº	NOMBRE	OBJETIVO	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	RESPONSABLE DE CÁLCULO	UNIDADES EN LAS QUE SE EXPRESA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	META
1	DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS [Nota 1]	Medir el número de conjuntos (de equipos) disponibles en la empresa que garantice la producción y la distribución de agua al sistema (Planta Potabilizadora, Estaciones de bombeo y Pozos Subterráneos)	$\left[1 - \frac{\text{N}^\circ \text{ de conjuntos que presentaron falla}}{\text{N}^\circ \text{ total de conjuntos}} \right] * 100$	Jefe de Mantenimiento	Porcentaje	Mensual	≥ 92%

Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

En el indicador de Disponibilidad de Equipos se debe entender el “conjunto” como la agrupación de equipos (líderes y contingencia), conformando un sistema redundante; se considerara “falla en el conjunto” cuando el equipo redundante y uno o más equipos líderes presenten falla. Si únicamente el equipo redundante presenta falla, no se considera falla del conjunto.

La estimación de la disponibilidad se hará mediante la condición de criticidad de la ruta y el conjunto, y será potestad del dueño de proceso de Mantenimiento de Instalaciones y Equipos declarar como disponible o no disponible un equipo. Se confrontara esta información con la vinculada en las hojas de vida de los equipos objeto del cálculo del indicador.

Para entender de mejor manera el indicador de disponibilidad de equipos, a continuación se ilustra que equipos y de que proceso conforman los conjuntos críticos para la operación de la empresa y de los cuales se extrae el mismo.

Tabla 6. Calculo de Indicador Disponibilidad de Equipos

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS			DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS								
PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A.E.S.P			Septiembre 2013								
RUTA	INSTALACIÓN	EQUIPO	NO DE EQUIPOS	ACTIVO		EQUIPOS QUE PRESENTARON FALLA	¿EL CONJUNTO PRESENTO FALLA?	OBSERVACIONES			
				SI	NO						
RUTA IV	ESTACIONAMIENTO	PICOTA - TRIUNFO	EQUIPO DE BOMBEO 1	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 2	1	1	0			DISPONIBLE		
	CARMEN - MILAGRO		EQUIPO DE BOMBEO 1	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 2	1	1	0			DISPONIBLE		
	ELEVADO SECTOR 22		Equipo de Bombeo 1 Sector 22	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Equipo de Bombeo 2 Sector 22	1	1	0			DISPONIBLE		
	FUENTE		EQUIPO DE BOMBEO 1	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 2	1	1	0			DISPONIBLE		
	CENTRO		EQUIPO DE BOMBEO 1	3	1	0		NO	DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 2	3	1	0			DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 3	3	1	0			DISPONIBLE		
			EQUIPO DE BOMBEO 4	3	1	0			DISPONIBLE		
RUTA II	La Fuente II		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Belarcazar	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	P. Recreacional		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			El Estadio	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	B. Bolívar II		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Caminos Vecinales	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	Silvino Rodríguez		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			San Antonio	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	Cooservidos I		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Cooservidos II	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	San Francisco		Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Pensilvania	Pozo Subterráneo	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
	RUTA III	PLANTA POTABILIZADORA LA PICOTA	Dosisador Cal		Dosisador de Pre Cal Planta Potabilizadora	1	1	0		NO	DISPONIBLE
					Dosisador de Post Cal Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE
Dosisador Sulfato				Dosisador de Sulfato 1 Planta Potabilizadora	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
				Dosisador de Sulfato 2 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
Dosisador Cloro				Dosisador de Cloro 1 Planta Potabilizadora	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
				Dosisador de Cloro 2 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
Floculación				Floculador 1 Planta Potabilizadora	1	1	0		NO	DISPONIBLE	
				Floculador 2 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
				Floculador 3 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
				Floculador 4 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
				Floculador 5 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
				Floculador 6 Planta Potabilizadora	1	1	0			DISPONIBLE	
Bombeo			Equipo de Bombeo 1 Lavado de Filtros P.P	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Equipo de Bombeo 2 Lavado de Filtros P.P	1	1	0			DISPONIBLE		
Varios			Equipo de Bombeo Recirculación P.P	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Sub-estación Eléctrica P.P.	1	1	0			DISPONIBLE		
		Generador Diesel P.P.	1	1	0		DISPONIBLE				
TANQUE ORIENTE			Dosisador de Post Cal Tanque Oriente	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Dosisador de Cloro Tanque Oriente	1	1	0			DISPONIBLE		
BOMBEO LA FUENTE			Dosisador de Cal Bombeo La Fuente	1	1	0		NO	DISPONIBLE		
			Dosisador de Hipoclorito de Cal Bombeo La Fuente	1	1	0			DISPONIBLE		
TOTAL			53	45	0	0					
Calculo Indicador por ruta			0,00%								
			NO DE EQUIPOS	ACTIVO		EQUIPOS QUE PRESENTARON FALLA	CONJUNTOS NO OPERADOS, CON FALLA O PARADOS	TOTAL DE CONJUNTOS			
CONSOLIDADOS			53	SI	NO	0	0	25			
INDICADOR DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS			CALCULO = $\frac{[\text{Conjuntos que presentaron falla}]}{[\text{Total de Conjuntos}]} \times 100$					100,00%			

Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

3.2.2 Cumplimiento de la Planeación. La función del indicador es la de medir el cumplimiento de la planeación del mantenimiento.

El cumplimiento de la planeación se genera única y exclusivamente a partir de las órdenes de trabajo preventivo, no se consideran las órdenes de tipo correctivo, ni solicitadas, ni generadas por los mismos responsables del proceso fuera de programación, en pocas palabras hace referencia al control únicamente de las ordenes generadas a partir del plan de mantenimiento preventivo que se realiza cada año en el mes de enero.

Tabla 7. Indicador Cumplimiento de la Programación

Nº	NOMBRE	OBJETIVO	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	RESPONSABLE DE CÁLCULO	UNIDADES EN LAS QUE SE EXPRESA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	META
2	CUMPLIMIENTO DE LA PLANEACION [Nota 2]	Medir el cumplimiento de la planeación del mantenimiento	$\left[\frac{\text{N}^\circ \text{ trabajos ejecutados programados (TEP)}}{\text{N}^\circ \text{ trabajos programados (TP)}} \right] * 100$	Jefe de Mantenimiento	Porcentaje	Mensual	≥ 90%

Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

El cálculo del indicador se realiza mensualmente comparando el número de órdenes de trabajo programadas contra el número de estas órdenes de trabajo realizadas y se desglosa por cada ruta de mantenimiento para tener una mejor visión del número de órdenes generadas a cada ruta.

Tabla 8. Calculo del Indicador Cumplimiento de la Planeación

RUTA	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	TEP	TP		TEP	TP		TEP	TP		TEP	TP	
II	4	4	100%	10	10	100%	11	11	100%	9	9	100%
III	5	5	100%	12	12	100%	11	11	100%	10	11	91%
IV	8	8	100%	12	12	100%	5	5	100%	6	6	100%
V	14	16	88%	22	23	96%	11	11	100%	27	32	84%
VI	16	16	100%	9	10	90%	12	12	100%	6	7	86%
VII	2	2	100%	10	10	100%	14	14	100%	14	15	93%
VIII	2	2	100%	1	1	100%	1	1	100%	3	3	100%
PROMEDIO	51	53	96%	76	78	97%	65	65	100%	75	83	90%

Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

3.3 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La base para un buen plan de mantenimiento, cualquiera que sea este, es una amplia y detallada fuente de información de cada uno de los equipos con los que se cuentan, así como de sus partes, repuestos y proveedores, de esta manera al

realizar o programar cualquier tarea sobre un equipo será más fácil la toma de decisiones respecto de sus mantenimientos.

En estos momentos el mantenimiento de equipos e instalaciones se encuentra dividido según ocho rutas de mantenimiento, establecidas así por la Gerencia de Operaciones de acuerdo y ajustándose a los sistemas propios que tiene una empresa de abastecimiento de agua.

Cabe anotar que la clasificación que se da a los equipos en “rutas de mantenimiento”, no es más que su inclusión según procesos que la empresa posee, por ejemplo:

- ✓ Ruta I: Captación (Captación Superficial)
- ✓ Ruta II: Pozos Profundos (Captación Subterránea)
- ✓ Ruta III: Sistemas de Tratamiento de Agua (Planta Potabilizadora)
- ✓ Ruta IV: Estaciones de Bombeo
- ✓ Ruta V: Vehículos
- ✓ Ruta VI: Inmuebles
- ✓ Ruta VII: Equipos Especiales
- ✓ Ruta VIII: Tanques de Almacenamiento

La planeación de las actividades preventivas a realizar en los equipos se divide según las ocho rutas de mantenimiento a saber.

Para realizar esta planeación, se estructura en el programa informático Microsoft Office Outlook 2007, debido a la facilidad que tiene en la planeación de tareas repetitivas según tiempos calendario.

Para establecer la criticidad de los equipos se realizó un estudio detallado de las posibles repercusiones y afectaciones que se presentan cuando hipotéticamente falle un equipo. Para esto se tomaron en general los grupos de equipos repartidos o incluidos según las ocho rutas de mantenimiento.

3.3.1 Ruta I. Para la ruta I (Captación), la cual se compone principalmente de elementos hidráulicos de control de flujo, como válvulas de cortina, si alguno de estos elementos fallase en cualquier grado donde permita fugas abundantes del fluido, se vería muy comprometida la aducción de agua, ya que se presentaría grandes desperdicios del líquido, así como una baja considerable en la presión de la tubería por la entrada de aire al sistema, descompensando la línea de captación, provocando baja en el caudal captado y posibles rupturas de la tubería.

Si fallasen debido a la no operabilidad mecánica del vástago de control de la cortina, no se podría regular el caudal de entrada a la planta, descompensando los niveles óptimos a tratar, generando excesos o carencias del fluido, dependiendo

del consumo hora a hora de los usuarios. Según lo anterior se clasifica la ruta con una criticidad media.

La planeación de la programación de estos equipos se realiza mediante la estrategia de Mantenimiento de Oportunidad, o sea, se hace uso de los tiempos de parada de los equipos o paradas en la operación de la planta. Los trabajos a realizar se programan para cuando se realice corte de flujo programado de la línea de aducción de Teatinos, debido a que estos equipos no se pueden intervenir mientras haya flujo de agua.

Esta intervención está sujeta a las decisiones dadas por el Jefe de Operaciones, quien es el encargado de dar la orden de realizar el corte en la aducción.

3.3.2 Ruta II. Para la ruta II (Pozos Profundos), se clasifica con criticidad alta, debido a que la falla de cualquier equipo compromete seriamente la captación de agua subterránea. Los motores y bombas sumergibles utilizados para este fin son equipos robustos, pero funcionan en condiciones ambientales adversas, debido a la temperatura y presión presentes en las profundidades donde operan.

Otro factor relevante es el deficiente suministro de la red eléctrica de donde se alimentan estos aparatos, generando constantes problemas en los equipos de protección y control eléctrico de los motores, así como en estos mismos.

La planeación para estos equipos se realiza siguiendo dos estrategias. Para la estructura del pozo, como para el motor y bomba sumergibles, se hizo siguiendo intervalos de tiempo calendario según su manual de operación. Para la estructura del pozo se hace aproximadamente cada 2 años de operación normal de este, donde se realiza un lavado general del pozo y su tubería con agentes químicos desincrustantes.

Para los motores y bombas, según la firma BOMCOL (Bombas de Colombia S.A.S.) recomienda el mantenimiento aproximadamente cada 3000 horas de operación, lo que corresponde a una operación diaria de 8 horas, teniendo en cuenta los promedios de operación de todos los pozos, se estima que se debe hacer cada año. Este mantenimiento es hecho por técnicos calificados de la empresa Bomcol, los cuales se encargan de desarmar, limpiar y lubricar correctamente todos los componentes de estos equipos.

