

DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL
GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE
SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

HERNÁN OSWALDO GÓMEZ ORTIZ
PEDRO ALONSO JIMÉNEZ JARA
TULIO ENRIQUE TRUJILLO NAVARRO

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

DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL
GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE
SERVICIOS ELECTROMECÁNICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

HERNÁN OSWALDO GÓMEZ ORTIZ
PEDRO ALONSO JIMÉNEZ JARA
TULIO ENRIQUE TRUJILLO NAVARRO

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
HÉCTOR FORERO ARÉVALO
Ingeniero Mecánico

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

En primera instancia al Señor
Soberano del Universo creador
del cielo y de la tierra.

A mi esposa e hija por su
comprensión y apoyo para el
logro de esta meta.

Hernán Oswaldo

A mis padres que con su constante apoyo, han sido la fuente de mi motivación y tenacidad.

Pedro Alonso

A mis padres y esposa que constantemente me brindaron la dirección y consejo necesarios para culminar esta meta.

Tulio Enrique

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá., por el apoyo brindado para la culminación de este proyecto.

Ingeniero Roosevelt Apache Cruz, Director de Servicios Electromecánica.

Ingeniero Carlos Ramón González, Coordinador de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por lo conocimientos transmitidos.

Todos los compañeros de la especialización por permitirnos crecer como personas y aprender de sus experiencias tan valiosas.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TRUJILLO NAVARRO TULIO ENRIQUE		CÓDIGO: 2047552
TÍTULO DEL PROYECTO: DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.		
REGISTRO No.	FACULTAD: INGENIERÍAS FISICOMECAÁNICAS	CARRERA: :Posgrado en Gerencia de Mantenimiento
EVALUACIÓN: APROBADA		CRÉDITOS: 1

DIRECTOR DEL PROYECTO

NOMBRE: HÉCTOR FORERO ARÉVALO	FIRMA:
-------------------------------	--------

CALIFICADORES

Firma:	Firma:	FECHA		
Nombre: SNARDO GONZÁLEZ JAIMES	Nombre: CARLOS RAMÓN GONZÁLEZ B	A 2006	M 10	D 27

Original: Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica
Copias: Coordinación de Carrera



CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA	2
1.1 EMPRESA DE TODOS, CON AGUA PARA SIEMPRE	2
1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN	4
1.2.1 Infraestructura administrativa	4
1.2.2 Infraestructura técnica	5
1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA	6
1.4 PROCESO	9
1.5 PRODUCTOS	10
1.6 MERCADO	11
1.7 GESTIÓN CON CALIDAD	12
1.8 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	14
1.9 ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA	16
1.9.1 Aspectos administrativos	16
1.9.2 Aspectos organizativos	16
1.9.2.1 Ejecución de mantenimiento	16
1.9.2.2 Planeación de presupuestos.	20
1.9.2.3 Contratación	22

1.9.3 Recursos físicos	22
1.9.3.1 Planta física	22
1.9.3.2 Logística	23
1.9.4 Recursos humanos	24
1.9.5 Aspectos económicos	26
1.9.5.1 Costos de ejecución de mantenimiento	26
1.6 DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO MATRIZ DOFA DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA	27
1.6.1 Antecedentes	30
1.6.2 Problema	30
1.6.3 Resultado del análisis DOFA	31
1.7 OBJETIVOS	31
2. ESTADO DEL ARTE EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS	32
2.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	32
2.1.1 Mantenimiento Clase Mundial (M.C.M.)	32
2.1.2 Diez mejores prácticas que sustentan el mantenimiento clase mundial	33
2.1.3 Criterios para seleccionar y aplicar estrategias y metodologías de mantenimiento	34
2.1.4 Proceso de gestión de confiabilidad clase mundial	40
2.1.5 Enfoque hacia la gestión de activos	43
2.2 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO	51
2.2.1 Categorización del mantenimiento	52
2.2.2 Cuerpo y función de los equipos. Efectos del espacio y del tiempo	54

3.	DIRECCIÓN DE SERVICIOS DE ELECTROMECAÁNICA HACIA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS	58
3.1	MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL GERENCIAMIENTO DE LOS ACTIVOS	61
3.1.1	Parámetros de diseño del modelo	61
3.1.2	Enfoque “Kantiano” de la organización de mantenimiento	61
3.1.3	Enfoque “Gerenciamiento de activos”	62
3.2	ESQUEMA DE MOGADISEL	62
3.2.1	Objetivos de MOGADISEL	64
3.2.2	Alcance	64
3.2.3	Evaluación de MOGADISEL	65
3.2.4	Indicadores clave de desempeño	65
3.3	VISIÓN DE MOGADISEL	66
3.4	MISIÓN DE MOGADISEL	66
3.5	DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA GENERAL DE MOGADISEL	66
3.5.1	Nivel estratégico	67
3.5.2	Nivel táctico	82
3.5.3	Nivel operativo	90
3.5.4	Nivel instrumental	92
4.	MODELO PARA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA MOGADISEL UNA REALIDAD PARA EL CAMBIO	97
4.1	EL CAMBIO HACIA MOGADISEL	97
4.2	COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN	101

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE MOGADISEL	101
4.4 ANÁLISIS FINANCIERO DE MOGADISEL	104
5. CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	114

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Plan general estratégico	3
Cuadro 2. Resumen consolidado de los cuatro índices de gestión para el año 2005	20
Cuadro 3. Consolidado de costos por división de la dirección Electromecánica mes de diciembre 2005	26
Cuadro 4. Costos del nivel estratégico	106
Cuadro 5. Costos nivel táctico	106
Cuadro 6. Costos nivel operativo	107
Cuadro 7. Costos nivel instrumental	107
Cuadro 8. Resumen general de costos	107
Cuadro 9. Inversión de acuerdo a Niveles. Año 1	109
Cuadro 10. Inversión de acuerdo a Niveles. Año 2	110
Cuadro 11. Costos con proyecto Vs sin proyecto año 1	110
Cuadro 12. Costos con proyecto Vs sin proyecto año 2	111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Panorámica edificio central de operaciones	4
Figura 2. Ubicación de la Infraestructura administrativa y operativa de la Empresa en Bogotá y municipios aledaños	6
Figura 3. Aspectos relevantes de la historia del acueducto en Bogotá	7
Figura 4. Sifón embalse de la regadera Usme Cundinamarca	8
Figura 5. Ciclo del servicio	10
Figura 6. Índices de cobertura	11
Figura 7. Coberturas en Acueducto y Alcantarillado por Empresa	13
Figura 8. Ingresos totales en Millones de US\$	13
Figura 9. Ingresos por persona atendida en US\$	13
Figura 10. Organigrama	15
Figura 11. Tipos de mantenimiento electromecánico	17
Figura 12. Planeación de presupuesto	21
Figura 13. Distribución de planta de la Dirección de Servicios Electromecánica	23
Figura 14. Organigrama de la organización del mantenimiento	25
Figura 15. Consolidado de costos por división de la dirección Electromecánica mes de diciembre 2005	27
Figura 16. Naturaleza de propuestas	35
Figura 17. Datos técnicos por naturaleza de propuesta	37
Figura 18. Metodologías confiabilidad operacional	38

Figura 19. Modelo de Gestión de Confiabilidad Clase Mundial	40
Figura 20. Implementación de metodologías y estrategias	42
Figura 21. Relación entre TPM y Terotecología	46
Figura 22. Objetivos del mejoramiento del programa Flash Audit	48
Figura 23. Radar del mantenimiento de Flash Audit y áreas que cubre	49
Figura 24. Opciones de estructuras organizacionales de mantenimiento	50
Figura 25. Elementos de un sistema kantiano	52
Figura 26. Función del mantenimiento	55
Figura 27. Agentes que generan fallas o desgastes en los equipos	55
Figura 28. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico	56
Figura 29. Objetivos del plan estratégico de la E.A.A.B.	58
Figura 30. Diagrama de MOGADISEL	63
Figura 31. Estructura del Grupo de gestión estratégica	67
Figura 32. Interrelación del mantenimiento y la producción	73
Figura 33. Ciclo del Mejoramiento Continuo	79
Figura 34. Mantenimiento de la calidad total	81
Figura 35. Estructura del Grupo de gestión táctica	82
Figura 36. Modelo de análisis costo-riesgo-beneficio	83
Figura 37. Metodología general de análisis costo-riesgo-beneficio	84
Figura 38. Criterios y cálculos para el análisis costo-riesgo-beneficio	85
Figura 39. Costo del ciclo de vida	87
Figura 40. Estructura grupo de gestión operativa	90
Figura 41. Estructura del Grupo de ejecución instrumental	93

Figura 42. Integración de los niveles y grupos responsables	96
Figura 43. Esquema de implementación de MOGADISEL	102
Figura 44. Flujo de caja de una inversión en tecnología para monitoreo de condición	105

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Vinculación de Meta principal con planes de acción	70
Tabla 2. Interrelación de las Metas de la política económica con Indicadores que Miden su Cumplimiento	70
Tabla 3. Indicadores de Desempeño de Costos	71
Tabla 4. Vinculación de Meta principal con planes de acción	74
Tabla 5. Interrelación de las metas de la política de mantenimiento con indicadores que miden su cumplimiento	75
Tabla 6. Indicadores de Desempeño del Equipo	76
Tabla 7. Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento	77
Tabla 8. Pasos para la implementación de MOGADISEL	103
Tabla 9. Presupuesto de mantenimiento	108
Tabla 10. Ahorro conseguido	112

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ*

AUTORES: HERNAN OSWALDO GÓMEZ ORTIZ, PEDRO ALONSO JIMÉNEZ JARA, TULIO ENRIQUE TRUJILLO NAVARRO**

PALABRAS CLAVES: GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS, MOGADISEL, GESTIÓN, DIRECCIÓN DE ELECTROMECAICA.

DESCRIPCIÓN: Este trabajo contiene el diseño del Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los Activos a Cargo de la Dirección de Servicios de Electromecánica, de la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá "MOGADISEL", constituyéndose él mismo, en la moderna herramienta de gestión que permitirá la transformación de la actual organización de mantenimiento a una estructura por niveles, que diseñada bajo los parámetros de las últimas tendencias de clase mundial en mantenimiento, terminará con el concepto de mantener pasivos y entrará en la era del gerenciamiento de activos, transformando a esta organización de mantenimiento, de un centro de costos a un centro de negocio y permitiendo la alineación de la misma con el plan estratégico de la empresa, de la cual en el capítulo uno, se hace su descripción y se detalla la organización del mantenimiento mediante la presentación de sus recursos, índices de gestión costos y problemática vigente.

En el capítulo dos se describen los aspectos fundamentales de los parámetros que una organización debe tener en cuenta para transformarse a la categoría clase mundial, y se muestran los enfoques de gerenciamiento de activos y Kantiano de la organización de mantenimiento; analizando las tendencias que hacen parte de la nueva ruta para el gerenciamiento de activos, dando lugar al diseño del modelo para el gerenciamiento de activos MOGADISEL, el cual se presenta en el capítulo tres, mediante el desglose de los niveles estratégico, táctico, operativo e instrumental que integran la estructura del modelo y determinan las nuevas macro políticas: económica, mantenimiento y calidad, que regirán el nuevo concepto de gestión de mantenimiento, estableciendo las correspondientes metas a ser evaluadas por indicadores claves de desempeño de clase mundial e integrando todos los recursos con los que cuenta la organización de mantenimiento, hacia el cumplimiento de planes de acción y tareas fijadas para cada nivel y que apuntan al cumplimiento de las metas establecidas. Para el capítulo cuarto se presentan los pasos básicos de preparación, implementación y evaluación, necesarios para la adopción del modelo y se establece la correspondiente valoración y evaluación financiera de los recursos necesarios para el desarrollo del modelo.

Finalmente en el capítulo quinto se presentan las conclusiones generales sobre el desarrollo de este trabajo, arrojadas por el diseño del modelo y el diario convivir con los problemas de la organización de mantenimiento en la Dirección de Servicios de Electromecánica.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Héctor Forero Arévalo, Ingeniero Mecánico

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF THE MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL FOR THE ASSET MANAGEMENT UNDER RESPONSABILITY OF THE OF THE ELECTROMECHANICAL SERVICES DEPARTMENT OF THE BOGOTÁ WATER AND SEWERAGE COMPANY

AUTHORS: HERNAN OSWALDO GOMEZ ORTIZ, PEDRO ALONSO JIMENEZ JARA, TULIO ENRIQUE TRUJILLO NAVARRO**

KEYWORDS: ASSET MANAGEMENT, MOGADISEL, MANGEMENT, ELECTROMECHANICAL DIVISION.

DESCRIPTION: This monograph presents the design of the Maintenance Management Model for the asset management under responsibility of the Electromechanical Services Department of the Bogotá Water and Sewerage Company denominated: "MOGADISEL". The model itself is a modern management tool that will enable transformation of current maintenance organization into a type of structure by levels, designed according to the last World Class Maintenance tendencies of asset management, changing the old fashion maintenance organization concept of costs center toward a profit center aligned with the company business strategic plan.

In chapter one Company and maintenance organization are depicted presenting resources, key performance indicators, costs and current problems. In chapter two the fundamental parameters to change an organization to world class are described as well as asset management and Kant maintenance organization concept, analyzing tendencies that are part of the new route for the asset management, providing the fundamentals to design the Asset Management Model MOGADISEL, which is presented in chapter three, through breaking down the Strategic, Tactic, Operative and Instrumental levels that integrate the structure model and determine the new macro polices: economic, maintenance and quality, that will guide the new concept of maintenance management, defining the goals to be evaluated by world class key performance indicators and integrating all resources of the maintenance organization, toward compliance of action plans and tasks assigned to each level in order to meet defined goals.

In chapter four the basic steps, implementation and evaluation required to adopt the model are presented and economical justification to develop and implement the model is included. Finally in chapter five conclusions are presented.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Héctor Forero Arévalo, Mechanical Engineer

INTRODUCCIÓN

Recientemente la Empresa de Acueducto Agua y alcantarillado de Bogotá, con el propósito de evaluar la actualidad de los procesos y desarrollar proyectos piloto de modernización que permitan en el tiempo el aumento de la eficiencia, la maximización de los recursos y la disminución de los costos que afectan el costo unitario por metro cúbico de agua potable que se factura, ha establecido un objetivo estratégico de excelencia en todas las operaciones generando toda una sinergia de revisión y mejoramiento continuo, que se ha extendido a la Dirección de Servicios Electromecánica, área que es conciente de la problemática actual de las Divisiones que dependen de la misma como son la División de Servicios Mecánica, Eléctrica y Electrónica; Divisiones que por pertenecer a una empresa estatal, no cuentan con un modelo moderno y unificado de Gestión de Mantenimiento acorde con el tamaño de la organización y sus necesidades, funcionando mediante una organización de mantenimiento básica, desactualizada y que cuenta con sólo cuatro índices de gestión que reflejan su grado de inocencia.

El alcance de este trabajo se sustenta en el diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los Activos que permita a la Dirección de Servicios Electromecánica de la Empresa, modernizar su modelo actual de gestión de mantenimiento y consolidarse en el tiempo como una organización de mantenimiento de clase mundial, administrando de manera eficientemente el ciclo de vida de los activos a su cargo, los cuales se agrupan en el parque de bombas centrífugas que se encuentran distribuidas en cadenas de bombeo para llevar agua potable, un parque de bombas de tornillo tipo Arquímedes para la elevación de aguas residuales domesticas, industriales y lluvias a la cota del río Bogotá, una Central Hidroeléctrica para la generación de 12 Megavatios y un parque de equipos automotrices especializados de succión presión y construcción para el mantenimiento del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Para el desarrollo del proyecto se estableció un reconocimiento de las mejores prácticas y estrategias de mantenimiento existentes, tales como: Gerenciamiento de Activos, Mantenimiento de Clase Mundial, Enfoque Kantiano del Mantenimiento, Costo Ciclo de Vida -LCC y tácticas modernas tales como TPM y RCM; con el propósito de diseñar un Modelo moderno de Gestión de Mantenimiento fundamentado en Las Mejores Prácticas y Estrategias de Mantenimiento, donde se definen políticas, planes de acción y tareas que permiten la transición del estado del mantenimiento actual hacia el Gerenciamiento de Activos; para finalmente definir la estrategia de implementación del nuevo Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los Activos, incluyendo la evaluación financiera del mismo.

1. EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA

1.1 EMPRESA DE TODOS, CON AGUA PARA SIEMPRE

La empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogota, es un organización de naturaleza pública que tiene 118 años de experiencia y esta constituida bajo las reglas del Código de Comercio y la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios, su objeto principal es la captación, conducción, tratamiento, distribución y facturación del servicio de acueducto y alcantarillado para la ciudad de Bogotá, cuenta actualmente con una planta de personal de 1.400 trabajadores directos y 352 indirectos.

La alta gerencia está constituida por una junta directiva encabezada por el Alcalde Mayor de Bogotá Doctor Luis Eduardo Garzón y el concejo de la ciudad, como Gerente General de esta organización, ejerce actualmente el Doctor Edgar Antonio Ruiz, quien ha establecido el “Plan General Estratégico 2004-2008” en donde se trazan los lineamientos de gestión para la empresa, con los cuales se encuentran comprometidos todo el personal directivo y se ha originado la revisión de procesos internos, en procura de garantizar la prestación eficiente y de calidad de los servicios de acueducto y alcantarillado al costo optimo.

El plan estratégico esta constituido por parámetros de planeación estratégica como Visión, Misión y Valores corporativos que están vigentes, dichos parámetros son liderados por la Gerencia General, Gerencia Corporativa de Planeamiento y la Dirección de Planeación y Control de Resultados Corporativos, quienes a través de tableros de control ejercen la evaluación periódica del plan, que se concentra fundamentalmente en garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico hacia el futuro, el suministro constante de agua potable, el mejoramiento de las relaciones cliente empresa mediante la apropiación y participación ciudadana y el aporte social como uno de los pilares de gestión publica.

En el cuadro 1 se presenta el resumen de los parámetros de planeación estratégica vigentes para la dirección gerencial de la empresa y que enmarcan toda la cultura empresarial a proyectada 2004 a 2008.

Cuadro 1. Plan general estratégico

Visión	Empresa de todos, con agua para siempre.
Misión	Somos una Empresa Pública, comprometida con nuestros usuarios, dedicada a la gestión integral del agua.
Valores Corporativos	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Orientación hacia el servicio. ❑ Respeto integral por las personas. ❑ Transparencia en el manejo de recursos públicos. ❑ Excelencia en nuestra gestión. ❑ Responsabilidad social y ambiental.

Para lograr el cumplimiento de los parámetros de planeación estratégica que componen el plan de acción la gerencia definió seis grandes objetivos estratégicos cuyo cumplimiento se plantea a medio plazo (3-5 años) como son:

1. Motivar la apropiación ciudadana a través del reconocimiento, valoración y pertenencia a la empresa de Acueducto de Bogotá.
2. Procurar la sostenibilidad del recurso hídrico.
3. Alcanzar la excelencia en todas nuestras operaciones.
4. Construir una comunidad empresarial comprometida con la visión y misión del Acueducto de Bogotá.
5. Garantizar la sostenibilidad financiera de la Empresa.
6. Consolidar la presencia regional y nuevas oportunidades de negocio en la gestión integral del agua.

1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Con el fin de atender la demanda de servicios la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá, cuenta con una infraestructura administrativa y técnica, distribuida estratégicamente en la ciudad y en el departamento de Cundinamarca, descrita a continuación y que le permite atender de manera eficiente y oportuna la prestación integral de los servicios de acueducto y alcantarillado.

1.2.1 Infraestructura administrativa. Corresponde a toda la infraestructura de edificios, en donde se ejercen actividades administrativas, y de atención al cliente como son:

- **Central de Operaciones**, edificio principal administrativo, ubicado en la localidad segunda jurisdicción de la Alcaldía Menor de Chapinero, barrio Quinta Paredes, en donde funciona la Gerencia General y demás secciones administrativas.
- **Subcentral Norte.** Sede operativa, ubicada en la localidad primera, jurisdicción de la alcaldía menor de Usaquen, barrio Santa Bárbara en donde funciona la Dirección de Mantenimiento acueducto y alcantarillado norte.
- **Subcentral Sur.** Sede operativa, ubicada en la localidad quinta, jurisdicción de la alcaldía menor de barrios unidos, barrio Santa Lucía en donde funciona la Dirección de Mantenimiento acueducto y alcantarillado sur.

Figura 1. Panorámica edificio central de operaciones

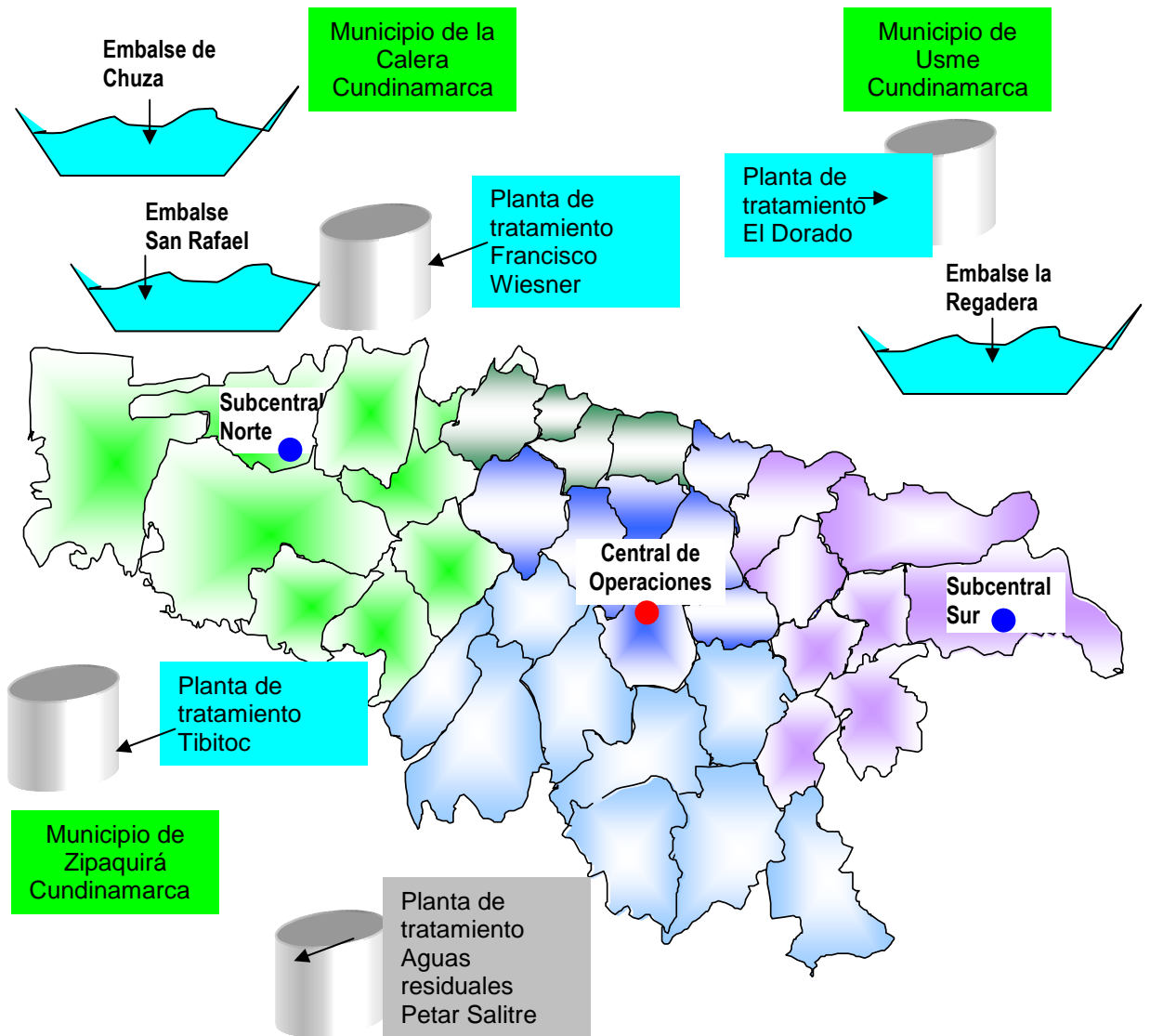


En la figura 1 se observa la fachada de la sede principal de la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá, denominada Central de Operaciones, en donde se agrupa el 40% de los trabajadores y se realiza adicionalmente la atención de peticiones quejas y reclamos

1.2.2 Infraestructura técnica. Corresponde a toda la infraestructura de embalses de almacenamiento y plantas de tratamiento, túneles de conducción, tanques de almacenamiento, redes matrices de distribución, mediante la cual se ejercen actividades técnicas relacionadas directamente con el producto (ver figura 2).

- **Embalse de Chuza,** esta obra de ingeniería es la mayor reserva hídrica con la que cuenta actualmente la empresa, con una capacidad de almacenamiento de 275'000.000 millones de metros cúbicos, ubicado en el parque Nacional Natural Chingaza, departamento de Cundinamarca.
- **Embalse de San Rafael,** se construyo como reserva hídrica y soporte de contingencia para el suministro de agua para la ciudad, con una capacidad de 75,000.000 millones de metros cúbicos, esta ubicado en el municipio de la calera Cundinamarca.
- **Planta de tratamiento Francisco Wiesner.** Ubicada en el Municipio de la Calera, se encarga del tratamiento de las aguas crudas provenientes del embalse de Chuza y San Rafael, dicho tratamiento físico-químico permite mejorar las condiciones del agua cruda mediante la normalización de pH de 8.7 a 6.3 y genera un caudal de agua potable de 25 m/seg. que surte el 80% de la demanda de la ciudad.
- **Planta de tratamiento El Dorado.** Ubicada en el Municipio de Usme al Sur Oriente de la ciudad de Bogotá, trata las aguas crudas provenientes del embalse de la regadera, generando un caudal de agua potable de 15 m³/seg. que abastece un 10% de la demanda del Sur Oriente de la Ciudad.
- **Planta de tratamiento Tibitoc.** Ubicada en el Municipio de Zipaquirá al norte de la ciudad de Bogotá, entrega un caudal de agua potable de 8 m³/seg. que abastece el 10% de la demanda de la zona central de la Capital.

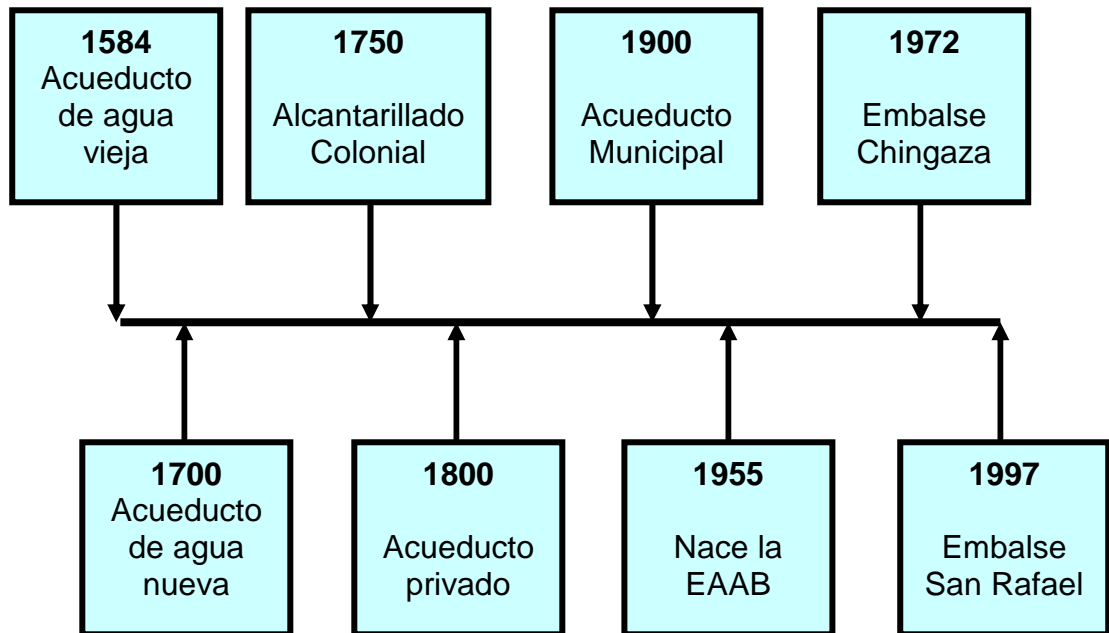
Figura 2. Ubicación de la Infraestructura administrativa y operativa de la Empresa en Bogotá y municipios aledaños



1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Hace 118 años se instaló por primera vez un tubo en hierro para el acueducto de la ciudad y con ese hecho empezó una nueva era en el manejo del agua para el consumo de los bogotanos, que significó, entre otras cosas, la erradicación epidemias debidas a la falta de agua potable. Muchas generaciones de mujeres y hombres han pasado por la empresa desde el pasado 2 de julio de 1888 y han hecho del sistema de acueducto y alcantarillado de la ciudad un ejemplo para todo el país.

Figura 3. Aspectos relevantes de la historia del acueducto en Bogotá



En la figura 3 se muestran los principales Hitos que han marcado la historia de la Empresa desde el año 1584, por lo que se presentan los aspectos relevantes de la historia de la empresa la cual cumplió el pasado 2 de julio del presente 118 años.