Para los demás equipos, se hizo siguiendo recomendaciones de técnicos y operarios, donde para los transformadores se realiza cada año, para las válvulas cada seis meses y para los tableros de control eléctrico cada 3 meses. Todo lo anterior teniendo en cuenta las condiciones y el entorno de operación de los equipos, así como sus tiempos de uso.

3.3.3 Ruta III y IV. Con respecto a las rutas III y IV, se consideran conjuntamente ya que su composición de equipos es similar, compuestas principalmente por motores, bombas y tableros de control, y en menor proporción por reductores, dosificadores y válvulas de control.

En estas dos rutas cualquier parada de alguno de los equipos antes mencionados afecta directamente el abastecimiento de agua al usuario final. Por ejemplo en el caso de los equipos de la ruta III, se afecta el proceso de estabilización, tratamiento y potabilización del agua, generando un serio desbalance en los parámetros biológicos y químicos óptimos de calidad del líquido, no pudiendo así prestar el servicio.

La programación para estos equipos se realiza por completo con la ayuda y experiencia del mecánico industrial, ya que ha trabajado en la empresa y especialmente en esta planta por más de 10 años, quien sugirió un intervalo de tiempo de tres meses para la mayoría de los equipos antes mencionados, esto teniendo en cuenta que según su experiencia los fallos en equipos motrices suceden alrededor de los cuatro meses de operación.

Con respecto a los dosificadores de cloro, su mantenimiento se realiza cada seis meses, lo anterior por recomendación del proveedor de estos equipos, Latinoamericana de Aguas LTDA.

En las válvulas de compuerta estos tiempos de atención dependen de su operación, pues aquellas que tiene una operación a diario, como lo son las válvulas de lavado de los filtros, se le realizan trabajos cada seis meses, para las demás cada año. Con respecto a los tableros de control se les realiza mantenimiento consistente en ajuste, limpieza y toma de parámetros eléctricos cada 3 meses, y al transformador un mantenimiento predictivo y preventivo cada año, este consiste en la toma de muestras de aceite para su estudio y limpieza y ajuste de sus conexiones.

Si algún equipo correspondiente a las estaciones de bombeo (ruta IV) fallase, no se podría transportar el agua hasta los tanques elevados, generando desabastecimiento a los correspondientes sectores de la ciudad de los cuales depende el tanque de almacenamiento. Esta sería una situación crítica teniendo en cuenta que las redes se descompensan y el restablecimiento del servicio en un 100% de los usuarios puede llevar entre 36 a 70 horas. En conclusión se difiere que tienen una criticidad alta.

Al igual que en la ruta II, los motores y bombas sumergibles se atienden cada año, remitiéndolos a un proveedor externo, el conjunto propio de bombeo (motores de eje horizontal y bombas centrifugas) se programan cada tres meses. El transformador cada año, las válvulas de operación cada seis meses y los tableros de control cada tres meses.

3.3.4 Ruta V y VII. En lo perteneciente al parque automotor y equipos especiales, el fallo de cualquier equipo perteneciente a estos grupos, tiene una incidencia baja en la perturbación del servicio, pues no afecta directamente ningún proceso relacionado a la captación, tratamiento y/o distribución del agua, pero si poseen una probabilidad alta de sufrir daños, por lo cual se clasifican como equipos con criticidad media.

La planeación de los mantenimientos en esta ruta se dividió en tres partes, una la que concierne a los cambios de aceite, los cuales se realizan cada 5000 Km en vehículos a gasolina como diésel, o cada 350 horas en camiones pesados donde sus motores funcionan estando el vehículo estacionario, por otra parte para las motocicletas se hizo según el manual del conductor, donde hay mantenimientos de diferentes tipos según el período de operación y por intervalos de tiempo para los demás mantenimientos de los vehículos.

Con respecto al mantenimiento de los vehículos, sus periodicidades se tomaron de acuerdo al concepto dado por el mecánico automotriz, ya que posee la experiencia suficiente en este tema, y en especial con los vehículos en mención. En general se dividieron las actividades en tres grupos: aquellas realizadas cada cuatro meses como lo son el sistema de inyección y eléctrico, semestralmente se realizan al sistema de suspensión, frenos, alineación y balanceo e inspección de líquido de frenos, y anualmente el sistema de embrague y correa de repartición, sistema de dirección, revisión de valvulinas y estado de llantas.

En cada una de estas revisiones se inspecciona la parte del vehículo correspondiente, observando su estado y funcionamiento, de ser necesario se repara la falla inmediatamente, de no ser así se reprograma otra inspección.

Para las motocicletas se escogió que las tareas fueran realizadas en intervalos de tiempo calendario mas no por kilometraje, por la facilidad que representa programar estas actividades y la dificultad que es hacer un seguimiento de kilometraje a tantas motos. Todos estos mantenimientos son realizados basándose y siguiendo las recomendaciones dadas en los instructivos de mantenimiento correspondientes.

La periodicidad de los mantenimientos para la mayoría de equipos especiales (ruta VII) se realiza a tres meses, en su mayoría se componen por equipos con motores de combustión y elementos mecánicos móviles como poleas, engranes, piñones, cadenas, correas, etc., estos equipos no tienen un uso a diario ni exigente y por lo tanto su atención no se hace en menos tiempo. De hecho para equipos que poco son utilizados se hace una inspección, limpieza y mantenimiento cada cuatro o seis meses dependiendo de la frecuencia de uso.

3.3.5 Ruta VI y VII. Lo referente a las rutas VI y VIII que pertenecen a inmuebles y tanques de la empresa correspondientemente, lo que en general se toma como locaciones, la probabilidad de fallo de estas instalaciones es muy baja y la incidencia en la afectación es entre baja y media según corresponde y como se puede visualizar en la Tabla 9, por lo tanto se clasifica como de criticidad baja.

Para la ruta VI la programación para la atención en el mantenimiento se hace en lapsos de seis meses, en cada una de las revisiones se hace una inspección por parte del oficial de instalaciones, el cual recorre la sede en busca de averías, daños y desperfectos estructurales, levantando un inventario de lo encontrado y reportando una lista de materiales y/o insumos necesarios para su arreglo respectivo. Una vez hecho esto se reprograma la actividad correctiva teniendo en cuenta los tiempos necesarios para la adquisición de los materiales.

Para la ruta VIII (tanques) se cuenta en esta ruta con 18 sistemas de almacenamiento empleados para conducción y distribución. La programación para el lavado de tanques es hecha directamente por el Jefe de Acueducto, donde al año se realizan dos ciclos de lavado con un intervalo de cuatro meses entre cada ciclo.

Lo correspondiente al área de mantenimiento es en cuanto a la inspección y arreglo de posibles fisuras, grietas y daños estructurales de los tanques. Una vez desocupado el tanque por parte del personal de acueducto, el oficial de instalaciones procede a ingresar a este con las debidas precauciones de seguridad, luego hace una inspección total del interior, exterior, pisos y techo del tanque, evidenciando fallas y reportándolas al jefe de mantenimiento.

Una vez realizada la inspección, se procede a adquirir los materiales e insumos necesarios para que en el segundo ciclo se realicen los trabajos necesarios dentro del tanque, sin embargo cuando las fallas son exteriores, se procede inmediatamente a la corrección de esta.

Las válvulas de control que se encuentran a la entrada y salida de los tanques también son atendidas por el área de mantenimiento, haciéndoseles su atención al mismo tiempo en que se realizan los lavados del tanque correspondiente. En ellas se revisan y corrigen fugas, se aprietan prensa estopas, se engrasa el vástago y se limpian y pintan tanto el volante de maniobra como el cuerpo de la válvula exteriormente.

En resumen, las rutas II, III y IV se consideran críticas de acuerdo a la evaluación en la importancia, participación y grado de afectación en el proceso productivo de la empresa “Continuidad del Servicio” y las restantes como no críticas.

Tabla 9. Análisis de Criticidad Según Rutas

RUTA	Posibilidad de Falla	Afectación	Criticidad
I	Baja	Alta	Media
II	Alta	Alta	Alta
III	Media	Alta	Alta
IV	Media	Alta	Alta
V	Alta	Baja	Media
VI	Baja	Baja	Baja
VII	Alta	Baja	Media
VIII	Baja	Media	Baja

Fuente. Los Autores

En general el mantenimiento preventivo que se realiza a los equipos críticos, los pertenecientes a las rutas II, III y IV consiste en mantenimiento preventivo de reacondicionamiento cíclico, realizado en su mayoría en intervalos de tiempo de entre tres y cuatro meses en donde se realizan tareas de inspección, limpieza, lubricación, reajuste de componentes y si se es necesario cambio de piezas, con lo cual se logra devolver al equipo a una condición de trabajo básica dentro de las funciones para las cuales fue asignado.

Sin embargo en estas rutinas de mantenimiento preventivo periódico no está contemplado realizar inspecciones más detenidas y minuciosas donde se puedan detectar modos de falla, a causa de prevenir sus efectos en edad temprana antes de que ocurra la falla.

Básicamente para todos los equipos importantes se realiza mantenimiento preventivo periódico con el fin de restaurar el equipo a una condición óptima, para equipos de bajo impacto que no comprometen la prestación del servicio o se corre a falla o se espera la intervención de mantenimiento al punto de alarma anterior a falla (siempre y cuando el sistema muestre alarmas antes de la misma), como por ejemplo con los vehículos.

Dentro del sistema de gestión integral se cuenta con el flujograma de proceso PRAP-TC-MIE-SM por medio del cual se realiza la ejecución de los mantenimiento preventivos a instalaciones y equipos (...ver ANEXO C...).

4. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ACTUAL

El actual plan de mantenimiento a largo plazo de la compañía es resultado de la metodología de gestión en el proceso de mantenimiento, por consiguiente es está en principio la variable a evaluar. En cuanto a la evaluación de la gestión de mantenimiento no hay reglas fijas, por tanto la apreciación de una situación especial debe ser flexible para admitir un tratamiento individualizado. Los múltiples factores que integran el mantenimiento impiden que la evaluación sea netamente cuantitativa requiriendo para algunos casos un análisis más global.

4.1 SELECCIÓN DE UN ENFOQUE GUÍA

De acuerdo a la naturaleza de la compañía (Servicios Públicos) y la necesidad de conocer su verdadera condición respecto a empresas del sector servicios, el enfoque modelo de mantenimiento para realizar la evaluación de la gestión es el Mantenimiento de Clase Mundial, enfoque inspirado en el *Benchmarking*, este permite determinar el nivel de madurez de la compañía comparando con otras en cuanto a su gestión de mantenimiento. Las áreas a evaluar en la compañía son las relacionadas con las nueve (9) categorías de la Matriz de Excelencia de Mantenimiento del *College of Environmental Design* por John Dixon Campbell (...ver ANEXO F...), estas son:

- Estrategia.
- Gestión de Recursos Humanos.
- Planeación y Programación.
- Técnicas de Mantenimiento.
- Medidas de desempeño.
- Tecnologías de la información.
- Involucramiento de los empleados.
- Análisis de Confiabilidad.
- Análisis de Procesos.

4.2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN

La meta de esta evaluación es dar un resultado basado en lo que se definen como "mejores prácticas" típicamente encontradas en el sector de mantenimiento y debe darse sobre bases claras de acuerdo con la experiencia y pruebas que se logren en cada punto.

“La efectividad de la gestión de mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores, que en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento al sistema de producción, este procedimiento de evaluación se denomina con el termino de auditoría”⁴³.

La herramienta de evaluación es una auditoria, dado que permite identificar de forma objetiva el estado de la compañía en el manejo de sus activos y es una práctica normal de trabajo en las compañías certificadas en cualquier norma internacional de gestión como es el caso de Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. La auditoría es dirigida no solo al proceso de mantenimiento de instalaciones y equipos sino a todos los procesos de la compañía existentes, con relación con los activos y las categorías del enfoque guía, estos son (...ver ANEXO D...):

- Proceso Gerencia de Operaciones
- Proceso de Recursos Humanos
- Proceso Sistema de Gestión Integral

La auditoría planteada permite cuantificar los resultados y evaluar la gestión de mantenimiento de acuerdo a una calificación. Se plantean entre ocho (8) y diez (10) requisitos y puntajes a estos, para cada una de las nueve (9) categorías planteadas en la matriz. El nivel de madurez de gestión de mantenimiento de la compañía está determinado por el puntaje total en cada una de las categorías, siendo 10 puntos la mayor calificación. Las disposiciones a verificar han sido cuidadosamente desarrolladas de acuerdo al contexto de operación real de la compañía y al marco teórico planteado.

El cuestionario de auditoria con las disposiciones a verificar por categoría y sus calificaciones resultantes es el siguiente (la relación con las evidencias encontradas se halla en el formato de verificación de auditoria...ver ANEXO E...):

Tabla 10. Cuestionario de Auditoria: Estrategia

ESTRATEGIA		
1.	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
ÍTEM		
1	Dentro de la organización se contempla el mantenimiento con funciones de un departamento reactivo a la falla.	1,25
2	Mensualmente o semanalmente está disponible el reporte de prioridad de todos los trabajos correctivos.	0
3	El líder de mantenimiento tiene una alta visibilidad en la organización y reporta a la gerencia o presidencia. Existe una estructura definida del departamento de mantenimiento.	0

⁴³ PARRA y CRESPO. Óp. cit., p. 39.

1. ESTRATEGIA		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
4	El mantenimiento es bien informado de los cambios de misión, las estrategias, y los planes de largo alcance establecidos por la alta dirección. La organización estratégica, táctica y metas operacionales son conocidas por todas las personas en mantenimiento.	0
5	Los compromisos a largo plazo han sido hechos para la mejora ininterrumpida en vez de los acuerdos de corto plazo y los arreglos rápidos.	0
6	Las prioridades en la organización para largo plazo han sido establecidas y son respaldadas por todos en la organización de mantenimiento.	0
7	El gerente esta activamente involucrado en la mejora de mantenimiento ininterrumpida y está obviamente comprometido a conseguir la excelencia de mantenimiento.	0
8	La misión y visión de la organización incluye una política clara de gestión de activos; la organización tiene escrito en su misión metas que involucra al departamento de mantenimiento como parte de sus objetivos estratégicos.	0
ÍTEMS 1-8 TOTAL:		1,25

Fuente. Los Autores

Tabla 11. Cuestionario de Auditoria: Gestión del Recurso Humano

2. GESTIÓN DE RECURSO HUMANO		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	En el organigrama se ven cargos que soporten el mejoramiento continuo en la organización.	1,1
2	Existen los roles y responsabilidades de los cargos, incluyendo las habilidades necesarias.	1,1
3	El personal conoce sus roles y responsabilidades y periódicamente es informado de su desempeño y necesidades de capacitación o mejoramiento.	1,1
4	Existe un procedimiento para monitorear la necesidad de vacantes, retiros y requerimientos de personal adicional cuando se requiera.	0
5	Se ha realizado una evaluación individual de los técnicos y operadores para determinar los entrenamientos necesarios de acuerdo con rol y responsabilidad.	0
6	El plan de entrenamiento necesario para mantenimiento tiene un plan de acción y costo.	0
7	La organización se ha comprometido a proveer los recursos necesarios para el entrenamiento; tiene un indicador que lo garantice.	1,1

2	GESTIÓN DE RECURSO HUMANO	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
8	El programa de entrenamiento tiene direccionado las prioridades de los temas y así ha sido implementado.	0
9	Los resultados del entrenamiento están determinados por el nivel de competencia del personal.	0
ÍTEMS 1-9 TOTAL:		4,4

Fuente. Los Autores

Tabla 12. Cuestionario de Auditoria: Planeación y Programación

3	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Se han definido los procedimientos de planeación y programación donde se establezcan las responsabilidades del proceso, la nivelación de los recursos, priorización de trabajos, etc.	1
2	Los planeadores han sido entrenados formalmente en técnicas de planeación y programación, entrenamiento en el CMMS y entrenamiento sobre el trabajo para desarrollar tiempos reales sobre los trabajos planeados.	0
3	Los planes de mantenimiento por activo denotan claramente responsable, inicio, duración, actividades, permisos, condiciones de seguridad, costo por recurso o global.	1
4	Se tiene establecida una matriz de criticidad y un listado de equipos críticos o nivel de impacto de detención en la operación.	0
5	El planeador emplea listados de criticidad o similares en combinación con la existencia de repuestos y personal para priorizar el trabajo.	0
6	El plan maestro es revisado y actualizado por Operaciones y Mantenimiento con los requerimientos totales de mantenimiento.	1
7	Con una frecuencia establecida el supervisor tiene disponible la programación.	1
8	El histórico de uso de partes es revisado continuamente y determina niveles adecuados de piezas en inventarios, exceso y obsoletos.	0
9	Existe cooperación entre operaciones e ingeniería para soportar a mantenimiento en el cumplimiento de sus trabajos programados.	1
10	Los planeadores de mantenimiento y el trabajo de compras soportan atentamente las reparaciones planeadas para ajustar la programación.	0
ÍTEMS 1-10 TOTAL:		5

Fuente. Los Autores

Tabla 13. Cuestionario de Auditoria: Técnicas de Mantenimiento

4.	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Los equipos se dejan trabajar hasta que fallan, sin realizar ninguna inspección ni limpieza.	1
2	Al fallar un equipo se procede a identificar la pieza defectuosa y reemplazarla, sin realizar análisis de causa o cambios en la condición de operación o ambiental.	1
3	Se tienen rutas identificadas y actividades de MP.	1
4	Las listas de verificación de los MP son claras, con instrucciones concisas por cada equipo. Los diagramas para lubricación/ajuste están disponibles para cada equipo. Los puntos de lubricación/ajuste están claramente marcados y definen el tipo de lubricante o parámetro de ajuste.	1
5	Los equipos críticos de la planta tienen programado medición de condiciones.	1
6	La medición de condiciones de todos los equipos (Vibración, termografía, ultrasonido, tendencias, etc.) define los verdaderos requerimientos de la operación y preservación del activo.	0
7	Se ha contemplado una limpieza inicial para tener los equipos "como nuevos" y los operadores han sido entrenados y tienen las herramientas apropiadas para realizar la lubricación, ajuste y para detección de síntomas de deterioro.	0
8	Los operadores han desarrollado seguimiento de tendencias y entienden que su rol se expande a detectar y prevenir problemas de mantenimiento.	0
9	Los equipos críticos de la planta han sido evaluados para aplicaciones de tecnología de monitoreo continuo.	1
10	Los intervalos y procedimiento de los MP son revisados y actualizados periódicamente; con la retroalimentación de los técnicos y hacen parte de un procedimiento formal.	0
ÍTEMS 1-10 TOTAL:		6

Fuente. Los Autores

Tabla 14. Cuestionario de Auditoria: Medidas de Desempeño en Mantenimiento

5	MEDIDAS DE DESEMPEÑO EN MANTENIMIENTO	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Las medidas de desempeño en mantenimiento incluyen un rango amplio de indicadores que permiten evaluar la efectividad y el impacto del servicio de mantenimiento a través de la operación.	1
2	Se hace el seguimiento periódico del desempeño real ejecutado considerando: tiempo reportado contra tiempo planeado y personal	0

5 MEDIDAS DE DESEMPEÑO EN MANTENIMIENTO		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
	disponible contra el personal empleado reportado en las actividades de mantenimiento.	
3	Se comunican los resultados de desempeño a través de algún medio a toda la organización.	0
4	Está implementado un indicador que mida el desempeño de los contratos de servicio.	0
5	Se hace seguimiento a los costos planeados contra los ejecutados y los presupuestos en mantenimiento.	0
6	La efectividad de la planeación de mantenimiento es evaluada. (Ej. OT planeadas vs. OT totales, OT planeadas terminadas vs. OT planeadas).	1
7	El incumplimiento de las OT planeadas es evaluado, corregido y no pasado por alto.	1
8	Se mide el éxito del programa de PDM: asertividad en el diagnóstico, reducción de emergencias y costos por tiempo muerto, incremento del trabajo planeado, eliminación de la causa raíz, etc.	0
9	Seguimiento al MTBF (Mean Time Between Failure), MTTR (Mean Time To Repair), tendencia de fallas, disponibilidad, confiabilidad, costos de mantenimiento por separado.	0
10	Evaluación por medio de <i>Benchmarking</i> -Matriz de excelencia- a la gestión del departamento implementada como herramienta habitual.	0
ÍTEMS 1-10 TOTAL:		3

Fuente. Los Autores

Tabla 15. Cuestionario de Auditoria: Tecnología de la Información

6 TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Han sido claramente definidos los requerimientos del CMMS basados en el tamaño y tipo de la organización.	0
2	La base histórica de los activos está completa. Incluye tendencias de reparación, costos y garantías.	1,1
3	Documentación de rutinas de mantenimiento básicas elaboradas y controladas.	1,1
4	Existe un procedimiento para crear y sacar equipos en el CMMS. Existe la responsabilidad directa por mantener la base de datos en la parte de activos y repuestos.	1,1
5	Existe un entrenamiento inicial y continuo en CMMS para todos los empleados de mantenimiento.	0
6	Existe un administrador del CMMS y un adecuado soporte a los usuarios.	0

6	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
7	Los procedimientos de calibración para el sistema de control y las tareas de mantenimiento están escritos y se relacionan en el CMMS.	0
8	En el CMMS se puede obtener fácilmente información por parte del cliente sobre órdenes de trabajo en progreso, trabajo completado, trabajo programado.	0
9	Los cambios en las cotizaciones se reflejan inmediatamente en los costos de repuestos y equipos.	0
ÍTEMS 1-9 TOTAL:		3,3

Fuente. Los Autores

Tabla 16. Cuestionario de Auditoria: Involucramiento de los Empleados

7	INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Los líderes de Mantenimiento y el grupo en general mantienen conocimiento amplio de herramienta y tecnología utilizada para realizar reparaciones y diagnósticos.	1,25
2	Los supervisores desempeñan de forma directa y primaria la supervisión de los trabajos de mantenimiento para incluir asignaciones programadas de trabajo, verifican la calidad de los trabajos, evalúan el desempeño, etc.	0
3	El personal se reúne para establecer condiciones especiales de seguridad, como para trabajos en espacios confinados, acciones eléctricas, etc.	1,25
4	Los supervisores soportan activamente el programa de Seguridad y Limpieza, atienden las reuniones, proponen ideas y tienen actitud que acrecentar el valor de la seguridad.	0
5	Los supervisores son vistos como miembros del Equipo de Mantenimiento y hacen posible la cooperación y soporte de los otros departamentos.	1,25
6	Existe un comité de mantenimiento para mejoramiento del lugar de trabajo. Taller con equipos adecuados, luz y ventilación.	0
7	Los supervisores tienen conocimiento técnico para identificar las necesidades de entrenamiento de su fuerza de trabajo y crear actitud positiva en el grupo.	1,25
8	Empoderamiento de los equipos de trabajo.	0
ÍTEMS 1-8 TOTAL:		5

Fuente. Los Autores

Tabla 17. Cuestionario de Auditoria: Análisis de Confiabilidad

8	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	La organización prevé recursos (tiempo, personal, capital) para soportar el mejoramiento continuo en registro, seguimiento y análisis de fallas.	1,1
2	Los costos de personal y material están establecidos para todos los trabajos.	0
3	Las órdenes de trabajo dan completa información del desarrollo de la reparación, el grupo de trabajo, horas, partes usadas y los códigos de seguimiento de fallas, causas y acciones tomadas.	1,1
4	El histórico de los equipos principales es mantenido para hacer seguimiento a falla, repuestos, tiempos, tendencias, información de garantía, causa y acciones tomadas.	1,1
5	Se revisan periódicamente los archivos del equipo para analizar tendencias de reparación.	0
6	Con base en los históricos de falla se realiza análisis y define causa raíz sobre equipos críticos. RCA.	0
7	Un proceso de mejora continua de confiabilidad ha sido implementado para evaluar y eliminar la causa raíz de falla e involucra a todo el grupo de mantenimiento.	0
8	Se hace revisión periódica de alarmas y sistemas de parada mediante la ejecución del MP (Falla Oculta)	0
9	Existe programa o metodología estructurada similar a FMECA o RCM.	0
ÍTEMES 1-9 TOTAL:		3,3