- **Acueducto de agua vieja.** En 1584 el Cabildo ordenó la construcción de la primera fuente de la Bogotá colonial, el Mono de la Pila.
- **Acueducto de agua nueva (años 1700).** El 30 de Mayo de 1757 se inauguró el acueducto de Agua Nueva que se constituyó en la obra más importante de este periodo.
- **Alcantarillado Colonial. (1750)** En cuanto a la disposición de las aguas servidas (aguas negras), durante el periodo colonial, la sección transversal de las calles y carreras tenían la forma de batea o artesa, con la parte más honda en el centro por donde corría un caño revestido por lajas de piedra.
- **Acueducto privado (años 1800).** En 1886 el municipio concedió a Ramón B. Jimeno y a Antonio Martínez de la Cuadra la exclusividad para establecer, usar y explotar los acueductos de Bogotá y Chapinero por un periodo de setenta años.

- **Acueducto Municipal (años 1900).** Pero el sistema privado tampoco fue la respuesta a las necesidades del servicio de la ciudad, por esto en el año de 1914 el acueducto regresó a la municipalidad y empezaron una serie de obras para solucionar el problema de abastecimiento que venía sufriendo la ciudad. Se construyeron tanques en las zonas altas de la ciudad y se renovaron tuberías. En 1920 se inició la desinfección del agua por medio del Cloro y a finales de esta década se constituyó una nueva empresa con el tranvía y el acueducto.

- **Nace la EAAB.** En 1955 el acueducto se desvinculó del tranvía y se unió al sistema de alcantarillado creando la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, mediante el acuerdo 105 del Concejo Administrativo de la ciudad. La figura 4 muestra la primera estructura de almacenamiento construida por la empresa, conocida como embalse de la regadera.

Figura 4. Sifón embalse de la regadera Usme Cundinamarca



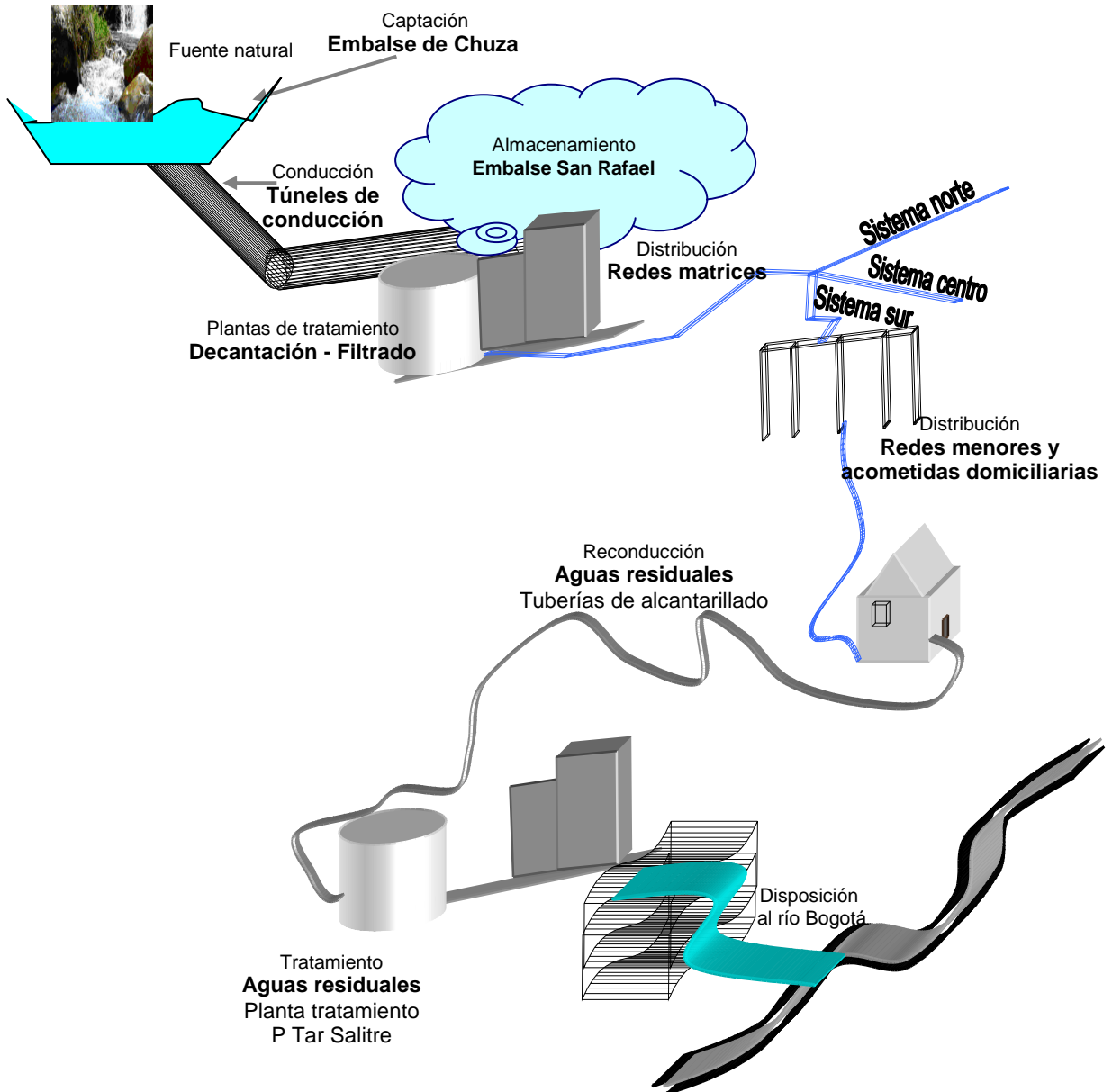
La Empresa proyectando el acelerado crecimiento de la ciudad, puso en marcha el proyecto Chingaza. En 1972 se iniciaron las obras. En la primera etapa se construyó el embalse de Chuza, de donde el agua es transportada por túneles hasta la Planta de Tratamiento Francisco Wiesner (antigua Planta El Sapo, localizada en el valle del río Teusacá, y se complementó con la construcción del Embalse de San Rafael que empezó a funcionar en 1997 con una capacidad máxima de 75 millones de m³.

1.4 PROCESO

La empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá, se ha caracterizado por su constante planeación y proyección del servicio de agua potable hacia el futuro, de una ciudad creciente en el tiempo venciendo barreras de tipo económico y técnico para llevar dicho fluido hasta aquellas partes aisladas que requieren de este servicio básico para la existencia y desarrollo social, incurriendo en altas inversiones económicas con recursos propios y créditos externos que le han permitido cumplir con las exigencias del gobierno Distrital, adquiriendo predios fuera de la ciudad ubicados en los parques nacionales naturales de Chingaza y Sumapaz en donde se encuentran las mayores reservas hídricas cercanas a la ciudad con el fin de garantizar la ejecución de grandes obras civiles; mecánicas y eléctricas como embalses de captación y almacenamiento; grandes túneles de conducción; avanzados sistemas de tratamiento y complejas estructuras de bombeo y control de la presión; además de cientos de kilómetros de redes mayores y menores de distribución de agua potable a la ciudad de Bogotá.

La figura 5 muestra esquemáticamente el ciclo del servicio prestado por la empresa, iniciando con la captación de aguas crudas en la fuente natural, agua que es almacenada en el embalse de Chuza y transportada mediante túneles de conducción hasta el embalse de San Rafael; allí se almacena un 20% como reserva y se realiza el respectivo tratamiento físico (Decantación y filtrado) – químico (aplicación de cal y cloruro férrico) al 80% restante, agua potable, que es transportada a través de redes matrices de 24" que distribuyen en la ciudad el fluido en tres sistemas principales (Sistema norte, centro y sur), para que posteriormente a través de redes menores de 16", 12", 8", 6", 4", 2", 1" y ½" se surte a los diferentes clientes industriales, comerciales y residenciales. Una vez utilizadas las aguas de los diferentes sectores, se convierten en aguas residuales que son recolectadas a través del sistema de alcantarillado, el cual las conduce hasta la planta de tratamiento de aguas residuales, para que allí mediante un tratamiento avanzado primario, se decanten, se adicionen químicos y se dispongan con un 30% de carga orgánica a la cuenca del Río Bogotá.

Figura 5. Ciclo del servicio



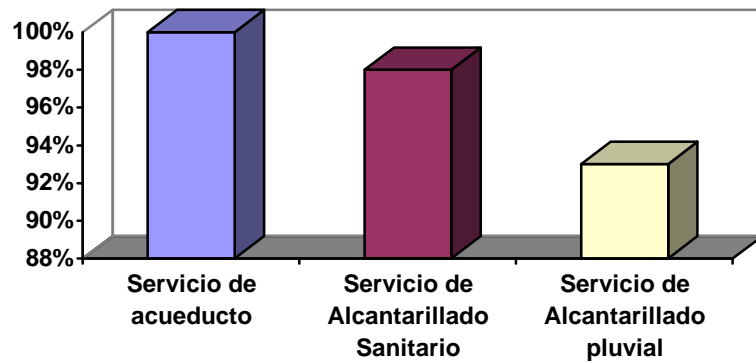
1.5 PRODUCTOS

Actualmente la empresa cuenta con una Gestión integral del agua comprendida por 7 productos principales, los cuales se encuentran contenidos en el portafolio de gestión integral del agua, que está conformado por los siguientes productos:

- Servicio de Acueducto.
- Servicio de Alcantarillado Sanitario.
- Servicio de Alcantarillado pluvial.
- Tratamiento de Aguas residuales.
- Generación de energía.
- Asesoría técnica.
- Preservación de cuencas, ríos y humedales.

En la figura 6 se muestran los índices de cobertura alcanzados hasta el año 2006 por la empresa mediante la expansión del sistema de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá.

Figura 6. Índices de cobertura



1.6 MERCADO

La primera responsabilidad de la Empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá, es el cubrimiento total de los servicios en la ciudad y su perímetro inmediato. Sin embargo, en el mediano y largo plazo la supervivencia de la empresa dependerá de la expansión de su mercado, situación presentada por varias razones: la tendencia global de aglomeración de mercados en donde las organizaciones grandes acaban con las pequeñas, la posibilidad de que los

inversionistas privados tomen los mercados de agua disponibles, la percepción sobre los altos costos de los servicios públicos que generan la necesidad de recursos alternativos, a las tarifas y la demanda creciente de recursos para el control ambiental.

Debido a lo anterior se adelantan evaluaciones de oportunidades de negocio para que la empresa pueda poner al servicio de otros mercados sus capacidades en operación de acueducto y alcantarillado, servicios técnicos, y sistemas de información, teniendo en cuenta las oportunidades de negocio en el marco regional, nacional e internacional para lo cual se ha creado la subsidiaria “Aguas de Bogotá” como el instrumento de participación de la empresa en los nuevos mercados.

1.7 GESTIÓN CON CALIDAD

En la actualidad se labora en la proyección de la cultura de planeación y control de gestión, indispensable para la supervivencia y crecimiento de la empresa. El modelo de gestión del Acueducto, apoyado en la implementación del Modelo Estándar de Control Interno (MECI) y el Sistema Único de Gestión de Calidad, y atendiendo las mejores prácticas de otras empresas, es una herramienta valiosa en la constitución de una empresa eficiente, moderna y competitiva.

Lo que actualmente busca el modelo de gestión es eliminar el fraccionamiento de los procesos logrando una visión compartida de la Visión y Misión del Acueducto; así mismo, se hace necesario realizar la reducción de tarifas, lo cual es una tarea compleja que implica, toda una revisión y replanteamiento de todos y cada uno de los procesos administrativos implicando esfuerzo de su recurso humano que se ha encargado de continuar dando altura a su empresa en búsqueda de la satisfacción de un cliente final que a tarifas favorables se beneficia de una excelente agua potable en comparación de la calidad y costos del mismo servicio en otros países del mundo.

Se presenta en la figura 7, 8 y 9 una estadística en donde se realiza un análisis de la situación de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B.) con respecto a otras empresas latinoamericanas a partir de la información básica de ingresos, costos y población servida para el último año.

Se comparan los valores de la E.A.A.B. frente a empresas de Sao Paulo, Brasil (Sabesp); Lima, Perú (SEdupal); Santiago de Chile (Aguas Andinas); Caracas (Hidrocapital) Venezuela y La Paz, Bolivia (Aguas Illimani).

Figura 7. Coberturas en Acueducto y Alcantarillado por Empresa

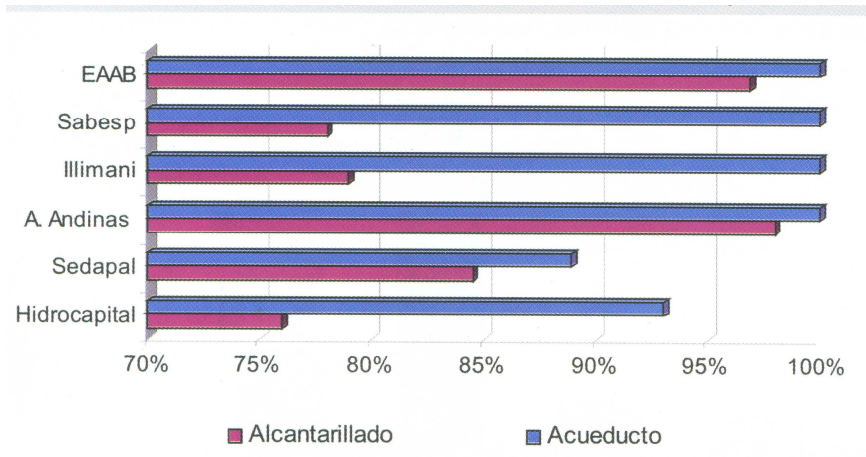


Figura 8. Ingresos totales en Millones de US\$

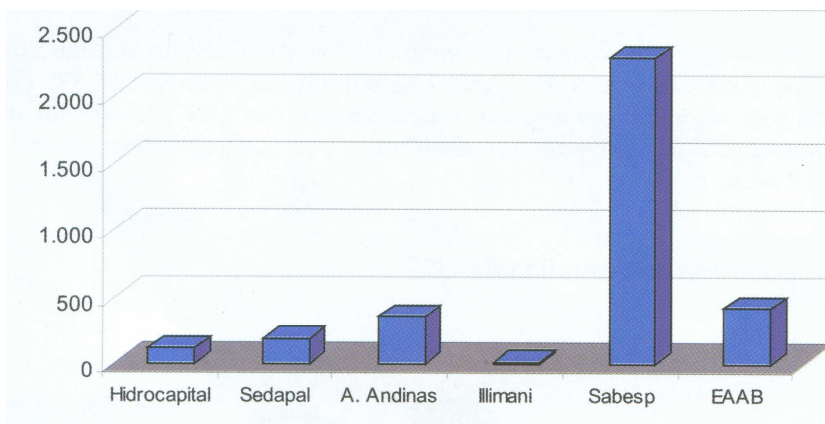
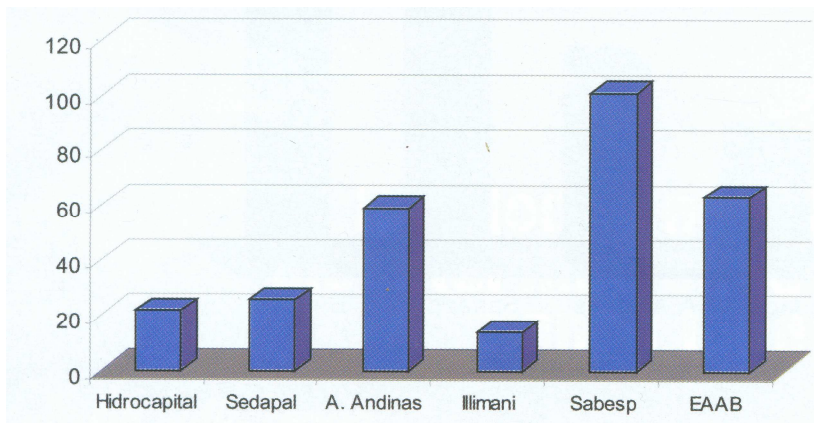


Figura 9. Ingresos por persona atendida en US\$



Al observar los ingresos totales de las empresas se encuentra una alta correlación con el tamaño del mercado que provee. Así, se especifica que Sabesp obtiene los mayores ingresos en promedio en habitante por año, seguido por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá que gracias a las inversiones realizadas en los últimos años ha logrado la ampliación de su cobertura.

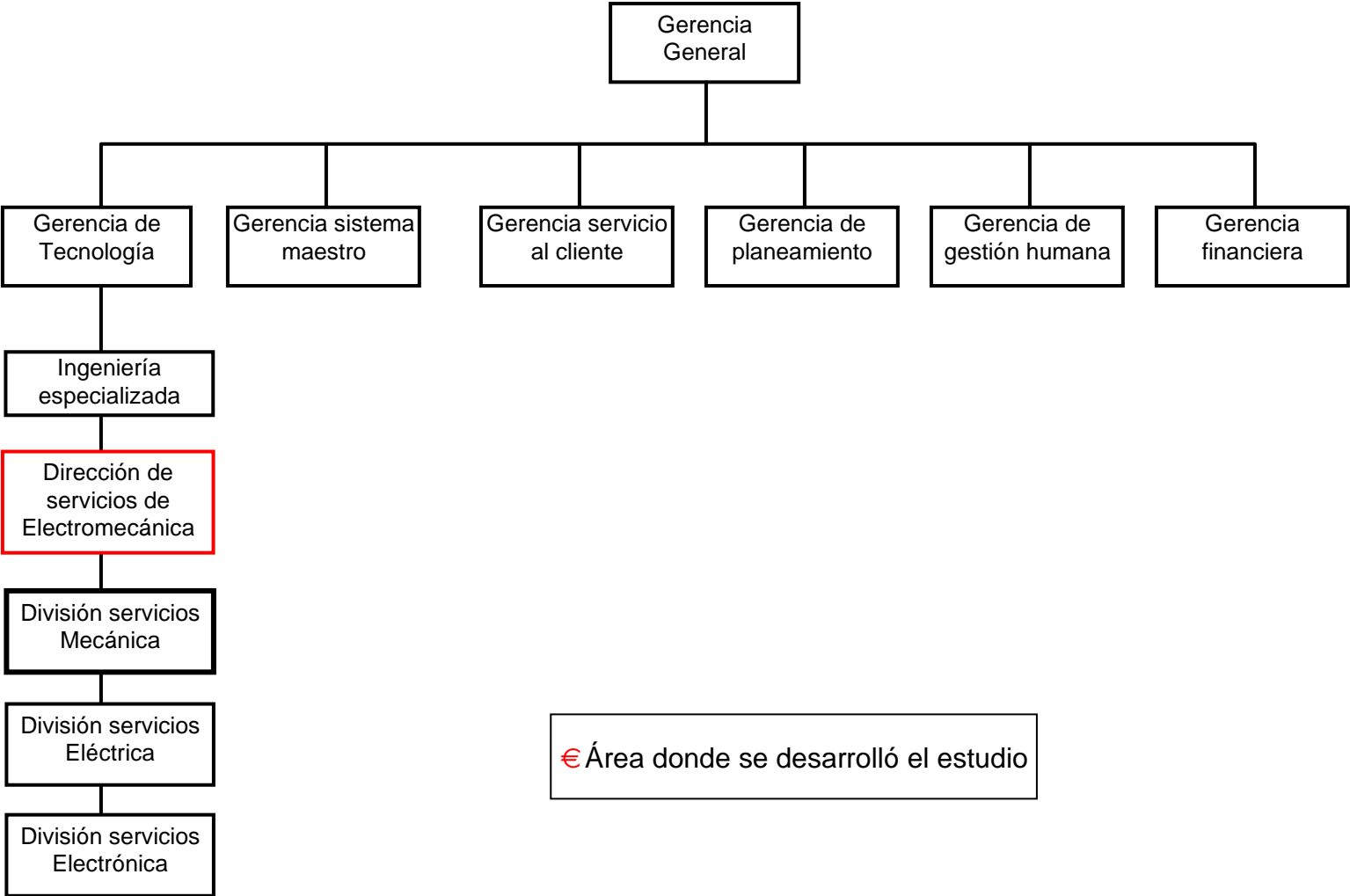
1.8 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional esta conformada por una gerencia general de la que se desprenden 6 gerencias principales, de las cuales dependen respectivamente direcciones y jefaturas de división, que se encargan de adelantar los diferentes procesos administrativos y operativos.

Para el estudio que se realiza en la presente monografía se focaliza la necesidad de identificar la problemática existente en la Dirección de Servicios de Electromecánica, área encargada del mantenimiento electromecánico de la empresa.

En la figura 10 se presenta parcialmente el organigrama de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogota, y se detalla el área donde se desarrolló el estudio de la organización de Mantenimiento.

Figura 10. Organigrama



15

Fuente: Tomado parcialmente de la Unidad de Desarrollo Organizacional (UDO)

1.9 ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA

1.9.1 Aspectos administrativos. La Dirección de Servicios Electromecánica es una dependencia conformada por personal administrativo y técnico que funciona como una área prestadora de servicios APS a otras dependencias internas de la empresa, mediante la figura de acuerdos de servicio los cuales son firmados anualmente entre el Director de Servicios Electromecánica y los directores de las áreas receptoras del servicio ARS en los cuales se estipulan las correspondientes tarifas a cobrar y se da el marco legal para la transferencia de costos a través del sistema corporativo SAP.

- **Visión.** Investigar, diseñar, planear y ejecutar en óptimas condiciones el mantenimiento de los diferentes equipos electromecánicos de las estaciones de bombeo de Acueducto, Aguas servidas, estructuras de control, tanques de almacenamiento y válvulas y accesorios de la red, de diámetro igual o mayor a 12". Como también, la asesoría y diseño en la fabricación de elementos, repuestos y reparaciones en soldadura, para las diferentes dependencias de la Empresa.

- **Misión.** Velar por mantener en óptimas condiciones de operación los equipos electromecánicos de las estaciones de bombeo de acueducto, aguas servidas, estructuras de control, tanques de almacenamiento y válvulas y accesorios de la red, de diámetro igual o mayor a 12". Como también, la asesoría y diseño en la fabricación de elementos, repuestos y reparaciones en soldadura, para las diferentes dependencias de la Empresa.

1.9.2 Aspectos organizativos. En lo referente a la gestión realizada en la Dirección de Servicios de Electromecánica, se identifican tres macro procesos organizacionales que corresponden al 100% de las actividades ejecutadas en la Dirección y que se enumeran a continuación:

1.9.2.1 Ejecución de mantenimiento. La ejecución anual del mantenimiento está regulada por el manual de políticas registrado en la unidad de desarrollo organizacional UDO Código 1AF10301501, denominado macro proceso "Gestión de Activos Fijos – Mantenimiento".

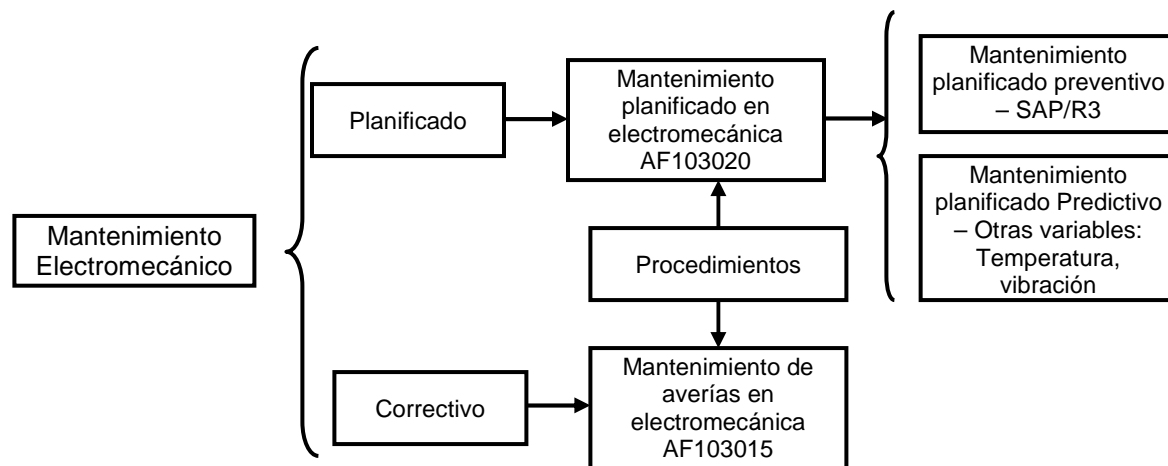
Su objetivo es controlar la prestación de los servicios de atención de averías

electromecánicas, a través de la gestión de avisos y ordenes, los cuales permiten realizar el seguimiento y control de las tareas asociadas a las labores de mantenimiento, las normas que rigen este procedimiento son las ISO 9001:2000 y la ISO de mantenimiento 14224.

La Dirección de Servicios de Electromecánica es el dueño del procedimiento y ha establecido dos tipos de mantenimiento, el mantenimiento planificado denominado “**Mantenimiento planificado en electromecánica**” código UDO AF103020 y el mantenimiento correctivo denominado “**Mantenimiento de averías en Electromecánica.**” código UDO AF103015.

En la figura 11 se describe los tipos de mantenimiento electromecánico registrados oficialmente en la unidad de desarrollo organizacional de la gerencia administrativa.

Figura 11. Tipos de mantenimiento electromecánico



Fuente: MANUAL DE POLÍTICAS. Gestión de activos fijos – mantenimiento. Mantenimiento de averías en electromecánica. Empresa de acueducto agua y alcantarillado de Bogotá. Dirección de servicios de electromecánica, E.A.A.B., 2005. p. 1.

- **Mantenimiento planificado preventivo en Electromecánica. (AF 103020)**
La Dirección de Servicios de Electromecánica ejecuta un programa anual de mantenimiento preventivo sistemático por frecuencia trimestral sobre todo el grupo de equipos electromecánicos, Esta ejecución se realiza mediante órdenes de trabajo, las cuales son generadas automáticamente por el sistema de información para mantenimiento CMMS.

• **Mantenimiento correctivo o mantenimiento de averías en Electromecánica.** Existen dos fuentes de generación de órdenes de trabajo para mantenimiento correctivo como son:

➤ **Actividades correctivas a programar:** como resultado de las inspecciones preventivas propias del programa de mantenimiento se procede a programar su ejecución, coordinando dependiendo del tipo de trabajo a realizar, los respectivos recursos humanos y físicos.

➤ **Atención diaria de solicitudes de servicio generadas por otras áreas.** Las ARS áreas receptoras de servicios de mantenimiento, generan una solicitud de mantenimiento correctivo Electromecánico, esta orden es descargada y atendida de acuerdo al grado de prioridad del trabajo solicitado.

• **Grupos de activos objeto de mantenimiento.** Los activos a cargo de la Dirección de Servicios de Electromecánica se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Moto Bombas de carcasa partida para agua potable.
- Moto reductores y bombas de tornillo tipo Arquímedes para aguas y residuales.
- Central hidroeléctrica tipo Francis de 12 MW.
- Válvulas tipo Cortina, mariposa cheque, altitud, reguladoras de presión.
- Centros de control de motores.
- Transformadores.
- Instrumentación.
- Comunicaciones.

El mantenimiento electromecánico del Equipo especializado y pesado se encuentra tercerizado, este grupo esta conformado por los siguientes equipos:

- Retroexcavadoras
- Cargadores
- Grúas
- Cama bajas
- Equipos de succión presión
- Equipos menores de soldadura, compresores, unidades de potencia.

- **Indicadores de gestión de mantenimiento.** Los índices de gestión que están establecidos y medidos son del tipo administrativo y corresponden específicamente a evaluar la ejecución anual del mantenimiento preventivo y correctivo.

Los cuatro índices de gestión administrativos establecidos por la Dirección de Servicios Electromecánica para el control de la gestión de las Divisiones Mecánica Eléctrica y Electrónica son:

- **Índice de gestión para mantenimiento preventivo.** Este indicador mide la ejecución del mantenimiento preventivo planeado para el mes correspondiente, la meta de cumplimiento debe ser igual o superior al 90%. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\frac{\text{Mantenimiento preventivo Ejecutado}}{\text{Mantenimiento preventivo planeado}} (100 \% \geq 90\%)$$

- **Índice de gestión para mantenimiento correctivo.** Este indicador mide la relación entre la ejecución de las O. T. de Mantenimiento Correctivo EM01, más las O. T. de Avisos EM03 sobre el total de O. T. ejecutadas en el mes. La meta de cumplimiento debe ser menor e igual al 10% del total de mantenimiento ejecutado. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\frac{\text{Mantenimiento Correctivo Ejecutado}}{\text{Total OT. Ejecutadas en el mes}} (* 100 \% \leq 10\%)$$

Índice de gestión para mantenimiento preventivo acumulado no ejecutado. Este indicador mide la relación de ejecución de las O. T. Preventivo acumuladas y las que están pendientes por ejecutar. La meta de cumplimiento debe ser menor o igual al 10% del total de mantenimiento Preventivo acumulado en el mes. Su formula de cálculo es la siguiente:

$$\frac{\text{Mtto Preventivo acumulado no ejecutado}}{\text{Total Preventivo acumulado}} (100 \% \leq 10\%)$$

- **Índice de gestión para mantenimiento preventivo ejecutado de otros meses.** Este indicador mide la relación entre las O. T. de mantenimiento preventivo ejecutadas de otros meses en el mes vigente y las O. T. de

mantenimiento preventivo del mes vigente ejecutadas, El mantenimiento preventivo ejecutado de otros meses debe ser menor o igual al 10% del mantenimiento preventivo del mes vigente. Su formula de cálculo es la siguiente:

$$\frac{\text{Mantenimiento Preventivo ejecutado otros meses}}{\text{Total OT. Preventivas ejecutadas mes}} (100 \% \leq 10\%)$$

A continuación se muestra un cuadro resumen con el consolidado de los cuatro índices de gestión para el año 2005.