Fuente. Los Autores

Tabla 18. Cuestionario de Auditoria: Análisis de Procesos

9	ANÁLISIS DE PROCESOS	
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
1	Los procedimientos están escritos, autorizados, procesados, controlados y entendidos por todas las personas que los ejecutan.	1,1
2	Existe un documento impreso o electrónico donde se capture todo el trabajo ejecutado, con costos, planeación, e información prioritaria del trabajo.	1,1
3	La responsabilidad de revisar y procesar la documentación de trabajo en mantenimiento está claramente definida.	1,1
4	Los departamentos que requieren los trabajos documentan los campos en la orden de trabajo como localización, número del equipo, tipo de trabajo, etc.	1,1

9 ANÁLISIS DE PROCESOS		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	PTS
5	Está definido el procedimiento para determinar la prioridad de los trabajos basados en la criticidad del equipo, en el tipo de trabajo a realizarse considerando factores de riesgo y seguridad, costos o consecuencias de paradas, etc.	0
6	Para la compra de nuevos equipos y/o modificaciones se tiene en cuenta la revisión y aprobación de Mantenimiento.	0
7	Revisión periódica de proceso y modificaciones a los documentos de procesos existentes en demostración de una mejora continua. Versiones mejoradas de documentos.	1,1
8	Están definidos los procedimientos de bodega que definen recibo, control de existencias, control de acceso, inventario general, disponibilidad de partes, etc.	1,1
9	El sistema de inventario de partes está desarrollado de forma adecuada y ofrece un completo registro de información por cada ítem, actualizado incluyendo claramente descripción, localización, donde se usa, información del vendedor, información de la garantía, etc.	0
ÍTEMES 1-9 TOTAL:		6,6

Fuente. Los Autores

4.3 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

La evaluación enfocada en la Matriz de Excelencia en Mantenimiento incluye 9 Categorías y 82 ítems evaluados. Los resultados mostrados en el resumen de la evaluación son acondicionados de acuerdo con lo esperado idealmente de la operación.

Esta evaluación ha sido trabajada sobre cinco posibles resultados (Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. puede ajustar su escala de evaluación de acuerdo a la realidad de su operación); Inocente, Insatisfactorio, Consciente, Competente, Clase Mundial. A continuación se expone el valor numérico de cada una de las categorías y su interpretación:

0 - 2,5: Inocente: No se evidencia prueba o simplemente la categoría aparece como algo de moda. No esta engranado dentro de ningún plan estratégico.

2,6 - 4: Insatisfactorio: Este rango significa que está en estado quo y aunque existe el ítem, no ofrece ningún mejoramiento o no hace parte de un plan establecido.

4,1 - 6: Consciente: Para valorar la categoría sobre este valor se denota una práctica clara sobre esta, no hace parte de ningún plan organizacional, aunque es una buena práctica en la organización y se logra tener algún soporte de cualquier ítem.

6,1 - 8: Competente: Para este valor la categoría denota que es un práctica común en la organización por lo menos de un año atrás, además que está focalizada dentro de un plan de trabajo y tiene un alta prioridad en el mismo. Se tienen resultados iniciales o en proceso de la categoría.

8,1 -10: Clase Mundial: Cuando se evalúe con excelente cualquier categoría se debe tener pruebas concretas del ítem así como de resultados; además debe hacer parte de la cultura organizacional de la operación.

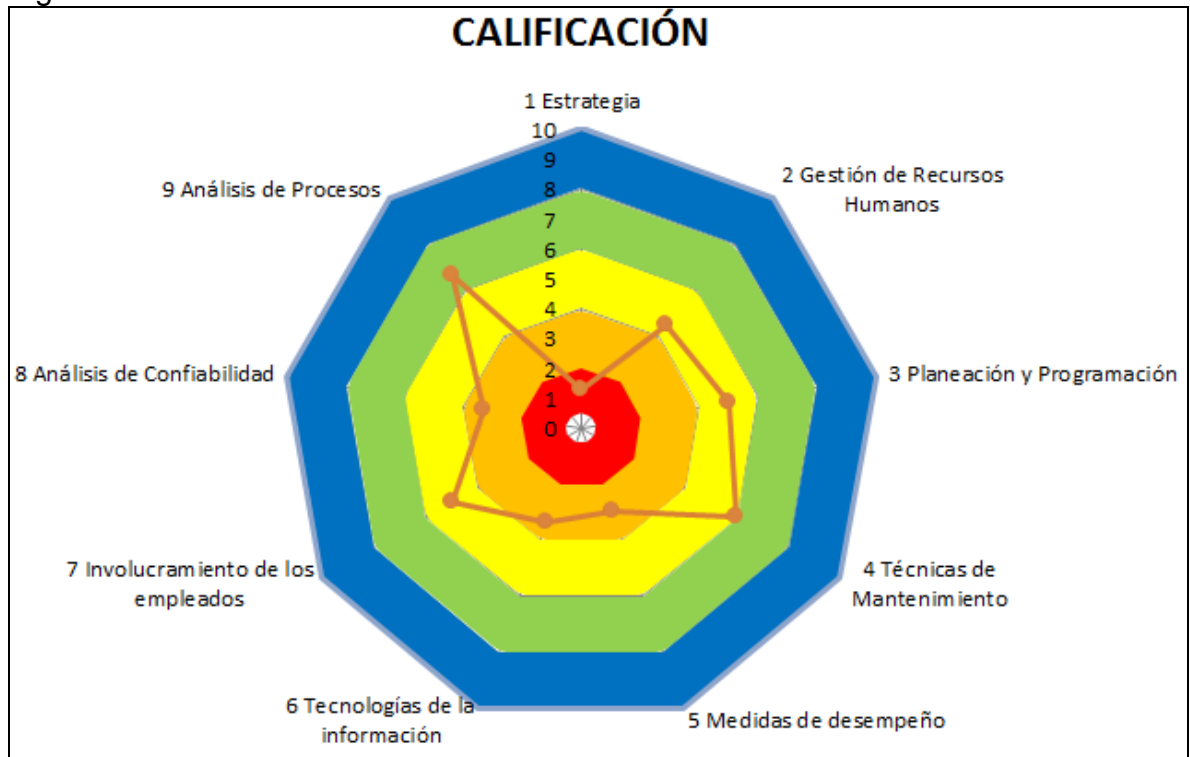
Tabla 19. Resumen de la Evaluación.

N°	Descripción de la Categoría	Ítem	Puntos	Calificación	Nivel
1	Estrategia	8	1,25	1,25	Inocente
2	Gestión de Recursos Humanos	9	1,11	4,4	Consciente
3	Planeación y Programación	10	1,00	5,0	Consciente
4	Técnicas de Mantenimiento	10	1,00	6,0	Consciente
5	Medidas de desempeño	10	1,00	3,0	Insatisfactorio
6	Tecnologías de la información	9	1,11	3,3	Insatisfactorio
7	Involucramiento de los empleados	8	1,25	5,0	Consciente
8	Análisis de Confiabilidad	9	1,11	3,3	Insatisfactorio
9	Análisis de Procesos	9	1,11	6,6	Competente
Ítems		82	Promedio	4,6	Consciente

Fuente. Los Autores

Al recopilar toda la evidencia, cuantificar cada categoría y presentar la información consolidada se tiene una apreciación general de la idoneidad de la metodología actual respecto a un enfoque modelo de mantenimiento.

Figura 16. Calificación de Evaluación.



Fuente. Los Autores

Tabla 20. Niveles de Calificación.

CALIFICACIÓN	NIVEL
0 - 2,5	Inocente
2,6 - 4	Insatisfactorio
4,1 - 6	Consciente
6,1 - 8	Competente
8,1 - 10	Clase Mundial

Fuente. Los Autores

Se destaca como debilidad en la organización la Estrategia de mantenimiento, dado que organizacionalmente en los planes a largo plazo no figura este departamento o proceso y su gerente no tiene relación directa con la gerencia estratégica.

Como fortaleza resalta el Análisis de Procesos. Dada la experiencia de la organización en SGI su fuerte es el seguimiento y mejora de los procesos documentados establecidos.

4.4 IMPLEMENTACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

4.4.1 Estrategia. Acorde a lo evidenciado en la calificación al proceso de mantenimiento, se evidencia la necesidad de implementación de ciertas mejoras las cuales ayudaran a escalar más alto en la matriz de excelencia del mantenimiento, de acuerdo a las necesidades que tenga la organización y el status que ésta quiera que tenga el área de mantenimiento.

Como un primer pasó se evidencia la necesidad de avanzar en el campo de la “estrategia”, donde se observa la calificación más baja obtenida dentro de todas las categorías. Se necesita que el área de mantenimiento adquiera más nivel dentro de la organización y para ello es necesario que la alta gerencia entienda que el área no es un proceso solamente de apoyo al área de producción, sino un proceso vital en el andar de la organización, ya que es el encargado de gestionar y mantener todos los activos de la compañía.

Por lo anterior existe una gran oportunidad en la implementación base de la Norma PAS-55 o ISO 55000, la cual ha sido una historia de éxito internacional desde el año 2004, reconocida cada vez más como una piedra fundamental de las buenas prácticas en el ciclo de duración de vida útil total, y en la gerencia optimizada de los activos físicos.

4.4.2 Tecnologías de la Información. Otra oportunidad de mejora que surge, y que traerá grandes beneficios al área es la implementación de un CMMS (Computerized Maintenance Management System) o Gestión del Mantenimiento asistido por computadora. Si bien la empresa está en el proceso de implementación de un software para gestión de órdenes de trabajo (SmartFlex – OPEN), este software – a saber – no se especializa en la gestión del mantenimiento como tal, sino en la gestión de órdenes de trabajo solamente.

Por lo anterior es necesario la implementación de un programa que pueda abarcar todas las áreas que atañen al mantenimiento de equipos y que contenga como paquete estándar algunos de los siguientes módulos:

- **Órdenes de trabajo:** asignación de recursos humanos, reserva de material, costes, seguimiento de información relevante como causa del problema, duración del fallo y recomendaciones para acciones futuras.
- **Mantenimiento preventivo:** seguimiento de las tareas de mantenimiento, creación de instrucciones paso a paso o checklists, lista de materiales necesarios y otros detalles. Normalmente los programas de gestión del mantenimiento asistido por computadora programan procesos de

mantenimiento automáticamente basándose en agendas o la lectura de diferentes parámetros.

- **Gestión de activos:** registro referente a los equipos y propiedades de la organización, incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión. Además también pueden generar parámetros como los índices de estado de las infraestructuras.
- **Recursos Humanos:** Establece el control y gestión de los Recursos Humanos del Área o servicio de Mantenimiento. Pueden ser establecidos como Competencias Laborales Necesarias vs. Existentes.
- **Control de Inventarios:** gestión de partes de repuesto, herramientas y otros materiales incluyendo la reserva de materiales para trabajos determinados, registro del almacenaje de los materiales, previsión de adquisición de nuevos materiales, etc.
- **Seguridad:** gestión de los permisos y documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad. Estas especificaciones pueden incluir accesos restringidos, riesgo eléctrico o aislamiento de productos y materiales o información sobre riesgos, entre otros.

En el mercado existen varios software especializados en la gestión del mantenimiento, siendo los más conocidos:

- SAP
- MÁXIMO
- ELLIPSE
- J.D. EDWARDS

Sin embargo existen muchos más en el mercado y debe ser la organización la encargada de elegir que CMMS se acopla mejor a las actividades propias y cuanto presupuesto invertirá en pro de mejorar en esta categoría, ya que traería ventajas enormes en la organización del área, tal como la planeación, ejecución y control del mantenimiento.