Cuadro 2. Resumen consolidado de los cuatro índices de gestión para el año 2005

GERENCIA DE TECNOLOGÍA				
Índices de gestión Diciembre 2005				
Gestión a cargo de: Dirección de Servicios de Mantenimiento Electromecánica				
Mantenimiento Electromecánico				
Indicador de gestión	Meta	División Eléctrica	División Mecánica	División Electrónica
Mantenimiento preventivo	≥ 90%	27,23%	97,06%	71,19%
Mantenimiento correctivo	≤ 10%	48,54%	49,75%	11,08%
Mantenimiento preventivo acumulado no ejecutado	≤ 10%	48,54%	8,16%	4,53%
Mantenimiento preventivo ejecutado de otros meses	≤ 10%	359,84%	16,67%	17,39%

1.9.2.2 Planeación de presupuestos. Dicha labor consiste en revisar las necesidades encontradas durante la ejecución del programa anual de mantenimiento y prever los contratos y recursos necesarios para eliminar los problemas de funcionamiento, incluyendo la respectiva adquisición de repuestos y materiales que serán necesarios para garantizar su correcto funcionamiento en el siguiente año, a su vez se establece por vida útil aproximada de los equipos las necesidades de cambio de los mismos, para lo cual se crean las correspondientes especificaciones técnicas de los contratos de inversión necesarios para reemplazar estos equipos (Ver figura 12).

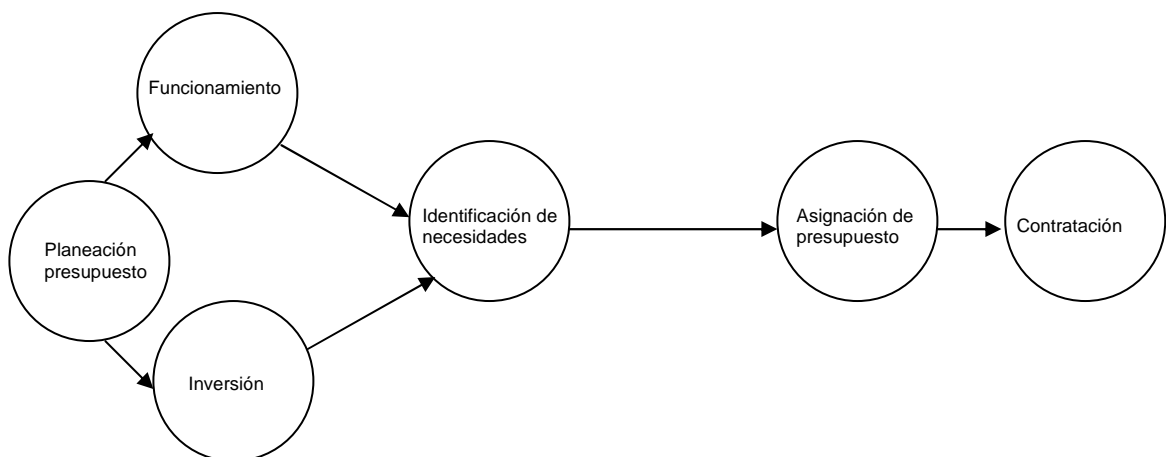
La Dirección en este proceso maneja un presupuesto anual dividido en dos rubros principales como son:

- Funcionamiento
 - Inversión.
- **Funcionamiento.** Es el presupuesto que se asigna anualmente, con el fin de garantizar las diferentes labores de mantenimiento requeridas en los equipos electromecánicos.
- **Inversión.** Es el presupuesto que se asigna anualmente para la construcción de proyectos relacionados con el mejoramiento de las condiciones operacionales de los equipos, o el reemplazo de equipos electromecánicos obsoletos.

El monto del presupuesto anual de inversión y funcionamiento en promedio asciende a los 25.000 millones de pesos, dependiendo de las necesidades a ejecutar en el año siguiente.

La figura 12 muestra el proceso de planeación de presupuesto

Figura 12. Planeación de presupuesto



1.9.2.3 Contratación. El proceso de adjudicación de contratos está sustentado en la ley de contratación pública y regido por los entes de control, se puede destacar las dos modalidades de contratación mas empleadas por la empresa como son:

- Sistema de selección automática de invitados en la contratación directa a través de la página de Internet.
- Licitación pública.

A este mecanismo de contratación de índole nacional está sometida la Dirección de Servicios de Electromecánica, quien una vez adjudicados los correspondientes contratos de parte de la Dirección de compras y contratación de la empresa se nombra como interventores de contratos a los ingenieros responsables, quienes adelantan el control de los mismos, mediante el manual de interventoría, rindiendo los correspondientes informes estandarizados que se contemplan, para los diferentes requerimientos de la Dirección de Electromecánica, planeamiento, contratación o entes de control como la contraloría de Bogota.

Adicionalmente es responsabilidad de los mismos, efectuar el seguimiento y realizar la correspondiente acta de terminación de contrato para el pago de los mismos al tercero que lo ejecuto.

1.9.3 Recursos físicos. Los recursos físicos con que cuenta la Dirección de Electromecánica se describen a continuación:

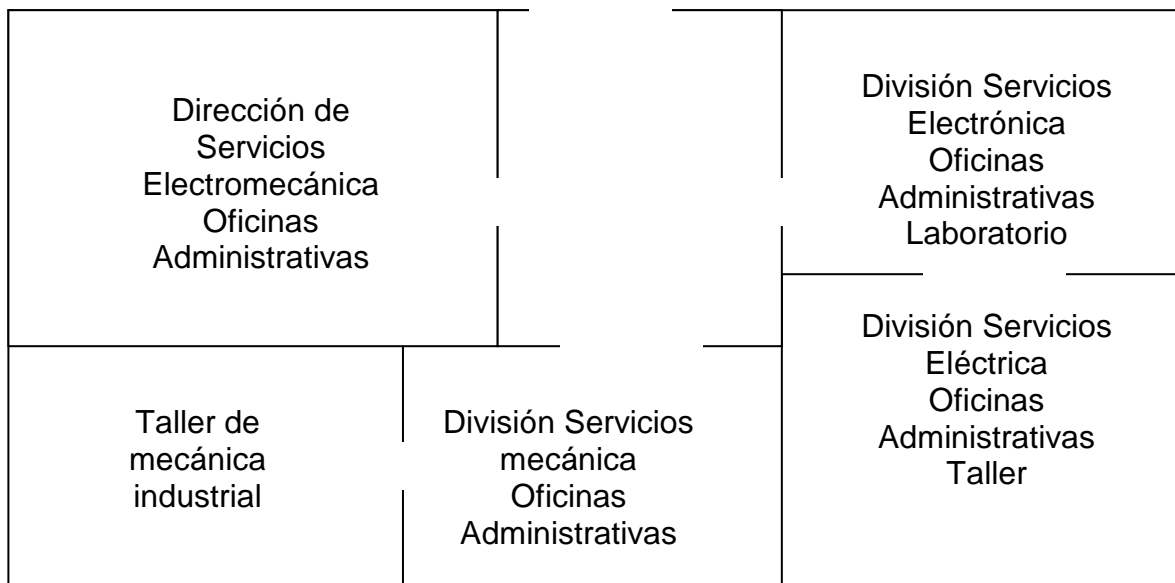
1.9.3.1 Planta física. El espacio físico para su funcionamiento esta comprendido por:

- Oficina administrativa ubicada en el edificio principal de la central de operaciones en donde funciona la Dirección de Servicios Electromecánica.
- Oficina administrativa y taller ubicada en el edificio principal de la Central de operaciones, en donde funciona la División Servicios Mecánica.
- Oficina administrativa y taller ubicada en el edificio principal de la Central de operaciones, en donde funciona la División de Servicios Electrónica.

- Oficina administrativa y taller ubicada en la Subcentral Norte de Usaqué, en donde funciona la División de Servicios Eléctrica.

En la figura 13 se observa la distribución de planta de la Dirección de Servicio Electromecánica.

Figura 13. Distribución de planta de la Dirección de Servicios Electromecánica



1.9.3.2 Logística. Los recursos logísticos, de tipo tecnológico con los que se cuenta actualmente la Dirección para desarrollar su función están agrupados así

- Modulo informático de mantenimiento (Modulo PM SAP)
- Software para diagnóstico por vibraciones System 1.
- Parque de equipos especializados para inspección y torque.
- Parque de herramienta especializada en milímetros y pulgadas.
- Equipos básicos para inspección predictiva.
- Almacén de repuestos y materiales.
- Cuatro Camperos 4 x 4.

➤ Nueve camionetas platón 4 x 4 con caja de herramientas.

1.9.4 Recursos humanos. El recurso humano de la División de Servicios Mecánica se encuentra dividido en dos grupos principales como son:

- Personal administrativo
- Personal técnico.
- **Personal administrativo.** Encargado de las diferentes labores de planeación y control de la gestión del mantenimiento.
- **Personal técnico.** Encargado de las diferentes labores de ejecución directa del mantenimiento.

Este personal se agrupa en la dirección de servicios de electromecánica y en las divisiones mecánica, eléctrica y electrónica, el cual se describe a continuación:

Dirección:

- 1 Director de Servicios de Electromecánica nivel 08

Mecánica:

- 1 Jefe de División de Servicios Mecánica, Nivel 20.
- 1 Ingeniero de Mantenimiento Mecánico, Nivel 21.
- 1 ingeniero de Equipo Especializado Nivel 22.
- 1 Supervisor Equipo especializado Nivel 30.
- 1 Técnico en máquinas y herramientas Nivel 30.
- Técnicos en mecánica de mantenimiento Nivel 31.
- Técnicos en mecánica de mantenimiento Nivel 32.
- Técnicos en mecánica de mantenimiento Nivel 41.
- Técnicos en máquinas y Herramientas nivel 32.
- 4 Técnicos en máquinas y herramientas Nivel 41.
- 2 Técnicos en Soldadura 32.

Eléctrica:

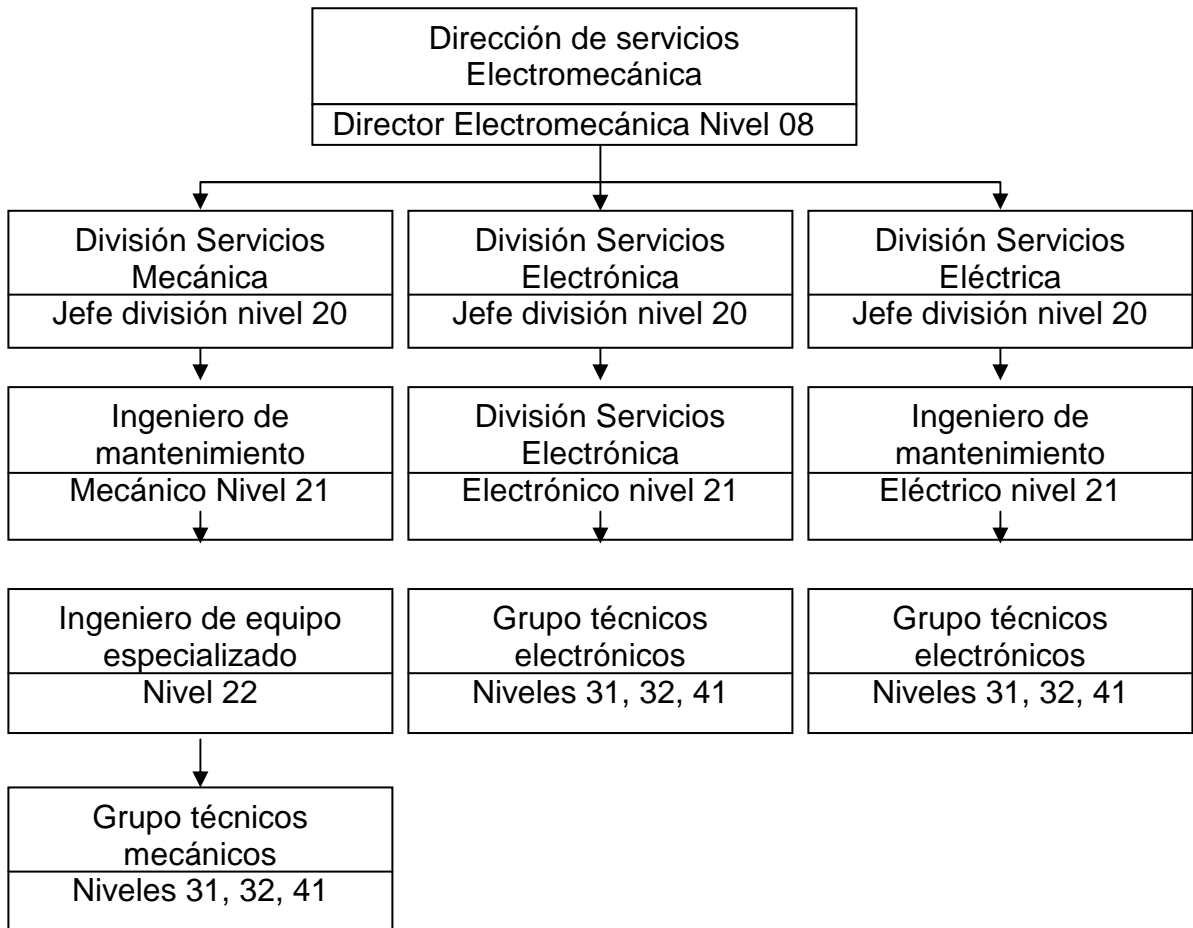
- 1 Jefe de División de Servicios Eléctrica, Nivel 20.
- 1 Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico, Nivel 21.
- Técnicos Eléctricos Nivel 31.
- Técnicos Eléctricos Nivel 32.
- Técnicos Eléctricos Nivel 41.

Electrónica:

- 1 Jefe de División de Servicios Electrónica Nivel 20.
- 1 Ingeniero de Mantenimiento Electrónico, Nivel 21.
- Técnicos Electrónicos Nivel 31.
- Técnicos Electrónicos Nivel 32.
- Técnicos Electrónicos Nivel 41.

En la figura 14 se observa el organigrama de la Dirección de Servicios Electromecánica.

Figura 14. Organigrama de la organización del mantenimiento



- **Clima y cultura organizacional.** Para el caso de la Dirección de Servicios Electromecánica el clima organizacional se ve afectado por la lentitud del proceso de selección de personal, debido a la gran cantidad de tiempo que tiene el personal en un mismo cargo y a la expectativa que generan los concursos de

promoción que se encuentran en trámite y que no permiten la promoción y empoderamiento para la realización eficiente de la función, por lo que se define el recurso humano, como un grupo heterogéneo en sus concepciones sobre los procedimientos de mantenimiento, poco metódico pero comprometido y con bastante experiencia empírica en gran medida debido a su poca formación técnica con excepciones inherentes al personal menos antiguo.

La labor desempeñada por el recurso humano de la Dirección de Servicios de Electromecánica es de gran importancia, teniendo en cuenta el acervo de experiencia y conocimiento sobre el sistema de acueducto de la ciudad, el inventario de máquinas y herramientas, además de los equipos especiales que posee la Dirección, estos recursos, al igual que el humano son los principales valores agregados de la Dirección, mediante la atención oportuna de emergencias, reparación y montaje de repuestos acorde con las necesidades.

No existe una cultura organizacional propia y unificada de la Dirección, por el contrario sobresale la competencia entre las tres Divisiones, generando esfuerzos aislados lo cual origina reprocesos por la carencia de trabajo en equipo. Adicionalmente, el recurso humano disponible cambia constantemente, teniendo en cuenta que hay vacantes generadas por cumplimiento de pensión que no han sido sustituidas definitivamente, por el contrario, se suple mediante contratos a tres meses con personal externo, proceso que por ser inconstante, desequilibra la planta de personal de la Dirección.

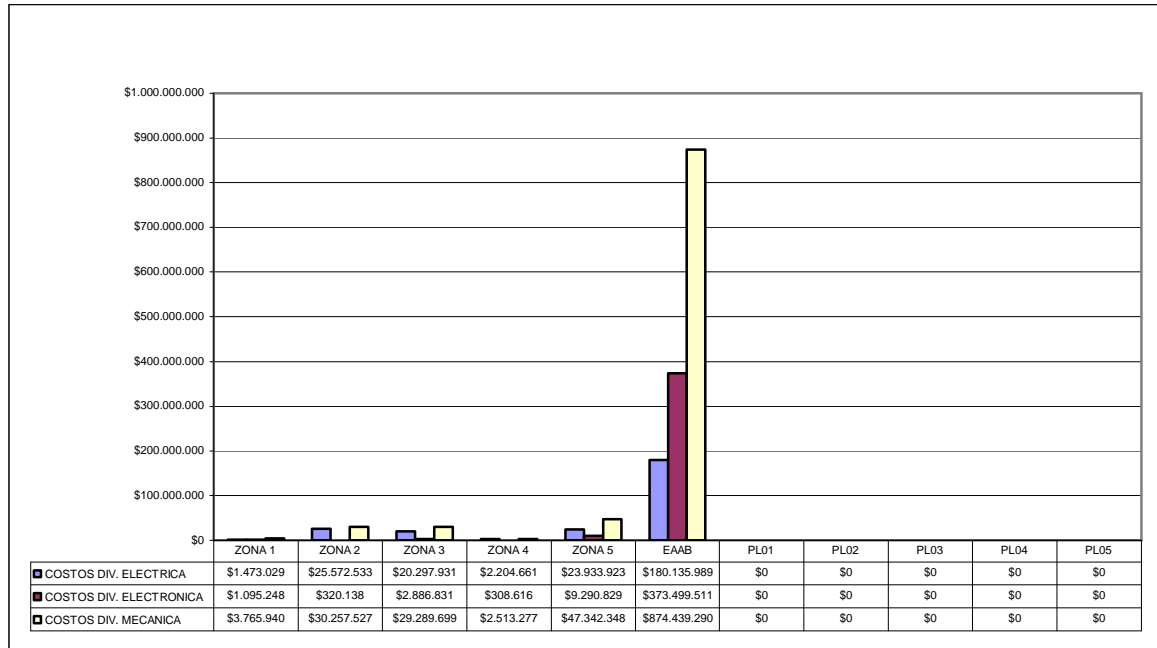
1.9.5 Aspectos económicos:

1.9.5.1 Costos de ejecución de mantenimiento. En la siguiente figura se puede observar el total de costos de mantenimiento de cada División y para cada centro de Emplazamiento.

Cuadro 3. Consolidado de costos por división de la dirección Electromecánica mes de diciembre 2005

COSTOS	ZONA					EAAB
	1	2	3	4	5	
Div. Eléctrica	1.473.029	25.572.530	20.297.930	2.204.661	23.933.920	180.135.900
Div. Electrónica	1.095.248	320.138	1.886.831	308.616	9.290.829	373.499.500
Div. Mecánica	3.765.940	30.257.520	29.289.690	2.513.277	47.342.340	874.439.200
Valor mensual Mantenimiento						1.428.074.600
						17.136.895.200

Figura 15. Consolidado de costos por división de la dirección Electromecánica mes de diciembre 2005



1.6 DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO MATRIZ DOFA DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA

Bajo la metodología de la matriz DOFA se establecieron las principales debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la Dirección, con el fin de correlacionar esta información y encontrar realmente el estado actual de la organización para definir cual es el objetivo estratégico principal a realizar por parte del área y que le permita alinearse con el plan estratégico de la gerencia general específicamente con el objetivo estratégico de excelencia en todas las operaciones.

Debilidades:

1. Carencia de un modelo de gestión de mantenimiento moderno y unificado.
2. Carencia de conciencia de las implicaciones de los costos de mantenimiento en los resultados del negocio.

3. Carencia de metodologías que permitan alinearse con el plan estratégico de la empresa.
4. Carencia de metodologías para mejoramiento continuo de los procesos
5. Carencia de metodologías que le permitan compararse con otras organizaciones del sector.
6. Alta justificación de las inversiones desde el punto de vista social.
7. Ausencia de índices de gestión de mantenimiento de clase mundial.
8. Carencia de liderazgo y responsabilidad en los temas de gestión.
9. Ausencia de metas anuales para la reducción gradual de los costos de mantenimiento.
10. Carencia de metodologías para evaluar el ciclo de vida de los equipos.
11. Carencia de metodologías para evaluar la eficiencia de los equipos
12. Carencia de metodologías para jerarquizar equipos
13. Carencia de metodologías para el tratamiento e investigación de las fallas.
14. Aumento en el grado de empirismo para ejecutar el mantenimiento.
15. Aumento de la Subutilización de la tecnología y los sistemas de información.
16. Baja planeación de la ejecución de mantenimiento.
17. Aumento de los reprocesos.
18. Alta rotación del personal.
19. Carencia de iniciativas de empoderamiento en el trabajo.
20. Baja capacitación.
21. Aumento en el afán por resultados inmediatos.
22. Carencia de un adecuado proceso de transferencia de conocimientos.
23. Carencia de trabajo en equipo.

24. Carencia de cultura para el registro de la información.

25. Carencia de proactividad.

26. Bajo nivel de compromiso en el personal de base para mejorar la productividad.

- **Oportunidades:**

1. Se está llevando a cabo un proceso de mejoramiento de los procesos.
2. El interés de la organización para invertir en programas de entrenamiento.
3. Flexibilidad en la utilización del presupuesto para reposición de equipos, que alivien la problemática de obsolescencia.
4. Entrada en funcionamiento del Centro de Control.

- **Fortalezas:**

1. Experiencia técnica del personal.
2. Fuertemente orientados al trabajo.
3. La Dirección de Servicios Electromecánica trabaja actualmente para mejorar la gestión de mantenimiento.
4. Alto nivel de conocimiento en el personal sobre sus áreas de responsabilidad.
5. Recursos físicos.

- **Amenazas:**

1. Tercerización total del área.
2. Exagerada normatividad en la ejecución de los diferentes procesos.
3. Bajo cumplimiento y calidad en los trabajos por parte de contratistas.
4. Personal de baja escolaridad, alto nivel de empirismo.

5. Existe afán por resultados inmediatos.
6. Los cambios organizacionales proyectados están creando incertidumbre en la organización.
7. Presión constante por parte del Centro de Control en las labores cotidianas del área de mantenimiento.
8. Disminución constante de las asignaciones presupuestales para mantenimiento.

1.6.1 Antecedentes. A pesar de que la Dirección de Servicios de Electromecánica fue constituida hace aproximadamente 15 años, arrastra con una serie importante de problemas como una cultura laboral de múltiples especialidades, autosuficiente, con recursos ilimitados, sin responsabilidad por los fracasos, protegida por monopolizar el mercado, Centrada durante muchos años en el mantenimiento reactivo sin compararse con otras empresas del sector, sin analizar la generación de valor, con una altísima influencia de las directrices sindicales en la orientación del negocio, con una enorme cultura paternalista.

Esta Dirección funciona mediante una organización de mantenimiento básica y desactualizada que si atiende en cierto grado el numeroso inventario de equipos, cuenta con solo cuatro índices que solo reflejan el grado de inocencia de la gestión del mantenimiento, además de subutilizar los recursos tecnológicos con los que cuenta, lo anterior la imposibilita para responder de manera adecuada al plan estratégico que se ha trazado la Gerencia General, ya que por carencia de procedimientos para el registro eficiente de información es incapaz de realizar estudios que evalúen el ciclo de vida de los equipos y establezca frecuencias optimas de mantenimiento, reflejando la imposibilidad de la organización del mantenimiento de realizar su gestión sustentada en un modelo actualizado que involucre estrategias gerenciales de clase mundial que deriven cifras reales y que permitan sustentar, presupuestos justos, propios de una organización de mantenimiento, que se encuentre alineada con el plan estratégico de la organización y cumpla con el objetivo estratégico de alcanzar la excelencia en todas las operaciones.

1.6.2 Problema. Actualmente la Dirección de Servicios Electromecánica y sus tres Divisiones Mecánica, Eléctrica y Electrónica, no cuentan con un modelo moderno y unificado de Gestión de Mantenimiento acorde con el plan estratégico de la empresa y el estado del arte actual, que le permita eliminar los reprocesos, registrar de manera eficiente la información, disminuir gradualmente los costos, analizar la generación de valor y compararse con otras empresas del sector.

1.6.3 Resultado del análisis DOFA. Después de tener en cuenta los antecedentes históricos, el problema, y realizar la evaluación de la matriz DOFA, se establece que la debilidad enunciada como; **“Carencia de un modelo de gestión de mantenimiento moderno y unificado”** incluye la mayoría de debilidades que corroboran el problema principal.

1.7 OBJETIVOS

- Hacer un reconocimiento de las mejores practicas y estrategia de mantenimiento existentes, tales como: Gerenciamiento de Activos, Mantenimiento de Clase Mundial, Enfoque Kantiano del Mantenimiento, Costo Ciclo de Vida -LCC y tácticas modernas tales como TPM y RCM.
- Diseñar un Modelo moderno de Gestión de Mantenimiento fundamentado en Las Mejores Practicas y Estrategias de Mantenimiento, donde se definan políticas, planes de acción y tareas que permitan la transición del estado del mantenimiento actual hacia el Gerenciamiento de Activos.
- Definir la estrategia de implementación del nuevo Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los Activos, incluyendo la evaluación financiera del mismo.

En el capítulo dos de este trabajo se presentan las principales tendencias de la gestión de mantenimiento de clase mundial, que servirán como base para el análisis y posterior diseño de un Modelo de Gestión de mantenimiento moderno y unificado para la Dirección de Servicios Electromecánica.

2. ESTADO DEL ARTE EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS

En consideración a lo anterior se presentan los aspectos específicos que son inherentes al estado del arte actual de la gestión de mantenimiento de clase mundial y que sirven como marco teórico para la elaboración de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los activos, dichas estrategias se sustentan en las ultimas tendencias mundiales del mantenimiento originadas por investigadores del tema, de los cuales se tomaron los aspectos esenciales como contribución a la estructura general de las nuevas políticas de mantenimiento sustentadas en la confiabilidad operacional que se presentaran en el modelo de gestión propuesto en el capitulo tres.

Por lo anterior se presenta la siguiente información que muestra los procedimientos básicos a tener en cuenta en el momento de diseñar nuevas políticas de mantenimiento.

2.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

2.1.1 Mantenimiento Clase Mundial (M.C.M.). Es: "El conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne 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"¹.

La categoría Clase Mundial, exige la focalización de los siguientes aspectos:

Excelencia en los procesos medulares.

Calidad y rentabilidad de los productos.

Motivación y satisfacción personal y de los clientes.

Máxima confiabilidad.

Logro de la producción requerida.

¹ BOXWELL, Robert J Benchmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill,1994. ISBN: 84-481-1837-5.

Máxima seguridad personal.

Máxima protección ambiental.

2.1.2 Diez mejores prácticas que sustentan el mantenimiento clase mundial:

1. Organización centrada en equipos de trabajo. Se refiere al análisis de procesos y resolución de problemas a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.

2. Terceros orientados a la productividad. Se debe considerar al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos. Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas - hombres utilizadas.

3. Integración con proveedores de materiales y servicios. Considera que los inventarios de materiales sean manejados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales.

4. Apoyo y visión de la gerencia. Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.

5. Planificación y Programación Proactiva. La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional. El objetivo es maximizar efectividad / eficacia de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida. El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación. Se deben planificar las actividades a corto, mediano y largo plazo tratando de maximizar la productividad y confiabilidad de las instalaciones con el involucramiento de todos los actores de las diferentes organizaciones bajo planes de acción y procedimientos de gerencia documentados.

6. Procesos orientados al mejoramiento continuo. Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias. Esta filosofía de trabajo es parte de la cultura de todos en la organización.

7. Gestión disciplinada de proveeduría de materiales. Procedimiento de proveeduría de materiales homologado y unificado en toda la corporación, que garantice el servicio de los mejores proveedores, balanceando costos y calidad, en función de convenios y tiempos de entrega oportunos y utilizando modernas tecnologías de suministro.

8. Integración de sistemas. Se refiere al uso de sistemas estándares en la organización, alineados con los procesos a los que apoyan y que faciliten la captura y el registro de datos para análisis.

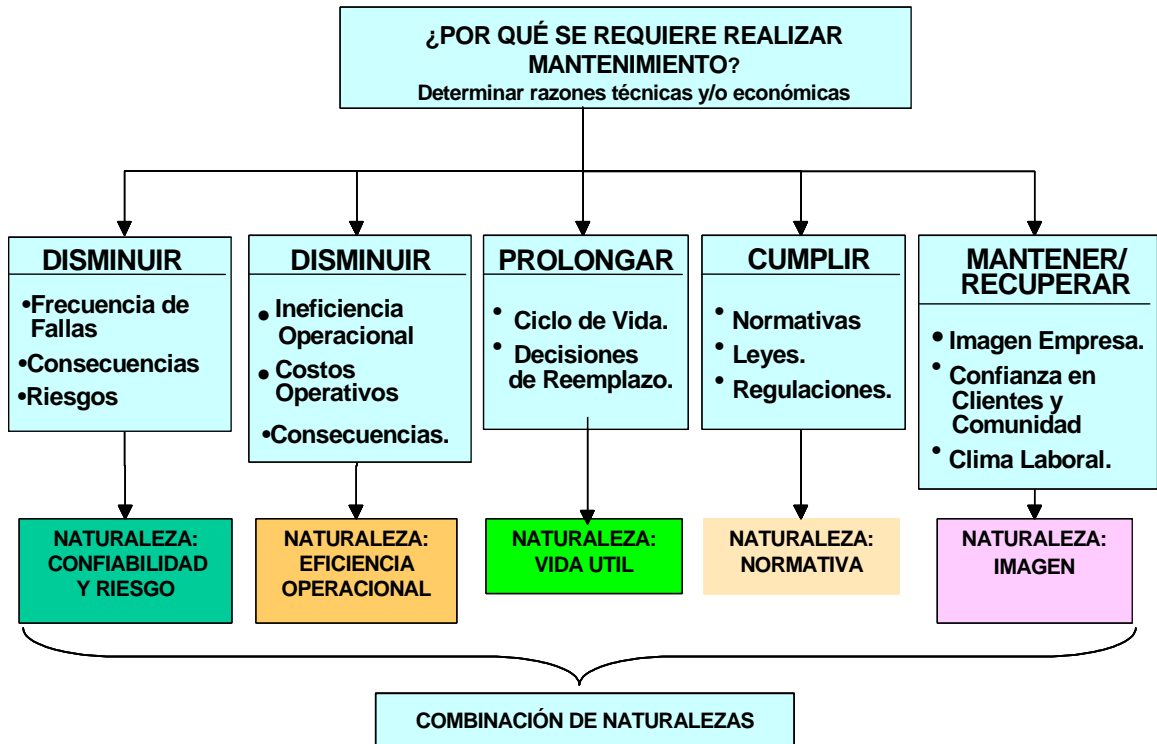
9. Gestión disciplinada de paradas mayores. Paradas mayores con visión de gestión de Proyectos rígida y disciplinada, liderada por profesionales. Se debe realizar adiestramiento intensivo en paradas mayores al personal de Operación y debe requerirse terceros y proveedores con conocimientos de este tema, la Planificación de las paradas mayores debe realizarse con 6 a 12 meses de anticipación al inicio de la ejecución física, involucrando a todos los actores bajo procedimientos y practicas de trabajo documentadas.

10. Producción basada en confiabilidad. Se refiere a la aplicación de las tácticas de mantenimiento bajo un programa de mejoramiento de la confiabilidad operacional, estructurado con la siguiente metodología: análisis funcional, análisis de criticidad, detección de oportunidades perdidas, análisis causa-raíz, mantenimiento centrado en confiabilidad, inspección basada en riesgos, análisis de modos y efectos de fallas, etc.

2.1.3 Criterios para seleccionar y aplicar estrategias y metodologías de mantenimiento. Los criterios básicos para selección y aplicación de metodologías de confiabilidad operacional están relacionados a la naturaleza y/o combinación de diferentes razones en la propuesta de mejora considerando las desviaciones en los resultados esperados de confiabilidad y riesgos a nivel de sistemas y equipos, eficiencia operacional, vida útil, cumplimiento de aspectos legales y normativos, preservación de la imagen o brillo de la empresa.

En la figura 16 se muestran las diferentes razones técnicas y/o económicas por las cuales se realiza mantenimiento en una organización.

Figura 16. Naturaleza de propuestas



Fuente: BOXWELL, Robert J Benhmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill,1994. ISBN: 84-481-1837-5.

- **Naturaleza de la propuesta.** Las razones técnicas y económicas establecidas por la Gerencia Integral de Activos son las que se describen a continuación.

Estas razones técnicas y económicas justifican las acciones de mantener, reparar, modificar y/o reemplazar infraestructura, sistemas, equipos y/o dispositivos, y se basan en el impacto total en el negocio evaluado a través del riesgo y el costo de mitigarlo.

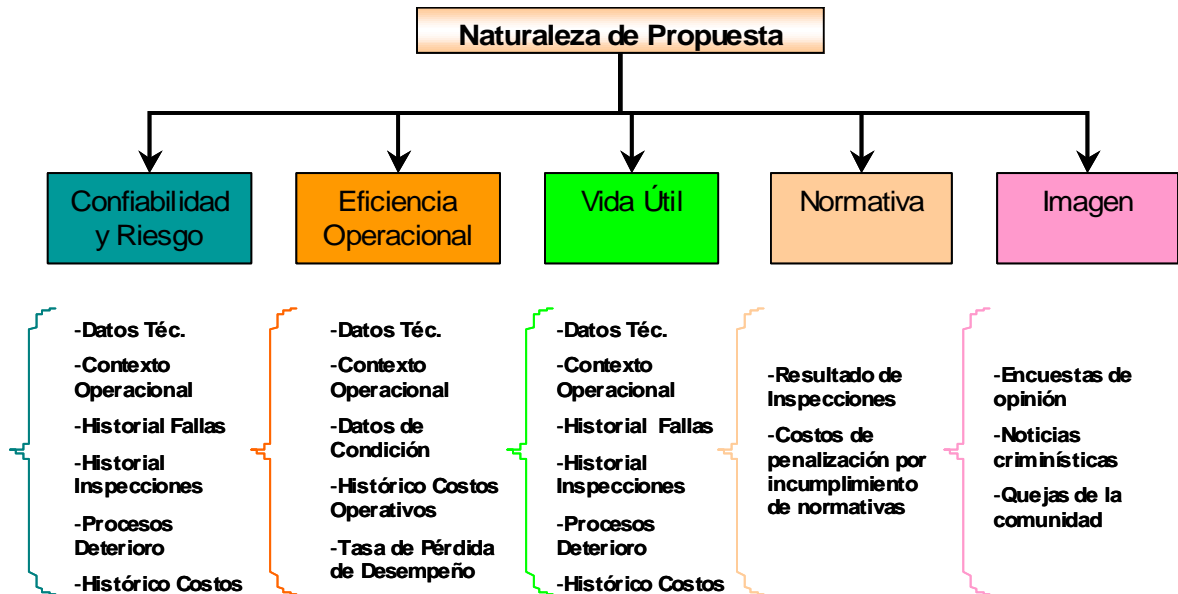
De acuerdo al objetivo seleccionado, en la figura se indican los datos que se deben recabar. Esta información debe ser evaluada conforme a los seis aspectos generales indicados, para estimar el costo de la implantación y la evaluación del beneficio.

Finalmente muestra la conjunción de las metodologías, que integran la confiabilidad operacional. El modelo de gestión de la confiabilidad con la integración de las metodologías descritas, Cada juego de datos obtenido para lograr el objetivo, debe contener y evaluarse conforme a los siguientes seis aspectos generales, de donde se podrá concluir la metodología de aplicación .

- **Naturaleza basada en confiabilidad y riesgos.** Cuando la Naturaleza de la Propuesta está relacionada con pérdida de la función y/o integridad mecánica, cuantificado por probabilidad y consecuencia de la falla.
- **Naturaleza basada en eficiencia operacional.** Cuando la Naturaleza de la Propuesta está relacionada con la reducción de costos operativos y mejoras en la cantidad y/o calidad de productos.
- **Naturaleza basada en vida útil.** Cuando la Naturaleza de la Propuesta está relacionada con la prolongación, cumplimiento del ciclo de vida u obsolescencia de un activo físico.
- **Naturaleza basada en cumplimiento de normativas.** Cuando la Naturaleza de la Propuesta está relacionada con la adecuación de las instalaciones a la Normativa o Regulaciones vigentes.
- **Naturaleza basada en imagen/moral.** Cuando la Naturaleza de la Propuesta está relacionada con la percepción de clientes, socios y comunidad hacia la Corporación y/o para mejorar a moral de los empleados.

La información mínima de acuerdo a la naturaleza de la propuesta para seleccionar y desarrollar la aplicación de las metodologías de confiabilidad operacional, se muestra en la figura 17:

Figura 17. Datos técnicos por naturaleza de propuesta



Fuente: BOXWELL, Robert J Benhmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill, 1994. ISBN: 84-481-1837-5.

En la figura anterior se muestran los aspectos básicos que permiten a una organización sustentar su modelo de gestión del mantenimiento en los aspectos claves e inherentes a cada una de las naturalezas tales como confiabilidad y riesgo, eficiencia operacional, vida útil, normativa e imagen.

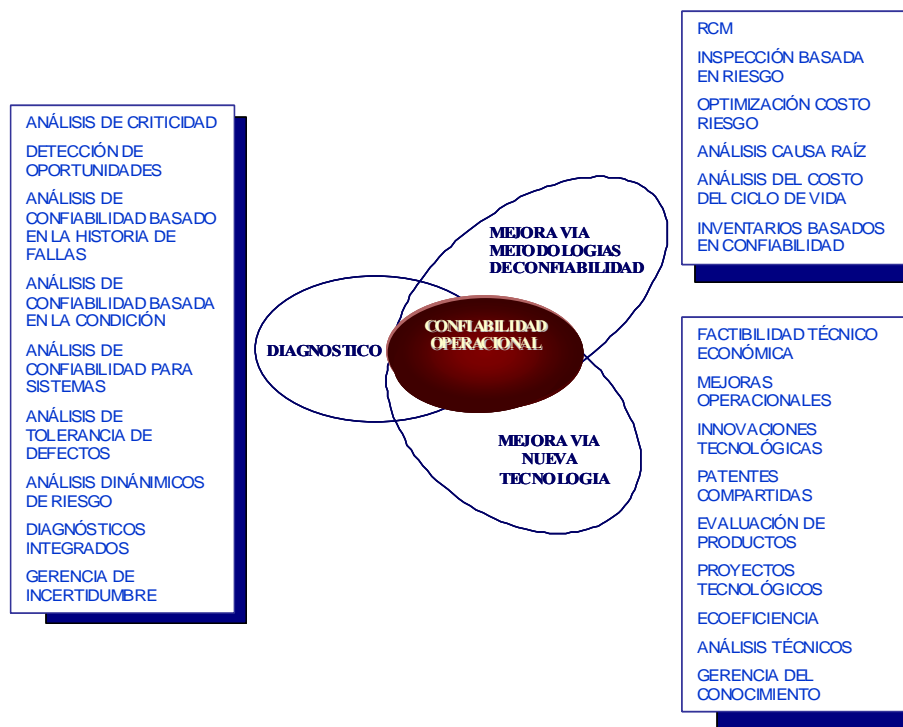
El enfoque metodológico de selección y aplicación de las metodologías debe cubrir como mínimo los siguientes aspectos generales:

- 1. Marco referencial y contexto operacional.** Misión, Visión, Flujo grama del proceso, Estrategias Generales, Metas, Políticas y Selección del sistema de producción.
- 2. Análisis situacional.** Definir desviación mencionando Identidad (¿Qué,Cuál?), Ubicación (¿Dónde?), Tiempo (¿Cuándo?) y Magnitud (¿Cuán grave es?)
- 3. Plan gerencial de mejoras.** Coyunturas, Factores impredecibles, Áreas de Resultados Claves – ARC y Diseño del Plan Operativo para definición de Recursos, Adiestramiento y Estrategias de Ejecución
- 4. Objetivos estratégicos del negocio.** Gerencia, Costos, Contratos, Recursos Humanos, Equipos-Herramientas.
- 5. Plan Estratégico.** Acciones, Tiempo de ejecución, Responsables, Estimación de recursos y Áreas claves de apoyo.

6. Ejecución y evaluación del plan operativo. Identificar y eliminar costos originados por actividades de baja contribución en el desempeño global de mantenimiento, Estrategias para mejorar niveles de servicios y efectividad de mantenimiento. Definir objetivos del proceso y arranque, Tomar las decisiones más acertadas, con respecto al proceso de mantenimiento (bajo grado de incertidumbre), Maximizar la efectividad de las actividades de mantenimiento a partir del establecimiento de las frecuencias óptimas y desarrollar actividades de mantenimiento preventivo bajo un enfoque: costo-riesgo-efectivo.

De esta manera, el diagnóstico integral operacional y la cartera metodológica disponible deberá ser utilizada para encontrar soluciones a los problemas vía metodologías de confiabilidad operacional o incorporación de nuevas tecnologías.

Figura 18. Metodologías confiabilidad operacional



Fuente: BOXWELL, Robert J Benchmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill, 1994. ISBN: 84-481-1837-5.

Los aspectos que competen a la confiabilidad operacional se muestran en la figura 17, de donde se deben seleccionar las metodologías apropiadas y seguir una serie

de pasos para obtener un diagnóstico preliminar como se muestra a continuación.

Pasos:

1. Jerarquización de instalaciones/sistemas.
2. Realizar Análisis Funcional de Sistemas, de Modos y Efectos de Fallas.
3. Construir mapa guía por instalación con plan de mantenimiento e identificación de problemas recurrentes.
4. Establecer programa de actividades de mejoras de CO por Instalación: desarrollo o actualización de planes de mantenimiento, análisis causa-raíz de problemas recurrentes, proceso de implantación y retroalimentación, con base a una Promesa de Valor.
5. Seguimiento a recomendaciones pendientes con vigencia.
6. Captura de datos para la determinación de índices de funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, costos y riesgos.
7. Programación y comunicación semanal de actividades del Equipo de CO a las líneas supervisorías.
8. Conexión de la actividad del Equipo de CO con el grupo de Inspección de Equipos Dinámicos, Estáticos, Instrumentación y Electricidad.
9. Conformación de equipos de confiabilidad por Instalación, liderados por personal propio, y asesorados por Ingeniería de Mantenimiento.

Mejoramiento continuo con base a las siguientes actividades:

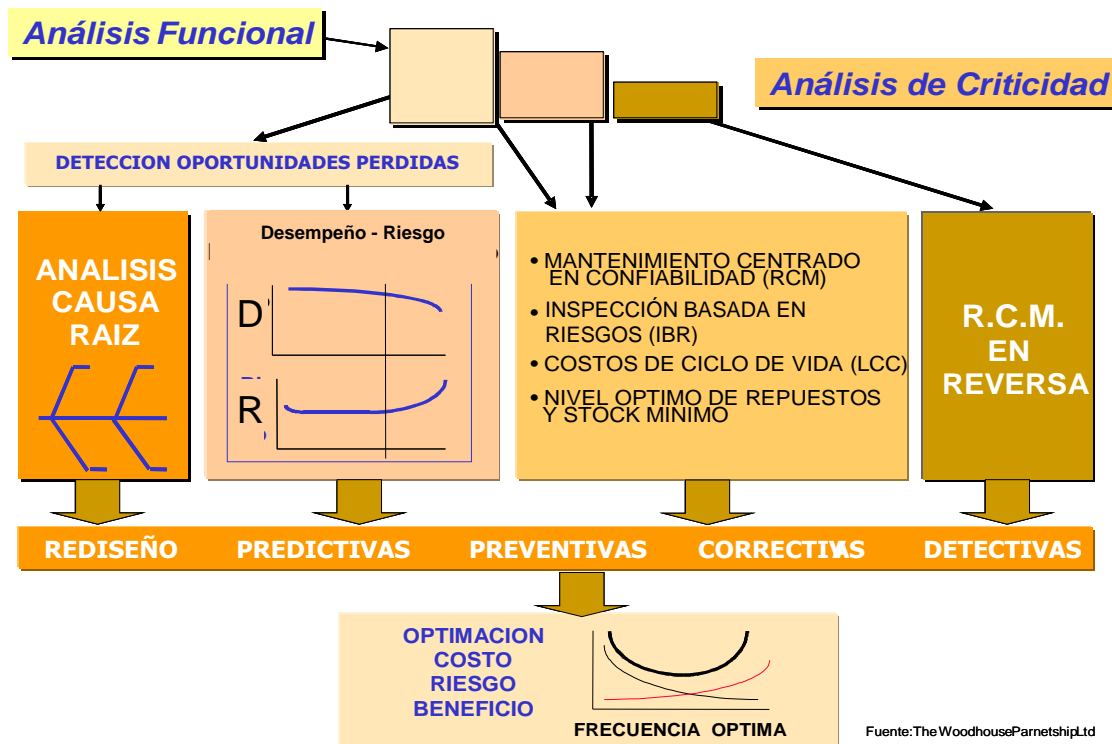
- a. Asesoría y adiestramiento a los Equipos de Confiabilidad por Instalación.
- b. Crear bloques de confiabilidad por instalación: procesos de deterioro, plan de mantenimiento actual, resultados de indicadores, problemas recurrentes e impacto total al negocio, Benchmarking con instalaciones comunes, y estrategia de confiabilidad para mejorar indicadores de desempeño, con base a la retroalimentación prevista.
- c. Diagnóstico integral de confiabilidad en instalaciones (ACR; LCC; IBR; etc.) enlazado a un plan de acción, y presentación mensual de resultados a la Gerencia del Activo.

d. Rendición de Cuentas mediante la fijación temprana de responsabilidades y compromisos.

e. Asistencia técnica para incorporar la Confiabilidad desde el diseño en proyectos nuevos.

2.1.4 Proceso de gestión de confiabilidad clase mundial. El modelo de gestión de confiabilidad a nivel clase mundial para ordenar, seleccionar y aplicar las herramientas de análisis y decisión se menciona en la figura 19.

Figura 19. Modelo de Gestión de Confiabilidad Clase Mundial



Fuente: BOXWELL, Robert J Benchmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill, 1994. ISBN: 84-481-1837-5.

Como se observa en la figura 20 existen 3 niveles fundamentales en la aplicación de metodologías de confiabilidad operacional; el primer nivel se asocia con el análisis funcional de los sistemas a ser estudiados. Este análisis funcional

fundamenta la realización de análisis de criticidad cuyo objetivo es identificar y clasificar la naturaleza e impacto sobre la operación, seguridad, y medio ambiente de determinados equipos y sistemas y poder entender las fallas que lo caracterizan.

En base a la criticidad identificada y a la naturaleza de los problemas característicos de cada sistema se procede la aplicación de las metodologías correspondientes; una guía general para la aplicación de las mismas se resume a continuación:

Para la definición de programas de mantenimiento, óptimos y específicos se aplican:

- **RCM.** De aplicación general para cualquier tipo de sistema.
- **TPM.** Específico para la aplicación de procesos de manufactura.
- **IBR.** Aplicado específicamente para equipos que contienen fluidos.
- **RCM en reversa.** Aplicado para sistemas no críticos en donde se identifique una oportunidad de ahorro en el programa de mantenimiento.

Para la optimización de costos una vez que los programas de mantenimiento han sido implantados en un sistema bajo control, procede la aplicación de un análisis de Costo – Riesgo y / o Análisis del Costo del Ciclo de Vida.

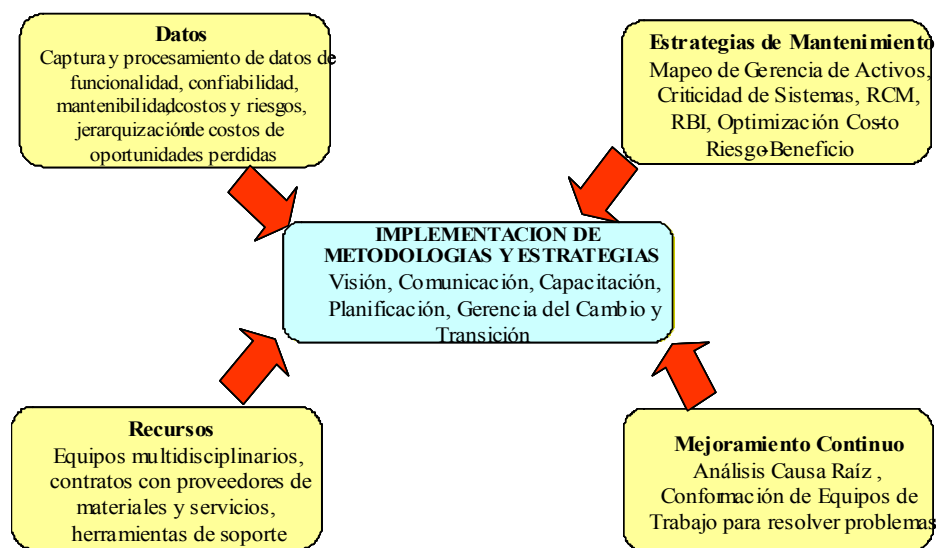
Para la identificación de las causas de fallas de alto impacto y baja frecuencia o fallas de alta frecuencia y bajo impacto es recomendable la aplicación de Análisis de Causa Raíz.

Todas las anteriores permiten la generación, optimización y control de las funciones de los equipos mediante la generación de actividades o políticas específicas de mantenimiento, como pueden ser del tipo: Rediseño, Correctivas, Preventivas, Predictivas, y Correctivas las cuales pueden optimizarse posteriormente mediante la realización de Análisis Costo – Riesgo – Beneficio.

Se destaca que la aplicación de las mencionadas herramientas o metodologías de confiabilidad no necesariamente es independiente una de otra, sino por el contrario las mismas pueden complementarse para la obtención de mejores beneficios.

Lo anteriormente expuesto se explica gráficamente en la figura 20.

Figura 20. Implementación de metodologías y estrategias



Fuente: BOXWELL, Robert J Benchmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill, 1994. ISBN: 84-481-1837-5.

Por otra parte todas las metodologías o herramientas para el incremento de la confiabilidad operacional deben estar alineadas con la cultura organizacional considerando elementos clave como lo son la visión, planes de comunicación, planes de capacitación, prácticas de planificación, estrategias de gerencia del cambio y transición. Para todas ellas los datos históricos de los equipos y la infraestructura tecnológica que los soporta son fundamentales para lograr los beneficios esperados.

Además los recursos disponibles (procesos, tecnología y gente) son el segundo elemento que soporta la implantación de las metodologías y estrategias mediante las cuales se generan las estrategias de mantenimiento y mejoramiento continuo que fundamentan la transición de las corporaciones hacia el nivel clase mundial.

2.1.5 Enfoque hacia la gestión de activos². Se puede afirmar que cuando la organización desarrolla y alcanza una metodología capaz de integrar todos y cada uno de los niveles anteriores de mantenimiento reactivo I, correctivo II, preventivo III, se alcanza la etapa IV, definida como **gestión de activos**, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas. Con el fin de gerenciar con flexibilidad y éxito sus activos (parque industrial, equipos. etc.).

- **Activos y pasivos.** La diferencia entre activo y pasivo es que conceptualmente el primero de ellos se asocia a la producción de riqueza, mientras que el segundo se refiere a inversión o gasto. Bajo esta premisa se influye el mantenimiento en cuanto a la forma de visualizar la utilización de los activos. Se entiende el ingreso como el flujo nominal producto de una actividad o comercialización de bien o servicio que recibe una empresa o familia: mientras que el gasto es lo que una institución, familia u objeto requiere para ser mantenido.

La transformación empresarial para alcanzar el nivel de gestión de activos requiere entre otras, que todas las acciones del mantenimiento y producción generen aumento de la capacidad de producción y de su demanda; al tratar de conquistar cada día más el mercado potencial, de lo contrario aún se está en una actitud pasiva, que incurre nuevamente en gastos en el manejo de sus equipos.

La evolución hacia la etapa IV de gestión de activos presenta diferentes y diversas formas de ser alcanzada, entre las más relevantes, sobresalen: la inversión en I&D procurando disminuir los tiempos de reparación y los de mantenimientos planeados, los cuales se manifiestan con una reducción tangible de los tiempos que impiden la funcionalidad de los equipos, como DT, o MTTR, MTBM_c, MTBM_p y \overline{M} , \overline{M} lo que a su vez redundará en : costos más bajos, menor requerimiento de capital de trabajo, esto se realiza bajo el enfoque de rediseño de procesos al estudiar en forma detallada las acciones de mantenimiento o mediante el análisis de los trabajos de mantenimiento, ya sea mediante la evaluación estadística de la información o al desarrollar conocimiento científico para mejorar las actividades de reparación o intervención de mantenimiento; la mejora de los índices CMD mediante proyectos, en especial todos aquellos que conduzcan al aumento de la disponibilidad y al aumento de tiempo operacional sin fallas o sin reparaciones, medido a través de los índices CMD, UT, MTBF (Tiempo medio entre fallas) Y en fin todos aquellos que propendan al aumento de la confiabilidad (probabilidad de

² MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 21.

que los equipos operen el mayor tiempo posible sin fallas o reparaciones)³.

Se puede contribuir con el aumento de la mejora de la confiabilidad mediante el incremento de la demanda y del mercado real y potencial con el fin de aumentar el UT (Tiempo útil de funcionamiento al requerir más producción, o mediante la utilización del Ready Time (Tiempo en que la máquina está disponible pero no produce, o cuando está buena pero apagada)), con lo cual se acrecienta la disponibilidad (se debe recordar que la disponibilidad es el resultado de un cálculo numérico que se obtiene a partir de la confiabilidad y de la mantenibilidad, bajo estándares internacionales, al eliminar inversiones en procesos que no son estratégicos y que no generen utilidades que compensen la inversión de capital, al mejorar la gestión de inventarios y el manejo de repuestos e insumos para mantenimiento y producción: como la preservación de los mismos; los procedimientos de adquisición como de manejo de proveedores, entregas oportunas de materiales y tiempos de servicio⁴.

En síntesis se mejora la disponibilidad, mediante la eliminación de fallas, o a través de la reducción de los tiempos de reparación y mantenimiento planeados, como también al eliminar o disminuir los tiempos logísticos requeridos para mantenimiento y/o producción.

- **De gestión de pasivos a gestión de activos⁵.** Entre los diferentes hechos que han permitido la orientación de las empresas hacia la gestión de activos, aparecen como relevantes:

Los inicios se marcan por acciones de mantenimiento de tipo correctivo que generan gastos y actúan de forma pasiva; posteriormente se pasa a evitar fallas y paradas imprevistas en los equipos mediante acciones de tipo preventivo, gobernadas básicamente por periodos de tiempo para los recambios, las reposiciones o cambio de repuestos, o en su defecto por el número de productos generados o por algún indicador de volumen de objetos producidos; criterios con los cuales se determina una parada general de la máquina donde se realiza una inspección general y se desarrollan diferentes actividades como: limpieza, ajustes y reparaciones, todo esto se realiza en aquella época a partir de la experiencia y de las recomendaciones de los fabricantes.

³ Ibíd., p. 22.

⁴ Ibíd., p. 22.

⁵ Ibíd., p. 22.

A mediados del siglo pasado empiezan a aparecer otras formas de organización del mantenimiento, aparecen las tácticas del mantenimiento productivo, el centrado en la confiabilidad y otras donde lo importante es la organización y la planeación. A nivel mundial, aparece el concepto de que mantenimiento ya no depende de producción, sino que se establece como una unidad independiente, al dejar de ser un departamento gestor de pasivos y generador de gastos.

La aparición del TPM, el cual integra el personal de producción hacia la actividad del mantenimiento, para procurar una mejor productividad; marca un hito en la aparición de tácticas, que luego evolucionan hacia el RCM, combinado, Proactivo, Reactivo, clase mundial, centrado en objetivos, y otros muchos que se desarrollan en tiempos recientes hasta las últimas como el RCM Scorecard.

Los japoneses integran los conceptos desarrollados y los asocian a la necesidad de ocupar el tiempo ocioso del profesional de operación con actividades sencillas y bien definidas de mantenimiento, lo que deja un tiempo disponible a los profesionales de mantenimiento para realizar tareas de análisis y desarrollo de ingeniería de mantenimiento, que permiten reevaluar proyectos de los equipos, instalaciones, así como los métodos y procesos adoptados. Uno de los grandes aportes del TPM, es que da las bases para el desarrollo táctico de mantenimiento; es reconocida como la más antigua y básica de las tácticas de mantenimiento, el TPM posee normas, con reglas y pilares bien definidos.

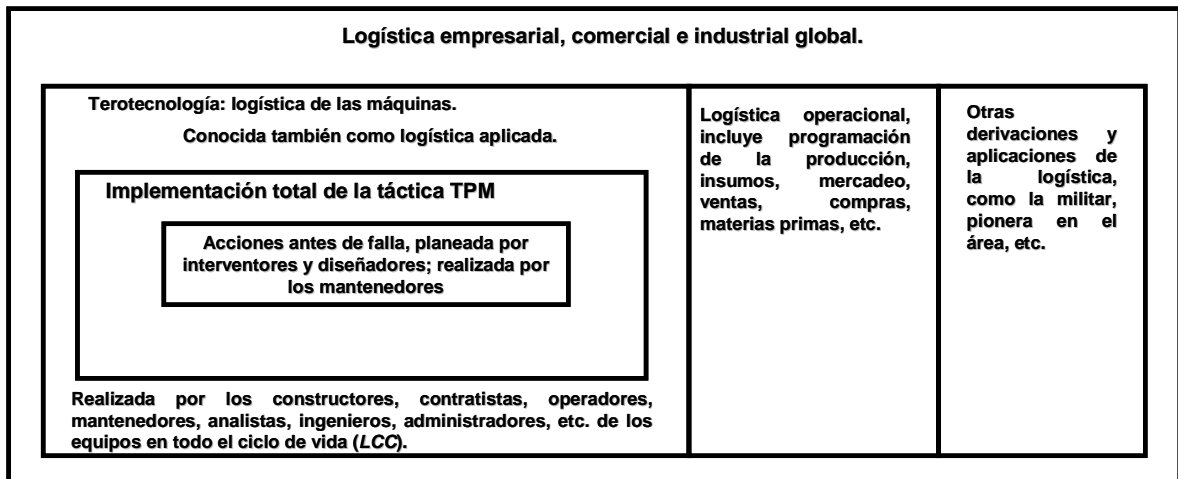
- **La terotecnología.** En 1976, M. Husband y Dennis Parkes de Inglaterra, desarrollan un concepto integrador que revoluciona la gestión y la operación de mantenimiento, la terotecnología, concepción que involucra los costos en la gestión de mantenimiento bajo la orientación del LCC, el termino denota la integración de todos los esfuerzos de las etapas de fabricación, producción, explotación, mantenimiento y operación integral de los equipos, para optimizar los rendimientos mediante un excelente mantenimiento bajo un enfoque de costos.