4.4.3 Medidas de Desempeño. De acuerdo a lo observado, el área solamente maneja dos indicadores muy básicos, como lo son la Disponibilidad de Equipos y el Cumplimiento de la Planeación, sin embargo como es sabido, “lo que no se mide, no se controla”, es por tal motivo que existe la gran necesidad de mejorar e implementar más indicadores que permitan al área tener una mayor visibilidad de su accionar y en base a estos plantear acciones concretas para solucionar problemas identificados.

Como primera medida es necesario mejorar la forma de medir la disponibilidad de equipos, debiéndose medir esta “disponibilidad” en un rango menor, por ejemplo, horas; para lo cual es necesario en primera medida que todos los equipos a hacer monitoreados tengan implementados horómetros.

Este indicador podrá evaluarse mensualmente y con una meta baja al comienzo, como puede ser del 90%-92%, para luego una vez que se mejore en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos se puede elevar a niveles estándares mundiales como son del 99%-99.8%.

Como segunda medida se pueden implementar otra serie de indicadores que serán muy dicentes en cuanto a la gestión del mantenimiento y su efectividad sobre los equipos como son los mostrados en la Tabla 3 y entre los más importantes están:

- MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas
- MTRR - Tiempo Medio Para Reparar

4.4.4 Análisis de Confiabilidad. Con el fin de mejorar la confiabilidad de los equipos a cargo del área, se recomienda implementar una herramienta que pueda mejorar la prevención de fallas, desde su temprana identificación, hasta la corrección de dichos modos de falla.

Para tal fin existen varias herramientas que ayudan a mejorar la confiabilidad y por ende la vida útil de los equipos, algunas son:

- FMECA
- RCA
- RCM

Cualquiera de estas técnicas se basan en la detención de posibles modos de fallas para los equipos seleccionados, reparándolos o poniendo una mayor atención sobre estos componentes, pudiendo identificar problemas que conlleven a una falla y por ende a una parada no imprevista, la cual afectaría en gran medida el negocio de la compañía, que en este caso es el suministro de agua potable a los habitantes de la ciudad.

Cabe mencionar que la implementación de estas mejoras si bien son necesarias para que el área de mantenimiento eleve su condición a niveles estándares mundiales, es la organización la que decide en qué grado quiere mantener el área, si es necesario invertir capital para mejorar estas categorías, o si por el contrario están conformes con la actual gestión del mantenimiento y sus costos asociados.

5. CONCLUSIONES

La recolección y análisis de la información perteneciente al proceso de mantenimiento de la empresa Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P. relacionada al desarrollo de la investigación se ejecutó normalmente, obteniendo datos precisos, oportunos, objetivos y completos como resultado de la implementación de un sistema de gestión integral en la compañía.

El contraste de enfoques se realizó recopilando los enfoques más comunes existentes en la industria y seleccionando entre estos el Mantenimiento de Clase Mundial como modelo de contraste con la empresa dado que compila las mejores prácticas, lo que brinda una perspectiva amplia de criterios a evaluar en varios niveles de gestión de la compañía y permite así mismo identificar una amplia gama de puntos críticos al interior de la organización.

En cuanto a las definiciones relacionadas con mantenimiento y su taxonomía no se encuentra un criterio universal, de tal forma que sin una contextualización las múltiples interpretaciones generan confusión, rechazo y falta de compromiso en las personas y organizaciones. Lo aconsejable es establecer desde el enfoque de cada compañía y según sus necesidades unos conceptos claros, únicos y consecuentes a lo largo de toda la organización, que se reflejen desde su misión y política, hasta los instructivos y manuales, para que sean de aceptación general y que generen los paradigmas bajo los que se rigen tanto el nivel estratégico como el nivel táctico y operativo.

La herramienta de evaluación de gestión de mantenimiento, generalmente más empleada en los casos recopilados y los textos consultados es la realización de una encuesta por medio de cuestionarios que abarcan distintas áreas de gestión, sin embargo, esta metodología se considera imprecisa y subjetiva. Por tanto la respuesta más confiable y objetiva en la evaluación de la gestión de mantenimiento es una auditoría.

La coherencia entre el plan actual de mantenimiento a largo plazo y estándares de mantenimiento se encuentra en un nivel promedio de "Consciente". Se denota una práctica clara de esfuerzos combinados entre los procesos evaluados, sin embargo, estos esfuerzos no hacen parte de ningún plan organizacional. La organización es consciente de la ejecución de "mejores prácticas" y se logra tener en algunos casos soportes de los requerimientos evaluados.

6. RECOMENDACIONES

Como base fundamental del esfuerzo por mejorar la gestión de mantenimiento es necesario contar con el apoyo, entendimiento y confianza de la alta gerencia. Así como un ejecutivo jamás ignora las advertencias del departamento financiero, tampoco debe este ignorar los avisos del gerente de mantenimiento.

Es de vital importancia elevar la categoría del proceso de mantenimiento, la evaluación evidenció el poco interés de la alta gerencia en el área de mantenimiento. Se debe incorporar en la visión de la compañía la gestión de activos, crear objetivos de nivel estratégico que vinculen al mantenimiento y reestructurar organizacionalmente la compañía.

La implementación de la mejora es un esfuerzo a largo plazo y mano firme. No hay peor inversión o actividad que desgaste y mine la credibilidad del gerente y confianza en los colaboradores como la repetida presentación de programas a implementar, esto demuestra pérdida de enfoque y creará equipos de trabajo sin compromiso.

Se debe aprovechar la fortaleza de la organización en su experiencia y buen manejo del SGI. Se demostró que mientras los procesos estén documentados la gestión fluye, avanza y muestra resultados. Es cuestión de darle mayor relevancia a mantenimiento y los efectos serán tangibles.

Antes de efectuar cualquier proceso de mejora continuo para el área de mantenimiento de instalaciones y equipos, es necesario la implementación de un CMMS acorde a las necesidades y capacidad de la empresa, con el cual se pueda llevar y mantener control de diferentes variables, métodos e información necesarias para el avance en la gestión del mantenimiento hacia un estándar de clase mundial.

Desarrollar una estrategia para la cuantificación de los costos por tiempos de parada, tiempos de mantenimiento, costo de funcionario por labor, costo de repuestos asociados al mantenimiento, etc. y de esta manera poder más adelante realizar comparativos de la gestión actual del mantenimiento dentro de la capacidad económica que tiene la organización.

Si bien el actual plan de mantenimiento es robusto en cuanto a la ejecución de actividades programadas cíclicas sobre los activos, se podría dar un paso adelante en la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento en la gestión del activo, teniendo en cuenta que el mantenimiento actual es costoso e invasivo en comparación a otras técnicas alternas.

Implementar planes de mejoramiento donde se incluyan otras áreas de la empresa, dedicados a identificar oportunidades de mejora de los diferentes procesos de la compañía.

Revisar o complementar el plan estratégico de mantenimiento para equipos críticos bajo técnicas de PMO o RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

El recurso humano como base fundamental en el desarrollo de toda compañía, debe tener un papel preponderante en la estrategia del mantenimiento, lo cual se debe visualizar en un equipo de trabajo totalmente capacitado en todas y cada una de las actividades que realiza, además en técnicas del mantenimiento, por lo cual se debe gestionar y poner en marcha lo antes posible con el acompañamiento del área de Recursos Humanos el plan de acción de capacitaciones a funcionarios.

Como una recomendación de mejores prácticas del mantenimiento, se puede empezar a capacitar a los operadores de los equipos para que sean incluidos de forma activa en el mantenimiento del equipo y se conviertan en operadores / mantenedores del activo, agregando valor a su cargo y al proceso de mantenimiento.

Implementar o avanzar en cada uno de los ítems verificados de acuerdo a la matriz de excelencia y el formato de verificación de la auditoría, acorde a las necesidades reales de la empresa, ajustándolos a la operación y entorno en el que se encuentran dentro de la compañía.

Una vez la compañía decida implementar, ejecutar y mantener un plan de mejoramiento con estas acciones se encontrará más cerca de un enfoque hacia la gestión de activos y se recomienda hacer un estudio de viabilidad para integrar a su Sistema de Gestión la norma PAS-55, empoderado en mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ACUÑA ACUÑA, Jorge. Mejoramiento de la Calidad: Un Enfoque a los Servicios. 1ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005. 371 p.
- ✓ ALPÍZAR VILLEGAS, Emilio. Capítulo 5: Mantenimiento. En: CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Tratamiento de agua para consumo humano. *Plantas de filtración rápida*. Manual IV: Operación, mantenimiento y control de calidad. Lima: CEPIS/OPS, 2005. p. 191-246.
- ✓ AMENDOLA, Luis José. Gestión de Proyectos de Activos Industriales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. 171 p.
- ✓ ARATA ANDREANI, Adolfo. Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales: Aplicación de la Plataforma R-MES. 1ª ed. Santiago de Chile: RiL Editores, 2009. 442 p.
- ✓ BORRAS PINILLA, Carlos, Ph.D. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2012. 172 p.
- ✓ ----- . Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011. 186 p.
- ✓ BOXWELL, Robert, Jr. Benchmarking for Competitive Advantage. McGraw-Hill, 1994. 224 p.
- ✓ GIRALDO CARDONA, Sebastián. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. 179 p.
- ✓ GONZÁLES HERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid: FC Editorial, 2004. 259 p.

- ✓ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. NTC 1486. Sexta Actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008. 36 p.

- ✓ -----. Referencias Bibliográficas. Contenido, Forma y Estructura. NTC 5613. Bogotá: ICONTEC, 2008. 33 p.

- ✓ -----. Referencial Documentales Para Fuentes de Información Electrónicas. NTC 4490. Bogotá: ICONTEC, 1998. 27 p.

- ✓ INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14224:2006, Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. p. 204-215.

- ✓ JARAMILLO, Julián. Mantenimiento Predictivo. Filosofía, Gestión Tecnológica y Teoría de la Predicción. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2012. 74 p.

- ✓ MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Alfaomega, 2009. 504 p.

- ✓ NORMA INTERNACIONAL. ISO 19011:2002. Directrices para la Auditoría de los Sistemas de Gestión de la Calidad y/o Ambiental. ISO, 2002. 42 p.

- ✓ PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos: Desarrollo y Aplicación Práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento (MGM). INGECON, 2012. 166 p.

- ✓ PAS 55-1:2008. Asset Management. Part 1: Specification for the Optimized Management of Physical Assets. London: BSI, 2008.

- ✓ PROACTIVA AGUAS DE TUNA. [en línea]. <http://www.proactiva.com.co/tunja/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=106> [citado el 13 de Agosto de 2013].

- ✓ PROACTIVA COLOMBIA. [en línea]. <http://www.proactiva.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=230> [citado el 13 de Agosto de 2013].
- ✓ PROACTIVA MEDIO AMBIENTE. [en línea]. <http://www.proactiva.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=17> [citado el 13 de Agosto de 2013].
- ✓ RELIABILITY AND RISK MANAGEMENT S.A. [en línea]. <http://www.reliarisk.com>. [citado el 5 de Septiembre de 2013].
- ✓ ROBINSON, William D. The Solid Waste Handbook: A Practical Guide. New York: John Wiley and Sons Ltd, 1986. 811 p.
- ✓ SAE INTERNATIONAL. SAE JA 1011, Surface Vehicle / Aerospace Standard: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. 2009.
- ✓ SULLIVAN, William G; WICKS, Elin M. y LUXHOJ, James T. Ingeniería Económica de DeGarmo. Duodécima ed. México: Pearson Educación, 2004. 740 p.
- ✓ TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia Estratégica y Operacional del Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 208 p.
- ✓ WIKIPEDIA. [en línea] <<http://es.wikipedia.org/wiki/Encuesta>> [citado el 23 de septiembre de 2013].

ANEXOS

ANEXO A. INFORMACIÓN PROACTIVA MEDIO AMBIENTE

FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS (FCC)

FCC es una empresa especializada en servicios ciudadanos, que nace en marzo de 1992, fruto de la fusión de dos prestigiosas empresas: Construcciones y Contratas, fundada en Madrid en 1944, y Fomento de Obras y Construcciones, creada en Barcelona el año 1900, cuyas acciones empezaron a cotizar en Bolsa en diciembre de 1900.