Se puede explicar del documento de Parkes, que los índices de rendimientos son la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y los costos asociados a mantenimiento.

La terotecnología (Palabra proveniente de las raíces griegas: thero: cuidado; techno: técnica y logos: tratado) plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de gestión

y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (terotecnología).

Figura 21. Relación entre TPM y Terotecnología



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 24.

En la figura 21 se muestra que mediante las acciones realizadas al implementar la táctica de TPM y terotecnología se busca integrar el concepto de confiabilidad y el ciclo del costo de vida con el fin de administrar la viabilidad económica del área de mantenimiento.

En el artículo Tomando decisiones en la administración del mantenimiento, los autores Pintelon y otro (1991) plantean que si bien la terotecnología se concibe en los años setenta como una decisión gubernamental de la Gran Bretaña, estos conceptos no se han difundido en la industria a nivel mundial, debido a la poca disponibilidad de metodologías prácticas para soportarlo⁶. Aunque en los Estados Unidos se utiliza el concepto de ciclo de vida, éste se tiene en cuenta al inicio⁷ y en la evolución de la terotecnología, recientemente ha recobrado importancia, debido a las exigentes condiciones de competitividad requeridas a las empresas y a las nuevas herramientas de información disponibles.

La terotecnología está relacionada con la especificación y el diseño para la confiabilidad y mantenibilidad de equipos, maquinaria, edificios y estructuras: se

⁶ GERAERDS, 1989. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 24.

⁷ BLANCHARD, 1981: En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 24.

asocia también: a la puesta en marcha de máquinas, al mantenimiento, a las modificaciones, a las reformas, a las ampliaciones y al reemplazo de los equipos: así como a la retroalimentación de información sobre el diseño, desempeño y costos de maquinaria. Esto significa que debe tenerse una visión global de la administración de los activos físicos, definiéndose de esta forma la terotecnología, como una de las bases más influyentes en la actual gestión de activos. Si las inversiones en mantenimiento de un equipo, son anualmente un quince por ciento (15%) de su valor de compra, en siete años superan su costo inicial⁸. Las tendencias y perspectivas mundiales de la gestión de mantenimiento⁹ orientadas por la terotecnología, señalan a la norma británica 3811 –Norma de la Asociación British Standard de 1984–, como el parámetro base y fundamental de la gestión de activos, a la vez que la definen a esta norma, como epicentro de la terotecnología.

Los ingleses definen en la norma británica 3811 a mantenimiento como la combinación de todas las técnicas y actividades administrativas asociadas, que intentan retener y conservar el estado original de los equipos en que fueron diseñados y para lo cual se requieren, la tendencia es que mantenimiento llegue a adquirir la dimensión de una estrategia corporativa de aplicación mundial, que permita sistemas de justo a tiempo en producción, que conduzca a una manufactura ágil, que conlleve a alta confiabilidad en los equipos, que labore bajo el concepto de servicio al cliente, en los momentos oportunos con la mayor confiabilidad y otorgue precios bajo el concepto de mantenimiento competitivos.

La terotecnología es una alternativa técnica capaz de combinar los medios financieros, estudios de confiabilidad, evaluaciones técnico-económicas y métodos de gestión para obtener ciclos de vida de los equipos cada vez menos dispendiosos y costosos. Por ser una estrategia que relaciona directamente a proveedores, usuarios, diseñadores, oferentes y demandantes de insumos, parece lógico afirmar que la terotecnología es centro vital del mantenimiento.

A partir de 1980, con el desarrollo de los computadores personales a costos reducidos y lenguajes sencillos, las organizaciones de mantenimiento pasan a desarrollar y usar sus propios programas, lo que elimina los inconvenientes de dependencia de disponibilidad humana y de equipos para atender sus prioridades de procesamiento de información a través de un computador central institucional; además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades para el analista de sistemas, que no siempre está familiarizado con el área de mantenimiento.

⁸ WHITE, 1975. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 24.

⁹ THORSTEINSSON. et.al, 1997. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 24.

Para complementar el desarrollo de la terotecnología, surge una metodología inglesa para auditar el área de mantenimiento (Software Flash Audit), la cual permite evaluar de una forma integral y detallada casi todos los parámetros empresariales de mantenimiento; evaluando diferentes tópicos de mantenimiento mediante aproximadamente seiscientos cincuenta (650) preguntas que miden doce componentes básicos de mantenimiento, sus resultados se entregan en forma numérica y de radar; las personas que participan son funcionarios de mediano y alto rango de las áreas de producción, mantenimiento y gerencia de planta.

La auditoría consiste en formar un grupo de trabajo interdisciplinario, que es asesorado o no por consultores externos, para evaluar la situación actual de los distintos aspectos de la gestión de mantenimiento, es coordinado por el director de ingeniería de fábricas (IF), debe conformarse con representantes de todas las áreas relacionadas con mantenimiento como: materiales, producción, suministros, compras, proyectos, finanzas, contabilidad, sistemas, inventarios, almacenes, desarrollo de personal, nómina, recursos humanos, investigación y desarrollo, sistemas, departamento jurídico de contratos, activos, etc., con reuniones permanentes y periódicas donde se revisan las evaluaciones, metas, logros, y reconsideraciones.

El mayor nivel de servicio exigido en la calidad de los bienes y servicios producidos, en la década de los ochenta por parte de los consumidores ayuda al mejor posicionamiento de mantenimiento, tanto así que en 1993 este reconocimiento es aceptado en la norma ISO 9000 cuando se incluye la función mantenimiento en el proceso de certificación, al dar a mantenimiento el mismo nivel en la organización que en la operación (hecho ya identificado por ONU en 1995¹⁰) en la búsqueda de optimizar la calidad, la confiabilidad operacional, los costos de producción (o servicio), la oportunidad, la garantía de seguridad de trabajo y de la preservación del medio ambiente.

En la figura 22 se muestran 12 conceptos generales que están parametrizados para una auditoría de mantenimiento mediante la utilización del software Flash Audit.

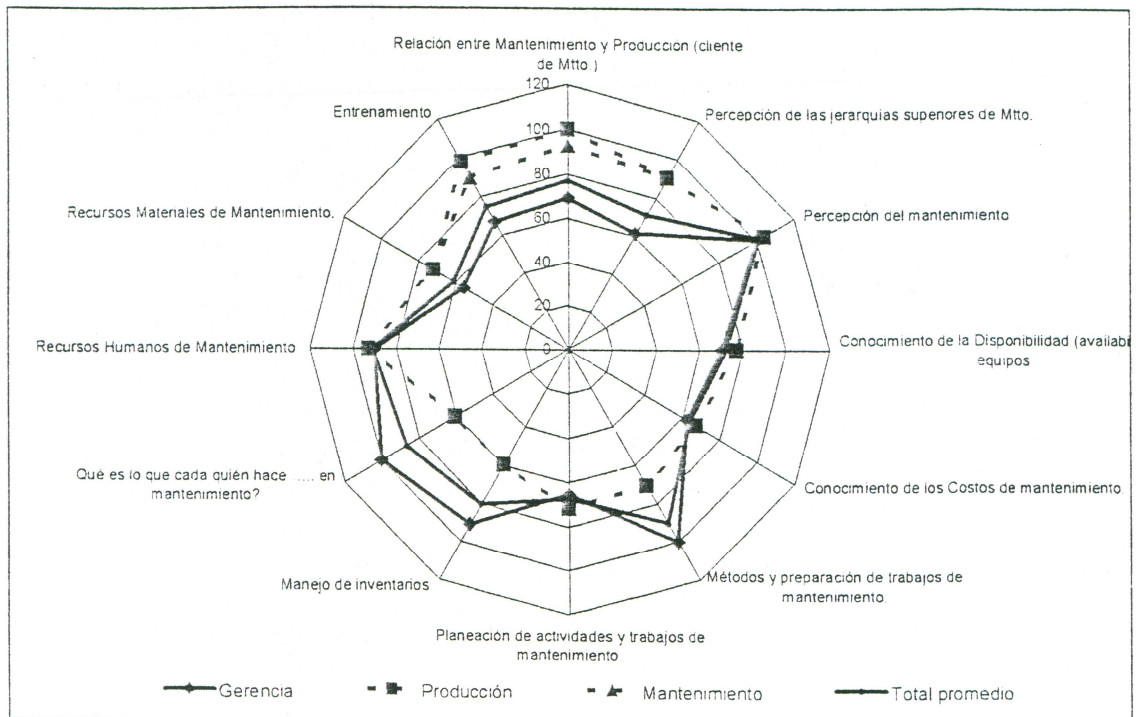
Figura 22. Objetivos del mejoramiento del programa Flash Audit

¹⁰ TAVARES, 1999, 107. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 25.

Concepto
Relación entre mantenimiento y producción
Percepción de las jerarquías superiores de mantenimiento
Percepción del mantenimiento
Conocimiento de la disponibilidad de equipos
Conocimiento de los costos de mantenimiento
Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento
Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento
Manejo de inventarios
Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento
Recursos humanos de mantenimiento
Recursos materiales de mantenimiento
Entrenamiento

Después de realizar la auditoría, los resultados se presentan como se aprecia en la figura 23 en forma de radar.

Figura 23. Radar del mantenimiento de Flash Audit y áreas que cubre

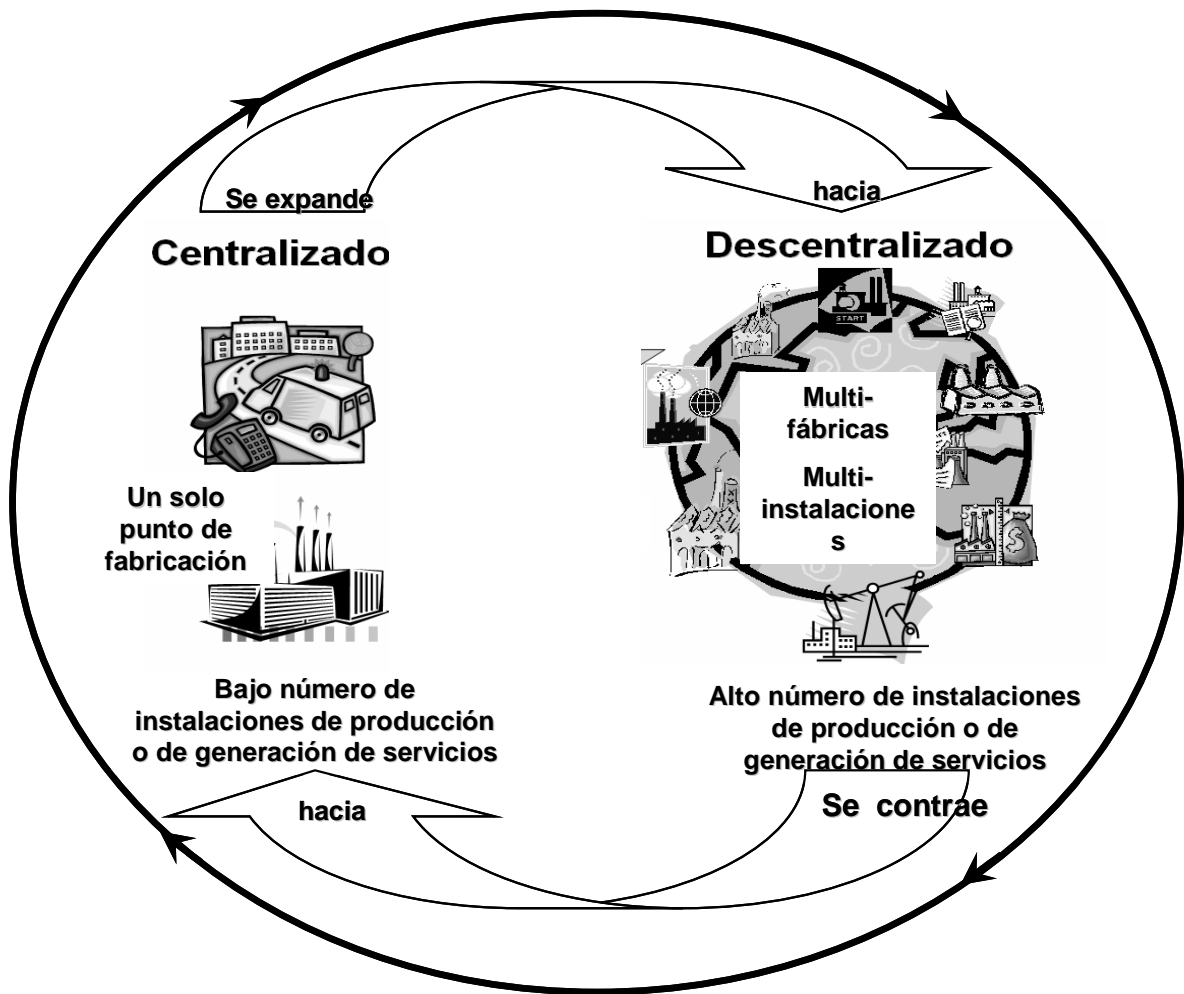


- **La evolución organizacional y estructural del mantenimiento.** La forma en que interactúan mantenimiento y producción dentro de un esquema de ingeniería

de fábricas (IF) o de ingeniería de confiabilidad o en un sistema empresarial, puede aportar muchas clasificaciones, todo depende del punto de vista que se tome, entre otras, el autor presenta algunas:

En la figura 24, se muestran gráficamente las tres tendencias existentes respecto a la estructura organizacional de mantenimiento: centralizado, descentralizado y mixto.

Figura 24. Opciones de estructuras organizacionales de mantenimiento



Fuente: En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 26.

En el centralizado el área de mantenimiento se encuentra en el mismo nivel jerárquico de la operación, este tipo de gestión puede darse en empresas medianas y pequeñas donde es un requerimiento para un mejor control.

2.2 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO

El enfoque para el análisis de un sistema, según el Filósofo Immanuel Kant “sistema kantiano” (ver figura 25), plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

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

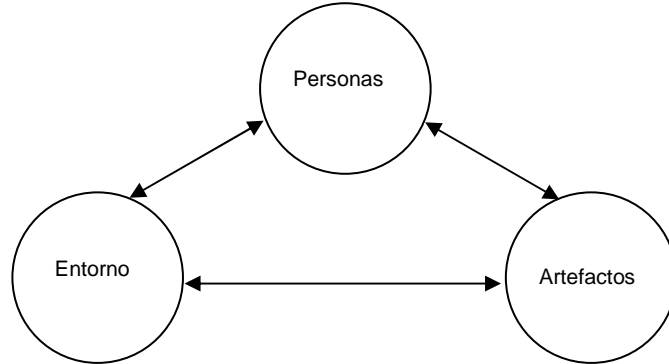
El segundo componente de un sistema kantiano son los artefactos, en el caso particular del mantenimiento, constituyen el conjunto de máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos,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

El tercer componente de un sistema kantiano es “el entorno, es de carácter mental o intelectual y son todos aquellos sitios en que se desenvuelve la naturaleza del sistema, es donde se encuentran las máquinas que hacen posible la producción de bienes reales o de servicio”¹¹.

El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan: entre ellos se pueden describir las personas: en forma directa los usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que representan el activo o máquina denominados mantenedores: en cuanto a los artefactos se incluyen todos los equipos o elementos productivos directos o indirectos: por último el entorno que comprende los sitios de producción como fábricas fijas o móviles.

¹¹ CHIAVENATO, 2001, 594. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 36.

Figura 25. Elementos de un sistema kantiano



Mediante la teoría de sistemas se define a los departamentos de las empresas como módulos administrativos independientes (mantenimiento, producción, etc.), a los cuales los denomina unidades, y estos a su vez conforman un sistema, con metas propias individuales y comunes al sistema (empresa). Un sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas¹². Las unidades a su vez se pueden considerar como elementos de un sistema cuando se encuentran relacionados entre si por alguna forma de interacción o interdependencia¹³.

Los objetivos específicos para una unidad buscan generalmente los mayores beneficios, al maximizar las utilidades y minimizar los posibles desperdicios, mediante la utilización adecuada de los recursos disponibles. Al aplicar el concepto al departamento de mantenimiento se resume en: la prestación de un buen servicio para las instalaciones y el equipo y así reducir al mínimo las paradas imprevistas de máquinas por fallas: al hacer más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, con el menor costo posible¹⁴.

Con el fin de poder entender la aplicación a un sistema de mantenimiento, se presenta individualmente aplicado a producción y a mantenimiento y posteriormente a un sistema integral industrial, de tal forma que permite visualizar la interacción de ambas unidades y el sistema global unificado de mantenimiento empresarial.

2.2.1 Categorización del mantenimiento. El enfoque kantiano admite definir las categorías de la ingeniería de fábricas como una metodología científica que

¹² BERTALANFFY, 1994. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 36.

¹³. CHIVENATO, Idalberto. Teoría de sistemas. 1989. Disponible en Internet : www.geocities.com/jdssystems/archivo/teoriasis.htm. enero, 2006.

¹⁴ NEWBROUGH, E. T. Personal de Albert Ramona y Asociados. Administración del mantenimiento industrial. 6a. ed. México : Diana, 1982, p. 23.

establece los parámetros jerárquicos¹⁵, donde se definen las diferentes temáticas conceptuales, esta jerarquización permite unificar el lenguaje y el argot del tema con el fin de facilitar su estudio, tratamiento y aplicación empresarial.

Las categorías son divisiones jerárquicas que permiten simplificar el tratamiento profundo de los diferentes conceptos, que facilitan su organización, que permite el análisis de sus diferencias y similitudes, para la estructuración total de los diferentes temas que los conforman.

Una primera aproximación a la categorización del mantenimiento, se encuentra instituida por la Casa Esreda en su Manual Handbook donde se establecen tres niveles: táctico, operativo y estratégico: para presentar una adecuada clasificación para diversas tareas, acciones y temas del mantenimiento.

Establece la Casa Esreda que normalmente los departamentos no tienen muy definida su estructura organizacional y menos sus costos sistémicos. La función de mantenimiento tiene una alta influencia en la rentabilidad de las empresas y en la ingeniería integradora de plantas.

Los controles gerenciales deben apuntar a las metas definidas, a los procesos establecidos y, en especial a las estrategias que se han planteado. Esto hace que las empresas puedan descubrir nuevas oportunidades de mercado, mantenimiento y producción, al integrar todos los recursos con las decisiones estratégicas que se toman, de tal manera que todo se haga en un enfoque global y específico¹⁶. En general la casa Esreda establece tres niveles donde se desarrollan todas las actividades y gestiones de mantenimiento.

Si bien Esreda es un buen acercamiento a la síntesis del mantenimiento¹⁷ se deben instaurar lazos más fuertes para darle solidez a este concepto, en el cual se fundamenta todo el tratamiento y aplicación de la ciencia mantenimiento.

El enfoque kantiano se fundamenta en las concepciones de espacio y tiempo, por lo cual es necesario identificar las acciones tanto del espacio como del tiempo

¹⁵ WHORF, B. L. Collected papers on metalinguistic – Foreign service institute. Washington USA Department of State, 1994. p. 85.

¹⁶ ESREDA DNV, 2001, 11. En : MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 40.

¹⁷ *Ibíd.*, p. 11.

sobre las máquinas durante su vida útil.

Parece ser que la acción del tiempo afecta más los componentes o elementos corpóreos de las máquinas y la acción del espacio se entiende mejor en la tecnología que portan las máquinas, denominadas alma de los equipos, que consiste en la función principal para lo cual fueron diseñadas.

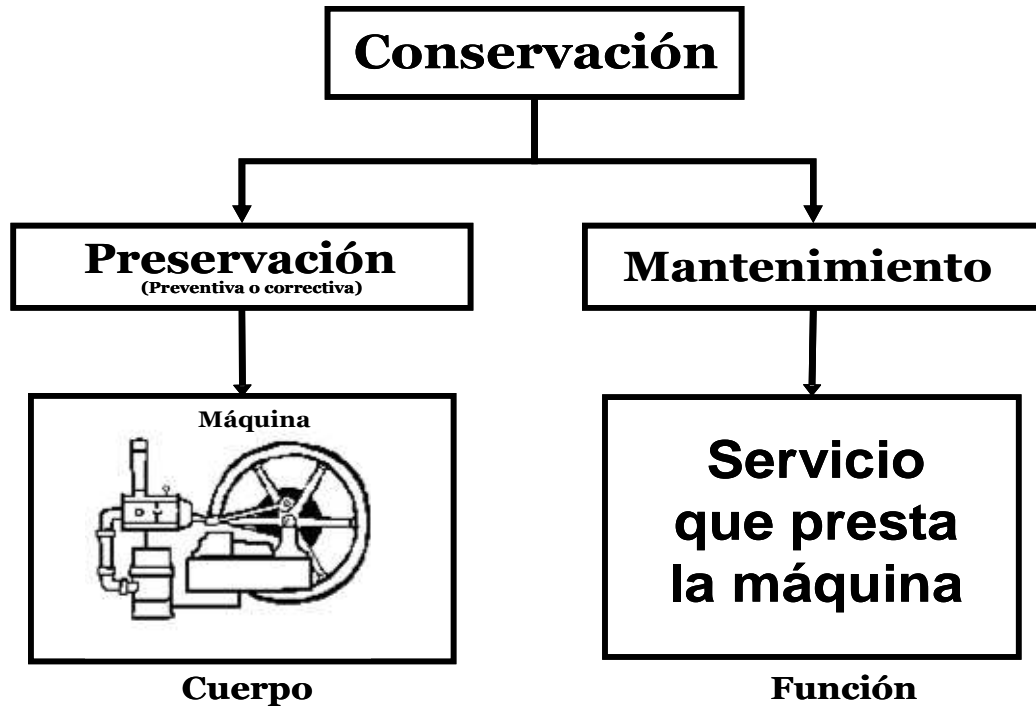
2.2.2 Cuerpo y función de los equipos. Efectos del espacio y del tiempo. El tratamiento que realiza el autor Enrique Dounce Villanueva al tema es una aproximación importante, él considera que se distinguen dos actividades básicas en la conservación de los equipos industriales: preservación y mantenimiento. Define la conservación como: toda acción humana que, mediante la aplicación de conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propende el desarrollo integral del hombre y la sociedad. La conservación se divide en dos grandes ramas: una de ellas es la preservación (la cual atiende las necesidades de los recursos físicos) y la otra es el mantenimiento (que se encarga de cuidar el servicio que proporciona estos recursos)¹⁸.

El mantenimiento enfocado bajo los parámetros de espacio y tiempo de Immanuel Kant, suministra la comprensión de la función del sostenimiento y/o la preservación de los equipos.

La función de mantenimiento (figura 26), se entiende como sostener o alargar la vida útil de los elementos o equipos de producción, atiende dos componentes básicos de éstos: el cuerpo y la función. El efecto que realiza el tiempo (con el espacio variable) sobre los artefactos o equipos está más asociado al deterioro de los elementos corpóreos, al actuar como causante de desgaste o falla parcial o total en las máquinas.

¹⁸ DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. 2ª ed. México : Continental, 1998, p. 36.

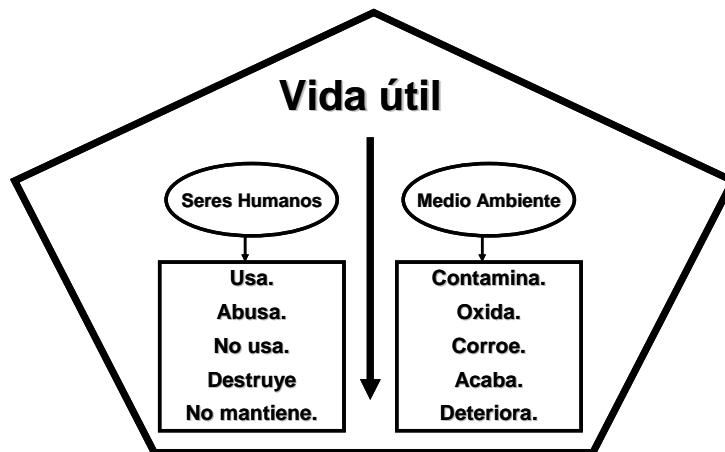
Figura 26. Función del mantenimiento



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 42.

La figura 27 muestra como los seres humanos y la acción del medio ambiente introducen defectos en los equipos que acortan su vida útil.

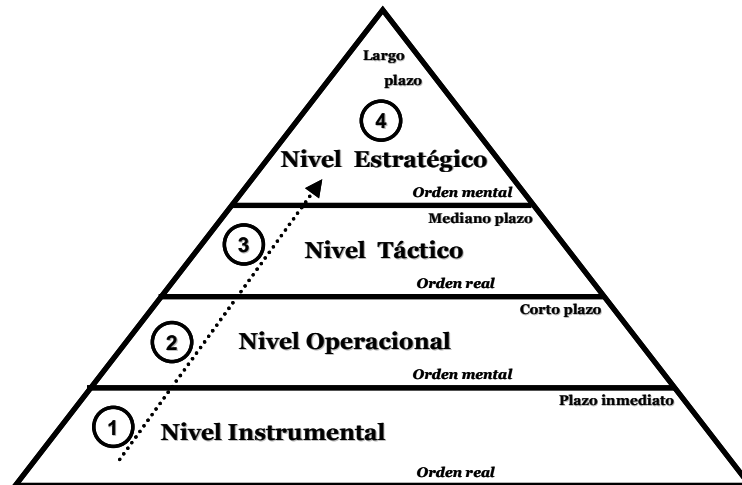
Figura 27. Agentes que generan fallas o desgastes en los equipos



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 42.

- **Niveles del mantenimiento.** La pirámide (figura 28) muestra cuatro niveles o categorías de responsabilidad al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento, bajo el enfoque sistémico.

Figura 28. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005. p. 43.

➤ **Nivel 1. Instrumental (funciones y acciones).** El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos para que exista mantenimiento en las empresas, procura el manejo sistémico de toda la información construida, requerida en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre Personas. Recursos Productivos y Máquinas: pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia., información, codificación, entre otros: en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de AOD y de mantenimiento: la administración de la información y su tratamiento estadístico: la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento. Clasifican también en este nivel instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., también se encuentran aquí herramientas avanzadas específicas y de orden técnico. En general abarca todos los elementos físicos y mentales que requieren las Personas para poder realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

➤ **Nivel 2. Operacional (acciones mentales).** El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

➤ **Nivel 3. Táctico (Conjunto de acciones reales).** El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir normas y reglas para ello establecido. Aparecen en este nivel el TPM, RCM & RCM Combinadas, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

➤ **Nivel 4. Estratégico (Conjunto de funciones y acciones mentales).** El campo estratégico está compuesto por las metodologías que desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otras diferentes industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el grado de éxito propuesto. Se alcanza mediante el LCC, el CMD y los costos.

• **Estructura, relaciones y elementos.** El enfoque sistémico permite entender que la forma como se debe abordar el estudio y análisis del tema de mantenimiento, es de manera estructural, es decir que tiene un orden y una secuencia; de esta manera se facilita su entendimiento, su aplicación y la ejecución de operaciones, tácticas y estrategias a nivel empresarial.

La estructura se da en el caso particular al tener una serie de elementos (mantenedores, productores y máquinas.) organizados e independientes, que se relacionan entre sí de una manera formal con reglas y niveles identificables.

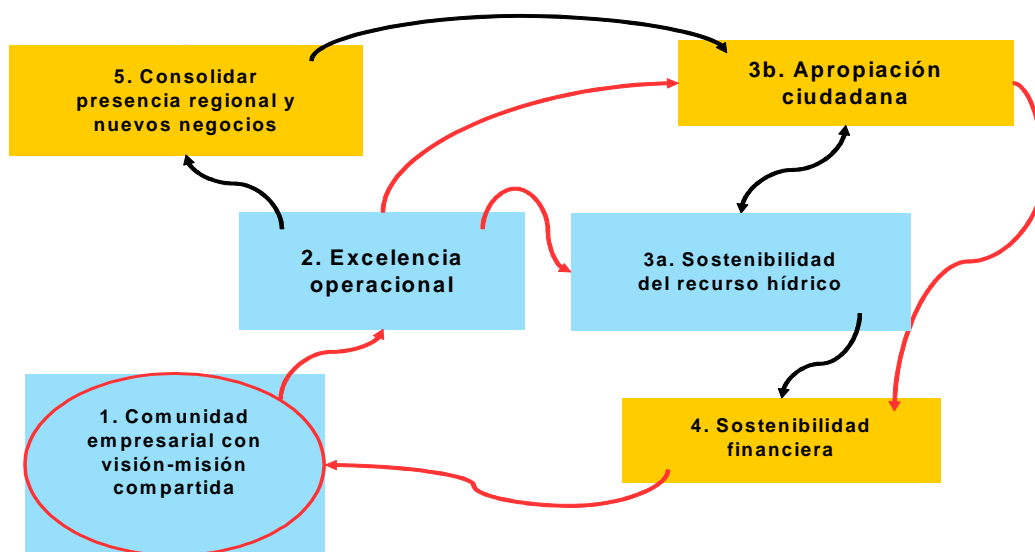
➤ **Relaciones.** Los elementos mantenimiento, producción y máquinas se relacionan entre sí a partir de premisas y normas de aceptación universal, así: la relación entre mantenedores (mantenimiento) y máquina se define por las reglas de la mantenibilidad, la relación entre mantenedores y productores se da por una relación directa a través de los equipos y está gobernada por los cánones de la disponibilidad, esta última relación muestra que cuando las conversaciones entre producción y mantenimiento son sobre máquinas, puede ser mucho más fluida que cuando se da en forma directa, de aquí que en ocasiones existen conflictos directos entre las dos áreas, esto muestra que siempre y cuando las conversaciones se den en términos de equipos y de sus comportamientos, la relación es más sencilla.

3. DIRECCIÓN DE SERVICIOS DE ELECTROMECAÁNICA HACIA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS

En la figura 29, se muestran los objetivos del Plan Estratégico de la E.A.A.B. (numeral 1,1), el segundo de ellos, denominado “Política de excelencia operacional”, es uno de los mas importantes ya que está orientado a investigar y aplicar las mejores prácticas de gestión en todos sus procesos, productos y servicios, la excelencia y la certificación y/o acreditación en las actividades de la cadena de valor, del cual forma parte la organización de Mantenimiento. Para lo cual se ha propuesto alcanzar la excelencia en todas las operaciones, con el fin de lograr una cultura de planeación y control de gestión la cual es indispensable para la sobrevivencia y crecimiento de la Empresa, con la aplicación de las mejores prácticas empresariales para construir una empresa eficiente y proactiva.

Si bien se debe lograr la excelencia en todos nuestros procesos, es de vital importancia fortalecer la gestión integral de las inversiones.

Figura 29. Objetivos del plan estratégico de la E.A.A.B.



Las organizaciones están obligadas permanentemente y pro activamente a repensar sus estrategias frente a las nuevas circunstancias de su entorno.

Cuando se hacen cambios para el mejoramiento de una organización, tal como los promovidos por el Plan Estratégico de la E.A.A.B., es de vital importancia el trabajo en equipo y por ello se adoptó una metodología participativa de tal manera que el direccionamiento estratégico del Acueducto sea el resultado de un proceso de reflexión y construcción colectiva, por todo el equipo Gerencial, enriquecido con las experiencias y el conocimiento real de los problemas y soluciones de profesionales y trabajadores de todos los niveles organizacionales.

Para asegurar que las iniciativas de excelencia operacional emprendidas por cada gerencia estén alineadas con el Plan Estratégico de la E.A.A.B. y a su vez se logre la difusión a todos los niveles de la organización, el Acueducto a nivel de cada Gerencia cuenta con dos instrumentos:

- **Acuerdo de gestión o plan de acción de cada área:** A través de esta herramienta, cada área además de sus actividades básicas incorpora las acciones estratégicas de su responsabilidad para la planificación detallada de su ejecución
- **Tablero de control:** Con este instrumento y con el fundamento en los procesos de gestión claves asociados a los objetivos estratégicos de la Empresa, cada Gerencia formula los indicadores que le permitirán monitorear su gestión.

De esta manera se busca que el Plan General Estratégico del Acueducto, se materialice en logros para bien de los usuarios, de los trabajadores, de la ciudadanía y sociedad en general.

Frente a esta serie de cambios, se han creado mayores demandas hacia la función del mantenimiento, tales como:

- Optimización del presupuesto anual de mantenimiento.
- Disminución del nivel de emergencias en los equipos, actualmente esta en un promedio del 40%.
- Reducción del inventario de almacén.
- Mejoramiento en la utilización del personal de mantenimiento de la E.A.A.B.
- Mejoramiento en la utilización de contratistas.
- Mejoramiento en la planeación y ejecución de paradas programadas.
- Correcta utilización del sistema computarizado de información de mantenimiento – Modulo SAP de mantenimiento.

De esta forma el personal directivo de mantenimiento debe desarrollar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente y organizado que permita generar una gestión eficiente evaluada por índices de clase mundial que logren alinearse con los tableros de control de la gerencia general y propendan por la consolidación del plan estratégico de la empresa.

Para la Dirección de Servicios de Electromecánica, el camino hacia la excelencia operacional se realizará mediante el diseño e implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de Activos, el cual debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Sustentarse en lo que espera el plan estratégico de la empresa de cada una de sus áreas enfocadas al logro de la “excelencia en cada una de las operaciones”.
- Reconocer el estado actual de la organización del mantenimiento Dirección de Servicios de Electromecánica evaluada en el capítulo uno, donde se refleja el estado del arte actual y el grado de madurez de dicha organización, para proponer los cambios y mejoramientos requeridos.
- Involucrar a personal de todos los niveles de la organización de mantenimiento con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento y de forma paralela, la moral de los trabajadores debido a la satisfacción en el trabajo.
- Aplicar las mejores prácticas de mantenimiento, que se traducirán en acciones concretas a desarrollar dentro del marco de acuerdos de servicio con las áreas receptoras de servicios ARS.
- Lograr la consecución de las metas graduales fijadas y controladas mediante la comparación de los nuevos índices de gestión del mantenimiento de clase mundial de la Dirección de Servicios de Electromecánica y los tableros de control de la Gerencia General.
- Integrar a mantenimiento con las demás áreas de la organización, tales como operaciones, inventarios, compras y proyectos capitales.

Para lograr lo anterior, la Dirección de Servicios de Electromecánica necesita reflexionar sobre la situación actual, organizarse, capacitarse y prepararse para el

cambio asignando los recursos y dando el apoyo y la supervisión necesaria por parte del personal directivo.

A continuación se presenta el diseño propuesto del Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de los Activos que se diseñó en niveles específicos y el cual constituye el camino para el logro de la excelencia operacional a cargo de la Dirección de Servicios de Electromecánica de la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado De Bogota.

3.1 MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL GERENCIAMIENTO DE LOS ACTIVOS

En la figura 31, se muestra gráficamente el Modelo de Gestión para el Gerenciamiento de Activos a cargo de la Dirección de Servicios Electromecánica. Para su difusión a todos los niveles de la E.A.A.B. se designó bajo el nombre de **“MOGADISEL”** (“Modelo de gestión para el Gerenciamiento de Activos Dirección de Servicios Electromecánica”).

Para hacer la explicación del Modelo de Gestión MOGADISEL, primero se presentarán los parámetros empleados para su diseño. Posteriormente en este mismo capítulo se explicarán los objetivos, visión, misión del modelo y como esta conformado por niveles y como interactúan entre sí.

3.1.1 Parámetros de diseño del modelo. El Modelo de Gestión para el Gerenciamiento de Activos a cargo de la Dirección de Servicios Electromecánica **“MOGADISEL”** ha sido diseñado bajo dos enfoques como son; **Enfoque filosófico “Kantiano”** de la organización de mantenimiento y el **Enfoque “Gerenciamiento de activos”**. Ambos enfoques fueron descritos teóricamente en el capítulo 2 y aquí se retoman los aspectos más importantes que se emplearon para el diseño del modelo, así:

3.1.2 Enfoque “Kantiano” de la organización de mantenimiento. Concepto filosófico que indica la evolución gradual de la organización de mantenimiento en el tiempo, dada por los niveles: estratégico, táctico, operativo e instrumental, los cuales se muestran gráficamente en la figura 28.

En este enfoque se encuentran descritas en forma general las fases conceptuales que deben ser recorridas para lograr el mejoramiento de una organización de mantenimiento, donde se apliquen las mejores prácticas, describiendo de forma general cuales son los puntos de partida y llegada.

3.1.3 Enfoque “Gerenciamiento de activos”. Este segundo enfoque, se refiere a la sustentación del modelo filosófico desde el punto de vista pragmático, en este enfoque son declaradas:

Macro Políticas administrativas por parte del nivel estratégico que orientaran la gestión global y deberán ser seguidas por cada uno de los tres niveles táctico, operativo e instrumental, mediante planes de acción, tareas y tableros de control que los llevaran a hacer seguimiento y cumplir con las metas globales fijadas por el nivel estratégico.

- **Nivel estratégico**

- Macro políticas
- Metas
- Tablero de control KPI'S

- **Nivel táctico**

- Planes de acción
- Tareas
- Procedimientos

- **Nivel operativo**

- Planes de acción
- Tareas
- Procedimientos

- **Nivel instrumental**

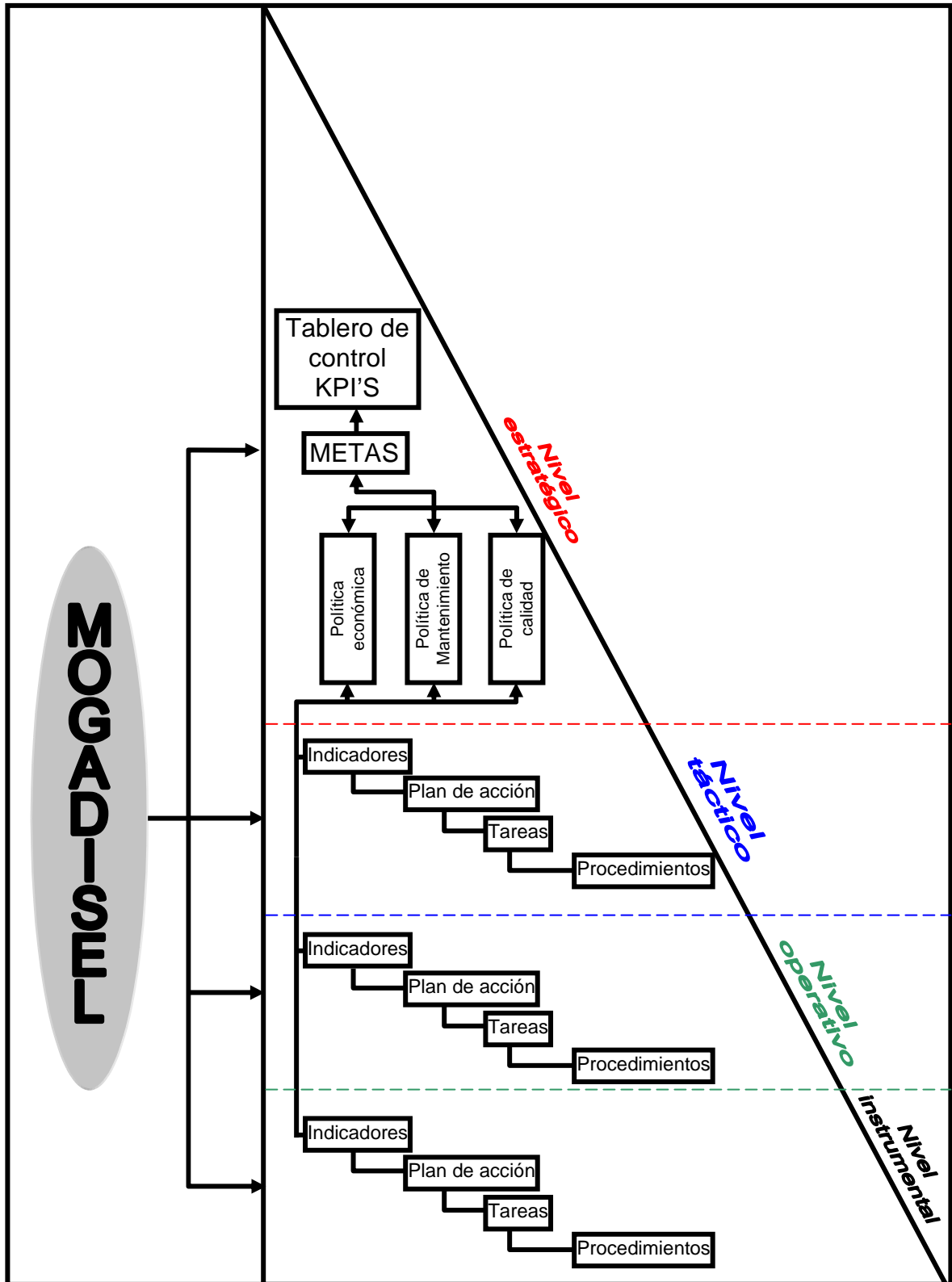
- Planes de acción
- Tareas
- Procedimientos

3.2 ESQUEMA DE MOGADISEL

El esquema de la estructura por niveles de MOGADISEL y la relación entre los elementos que la componen como son: Niveles del enfoque Kantiano (Estratégico, Táctico, Operativo e Instrumental) combinado con el enfoque de Gerenciamiento de Activos (políticas, planes de acción, tareas, procedimientos específicos e indicadores de gestión, es mostrada gráficamente en la figura 30.

A continuación se presentan cuales son los objetivos, visión, misión de modelo y su forma de evaluación, posteriormente en el desarrollo del capítulo de se describirán cada uno de los niveles mostrados en la gráfica y las políticas definidas por el nivel estratégico.

Figura 30. Diagrama de MOGADISEL



3.2.1 Objetivos de MOGADISEL. El objetivo del modelo por niveles (Figura 30) es definir las mejores prácticas relacionadas con el proceso de gestión de mantenimiento mediante el Gerenciamiento de los Activos a su cargo, para llevar a la Dirección de Servicios de Electromecánica a ser una organización de mantenimiento de clase mundial en un tiempo de 2 años, modernizando y unificando el modelo de gestión actual y propendiendo por el cumplimiento del segundo objetivo del plan estratégico de la empresa 2004-2008 de “Excelencia en todas las operaciones”.

Transformar la organización de mantenimiento de un centro de costo a un centro de negocio analizando la generación de valor, mediante el Registro eficiente de la información estratégica de mantenimiento, eliminando reprocesos y estableciendo metas graduales de optimización de los costos de mantenimiento, por medio de la implementación de buenas prácticas.

Transformar el modelo de ejecución de mantenimiento actual de Divisiones por especialidad Mecánica Eléctrica y Electrónica a un modelo de ejecución de mantenimiento zonal, eliminando el fenómeno de islas y reprocesos.

Evaluar y Comparar constantemente su gestión con otras organizaciones eficientes de mantenimiento.

3.2.2 Alcance. Dada la secuencia gradual que se requiere para que la organización de mantenimiento actual avance ordenadamente hacia la categoría WCM (Mantenimiento de Clase Mundial) mediante el Modelo para el Gerenciamiento de Activos Dirección de Servicios Electromecánica “MOGADISEL”, este se concentrara en los siguientes tópicos:

1. Establecerá las macro políticas y sus metas que enmarcan las mejores prácticas de la gestión del mantenimiento bajo el enfoque de Gerenciamiento de Activos y que serán lideradas y controladas por el nivel Estratégico.
2. Definirá los indicadores claves de Desempeño (KPI'S) que conformaran los tableros de control para la evaluación de cada macro política.
3. Establecerá los planes de acción y tareas a ser ejecutadas por los niveles táctico, operativo e instrumental.
4. No se concentrara en la elaboración de los procedimientos técnicos específicos, que deberán ser diseñados por los grupos responsables de los

diferentes niveles de acuerdo con la norma correspondiente, ni se concentrara en el procedimiento para la recolección de la información, el cual esta determinado en el procedimiento 1AF10301501 de la UDO (Unidad de Desarrollo Organizacional) para la empresa a través del sistema de información CMMS SAP/ PM y descrito en el capitulo uno de la presente monografía.

5. Establecerá los grupos responsables de liderar cada nivel.

6. Diseñara el nuevo organigrama de la Dirección de Servicios de Electromecánica requerido por MOGADISEL y ubicara el correspondiente recurso humano existente en dicha estructura.

3.2.3 Evaluación de MOGADISEL. Para asegurar el logro de las macro políticas y metas de MOGADISEL y lograr su alineación con el plan estratégico de la empresa se define el control y evaluación de las mismas mediante el seguimiento a través de los Indicadores Clave de Desempeño (KPI'S) "Key Performance Indicators" por su sigla en ingles. Puede mencionarse que la información de los Indicadores Clave de Desempeño permite actuar de forma rápida reorientando la gestión y detectando áreas de oportunidad y mejora.

3.2.4 Indicadores clave de desempeño. A continuación se presentan los Indicadores Clave de Desempeño de acuerdo a su clasificación funcional:

- **Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento.-** aquellos indicadores cuya finalidad es controlar y evaluar la eficiencia en la Gestión de Mantenimiento.
- **Indicadores de desempeño del equipo.-** aquellos indicadores cuya finalidad es controlar y evaluar el comportamiento de los equipos.
- **Indicadores de desempeño de costos.-** aquellos indicadores cuya finalidad es controlar los costos ejercidos en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Estos indicadores aparecen de manera general en cada una de las macro políticas, su procedimiento de cálculo se presenta en el apartado de anexos de la presente monografía, sin embargo en la descripción de cada macro política integral se mencionara la relación de la correspondiente política integral con sus metas e indicadores.

3.3 VISIÓN DE MOGADISEL

Ser el mejor Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de Activos a nivel Distrital y Nacional en los próximos dos años mediante la aplicación de las mejores estrategias de clase mundial que existan en el ámbito global de acuerdo al tipo de activo y función que desempeña con el objeto de asegurar una operación libre de fallas que evite los riesgos al personal, a las instalaciones, al medio ambiente y a la producción; manteniendo costos que permitan ser competitivos de acuerdo al plan estratégico vigente de negocios de la empresa.

3.4 MISIÓN DE MOGADISEL

Mediante el cumplimiento y evaluación de las Macro políticas emitidas por el nivel estratégico y ejecutadas mediante planes de acción, tareas y procedimientos específicos por los niveles, táctico operativo e instrumental del Modelo de gestión de Mantenimiento para el Gerenciamiento de Activos Dirección de Servicios Electromecánica “MOGADISEL”, se mantendrá en óptimas condiciones de operación los activos Electromecánicos de las Estaciones de bombeo de agua potable, aguas residuales, Central hidroeléctrica de Santa Ana, Equipos Especializados, pesados y menores para mantenimiento y construcción, además de los equipos electromecánicos de las estructuras de control, tanques de almacenamiento, válvulas y accesorios de la red Matriz de diámetro igual o mayor a doce pulgadas, Adicionalmente se atenderán las respectivas solicitudes de asesoría y diseño para la fabricación de elementos, repuestos y reparaciones por soldadura, para las diferentes dependencias de la Empresa, mediante la aplicación de procedimientos y tecnologías de punta que faciliten la atención oportuna de requerimientos en un termino inferior a 24 horas y garantizando una disponibilidad del 90% para todo el grupo de activos, satisfaciendo las necesidades que demandan nuestros clientes internos Áreas Receptoras de Servicios ARS, Bajo el enfoque de clase mundial Gerenciamiento de activos, y en donde se contara con la participación activa del recurso humano de la Dirección de Servicios Electromecánica, apoyados en un proceso de mejoramiento continuo y en la reducción gradual de costos anuales del mantenimiento, mediante la gerencia efectiva de la información y la eliminación radical de los reprocesos.

3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA GENERAL DE MOGADISEL

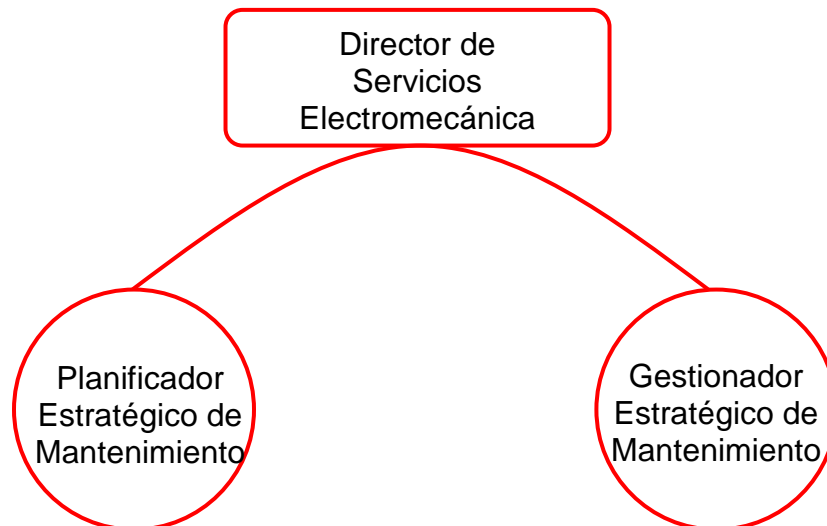
A continuación se describirá en detalle cada uno de los niveles que conforman la estructura general del modelo y se identificaran los grupos responsables de liderar

el camino dictado por el MOGADISEL para que la organización de mantenimiento logre alinearse con los objetivos estratégicos de la empresa y cuando se hallan implementado y consolidado estos cuatro niveles (Estratégico, Táctico, Operativo e Instrumental) se considerará que la organización como clase mundial.

3.5.1 Nivel estratégico:

- **Objetivo.** Liderar a la Dirección de Servicios de Electromecánica para que todas las macro políticas y sus metas, planes de acción, tareas y procedimientos específicos sean cumplidos dentro de los lineamientos generales de MOGADISEL de manera ordenada y cuantificable por cada uno de los niveles Táctico, operativo e instrumental y se cumplan las metas definidas para cada macro política. Adicionalmente realizara la evaluación global de MOGADISEL mediante el empleo de la herramienta Radar (descrita en el capítulo 2) de la organización de mantenimiento.
- **Responsable.** Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente estarán organizados como se muestran en la siguiente figura.

Figura 31. Estructura del Grupo de gestión estratégica



- **Macro políticas.** Las políticas básicas que deben ser implementadas para regir el proceso de gestión y contribuir a la efectividad del MOGADISEL están agrupadas en el tablero de control del nivel estratégico en tres tipos de políticas integrales con sus correspondientes metas. Para su desarrollo requerirán del

establecimiento de planes de acción, tareas y procedimientos específicos a ser ejecutados por cada uno de los niveles táctico, operativo e instrumental encaminados a cumplir con las metas fijadas para cada política integral.

El tablero de control de este nivel estará compuesto por las siguientes macro políticas:

Política integral Económica.

Política integral de Mantenimiento.

Política integral de Calidad.

- **Política integral económica.** Específicamente esta política regirá todos los aspectos relacionados con el tema económico de MOGADISEL y contiene los correspondientes objetivos y metas que deben controlarse y evaluarse con el fin de que la Dirección de Servicios de Electromecánica se transforme de un centro de costo a un centro de negocio y se alinee con el Plan Estratégico de la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá.

Esta política tiene la intención de llevar a la Dirección de Servicios de Electromecánica a:

Transformarse de un centro de costos a un centro de negocio, identificando y eliminando las acciones de mantenimiento que no agregan valor a la organización. De la misma forma se identificarán aquellas funciones que generan valor a la compañía, tales como la confiabilidad operacional a cargo del nivel táctico y la planeación y programación del mantenimiento a cargo del nivel operativo.

Cambiar el concepto de mantener equipos que generan pasivos a Gerenciar activos que generan valor.

- **Meta.** La meta de la macro política integral Económica de MOGADISEL, controlada y evaluada por el nivel estratégico a través del Grupo de gestión estratégica se enfoca en generar un elemento fundamental:

Incremento de márgenes de utilidad. Se logra mediante la reducción de costos unitarios, por mayor eficiencia en la gestión de mantenimiento, en aspectos tales como:

- Optimización en el uso de los recursos (mano de obra y materiales) por medio de la planeación y programación del mantenimiento.
- Reducción de tareas innecesarias y optimización de frecuencias de mantenimiento con apoyo de la confiabilidad operacional.
- Reducción de paros no programados, se estima que un mantenimiento no programado esta en el orden de 3 a 5 veces más costoso que un paro planeado y programado.
- Optimización de los niveles de inventario

Esta meta apunta al plan estratégico de la empresa específicamente en lo relacionado con la reducción de las tarifas de acueducto y alcantarillado, al propender por la reducción gradual como mínimo del 25% de los costos del mantenimiento.

Los lineamientos expuestos en la política económica aplican a todas los aspectos de tipo económico a cargo de la Dirección de Servicios Electromecánica y deberán ser usados para el desarrollo de los planes de acción.

No será posible obtener esta meta a nivel de la Dirección si no se proponen en cada activo y se trabaja dentro de los esquemas del MOGADISEL para conseguirla. Asimismo, se requiere establecer y definir esta meta en cada activo para poder visualizarla a corto mediano y largo plazo.

Se ha mencionado que la meta de la política integral económica es el mejoramiento de los **“Márgenes” (Reducción de costos unitarios, por mayor eficiencia en la gestión de mantenimiento)**, sin embargo, esta meta principal se genera con base en el desarrollo de planes acción y tareas que permiten el cumplimiento de esta macro política; es decir, la meta principal “Márgenes” es el fin pero ésta es habilitada mediante el cumplimiento de los siguientes planes de acción:

- Optimización de costos.
- Optimización del capital de trabajo
- La vinculación entre la meta principal y los planes de acción se presenta a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Vinculación de Meta principal con planes de acción

Plan de acción		Meta Principal
Optimización de costos Optimización del capital de trabajo	Habilita →	Mejora en Utilidad

Ahora bien, ya establecida la meta principal y los planes de acción se deben alinear con los indicadores claves de desempeño del tipo financiero que se utilizan para medir si se cumple con ellas.

La Tabla 2 presenta el enlace y su vinculación entre la meta descrita anteriormente y los indicadores que usualmente se utilizan para asistir la medición.

Tabla 2. Interrelación de las Metas de la política económica con Indicadores que Miden su Cumplimiento

Metas de la política económica	Indicadores
Optimización de costos de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de Mantenimiento con Relación al Costo de Operación (CMCO) • Costo Unitario de Mantenimiento (CUMO) • Costo Unitario de Mantenimiento por Producto (CUMP) • Efectividad de Costos de Mantenimiento (ECMO)
Optimización del capital de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Rotación de inventarios (por tipo de materiales ABC) (ROIN)

Indicadores de desempeño de costos. La finalidad de este tipo de Indicadores es controlar los costos ejercidos en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Los indicadores que se fijan para la evaluación de la política económica de MOGADISEL son:

- Costo de Mantenimiento Normalizado (COMN).
- Costo de Mantenimiento con Relación al Costo de Operación (CMCO).

- Costo Unitario de Mantenimiento (CUMO).
- Costo Unitario de Mantenimiento por Producto (CUMP).
- Porcentaje del Valor de Materiales Obsoletos (%VMO).
- Costo de Capacitación (COCA).
- Costo de Mantenimiento por Valor de Activos (CMVA).
- Valor Económico Agregado (EVA).

En la tabla 3 se presenta un resumen de las características de los Indicadores de Desempeño del Costos.

Tabla 3. Indicadores de Desempeño de Costos

Indicador	Unidad de medición	Nivel de consolidación	Frecuencia de medición	Etapa del modelo para iniciar su utilización
COMN	Miles de Pesos	Activo	Anual	Mantenimiento Reactivo
CMCO	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Reactivo
CUMO	Pesos / Unidad de volumen	Activo	Anual	Mantenimiento Planificado (no se utilizará a partir de la Gestión Óptima de Activos)
CUMP	Pesos / Unidad de volumen	Activo	Anual	Gestión Óptima de Activos
%VMO	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado
COCA	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado
CMVA	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado
EVA	Miles de Pesos	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado

Como se mencionó al inicio, esta meta en cada activo estará orientada a lograr que la Dirección se convierta en un centro de negocio, Para lograrlo, será necesario que cada **Nivel** cumpla con los planes de acción y tareas que se presentan en “**MOGADISEL**” y que servirán para validar que se ha alcanzado la madurez planeada dentro del tiempo acordado como consecuencia de la ejecución global del modelo.

- **Política integral de mantenimiento.** Específicamente esta política regirá todos los aspectos relacionados con la planeación y ejecución de mantenimiento a ser realizado por los niveles tácticos operativo e instrumental y debe considerar aspectos como:

- Establecer el plan de negocios de mantenimiento alineado con el Plan Estratégico de la EAAB

- Establecer los objetivos y metas de mantenimiento

- Definir como cada función en mantenimiento colabora al logro de los objetivos de la EAAB

- **Objetivo.** El gran objetivo de esta política es llevar a la Dirección de Servicios de Electromecánica a realizar la función de mantenimiento mediante la adopción y ejecución de las mejores prácticas de Clase Mundial.

- **Meta.** La meta de la macro política integral de mantenimiento de MOGADISEL controlada y evaluada por el nivel estratégico a través del Grupo de gestión estratégica se enfoca en generar un elemento fundamental:

- **Continuidad del servicio.** Mayor cantidad de horas de servicio disponible como consecuencia del aumento en la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones y los activos, como lo refiere su misión al garantizar una disponibilidad mínima del 90%.

Esta meta apunta al plan estratégico de la empresa específicamente en lo relacionado con la prestación oportuna constante y eficiente de los servicios de acueducto y alcantarillado tendiendo a eliminar el lucro cesante de los activos por indisponibilidad y la no continuidad del servicio.