Actualmente, los títulos de FCC se hallan incluidos en el índice del Ibex-35, que recoge la cotización de las sociedades más importantes de la Bolsa española.

FCC es la matriz de uno de los primeros grupos europeos de servicios ciudadanos, tanto por volumen de cifra de negocios, como por rentabilidad. Su estrategia de crecimiento se ha orientado tradicionalmente hacia la diversificación, como lo demuestra el hecho de que, siendo originariamente una empresa de construcción, en 1911 inició su actividad en el campo de los servicios públicos con un contrato de limpieza y mantenimiento de la red de alcantarillado de Barcelona.

En la actualidad cuenta con una plantilla de más de 92.000 empleados y su producción está altamente diversificada. Sus actividades básicas son la gestión de servicios medioambientales y agua, la construcción de grandes infraestructuras, la producción de cemento, equipamientos urbanos y la generación de energías renovables.

Tiene una presencia en 54 países de todo el mundo y más del 44% de su facturación proviene de los mercados internacionales, principalmente Europa y Estados Unidos.

Ámbito Grupo FCC es la marca para la gestión de los residuos industriales de FCC. Presta servicios en el sector privado e industrial en los tres grandes grupos de residuos: inertes, banales y peligrosos.

VEOLIA ENVIRONNEMENT

Veolia Environnement, líder mundial en servicios ambientales, se encuentra en el centro de soluciones para equilibrar el desarrollo de las actividades humanas y el

agotamiento de los recursos. Todos los días, en más de 77 países, nuestros cerca de 317.000 empleados trabajan para encontrar soluciones locales para resolver problemas globales.

Las soluciones que están en el corazón de la experiencia de Veolia Medio Ambiente son la gestión del agua, tratamiento y reciclado de residuos, eficiencia energética y la movilidad de los hombres.

Agua

Especialista en gestión delegada de agua y saneamiento en beneficio de las comunidades locales o las empresas industriales y de servicios, Veolia Water es también uno de los diseñadores más importantes del mundo de soluciones tecnológicas y el constructor de las instalaciones necesarias para el desempeño de los servicios de agua.

Energía

Gestión de redes de calefacción, unidades de energía y fluidos, ingeniería y mantenimiento de instalaciones de energía, los servicios técnicos relacionados con la operación de edificios comerciales y los beneficios industriales de la gestión integral de edificios: Dalkia cumple expectativas de sus clientes soluciones completas, una comodidad personalizada y la eficiencia energética.

Limpieza

La empresa ofrece servicios y servicios de logística (recogida, tubos, limpieza, gestión del flujo de residuos) y realiza el procesamiento y reciclaje de residuos.

Transporte

Socio local, Veolia Transport es un jugador importante en el medio ambiente. Su transporte público de pasajeros ofrece soluciones al tráfico urbano, la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a mejorar la calidad de vida.

ANEXO B. DATOS DEL CONTRATO

Ciente

Municipio de Tunja

Operador

PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.

Inicio del contrato

1 de noviembre de 1996

Terminación del contrato

2 de Octubre de 2026

Ubicación

Tunja, Boyacá – Colombia

Número de habitantes

180.000

Número de usuarios del servicio a abril de 2011

Acueducto: 40.540

Alcantarillado: 40.159

Cobertura a mayo de 2011

Acueducto: 100%

Alcantarillado: 99,1%

Capacidad instalada

Pozos profundos: 13 (260 l/s)

Agua superficial

1 planta de tratamiento (400 l/s)

Caudal promedio tratado

300 l/s

Imagen Corporativa de la Empresa



Fuente: Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

ANEXO C. FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTO PARA REALIZACIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS				
PRAP-TC-MIE-SM				
FLUJOGRAMA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	PUNTO DE CONTROL
	INICIO			
	Proceso de Solicitud de Mantenimiento	Ver flujograma proceso de solicitud ante el área de mantenimiento.	Ciente interno o Ingeniero de Mantenimiento	
	Se genera o recibe orden de trabajo	Se recibe O.T. generada en el proceso de solicitud (ver flujograma), se ingresa al sistema la solicitud del manito a realizar, y se codifica. Se genera O.T. codificada si el manito preventivo es programado o se genera O.T. sin código si es preventiva solicitada lanzada en campo. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 día	Ingeniero de Mantenimiento Secretaría de Operaciones	FMT-PM-02
	Es solicitado?			
	Se clasifica la orden como mantenimiento preventivo programado	Se verifica el cronograma de actividades para programar mantenimientos próximos. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 día	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	
	Se realiza inspección previa de equipo	El ingeniero encargado verifica la veracidad de lo solicitado y revisa históricos de fallos similares a fin de tomar decisiones. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 5 días	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	
	Procede?			
	El manito se puede realizar internamente?			
	Se remite a taller externo	Se diligencia el formato de taller externo, se anexa a la O.T. y se entregan al operario para que lleve el equipo a las instalaciones o se llama al proveedor para que se acerque a las instalaciones donde se encuentra el dispositivo. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 a 2 días	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	FMT-PM-02
	El proveedor externo ejecuta el mantenimiento	El proveedor realiza lo estipulado en la O.T. y hace entrega del equipo. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: Depende de la dificultad del manito	Proveedor de servicios	
	Se remite el equipo a quien corresponda y se prioriza	Se entrega O.T. ya priorizada al funcionario correspondiente del manito para informarle la labor a realizar de la siguiente manera: 1. Los Ing. de manito agrupan las O.T.'s de la semana laboral (lunes - sábado) en la carpeta asignada para tal fin y rotulada con el nombre del responsable. 2. El día sábado o último día laboral de la semana hace llegar estas carpetas a los funcionarios encargados del manito. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 día	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	
	Se realiza inspección a lo solicitado y una inspección general	El funcionario encargado revisa el equipo, basándose en el instructivo técnico de mantenimiento de cada equipo el cual está consignado en las carpetas de control de cada ruta, verificando lo solicitado y hace un diagnóstico general del estado del equipo. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: Depende de la actividad a realizar.	Técnicos y/o operadores	
	Se requieren materiales o insumos?			
	Se solicitan materiales	El funcionario mediante formato diligencia los materiales o insumos necesarios para la realización del mantenimiento y hace entrega de este al Ing. encargado. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 2 día	Técnicos y/o operadores	FMT-IE-01
	Se diligencia solicitud de compra y entrega de materiales	Se diligencia el formato de solicitud, compra y entrega basándose en el formato FMT-IE-01 y se entrega a almacén. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 día	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	FAP-AA-01
	Materiales existen en almacén?			
	Tramite administrativo de adquisición	Entra a procedimiento de Compras. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: Depende del proceso de adquisición		
	Se procede a retirar de almacén	Almacén informa a través de un correo interno al Jefe y/o ingeniero de mantenimiento la existencia en stock o la llegada de materiales o insumos, y se procede a retirarlos. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 día	Jefe y/o ingeniero de manito Técnicos y/o operadores	FAP-AA-01
	Se ejecuta mantenimiento	El funcionario encargado realiza las labores descritas en la O.T. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: Depende del tipo de manito	Técnicos y/o operadores	
	Se realiza prueba de funcionamiento	Se realiza prueba final de funcionamiento del equipo para verificar la buena realización del manito. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 1 hora	Técnicos y/o operadores	FAP-EM-01
	Se diligencia orden de trabajo	El funcionario procede a diligenciar la O.T. con las novedades y actividades ejecutadas al equipo o instalación, teniendo en cuenta vincular el contenido de cada una de las casillas del formato en lo que tiene que ver con: código del equipo, fecha de ejecución, prioridad, frecuencia, materiales, residuos, actividades ejecutadas, estado de herramienta, verificación del área de trabajo y elementos de protección personal. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 10 min	Técnicos y/o operadores	FAP-EM-01
	Se entrega al cliente y se solicita calificación	Se le informa al cliente interno la terminación del trabajo y se hace entrega del equipo solicitando la evaluación de la labor realizada. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 20 min	Técnicos y/o operadores	FAP-EM-01
	La satisfacción del cliente es positiva?			
	Se verifica condiciones de inconformidad y se toman correctivos	Se analizan las no conformidades generadas y se toman las acciones pertinentes para corregir la inconformidad y para procurar que estas no se vuelvan a presentar. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: Depende de las acciones correctivas que se deben tomar	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	
	Si orden fue precedente: se ingresa al sistema, actualiza hoja de vida, se cierra orden y remite la O.T. Si la orden fue no precedente: se cierra O.T.	El funcionario encargado del manito procede a codificar en el sistema y en medio papel la orden de trabajo si esta fue lanzada en campo y corresponde a un manito preventivo solicitado. Para esto utilizara el numero consecutivo libre en el listado de control de ordenes. Descarga para la información a la hoja de vida del equipo y cerrara la orden en el formato de control de O.T. Una vez realizadas las anteriores actividades el funcionario procede a remitir el físico de la O.T. de la siguiente manera: 1. Agrupa las O.T.'s de la semana laboral (lunes - sábado) en la carpeta asignada para tal fin y rotulada con el nombre del responsable. 2. El día lunes o primer día hábil de la semana hace llegar estas carpetas a los Ing. de manito. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 8 días	Técnicos y/o operadores	
	Verificación del ingreso de información	Se verifica que el funcionario ingreso la información correctamente en la hoja de vida del equipo y en el control de O.T. TIEMPO DE EJECUCION PROMEDIO: 4 horas	Jefe y/o Ingeniero de Mantenimiento	
	FIN			

Fuente. Archivos Proactiva Aguas de Tunja S.A. E.S.P.

ANEXO D. PLAN DE AUDITORIA

FECHA DE INICIAL: 14-Oct-2013		FECHA FINAL: 15-Oct-2013		AUDITORIA N° 01	
OBJETIVO: Verificar el nivel de madurez de la organización en cuanto a la gestión de mantenimiento.		ALCANCE: Aplica a todos los procesos relacionados con mantenimiento o con la matriz de excelencia.		EQUIPO AUDITOR: AUTORES MONOGRAFÍA	
PROCESO		FECHA	CATEGORÍA EN LA MATRIZ		CARGO AUDITADO
GERENCIA GENERAL		14-Oct-13	Estrategia		GERENTE GENERAL
RECURSOS HUMANOS		14-Oct-13	Gestión de Recurso Humano		JEFE RECURSOS HUMANOS
MANTTO DE I&E		14-Oct-13	Planeación y Programación		JEFE DE MANTENIMIENTO
MANTTO DE I&E		14-Oct-13	Técnicas de Mantenimiento		COORDINADORES DE MTTO
MANTTO DE I&E		14-Oct-13	Medidas de Desempeño		JEFE DE MANTENIMIENTO
MANTTO DE I&E		15-Oct-13	Tecnología de la Información		JEFE DE MANTENIMIENTO
MANTTO DE I&E		15-Oct-13	Involucramiento de los Empleados		JEFE DE MANTENIMIENTO
MANTTO DE I&E		15-Oct-13	Análisis de Confiabilidad		JEFE DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL		15-Oct-13	Análisis de Procesos		JEFE DEL S.G.I.

ANEXO E. FORMATOS DE VERIFICACIÓN DE AUDITORIA

FECHA DE AUDITORIA: 14-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: ESTRATEGIA		
PROCESO: Gerencia General		CARGO AUDITADO: Gerente General		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Dentro de la organización se contempla el mantenimiento con funciones de un departamento reactivo a la falla.	PRAP-TC-MIE-PMP PRAP-TC-MIE-EMC	Se evidencia también programación del manto preventivo y se ejecutan trabajos correctivos en minoría.	1,3
2	Mensualmente o semanalmente está disponible el reporte de prioridad de todos los trabajos correctivos.		Los trabajos correctivos se priorizan de acuerdo a la afectación en el servicio. No hay reportes.	0
3	El líder de mantenimiento tiene una alta visibilidad en la organización y reporta a la gerencia o presidencia. Existe una estructura definida del departamento de mantenimiento.	PAP-TC-MIE (Manual de Proceso)	Existe estructura definida en el área, sin embargo el jefe de manto no tiene alta visibilidad ante la Gerencia General.	0
4	El mantenimiento es bien informado de los cambios de misión, las estrategias, y los planes de largo alcance establecidos por la alta dirección. La organización estratégica, táctica y metas operacionales son conocidas por todas las personas en mantenimiento.	Programas Estratégicos	Dentro de las estrategias principales de la alta dirección no se contempla a manto como prioridad.	0
5	Los compromisos a largo plazo han sido hechos para la mejora ininterrumpida en vez de los acuerdos de corto plazo y los arreglos rápidos.		La gerencia no tiene definidos compromisos a largo plazo dentro de la estrategia del Mantenimiento.	0
6	Las prioridades en la organización para largo plazo han sido establecidas y son respaldadas por todos en la organización de mantenimiento.	Programas Estratégicos	Las prioridades no contemplan a mantenimiento	0

7	El gerente esta activamente involucrado en la mejora de mantenimiento ininterrumpida y está obviamente comprometido a conseguir la excelencia de mantenimiento.	Misión y Visión de la Empresa	La Gerencia General no se involucra activamente en la mejora del mantto	0
8	La misión y visión de la organización incluye una política clara de gestión de activos; la organización tiene escrito en su misión metas que involucra al departamento de mantenimiento como parte de sus objetivos estratégicos.	Misión y Visión de la Empresa	No se evidencia que dentro de la misión y visión de la empresa se hable sobre la gestión de activos.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1,25

FECHA DE AUDITORIA: 14-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: GESTIÓN DE RECURSO HUMANO		
PROCESO: Recursos Humanos		CARGO AUDITADO: Jefe de Recursos Humanos		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	En el organigrama se ven cargos que soporten el mejoramiento continuo en la organización.	Organigrama de la Empresa	Se evidencia claramente cargos que lo soporten.	1,1
2	Existen los roles y responsabilidades de los cargos, incluyendo las habilidades necesarias.	Manuales de los Funcionarios	Se evidencia las responsabilidades de cada cargo en la empresa.	1,1
3	El personal conoce sus roles y responsabilidades y periódicamente es informado de su desempeño y necesidades de capacitación o mejoramiento.	Manuales de los Funcionarios	Los trabajadores conocen sus responsabilidades, pero no es notificado constantemente de su desempeño y necesidades con relación al cargo.	1,1
4	Existe un procedimiento para monitorear la necesidad de vacantes, retiros y requerimientos de personal adicional cuando se requiera.	Procedimientos de RRHH	No se evidencia dentro del área de RRHH un procedimiento descrito para esto.	0

5	Se ha realizado una evaluación individual de los técnicos y operadores para determinar los entrenamientos necesarios de acuerdo con rol y responsabilidad.	Procedimientos de RRHH	La evaluación es realizada una sola vez cuando el personal ingresa. Los requerimientos se obtienen de la observación de habilidades.	0
6	El plan de entrenamiento necesario para mantenimiento tiene un plan de acción y costo.	Plan de Capacitación	Se evidencia que se tiene estipulado un plan de capacitación para los funcionarios, pero sin costos asociados ni plan establecido.	0
7	La organización se ha comprometido a proveer los recursos necesarios para el entrenamiento; tiene un indicador que lo garantice.	Plan de Capacitación Sistema efr	La organización contempla dentro de su plan efr la capacitación a personal.	1,1
8	El programa de Entrenamiento tiene direccionado las prioridades de los temas y así ha sido implementado.	Plan de Capacitación	No se evidencian prioridades en el plan de entrenamiento, o mantto no es prioridad.	0
9	Los resultados del entrenamiento están determinados por el nivel de competencia del personal.	Registro de Asistencia	El nivel de competencia es determinante en los resultados, sin embargo no existe retroalimentación de los resultados.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1,11

FECHA DE AUDITORIA: 14-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Jefe de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Se han definido los procedimientos de planeación y programación donde se establezcan las responsabilidades del proceso, la nivelación de los recursos, priorización de trabajos, etc.	PRAP-TC-MIE-PMP	Se evidencia la programación del mantto, asignando responsables y priorización de los trabajos.	1

2	Los planeadores han sido entrenados formalmente en técnicas de planeación y programación, entrenamiento en el CMMS y entrenamiento sobre el trabajo para desarrollar tiempos reales sobre los trabajos planeados.	Plan de Capacitación Registro de asistencia.	No se evidencia entrenamiento en CMMS ni en técnicas de planeación.	0
3	Los planes de mantenimiento por activo denotan claramente responsable, inicio, duración, actividades, permisos, condiciones de seguridad, costo por recurso o global.	FAP-EM-01	Se evidencia dentro de la O.T. responsable, actividades, inicio, pero no duración, costos.	1
4	Se tiene establecida una matriz de criticidad y un listado de equipos críticos o nivel de impacto de detención en la operación.	Indicador Disponibilidad de Equipos (Críticos)	No se evidencia matriz o listado de equipos críticos, sin embargo se tienen plenamente identificados de acuerdo al impacto en la operación.	0
5	El planeador emplea listados de criticidad o similares en combinación con la existencia de repuestos y personal para priorizar el trabajo.	UNO Enterprise (Gestión de Compras y Almacén)	El planeador del mantto no tiene disponible existencia de repuestos ni listados de criticidad pero si de personal.	0
6	El plan maestro es revisado y actualizado por Operaciones y Mantenimiento con los requerimientos totales de mantenimiento.	Actas de Comités	Se evidencia actas de comité donde se revisan avances de los programas estratégicos.	1
7	Con una frecuencia establecida el supervisor tiene disponible la programación.	PRAP-TC-MIE-PMP	Los supervisores (coordinadores) tienen disponibilidad total de la programación.	1
8	El histórico de uso de partes es revisado continuamente y determina niveles adecuados de piezas en inventarios, exceso y obsoletos.	Registros de Inventario	No se evidencia un control del uso de repuestos de los mantenimientos, ni existe almacenaje para mantto.	0
9	Existe cooperación entre operaciones e ingeniería para soportar a mantenimiento en el cumplimiento de sus trabajos programados.	Correo Interno	Se coordina con otras áreas para la ejecución de los manttos programados.	1

10	Los planeadores de mantenimiento y el trabajo de compras soportan atentamente las reparaciones planeadas para ajustar la programación.	Procedimiento de Compras	El área de compras no contempla con prioridad consecución de repuestos para reparaciones planeadas, por lo cual no hay sinergia con el ajuste de la programación.	0
----	--	--------------------------	---	---

PT: Puntos

Valor por punto: 1

FECHA DE AUDITORIA: 14-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Coordinadores de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Los equipos se dejan trabajar hasta que fallan, sin realizar ninguna inspección ni limpieza.	PRAP-TC-MIE-PMP PRAP-TC-MIE-EMP	La mayoría de equipos tienen programación de intervención.	1
2	Al fallar un equipo se procede a identificar la pieza defectuosa y reemplazarla, sin realizar análisis de causa o cambios en la condición de operación o ambiental.	FAP-SI-01	Existe el procedimiento "Investigación de Falla" sin embargo este se centra en buscar si los cambios en la condición del equipo fue reportado o no, mas no en el análisis real de causa.	1
3	Se tienen rutas identificadas y actividades de MP.	PRAP-TC-MIE-PMP FAP-AIT-03	Se evidencia actividades programadas preventivas.	1
4	Las listas de verificación de los MP son claras, con instrucciones concisas por cada equipo. Los diagramas para lubricación/ajuste están disponibles para cada equipo. Los puntos de lubricación/ajuste están claramente marcados y definen el tipo de lubricante o parámetro de ajuste.	FAP-AIT-01 FAP-AIT-03	Se evidencian listas con instrucciones de mantto para cada equipo. Existen manuales de equipo con instrucciones de lubricación y ajuste.	1

5	Los equipos críticos de la planta tienen programado medición de condiciones.	Programa Estratégico	Se evidencia programa para tomas de temperaturas, vibraciones, etc.	1
6	La medición de condiciones de todos los equipos (Vibración, termografía, ultrasonido, tendencias, etc.) define los verdaderos requerimientos de la operación y preservación del activo.	Programa Estratégico	Se realiza solo a equipos críticos. Aun no se evidencia que estos parámetros influyan en requerimientos sobre el equipo.	0
7	Se ha contemplado una limpieza inicial para tener los equipos "como nuevos" y los operadores han sido entrenados y tienen las herramientas apropiadas para realizar la lubricación, ajuste y para detección de síntomas de deterioro.	Registro de Capacitaciones FAP-AIT-03	Los operadores no han sido entrenados en técnicas para detección temprana de fallas. No se contempla condición inicial para todos los equipos.	0
8	Los operadores han desarrollado seguimiento de tendencias y entienden que su rol se expande a detectar y prevenir problemas de mantenimiento.	PRAP-TC-MIE-EMP PRAP-TC-MIE-EMC	Los mantenedores se limitan a realizar la labor de mantto. Los operadores no tienen rol de operador/mantenedor.	0
9	Los equipos críticos de la planta han sido evaluados para aplicaciones de tecnología de monitoreo continuo.	Programa Estratégico	Por medio de este se evaluó la continuidad en la toma de tendencias y monitoreos.	1
10	Los intervalos y procedimiento de los MP son revisados y actualizados periódicamente; con la retroalimentación de los técnicos y hacen parte de un procedimiento formal.	PRAP-TC-MIE-PMP	Solamente se actualizan a principio de año, no hay retroalimentación con los técnicos.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1

FECHA DE AUDITORIA: 14-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: MEDIDAS DE DESEMPEÑO EN MANTENIMIENTO		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Jefe de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Las medidas de desempeño en mantenimiento incluyen un rango amplio de indicadores que permiten evaluar la efectividad y el impacto del servicio de mantenimiento a través de la operación.	Indicadores del Área	Se tienen indicadores básicos para medir el desempeño.	1
2	Se hace el seguimiento periódico del desempeño real ejecutado considerando: tiempo reportado contra tiempo planeado y personal disponible contra el personal empleado reportado en las actividades de mantenimiento.	Manual de Proceso	No se evidencia seguimiento periódico de los tiempos propuestos vs ejecutados ni personal disponible vs tiempos empleados.	0
3	Se comunican los resultados de desempeño a través de algún medio a toda la organización.	Proceso de Comunicaciones	No se evidencia una comunicación constante de los resultados.	0
4	Está implementado un indicador que mida el desempeño de los contratos de servicio.	Indicadores de desempeño	No se evidencia que exista tal indicador.	0
5	Se hace seguimiento a los costos planeados contra los ejecutados y los presupuestos en mantenimiento.	Manual de Proceso	No se evidencia seguimiento costos ejecutados ni de planeados.	0
6	La efectividad de la planeación de mantenimiento es evaluada. (Ej. OT planeadas vs. OT totales, OT planeadas terminadas vs. OT planeadas).	Indicador cumplimiento de la planeación.	Se evidencia indicador que refleja OT planeadas vs ejecutadas	1
7	El incumplimiento de las OT planeadas es evaluado, corregido y no pasado por alto.	Manual de Proceso	Se evidencia algún control en cuanto a no desconocer las causas de la no ejecución de las OT, no se pasa por alto.	1

8	Se mide el éxito del programa de PDM: asertividad en el diagnóstico, reducción de emergencias y costos por tiempo muerto, incremento del trabajo planeado, eliminación de la causa raíz, etc.	Manual de Proceso	No se evidencia control sobre costos por tiempos muertos, eliminación de causas raíz, reducción de emergencias.	0
9	Seguimiento al MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>), MTTR (<i>Mean Time To Repair</i>), tendencia de fallas, disponibilidad, confiabilidad, costos de mantenimiento por separado.	Indicadores de Proceso	No existe indicador que pueda dar control al MTBF y MTTR, confiabilidad, costos de mantenimiento.	0
10	Evaluación por medio de <i>Benchmarking</i> -Matriz de excelencia- a la gestión del departamento implementada como herramienta habitual.	Manual de Proceso	No se evidencia una evaluación constante a la gestión del área.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1