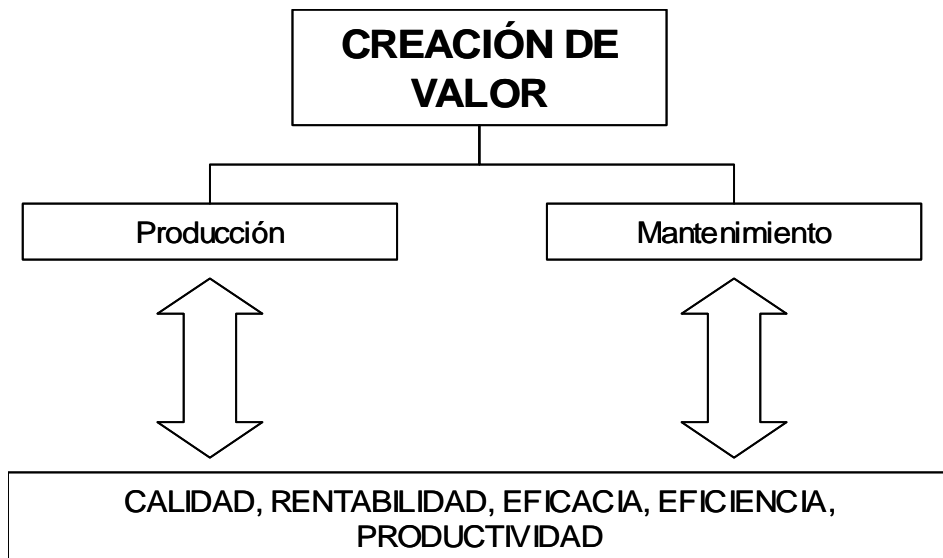
Los lineamientos expuestos en esta política de Mantenimiento aplican a todas las Áreas de instalaciones de mantenimiento a cargo de la Dirección de Servicios Electromecánica y deberán ser usados para el desarrollo de los planes de acción.

No será posible obtener esta meta a nivel de la Dirección si no se proponen en cada activo y se trabaja dentro de los esquemas del MOGADISEL para conseguirla. Asimismo, se requiere establecer y definir esta meta en cada activo

para poder visualizarla a corto mediano y largo plazo, esta meta debe alinear los deseos de la organización hacia la importancia de la generación de valor mediante la interrelación entre mantenimiento y producción reconociendo la vitalidad y necesidad del mantenimiento dentro de toda la organización.

La figura 32 muestra esquemáticamente la importante interrelación que existe entre el mantenimiento y el área de producción. El objetivo es sincronizar los elementos de rentabilidad, dentro de estas dos áreas, para maximizar la creación del valor; es decir, si el mantenimiento no está funcionando a nivel clase mundial, la producción tampoco podrá funcionar a ese nivel.

Figura 32. Interrelación del mantenimiento y la producción



Se ha mencionado que la meta de la política integral de mantenimiento es el mejoramiento de la **Continuidad del servicio**, Mayor cantidad de horas de servicio disponible como consecuencia del aumento en la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones y los activos. Esta meta se logrará con un trabajo en equipo entre mantenimiento y producción identificando actividades que apoyen la calidad, eficiencia, eficacia y la productividad de tal forma que se genere valor para la organización con acciones tales como:

- Producción se apropie de los equipos, apoye la identificación de anomalías a tiempo y realice tareas básicas de mantenimiento.

- Mantenimiento debe desarrollar procedimientos estandarizados, con el apoyo del personal de confiabilidad (Nivel Táctico) para que los trabajos se hagan bien desde la primera vez.
- Producción debe desarrollar procedimientos estandarizados de operación de equipos dentro de los parámetros de diseño para no degradar su ciclo de vida

Los planes de acción a desarrollar y que facilitarán el cumplimiento de la metas de **Continuidad del servicio** son:

- Incremento de la confiabilidad operacional.
- Incremento de la disponibilidad de activos.
- Incremento de la mantenibilidad de activos.

La vinculación entre la meta principal de Continuidad del Servicio y los planes de acción se presenta a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Vinculación de Meta principal con planes de acción

Plan de Acción		Meta Principal
<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la confiabilidad operacional • Incremento de la disponibilidad de activos • Incremento de la mantenibilidad de Activos 	Habilita →	Mejora en continuidad del servicio

Ahora bien, ya establecida la meta principal y los planes de acción se deben alinear con los indicadores claves de desempeño de gestión de equipos y de gestión del mantenimiento que se utilizan para medir si se cumple con ellas. En la tabla 5 presenta el enlace y su vinculación entre la meta descrita anteriormente y los indicadores que usualmente se utilizan para asistir la medición.

Tabla 5. Interrelación de las metas de la política de mantenimiento con indicadores que miden su cumplimiento

Metas de la política de Mantenimiento	Indicadores
Mejora en continuidad del servicio	Confiabilidad (C) Tiempo medio entre fallas (TMEF)
	Mantenibilidad (M) Tiempo medio para reparar (TMPR)
	Disponibilidad (D) Disponibilidad Inherente (%DI) Disponibilidad Operacional (%DO)

- **Indicadores de desempeño del equipo.** La finalidad de este tipo de Indicadores es controlar y evaluar el comportamiento de los equipos.

Los indicadores que se establecen dentro de esta política de mantenimiento para evaluar el Desempeño del Equipos son:

- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).
- Tiempo Medio Para la Reparación (MTTR).
- Índice de Horas de Paro No Programado del Equipo (IPNP).
- Disponibilidad Inherente (%DI).
- Disponibilidad Operacional (%DO).

En la tabla 6 se presenta un resumen de las características de los Indicadores de Desempeño del Equipo que deberán ser utilizados con la implementación de MOGADISEL.

Tabla 6. Indicadores de Desempeño del Equipo

Indicador	Unidad de medición	Nivel de consolidación	Frecuencia de medición	Etapas del modelo para iniciar su utilización
MTBF	Horas - equipo	Equipos críticos Instalación	Mensual	Mantenimiento Planificado
MTTR	Horas	Equipos críticos Instalación	Mensual	Mantenimiento Planificado
IPNP	Porcentaje	Equipos críticos Instalación Activo	Anual	Mantenimiento Reactivo
%DI	Porcentaje	Equipos críticos Instalación Activo	Mensual	Mantenimiento Reactivo
%DO	Porcentaje	Equipos críticos Instalación Activo	Mensual	Mantenimiento Planificado

• **Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento.** La finalidad de este tipo de Indicadores es controlar y evaluar la eficiencia en la Gestión de Mantenimiento.

Los indicadores que se establecen dentro de la política de mantenimiento para el control de la eficiencia en la gestión del mantenimiento son:

- Cumplimiento Presupuestal (CMPP).
- Rotación de Inventarios (ROIN).
- Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMMP).
- Cumplimiento de Mantenimiento Predictivo (CMMPd).
- Índice de Mantenimiento Autónomo (INMA).
- Tasa de Capacitación (TCAP).
- Tasa de Ausentismo (TAUS).
- Tiempo Extra de Mantenimiento (TXMA).

En la tabla 7 se presenta un resumen de las características de los Indicadores de Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento que deberán ser utilizados con la implementación de MOGADISEL.

Tabla 7. Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento

Indicador	Unidad de Medición	Nivel de consolidación	Frecuencia de Medición	Etapas del Modelo para iniciar su utilización
CMPP	Porcentaje	PEP	Mensual	Mantenimiento Reactivo
ROIN	Frecuencia por año	Activo	Anual	Mantenimiento Planificado
CMP	Porcentaje	PEP	Mensual	Mantenimiento Planificado
CMMPd	Porcentaje	Activo	Mensual	Mantenimiento Planificado
INMA	Horas	Activo	Anual	Mantenimiento Proactivo
TCAP	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado
TAUS	Porcentaje	PEP	Anual	Mantenimiento Planificado
TXMA	Porcentaje	PEP	Mensual	Mantenimiento Planificado

Como se mencionó al inicio, esta meta en cada activo estará orientada a lograr que la Dirección adopte las mejores prácticas de mantenimiento de clase mundial y cada nivel cumpla con los planes de acción y tareas que se presentan en “MOGADISEL” y que servirán para validar que se ha alcanzado la madurez planeada dentro del tiempo acordado como consecuencia de la ejecución global del modelo.

- **Política integral de calidad, seguridad y medio ambiente.** Esta política se enfocará al mejoramiento continuo de la gestión de mantenimiento que MOGADISEL cumple con la norma ISO 9000:2000, al tener un enfoque a los procesos, cumpliendo los requisitos de esa normativa, sustentado en el proceso cíclico de grupos y procesos de mejora continua.

El modelo de gestión de la norma ISO 9001:2000 está claramente enfocado al

ciclo Planear- Hacer- Verificar- Actuar, con el cual MOGADISEL es consistente. El sistema de gestión de la calidad, es aquella parte del sistema de gestión de la organización enfocada en el logro de las salidas (resultados) para satisfacer diferentes objetivos relacionados con crecimiento, recursos financieros, rentabilidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

MOGADISEL como un Modelo para el Gerenciamiento de activos a cargo de la Dirección de Servicios Electromecánica se integrara conjuntamente con el sistema de gestión de la calidad de la Empresa, en un sistema de gestión único utilizando elementos comunes.

El Objeto de esta política de MOGADISEL es relacionar los procesos en la gestión del mantenimiento con aquellos requeridos por el sistema de gestión de la calidad de la norma ISO 9001:2000 para facilitar su posterior certificación si la empresa así lo decidiera.

La calidad total tiene como objetivo fundamental buscar la satisfacción de las necesidades de los clientes de la empresa, por medio del aprovechamiento máximo de la confiabilidad de los productos y servicios, cumplir con todos los requisitos propuestos, recompensa al usuario por su inversión (gasto) e inexistencia del deterioro de la relación comercial ocasionando reclamos respecto a inconformidades en el servicio.

- **Metas.** Las metas de la calidad total son: la continua atención de las necesidades de los clientes al más bajo costo, dando libertad al potencial de todos los empleados¹⁹.

Se consideran como principios básicos de la calidad total:

- Atender los requisitos y necesidades de los clientes internos y externos dentro de un tiempo adecuado, el cual será definido por la E.A.A.B.
- Hacer las cosas bien y siempre, desde la primera vez, mediante el desarrollo de procedimientos de trabajo estándar.
- Aplicar mecanismos correctos de medición para una buena evaluación.

¹⁹ TAVARES, Louvrival. Administración moderna de mantenimiento. Río de Janeiro : Novo Polo Publicações, 1999. p. 54.

- Desarrollar la relación proveedores / clientes, ej: mantenimiento entiende que es un proveedor de servicios de operaciones
- Desarrollar procesos de trabajo que aseguren la mejora continua.
- Poseer líderes capacitados, mediante el entrenamiento del personal del nivel Estratégico en metodologías modernas de gestión de mantenimiento y gestión empresarial y entrenamiento en técnicas modernas de mantenimiento al personal de los niveles Táctico, Operacional e instrumental

Tres fases son las necesarias para comprender y poder mejorar continuamente los procesos: Evaluar, analizar y mejorar como se observa en la figura 33.

El ciclo de mejoramiento continuo será una herramienta utilizada por MOGADISEL para la constante revisión, análisis y mejoramiento de los procesos que se implementen.

Figura 33. Ciclo del Mejoramiento Continuo



La descripción y el detalle de cada uno de ellas se muestra a continuación.

➤ **Evaluar:**

1. Definir la Misión del proceso de forma tal que permita la comprensión del valor añadido del mismo respecto de su contribución a la Misión general de la organización. Aquí aplica definir la misión del proceso de mantenimiento para alinearse con el Plan Estratégico de la EAAB.
2. Asignar un propietario de proceso que lidere la mejora continua de la eficacia y

la eficiencia. Para el caso el caso de MOGADISEL se propone que la Dirección de Servicios Electromecánica lidere el proceso de mejoramiento continuo en el proceso de mantenimiento.

3. Conjuntar requerimientos cliente – proveedor como primer paso para la mejora de calidad. Aquí se toma como cliente de mantenimiento a operaciones y se identificarán sus requerimientos y se establecerán acuerdos de para la prestación de los servicios de mantenimiento.

4. Definir indicadores sólidos y consistentes que permitan la toma de decisiones acertadas respecto de la mejora de la calidad. Es necesario estar seguro de que los datos en todo momento, reflejan la situación actual, la tendencia y son coherentes con los requerimientos cliente – proveedor existentes.

5. A partir de la comprensión de la misión, los requerimientos de los clientes y los resultados de los indicadores, evaluar el proceso identificando las ayudas y barreras existentes en el entorno y los puntos fuertes y áreas de oportunidad del proceso en sí. El resultado de la evaluación permitirá detectar las áreas de mejora a contemplar.

➤ **Analizar:**

1. Analizar las áreas de mejora, utilizando herramientas de mejora de la calidad tales como: Proceso de Mejora de Calidad, Análisis de causas raíz y Simplificación de procesos.

2. Determinar los beneficios que la aplicación de la metodología del Benchmarking puede aportar, en cuanto a la obtención de prácticas adecuadas para obtener las mejoras de rendimiento necesarias.

3. Identificar las acciones adecuadas para garantizar la mejora del rendimiento.

➤ **Mejorar:**

1. Convertir las acciones en planes detallados de mejora.

2. Llevar a cabo los planes de mejora

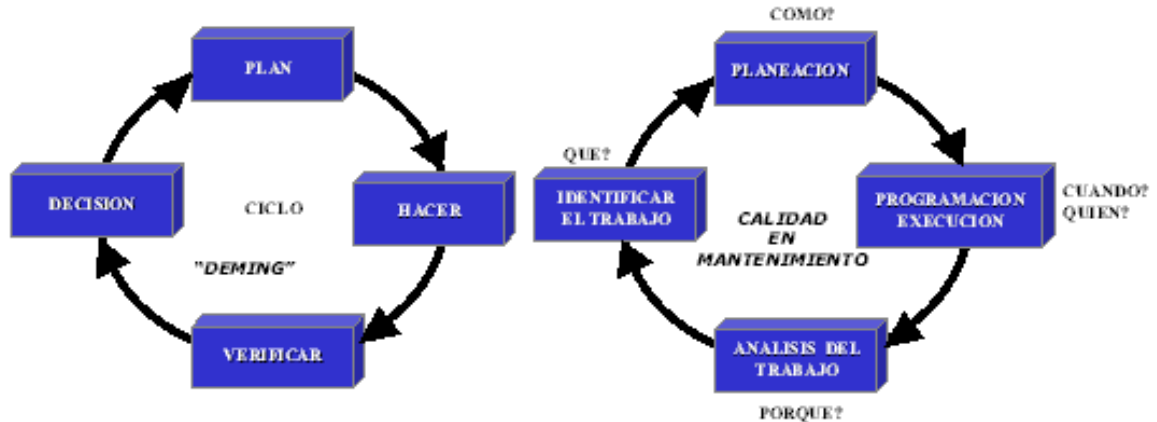
3. Comparar los resultados de los indicadores con los resultados previos, comprobando de esta forma si las acciones dan la mejora esperada.

4. Verificar la satisfacción del cliente.

5. Iniciar un nuevo ciclo de gestión, volviendo a la fase de evaluación.

En Mantenimiento, la Calidad Total se aplica en una doble vertiente, esto se puede observar en la figura siguiente:

Figura 34. Mantenimiento de la calidad total



➤ **Seguridad y medio ambiente.** La administración de los programas de seguridad debe ser responsabilidad de la Dirección de Seguridad industrial de la empresa aunando en la función de Mantenimiento como la clave de éxito, dado que el trabajo a ser ejecutado debe ser generalmente desarrollado por mantenimiento.

Por lo anterior, mantenimiento tiene una responsabilidad directa en la implementación de dicho programa, es responsable de la seguridad de su propio personal y de mantener los equipos y los servicios en condiciones de operación seguras. Deben estar alerta a los riesgos identificados en las áreas inmediatas a equipos de producción cuando los están reparando.

El uso de permisos de trabajo, procedimientos de candado y uso de señales de prevención es obligatorio en estos casos.

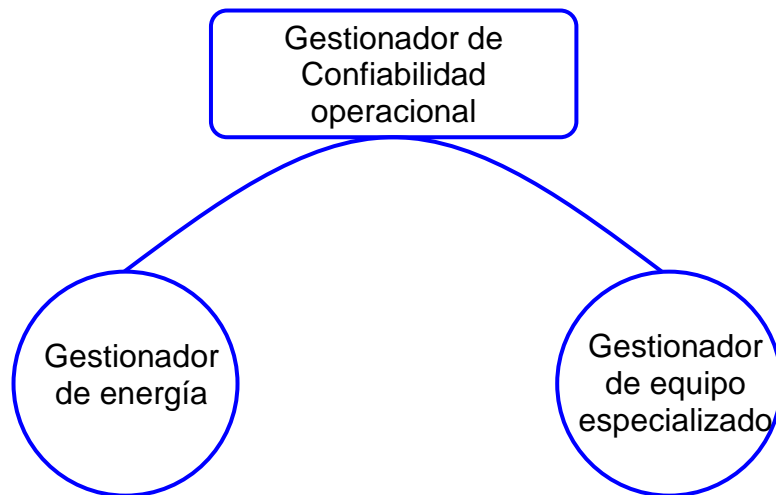
La seguridad del personal en mantenimiento depende del desempeño individual de su gente dado que los trabajos no son necesariamente repetitivos y muchos se requieren hacer en los equipos con los dispositivos de seguridad removidos.

Las solicitudes de trabajo relacionadas con seguridad tendrán la máxima prioridad.

3.5.2 Nivel táctico:

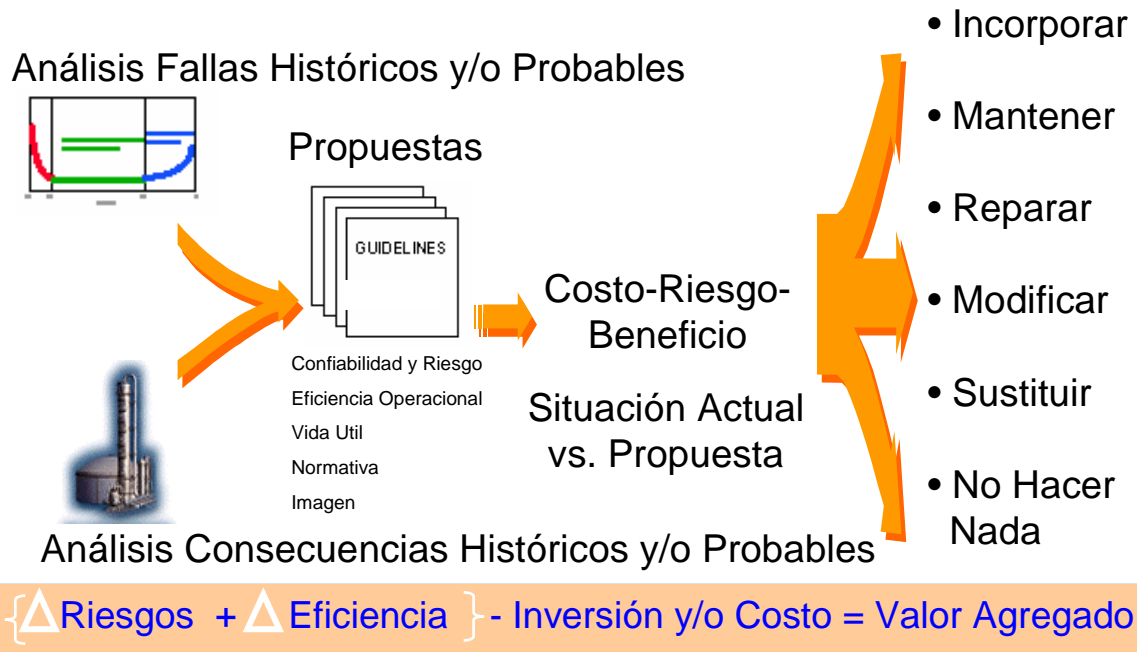
- **Objetivo.** Implementar y controlar el plan de acción y las tareas para enfocar al nivel táctico a la adopción de la metodología de Confiabilidad Operacional, calculando frecuencias óptimas de mantenimiento mediante la utilización de herramientas modernas para la simulación de la confiabilidad como el análisis Weibull y calculando los costos del ciclo de vida de los activos bajo la metodología LCC, evaluando los cuatro factores que influyen sobre la confiabilidad operacional como son; el diseño del activo, el recurso humano, la operación y el mantenimiento, bajo los lineamientos de las tres macro políticas de MOGADISEL.
- **Responsable.** Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente están organizados como se muestran en la siguiente figura.

Figura 35. Estructura del Grupo de gestión táctica



- **Plan de acción.** Todas las propuestas de mantener, reparar, modificar, reemplazar/sustituir y no hacer nada, deberán ser evaluadas y jerarquizadas mediante la aplicación de una metodología estándar denominada Análisis Costo-Riesgo-Beneficio, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 36. Modelo de análisis costo-riesgo-beneficio



El nivel táctico utilizará la metodología del valor agregado que consiste en cuantificar riesgos, eficiencia, inversión y/o costo del cambio para la situación actual y propuesta, y justificar por generación de valor agregado, a través de un análisis histórico y/o probable de fallas y sus consecuencias, tasas de perdidas de desempeño, que permiten identificar y definir propuestas de mejoras en relación a confiabilidad y riesgos, eficiencia operacional, vida útil, cumplimiento de normativa y preservar la imagen de la empresa.

Estas propuestas serán evaluadas por separado por el grupo de gestión táctica con la finalidad de soportar el proceso de toma de decisiones con relación a mantener, reparar, modificar, sustituir y no hacer nada, cambiando el concepto de decisiones a “sentimiento” por decisiones justificadas en análisis de costo-riesgo – beneficio.

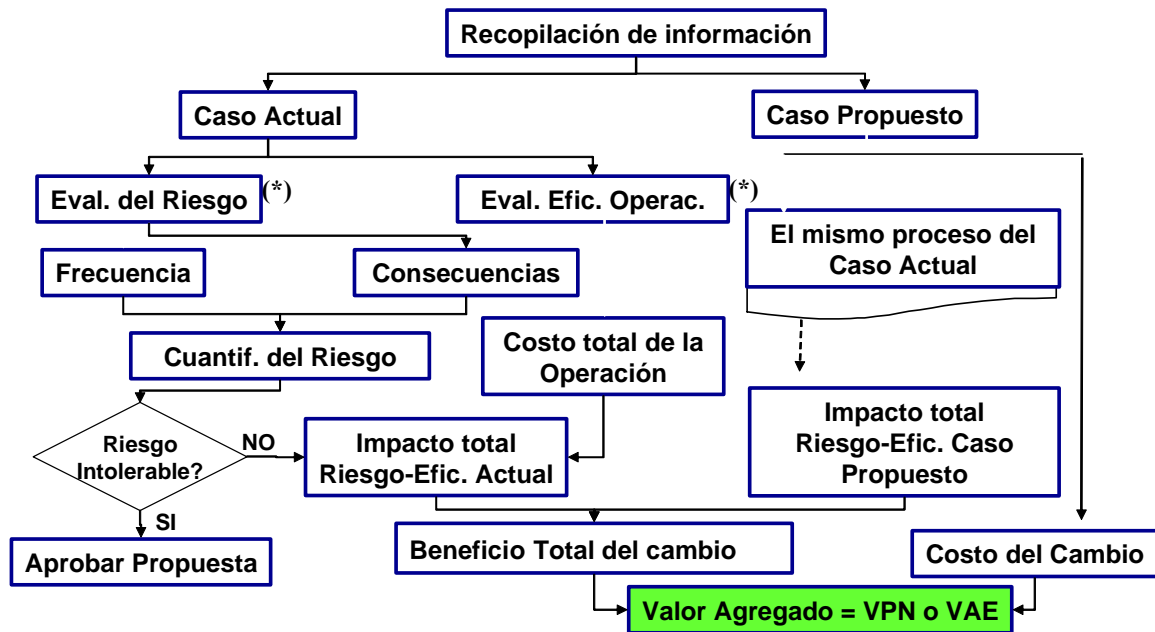
El grupo de gestión táctica deberá seguir la metodología general de ACRB que consiste en 5 pasos:

1. Recopilación de información.
2. Cuantificación del Riesgo para la Situación Actual y Propuesta.

3. Cuantificación del Impacto Total Riesgo-Eficiencia.
4. Calculo de Beneficios del Cambio Propuesto
5. Cálculo del Valor Agregado.

Los pasos 1 al 3 se cumplen de igual manera para el caso actual y caso propuesto, mientras que los pasos 4 y 5 son el resultado del diferencial de Riesgos y diferencial de eficiencia necesarios para cuantificar el beneficio (paso 4). La cuantificación del valor agregado considera adicionalmente el costo de cambio (paso 5), como se muestra en la figura 37.

Figura 37. Metodología general de análisis costo-riesgo-beneficio



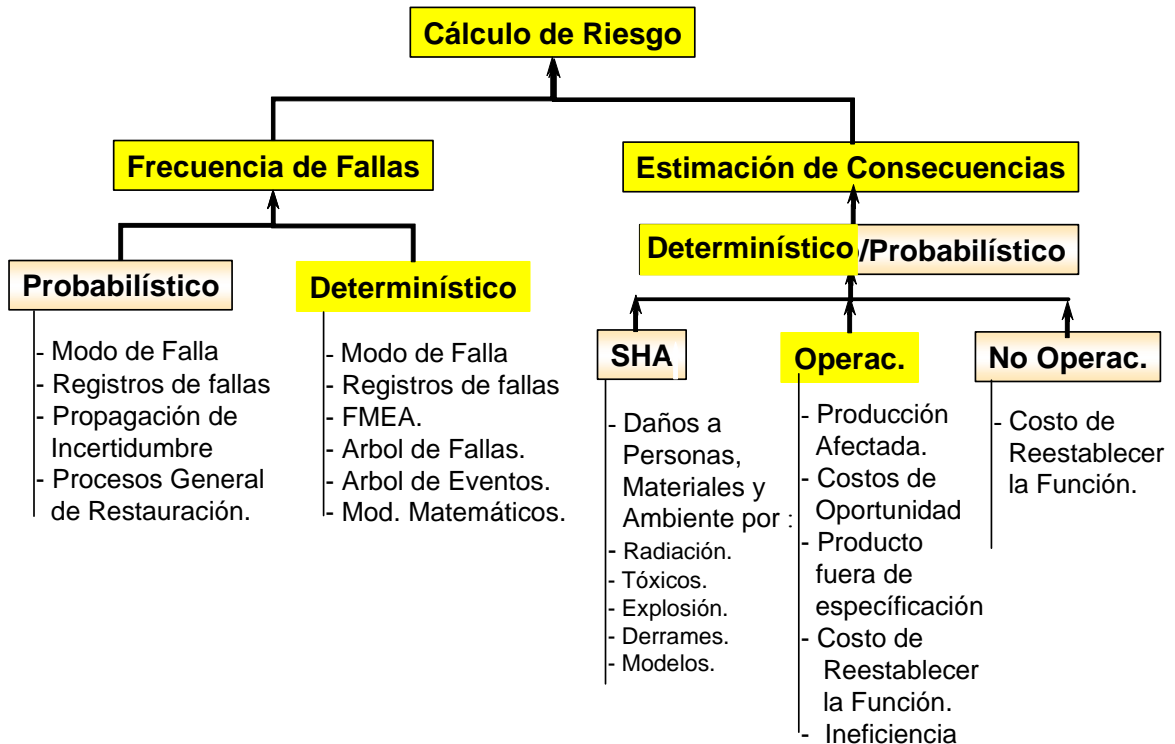
El esquema de toma de decisiones propuesto se fundamentara en una revisión y análisis comparativo de opciones posibles dentro de las cuales se encuentra No hacer nada. La pregunta básica que el grupo de gestión táctica tendrá siempre que responder es ¿Qué pasa sí? la decisión fuera mantener, reparar, modificar, sustituir o no hacer nada.

La tarea que apunta al cumplimiento de la meta de la macro política económica de MOGADISEL para la Toma de Decisiones es evaluar el flujo de caja individual de cada opción Vs. El flujo de caja originado por la situación actual para obtener un

Flujo de Caja diferencial en relación a Costos, Riesgos y Beneficio resultante para cada opción propuesta.

Los criterios y cálculos para el análisis se muestran en la Figura 38.

Figura 38. Criterios y cálculos para el análisis costo-riesgo-beneficio



El grupo de Gestión Táctica tendrá en cuenta si los eventos de fallas son asociados con incompatibilidades entre el diseño y el contexto operacional en el cual los equipos o instalaciones deben operar controlando esta variable en el tiempo ya que en muchos casos los diseños son desarrollados siguiendo las mejores prácticas de diseño y considerando contextos operacionales específicos y sus posibles variaciones, sin embargo buenos diseños acorde a las mejores prácticas técnicas tienen aún baja confiabilidad por la falta de control o el cambio del contexto operacional.

Para controlar este fenómeno el grupo de gestión táctica utilizara metodologías adecuadas como **Análisis causa raíz, inspección basada en riesgos y mantenimiento centrado en confiabilidad**, entre otras y calculara las frecuencias óptimas de mantenimiento mediante la simulación Weibull, la cual

realizara mediante el tratamiento y caracterización estadística de las fallas.

Cabe destacar que la aplicación de las metodologías referidas se realizara durante la fase de diseño conceptual en orden para facilitar la operación y mantenimiento de equipos e instalaciones con alta confiabilidad y bajo costo, dentro de aplicaciones técnicas de códigos y estándares.

Por lo anteriormente expresado, el grupo de gestión táctica involucrara la incorporación de profesionales de mantenimiento en otras fases del ciclo de vida de los activos como lo son investigación y desarrollo, inversión y post-operación (Ver Figura 39). La experiencia del personal de mantenimiento compartida con el personal de proyectos, seguridad, calidad y medio ambiente, generaría un efecto inmediato en la rentabilidad de los activos durante la vida útil de los mismos.