FECHA DE AUDITORIA: 15-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Jefe de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Han sido claramente definidos los requerimientos del CMMS basados en el tamaño y tipo de la organización.	Proceso de Mantenimiento	No se evidencia documento alguno que plasme claramente la capacidad o necesidad de un CMMS.	0
2	La base histórica de los activos está completa. Incluye tendencias de reparación, costos y garantías.	FAP-AIT-02 (hoja de vida)	Se evidencia histórico de mantenimientos y otros sobre los equipos.	1,1
3	Documentación de rutinas de mantenimiento básicas elaboradas y controladas.	Manual de Proceso FAP-AIT-03	Se evidencia formato de rutinas de mantenimiento.	1,1

4	Existe un procedimiento para crear y sacar equipos en el CMMS. Existe la responsabilidad directa por mantener la base de datos en la parte de activos y repuestos.	Manual de Proceso PRAP-TC-MIE-AIT	Aunque no existe un CMMS como tal, la base de datos existe en Excel y es llevada y actualizada constantemente.	1,1
5	Existe un entrenamiento inicial y continuo en CMMS para todos los empleados de mantenimiento.	Asistencia Capacitaciones	No se evidencia entrenamiento continuo en CMMS, además el mismo no existe.	0
6	Existe un administrador del CMMS y un adecuado soporte a los usuarios.	Manual de Proceso	No existe CMMS	0
7	Los procedimientos de calibración para el sistema de control y las tareas de mantenimiento están escritos y se relacionan en el CMMS.	Manual de Proceso	No existe CMMS	0
8	En el CMMS se puede obtener fácilmente información por parte del cliente sobre órdenes de trabajo en progreso, trabajo completado, trabajo programado.	Manual de Proceso	No existe CMMS	0
9	Los cambios en las cotizaciones se reflejan inmediatamente en los costos de repuestos y equipos.	Manual de Proceso	No existe CMMS	0

CMMS: Sistema de Gestión de Mantenimiento por Computador

PT: Puntos

Valor por punto: 1,11

FECHA DE AUDITORIA: 15-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Jefe de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Los líderes de Mantenimiento y el grupo en general mantienen conocimiento amplio de herramienta y tecnología utilizada para realizar reparaciones y diagnósticos.	Visita proveedores.	El jefe, coordinadores y personal tienen conocimientos de técnicas de reparación.	1,3
2	Los supervisores desempeñan de forma directa y primaria la supervisión de los trabajos de mantenimiento para incluir asignaciones programadas de trabajo, verifican la calidad de los trabajos, evalúan el desempeño, etc.	Manual de Proceso FAP-EM-01	No se evidencia como tal el cargo de supervisor, por lo cual estas actividades no se ejecutan.	0
3	El personal se reúne para establecer condiciones especiales de seguridad, como para trabajos en espacios confinados, acciones eléctricas, etc.	ATS – Permiso de Trabajo	Se evidencia que las actividades de alto riesgo se encuentran controladas.	1,3
4	Los supervisores soportan activamente el programa de Seguridad y Limpieza, atienden las reuniones, proponen ideas y tienen actitud que acrecentar el valor de la seguridad.	Manual de Proceso	Mantenimiento no cuenta con supervisores. Sin embargo los coordinadores no soportan técnicas de seguridad y limpieza como 5S'	0
5	Los supervisores son vistos como miembros del Equipo de Mantenimiento y hacen posible la cooperación y soporte de los otros departamentos.	Manual de Proceso	Los coordinadores cooperan activamente a otras áreas de la compañía.	1,3
6	Existe un comité de mantenimiento para mejoramiento del lugar de trabajo. Taller con equipos adecuados, luz y ventilación.	Manual de Proceso	No se evidencia técnicas de mejoramiento continuo de lugar de trabajo como 5S', TPM, etc.	0

7	Los supervisores tienen conocimiento técnico para identificar las necesidades de entrenamiento de su fuerza de trabajo y crear actitud positiva en el grupo.	Manual de Proceso	Los coordinadores tienen la experiencia para identificar las necesidades de sus funcionarios.	1,3
8	Empoderamiento de los equipos de trabajo.	Manual de Proceso	No se observa se fortalezca las capacidades propias de los trabajadores con el fin de empoderarlos en sus funciones.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1,25

FECHA DE AUDITORIA: 15-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD		
PROCESO: Mantenimiento de I&E		CARGO AUDITADO: Jefe de Mantenimiento		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	La organización prevé recursos (tiempo, personal, capital) para soportar el mejoramiento continuo en registro, seguimiento y análisis de fallas.	Organigrama	Se evidencia en algún grado la consecución de recursos para disponer de pasantías que ayudan al área en el análisis de fallas.	1,1
2	Los costos de personal y material están establecidos para todos los trabajos.	FAP-EM-01	No se evidencia control de costos para todos los trabajos.	0
3	Las órdenes de trabajo dan completa información del desarrollo de la reparación, el grupo de trabajo, horas, partes usadas y los códigos de seguimiento de fallas, causas y acciones tomadas.	FAP-EM-01	La O.T da información casi completa de la labor ejecutada, aunque no muestra seguimiento a fallas, causas precisas.	1,1

4	El histórico de los equipos principales es mantenido para hacer seguimiento a falla, repuestos, tiempos, tendencias, información de garantía, causa y acciones tomadas.	FAP-AIT-01	Se lleva histórico total por equipo como intervenciones, mantenimientos, tendencias.	1,1
5	Se revisan periódicamente los archivos del equipo para analizar tendencias de reparación.	Manual de Proceso	La información de los equipos no se revisa periódicamente, muy esporádicamente cuando es reiterativa una falla.	0
6	Con base en los históricos de falla se realiza análisis y define causa raíz sobre equipos críticos. RCA.	Manual de Proceso	No existe un procedimiento formal o técnica de RCA en el área.	0
7	Un proceso de mejora continua de confiabilidad ha sido implementado para evaluar y eliminar la causa raíz de falla e involucra a todo el grupo de mantenimiento.	Manual de Proceso	No se evidencia un programa o técnica para medir y controlar la confiabilidad de los activos.	0
8	Se hace revisión periódica de alarmas y sistemas de parada mediante la ejecución del MP (Falla Oculta)	PRAP-TC-MIE-EMP	No se evidencia se realice mantto de fallas ocultas en los sistemas.	0
9	Existe programa o metodología estructurada similar a FMECA o RCM.	Manual de Proceso	No se evidencia un programa estructurado de FMECA o RCM.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1,11

FECHA DE AUDITORIA: 15-Oct-2013		CATEGORÍA DE LA MATRIZ DE EXCELENCIA: ANÁLISIS DE PROCESOS		
PROCESO: Sistema de Gestión Integral		CARGO AUDITADO: Jefe de Sistema de Gestión Integral		
ÍTEM	DISPOSICIÓN A VERIFICAR	HALLAZGO		PT
		EVIDENCIA	COMENTARIOS	
1	Los procedimientos están escritos, autorizados, procesados, controlados y entendidos por todas las personas que los ejecutan.	Manual de Proceso	Se evidencia control de todos los procesos.	1,1
2	Existe un documento impreso o electrónico donde se capture todo el trabajo ejecutado, con costos, planeación, e información prioritaria del trabajo.	FAP-EM-01	Se evidencia la Orden de Trabajo donde se captura información de la labor.	1,1
3	La responsabilidad de revisar y procesar la documentación de trabajo en mantenimiento está claramente definida.	Manual de Proceso	Se evidencia la responsabilidad para cada proceso.	1,1
4	Los departamentos que requieren los trabajos documentan los campos en la orden de trabajo como localización, número del equipo, tipo de trabajo, etc.	PRAP-TC-MIE-SM	Se evidencia la inclusión de esta información en las solicitudes de mantenimiento	1,1
5	Está definido el procedimiento para determinar la prioridad de los trabajos basados en la criticidad del equipo, en el tipo de trabajo a realizarse considerando factores de riesgo y seguridad, costos o consecuencias de paradas, etc.	Manual de Proceso	No existe un procedimiento como tal que indique la criticidad y prioridad de los equipos y trabajos, se toma basado en la experiencia.	0
6	Para la compra de nuevos equipos y/o modificaciones se tiene en cuenta la revisión y aprobación de Mantenimiento.	Manual de Proceso	No se evidencia exista una sinergia entre el área de compras y mantto para aprobación de compra de equipos nuevos o modificaciones a los actuales.	0

7	Revisión periódica de proceso y modificaciones a los documentos de procesos existentes en demostración de una mejora continua. Versiones mejoradas de documentos.	Indicador Gestión de Acciones. Auditorías Internas y Externas.	Se evidencia seguimiento y mejora continua de procesos jalonados desde el área de SGI.	1,1
8	Están definidos los procedimientos de bodega que definen recibo, control de existencias, control de acceso, inventario general, disponibilidad de partes, etc.	Manual de Proceso Almacén UNO Enterprise	Los procedimientos de bodega (Almacén) están claramente definidos.	1,1
9	El sistema de inventario de partes está desarrollado de forma adecuada y ofrece un completo registro de información por cada ítem, actualizado incluyendo claramente descripción, localización, donde se usa, información del vendedor, información de la garantía, etc.	Manual de Proceso Almacén	Aunque la compañía tiene almacén, este no es control del área de mantto, además para el área no se especifica stock de componentes ni inventario de partes. De necesitarse stock para mantto no está controlado mediante almacén.	0

PT: Puntos

Valor por punto: 1,11

ANEXO F. MATRIZ DE EXCELENCIA

RED DE EXCELENCIA DE MANTENIMIENTO									
CLASE	ESTRATEGIA	GESTIÓN DE RECURSO HUMANO	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	TECNICAS DE MTTO	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN	INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	ANÁLISIS DE PROCESOS
CLASE MUNDIAL	Estrategia Corporativa de Mantenimiento	Multi-habilidades independiente de la operación	Mayor planificación de proyectos e ingeniería a largo plazo	Todas las técnicas empleadas, basadas en análisis	Efectividad de Equipos , Benchmarking y excelente base de datos de costos	Base de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo autónomos	Programa total de confiabilidad	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo y calidad.
COMPETENTE	Plan de mejora a largo plazo	Algunas multi-habilidades	Buena planeación del trabajo, programación y soporte de Ingeniería	Algunos CBM. Algunos PM.	MTBF/MTTR, Availability, Reliability, costos de mantenimiento por separado	Totalmente funcional. Vinculado a finanzas/material es	Equipos de mejoramiento continuo	Algunas FMECA implementada	Alguna revisión de la admón., procedimientos de ingeniería y operaciones
CONSCIENTE	Plan de mejora a un año	Descentralizados grupo de operaciones mixta	Grupos de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente	Inspecciones basadas en tiempo y uso. Algunos NDT	Tiempo de paradas con causa y costos de mtto disponibles	Totalmente funcional. Ningún vínculo con otro sistema	Comités de mejoramiento del lugar de trabajo	Buena base de datos de falla, bien utilizada	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos
INSATISFACTORIO	Plan de Mejoramiento de Mantenimiento Preventivos	Parte centralizada para algunos grupos	Soporte en la detección de fallas. Inspección en la programación	Inspección basada en tiempo	Algunos registros de tiempos de inactividad y costos de mantenimiento no segregados	Mtto básico programado. Algunos registros	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	Registro de fallas poco usado	revisión de procesos solo una vez
INOCENTE	Principalmente reactivo a falla	Altamente centralizada	No planeación. Poca programación y no existe ingeniería	Inspección únicamente a Paradas anuales	No se aprovecha el sistema. costos de mtto no	Manual para sistemas de especialidad ad-hoc	Solo reuniones con el personal para tocar temas sindicales o sociales	No existe registro de fallas	Nunca han revisado

Autor: Jhon Dixon Camprell, UPTIME Strategies for Excellence in Maintenance Management