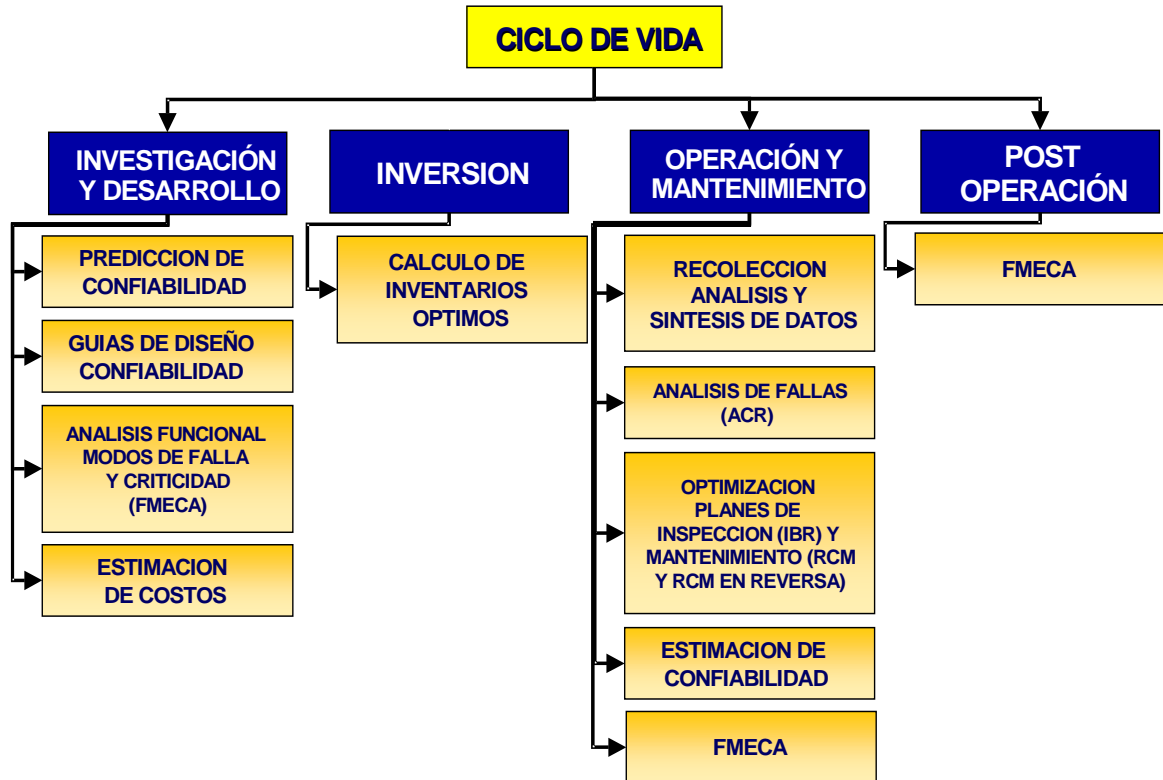
El grupo de gestión táctica se involucrara en la fase de diseño mediante la interacción con los proveedores externos de la empresa para desarrollar metodologías que permitan realizar el análisis del ciclo de vida de los activos, para controlar realmente el desempeño futuro del mismo, ya que la experiencia indica que no se puede seleccionar un activo adecuadamente y ser competitivo mediante acciones aplicadas mucho después de haber sido concebido. Por lo tanto, es esencial que se contemple la viabilidad operativa durante las primeras fases del desarrollo del producto y que el nivel táctico, asuma la responsabilidad del cálculo del costo del ciclo de vida, tan ignorado en el modelo de gestión anterior.

La metodología de análisis de ciclo de vida representa una vía efectiva para el grupo de Gestión Táctica para optimizar el proceso de toma de decisiones relacionado con el ciclo de inversión de los activos; bien sea para el reemplazo de equipos actuales “viejos” por activos nuevos o simplemente para identificar el periodo optimo de utilización (vida útil de los activos), donde mantenimiento en conjunto con proveedores pueden participar en la toma de decisiones para garantizar y prolongar la vida útil del activo.

En este proceso existen muchas decisiones y acciones tanto técnicas como no técnicas, que se deben adoptar a lo largo del ciclo de vida del activo. Es de interés particular aquellas decisiones relacionadas con el mejoramiento de la confiabilidad operacional de activos, calidad del diseño, tecnología utilizada, frecuencias de fallas, costos de mantenimiento (preventivo, correctivo), niveles de mantenibilidad, ya que estos costos tienen gran impacto sobre el costo total de los activos e influyen en gran medida sobre las posibles expectativas para extender la vida útil de los activos a costos razonables. Por estos motivos es de suma

importancia dentro del proceso de estimación de vida de los activos, evaluar y detallar los aspectos relacionados con la confiabilidad.

Figura 39. Costo del ciclo de vida



El grupo de gestión táctica incorporara el concepto de confiabilidad a proyectos involucrando varios aspectos estratégicos. De estos aspectos estratégicos los más importantes son los siguientes:

Diseño del sistema.

Políticas de mantenimiento y operación.

Gerencia de eventos anormales.

Gerencia de personal.

En general, estos elementos o aspectos estratégicos no son independientes entre sí. Por ejemplo, la selección de un diseño particular de un sistema tiene significativas implicaciones en la selección de las políticas de mantenimiento.

Tomando en consideración cada una de estas estrategias, la Dirección debe balancear el mantenimiento y minimizar los costos con una operación segura y confiable de los activos.

Entre productividad, confiabilidad y seguridad, pueden surgir conflictos. Por ejemplo, al lograr una producción ininterrumpida de una instalación, es probable que los equipos que lo componen se encuentren bajo condiciones precarias de funcionamiento, lo cual afecta la confiabilidad y la seguridad a corto o a largo plazo.

- **Tareas.** Las siguientes tareas deben ser desarrolladas por el grupo de gestión táctica y soportadas por los correspondientes procedimientos acordes con la norma específica de la materia, las cuales han sido divididas en tres grupos:

- ◆ **Implementación y desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad:**

- Requerimientos del RCM durante la Adquisición de Equipos.
- Consideraciones del RCM Durante la Operación de los Equipos.
- Especificaciones Técnicas de Equipos Críticos.
- Listas de Chequeo Para el Aseguramiento de la Calidad del RCM.
- Análisis de Causa Raíz de la Falla (RCFA).
- Análisis de Tendencias Estadísticas.
- Simulaciones de confiabilidad para obtener frecuencias óptimas de mantenimiento.
- Indicadores de Gestión (KPI's) para gestión de equipos.

- ◆ **Recuperación de la mantenibilidad de equipos:**

- Establecer la capacidad según diseño y parámetros propios de los equipos.
- Identificación de la condición física de los equipos de proceso.

- Historial equipos de proceso.
- Identificación de problemas.
- Inspecciones adicionales.
- Identificación Causa Raíz.
- Identificación de soluciones.
- Desarrollo de soluciones.
- Implementación soluciones.
- Retroalimentación.

◆ **Herramientas predictivas de última generación:**

- Análisis de vibración.
- Análisis de temperatura de rodamientos.
- Análisis de Circuitos de motores.
- Análisis de corriente de motores.
- Termografía.
- Ultrasonido y medición de Fugas.
- Análisis de aceites.
- Partículas magnéticas.
- Alineamientos.
- Monitoreo de desempeño de procesos.
- Monitoreo de corrosión.
- Consolidación y análisis de datos mediante curvas de tendencia

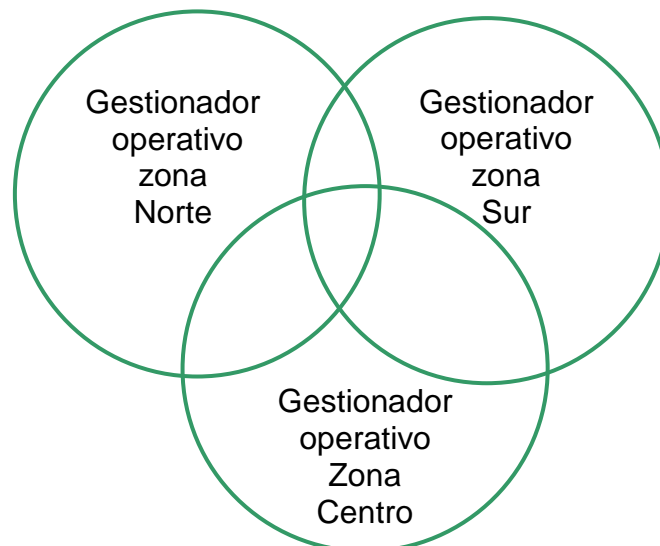
3.5.3 Nivel operativo:

- **Objetivo.** Realizar la transformación del modelo de ejecución del mantenimiento por Divisiones actual (División Mecánica, División Eléctrica y División Electrónica) a un nuevo modelo de ejecución de mantenimiento por Zonas (Mantenimiento Electromecánico Zona Norte, Zona Centro, Zona Sur), además de gestionar la consecución eficiente de todos los recursos humanos, físicos y económicos necesarios para cumplir con la ejecución directa del mantenimiento por parte del nivel instrumental, sirviendo como facilitador de su labor y eliminando los reprocesos por el fenómeno de islas presentado actualmente por la figura de Divisiones.

Este nivel esta relacionado directamente con la gestión del mantenimiento de todos los activos a cargo de la Dirección de Servicios de Electromecánica, para lo cual divide la ciudad en tres zonas, Norte, Centro y Sur.

- **Responsable.** Los responsables de liderar este nivel jerárquicamente se muestran en la siguiente figura.

Figura 40. Estructura grupo de gestión operativa



- **Plan de acción.** Adoptar la metodología de Justo a Tiempo, para lograr la transformación y el cambio de cultura de Divisiones a Zonas, planear el

presupuesto anual, realizar interventora a contratos y gestionar la consecución oportuna de los recursos requeridos por el nivel instrumental para la ejecución directa del mantenimiento.

Los dos aspectos principales en los que se sustentara el plan de acción son:

- **Aspectos administrativos:**

- Promoción de clima propicio para el cambio de cultura hacia el justo a tiempo del Modelo Zonal.
- Rediseño de los sistemas de medición y recompensa

- **Aspectos técnicos:**

- Carga uniforme de trabajo por zona
- Establecimiento de grupos de trabajo por zona
- Agilización de la proveeduría de repuestos y alistamiento de paradas mayores.
- Planeación de presupuesto anual para la zona
- Interventoría a contratos con terceros desarrollados en la zona

- **Metas.** Para Implementar la filosofía Justo a Tiempo (JIT) con el ánimo de generar un cambio de cultura hacia la excelencia en todas las operaciones que optimicen la función de mantenimiento y permitan consolidarla como de clase mundial se trabajara bajo los siguientes siete elementos:

- Interiorización de la cultura justo a tiempo.
- Calidad en la fuente.
- Carga de trabajo uniforme por zonas.
- Plan de Mantenimiento preventivo electromecánico coincidente por zona.

- Plan de alistamiento de paradas mayores por zona.
- Implementación del sistema KANBAN u operaciones eslabonadas.
- Transformar el concepto de Compras y almacenes actual hacia el Modelo Justo a Tiempo.

• **Tareas.** Para lograr la ejecución del la función mantenimiento bajo la distribución Zonal y la filosofía justo a tiempo se deberán realizar las siguientes tareas:

- Establecer la fuerza laboral requerida para mantener los diferentes activos Electromecánicos de cada Zona.
- Desarrollar el procedimiento para la relación entre mantenimiento y operaciones.
- Establecer la ruta de capacitación requerida para lograr un mayor sentido de pertenencia y conocimiento del personal del área respecto a los activos.
- Establecer la infraestructura necesaria para dotar la zona de Talleres óptimos en cuanto a capacidad y funcionalidades.
- Establecer los tiempos de viaje requeridos para y desde el sitio de trabajo.
- Establecer los requerimientos de proveeduría Justo a tiempo de Repuestos.

3.5.4 Nivel instrumental:

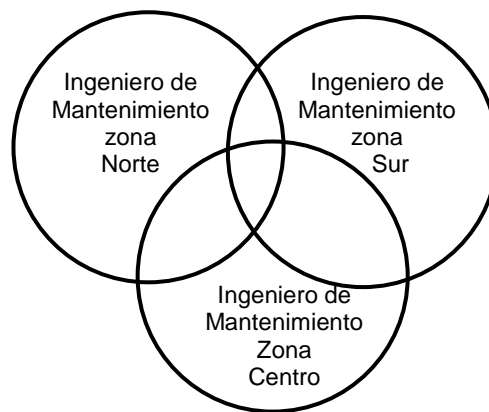
• **Objetivo.** Realizar la planeación y ejecución directa del mantenimiento preventivo y correctivo electromecánico por zonas mediante comisiones de técnicos con especialidades interdisciplinarias basados en la metodología de mantenimiento por condición e inspección basada en riesgo, apoyados en la aplicación de las herramientas de tipo predictivo, estableciendo el diagnostico real del equipo y eliminando el plan de mantenimiento preventivo sistemático trimestral, diseñado a “sentimiento” y que genera sobre costos al intervenir y cambiar repuestos de manera innecesaria.

Este nivel esta relacionado directamente con la ejecución del mantenimiento

preventivo y correctivo de todos los activos a cargo de la Dirección de Servicios de Electromecánica ubicados en las zonas, Norte, Centro y Sur e interactuara todo el tiempo con los niveles operativo y táctico.

- **Responsable.** Los responsables de liderar este nivel se muestran en la siguiente figura.

Figura 41. Estructura del Grupo de ejecución instrumental



- **Plan de acción.** La ejecución del mantenimiento por condición deberá ser preventiva cuando se justifica técnica y económicamente la programación de las tareas, o por el contrario reactiva, cuando la evaluación resultante del costo-efectivo lo indique, debido a su bajo impacto total dentro de la macro política Económica de MOGADISEL, debido al considerable numero de equipos redundantes instalados actualmente y que mitigan el riesgo de falla en la operación.

De esta manera, se hará tanta planeación y programación como sea necesaria para incrementar la eficiencia global, siempre y cuando los costos totales de prevención asociados a una tarea específica sean menores que el costo por las consecuencias de operar sin ella.

Se generara una programación equilibrada por condición y se registrara la información proveniente de la inspección en formatos de mantenimiento proactivo, en donde se establecerán las acciones concretas de tipo preventivo y predictivo a realizar ya que una programación muy detallada puede llegar a obsoleta después de la primera hora o dos de ejecución, debido a las emergencias que surjan.

Aunque en algunos casos todo el trabajo puede programarse, y teniendo en cuenta la entrada en funcionamiento del Centro de control, no se programara toda la fuerza de trabajo en labores de mantenimiento preventivo y correctivo, una porción de la fuerza de trabajo se dejara en labores básicas de inspección y revisión, con el fin de realizar una asignación rápida a los trabajos u operación de emergencia no contemplados a la hora de programar.

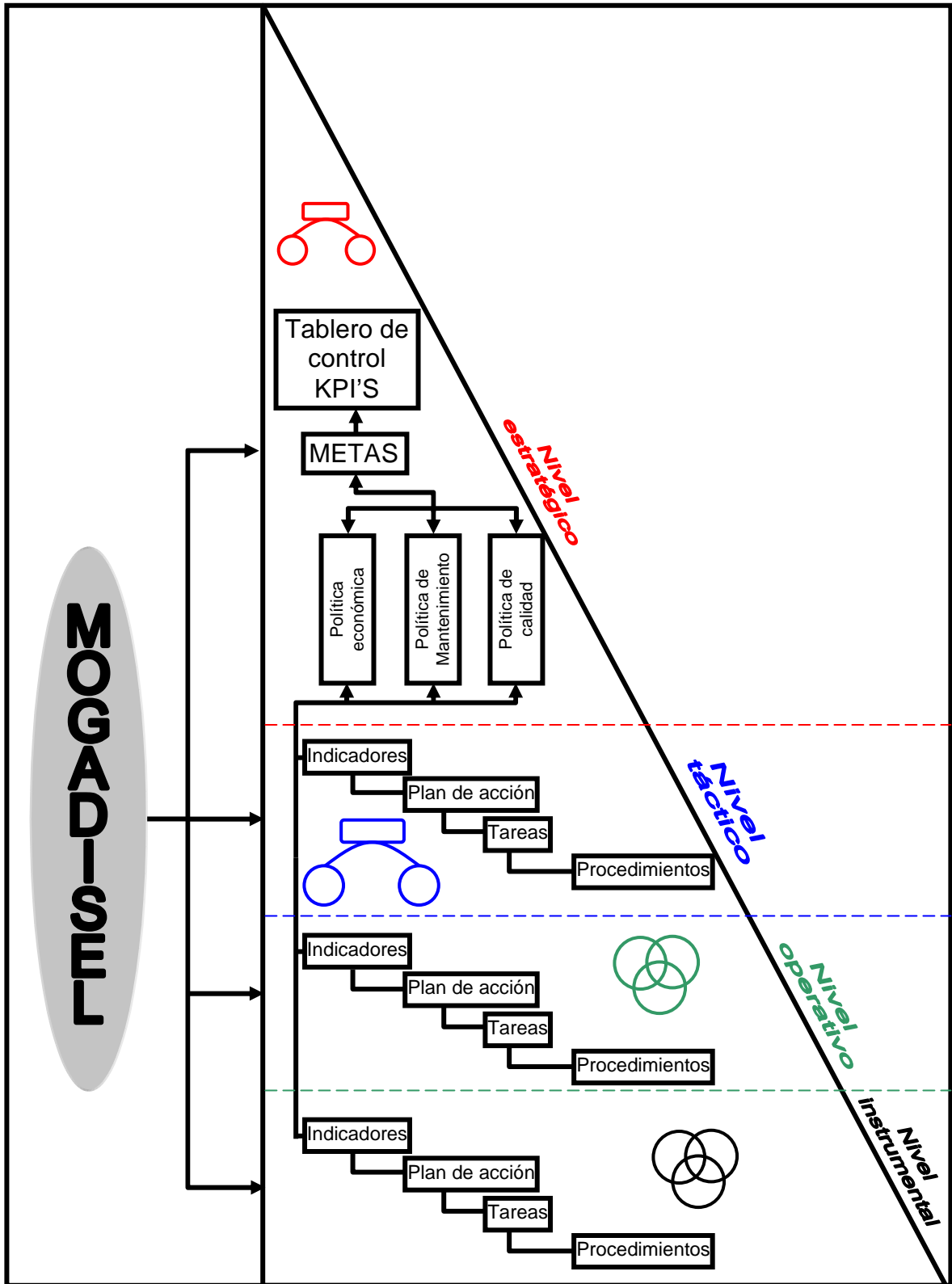
• **Tareas.** En términos generales, se deberán ejecutar las siguientes tareas:

1. La planeación y programación deben basarse en lo que es más probable que ocurra y de acuerdo a la información que genere el mantenimiento por condición e inspecciones proactivas.
2. Evaluar las actividades de Mantenimiento Preventivo vs. Paradas Imprevistas, bajo la perspectiva de reducción de costos y mejoramiento de la confiabilidad de equipos.
3. Ingeniería preventiva bajo pautas de Ingeniería de Mantenimiento, focalizada en determinar los esfuerzos necesarios a través de rediseños, sustituciones u otros cambios, para reducir la frecuencia y consecuencias las fallas, incluyendo los costos de reparación.
4. flexibilidad para incorporar los cambios necesarios debido a la cantidad de emergencias.
5. Determinación de criterios para fijar prioridades
6. Unidad de medición de trabajo en términos de horas-hombre y control de las horas-hombre disponible para efectuar labores de mantenimiento
7. Clasificación de los trabajos programados en menores y mayores, de acuerdo al esfuerzo y cantidad de tiempo involucrado.
8. Porcentaje de carga por trabajos programados y capacidad de anticiparse a las emergencias por fallas imprevistas, así como la fuerza hombre disponible para atender las emergencias u otras prioridades.
9. Períodos de programación basados en programas maestros para un mínimo de una semana con facilidades para modificar diariamente.

10. Los materiales, herramientas, personal y accesorios deben encontrarse justo a tiempo en la correspondiente Zona gracias a la gestión del nivel operativo.

Finalmente en la figura 42 se muestra la integración de cada uno de los niveles, estratégico táctico operativo e instrumental de MOGADISEL, con los correspondientes recursos humanos y sus líneas de comunicación interna y externa con las áreas receptoras de servicios ARS de la empresa.

Figura 42. Integración de los niveles y grupos responsables



4. MODELO PARA EL GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS DIRECCIÓN DE SERVICIOS ELECTROMECAÁNICA MOGADISEL UNA REALIDAD PARA EL CAMBIO

4.1 EL CAMBIO HACIA MOGADISEL

Vivimos en una época de cambios repentinos y rápidos en todos los planos de la sociedad, pareciera que ya nada es predecible. A partir de lo anterior se hace evidente la necesidad imperante que tiene cualquier sistema social abierto de estar mutando para sobrevivir y también para competir.

Ahora, para cambiar se hace inevitable convencer a aquellos que forman parte de nuestro sistema social abierto para que consideren esto necesario. Los cambios fracasan por muchas razones, pero, el mayor de los problemas es la resistencia al cambio con un 60% se señalamientos. Si bien podríamos enumerar las razones de por qué la gente se resiste al cambio preferimos, según nuestro modo de ver las cosas, agrupar todas ellas en una sola: **el miedo**.

El miedo paraliza, cierra la mente a nuevas oportunidades, convierte a las personas en seres prácticamente autómatas, logra que nadie se comprometa. Hablamos del miedo en cualquiera de los niveles de la pirámide, en cualquiera de las secciones. Este tipo de miedo está relacionado a la pérdida de algo: poder, estatus, sociabilidad, beneficios monetarios o de otro tipo.

Este fenómeno es el que se debe tener en cuenta para que la estrategia metodología de implementación de MOGADISEL tenga éxito y no se encuentre con la barrera de los paradigmas que crean una cultura resistiva de cambio en el personal, por el contrario la implementación de MOGADISEL estará enfocada radicalmente a desarrollar una adecuada campaña de información, acerca de porqué se requiere, los logros que se esperan y la participación que de cada quién se espera, los riesgos que implica tanto para la empresa como para cada trabajador no moverse hacia el cambio.

Adicionalmente se requiere la interiorización el convencimiento y la voluntad del personal directivo para generar la sinergia de cambio necesaria entre el personal de base y crear toda una cultura en torno de MOGADISEL respetando la posición del trabajador permitiendo que este asimile e interiorice la nueva cultura y se apropie de la misma, sintiéndose identificado e integrándose en la nueva corriente,

que con el apoyo general puede facilitar la interrelación y superar las expectativas positivamente.

Como un ejemplo, puede citarse el artículo de Administración sin Administradores de Ricardo Semler, donde se muestra cómo con la participación activa de todo el personal y con un sistema que los compromete a todos, y donde todos son importantes, se puede superar el rechazo al cambio y más que eso, se convierten todos en generadores y evaluadores de él, porque el sistema les ofrece garantías y un justo reconocimiento a su labor.

Es muy importante descubrir el potencial de cada persona en la empresa y motivar a su aprovechamiento, pero no sólo a nivel individual. Es más importante fomentar el trabajo en equipo, los resultados pueden superar en mucho la suma de los esfuerzos individuales.

Para lograr un buen desempeño en equipo, primero que todo se debe tener claridad en los objetivos del plan estratégico de la empresa, “Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogota, Empresa de todos con agua para siempre” su proyección en el tiempo, y el concepto de apropiación ciudadana, lo que espera el cliente de la organización y la importancia de la misma en el ámbito social como empresa líder en la prestación de los servicios de saneamiento básico sanitario.

MOGADISEL en si inspira una cultura de cambio y mejoramiento continuo ya que su estructura por niveles, políticas, planes de acción y tareas, define claramente las responsabilidades de cada grupo, para lo cual Sobre esta base se examina las potencialidades del recurso humano, considerando que el mismo debe ser renovado en sus actitudes, estimulado en sus potencialidades, con visión clara, con espíritu de sana competencia que desarrolle equipos de mejora continua y promuevan el liderazgo a través de los cuatro niveles de MOGADISEL con un compromiso por los resultados conjuntos. MOGADISEL trabaja reforzando cinco habilidades que son verdaderos componentes tecnológicos:

- **Pensamiento sistémico:** esto es concebir a la organización como un sistema con cada elemento impactando necesariamente en los demás.
- **Dominio personal:** capacidad de lograr pericia, aclarando y profundizando nuestra visión personal y enfocando nuestras energías.

- **Trabajar con modelos mentales:** manejarlos, volver hacia nosotros mismos, escudriñar en nuestro interior para descubrir nuestras imágenes interiorizadas del mundo para ser conscientes de ellas.
- **Construir una visión compartida:** mediante la plena conciencia de que los cambios profundos y duraderos que los líderes desean, provienen de la capacidad de compartir con los seguidores una imagen clara del futuro que quieren crear.
- **Trabajar en equipo:** esto comienza con el diálogo.

MOGADISEL determina de manera específica la asignación de funciones a los grupos que lideran cada uno de los niveles, ya que entre equipos se acrecienta la moral, se toman algunas decisiones y se da el apoyo que se requiera lo cual forma parte del éxito o fracaso conjunto.

Otro factor clave que MOGADISEL debe enfrentar para tener éxito y ser entendido es el manejo de la incertidumbre, teniendo en cuenta el clima laboral y el estado de la gestión actual de Mantenimiento en la Dirección de Servicios de Electromecánica cuando actualmente se está trabajando con sobre dimensionamiento, sobre mantenimiento o sub Mantenimiento, repuestos sobre estimados o sub estimados, baja acertividad, Paros no planificados de equipos, y estimaciones erradas.

Puede decirse que la incertidumbre generada actualmente en la gestión de mantenimiento en la Dirección proviene de la calidad y cantidad de los datos de los modelos matemáticos de cálculo con los que se cuenta, del comportamiento humano, de los comportamientos aleatorios, de la ignorancia, por eso la relación de la incertidumbre con la toma de decisiones es directa, y es allí donde MOGADISEL tiene como sustento la estructura por niveles en donde se logra la cuantificación de la incertidumbre, se mitiga y decide sobre la misma, ya que dentro del modelo la incertidumbre es mitigada por estrategias de ingeniería de confiabilidad, haciendo un gerenciamiento del riesgo.

En este modelo se define el compromiso de la Dirección de Servicios de Electromecánica ante las áreas receptoras de servicio ARS mediante el planteamiento de su visión y misión pero se requiere del compromiso general de toda la organización de mantenimiento y las ARS para cumplir con este objetivo, ya que los esfuerzos son solo eso si todos los involucrados no se sienten responsables.

A su vez MOGADISEL no se concentra en la elaboración de políticas específicas de seguridad y medio ambiente que están claramente determinadas por la gerencia corporativa de gestión humana y la gerencia ambiental, por el contrario y al igual que con el sistema de calidad de la empresa, MOGADISEL, no es incompatible con dichos sistemas, ya que la administración de los programas de seguridad debe ser responsabilidad del área comentada y con programas específicos a la Dirección de Servicios Electromecánica como la clave de éxito, dado que el trabajo a ser ejecutado debe ser generalmente desarrollado por mantenimiento.

Por lo anterior, los diferentes niveles de MOGADISEL tienen una responsabilidad directa en la implementación de dicho programa, son responsables de la seguridad de su propio personal y de mantener los equipos y los servicios en condiciones de operación seguras. Deben estar alerta a los riesgos identificados en las áreas inmediatas.

La seguridad del personal en mantenimiento depende del desempeño individual de su gente dado que los trabajos no son necesariamente repetitivos y muchos se requieren hacer en los equipos con los dispositivos de seguridad removidos.

Las solicitudes de trabajo relacionadas con seguridad tendrán la máxima prioridad. En cada activo deberá existir un marco normativo eficaz que cubra los aspectos de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Protección Ambiental, que defina las características de los recursos (humanos y materiales) en las actividades desarrolladas durante los procesos de mantenimiento, lo anterior se realizara de acuerdo con el manual de seguridad industrial de la Dirección de gestión humana y la normatividad ambiental vigente del departamento administrativo del medio ambiente (DAMA), sobre disposición de residuos provenientes de la actividad de mantenimiento, como aceites y grasas.

Las actividades realizadas durante los procesos de mantenimiento deberán estar apegadas a los lineamientos de calidad establecidos en los Sistemas de Calidad de la organización, Norma ISO 9001 versión 2000 e ISO 14000 versión 1996.

Deben considerarse dentro de este punto todos los requisitos de seguridad y medio ambiente aplicables de acuerdo a la normativa vigente externa e interna en la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá para la planeación y ejecución de los trabajos. Es responsabilidad de los grupos responsables de liderar los niveles estratégico, táctico, operativo e instrumental de asegurarse del correcto desarrollo, difusión, capacitación, cumplimiento y actualización de los

requerimientos de seguridad y medio ambiente para contribuir a que las actividades desarrolladas se realicen de forma sistemática y segura. Esto con el objetivo de reducir y controlar los riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores, instalaciones y terceras personas, así como al medio ambiente, lo anterior se materializa mediante la formulación de los respectivos acuerdos de servicio entre la Dirección de Servicios de Electromecánica y la gerencia corporativa de gestión humana, la dirección de salud ocupacional y seguridad industrial, con el fin de establecer el correspondiente programa de asesoría y control de los programas de capacitación que pretenden cumplir con las normatividad vigente en referencia a estos temas.

4.2 COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN

La Dirección de Servicios de Electromecánica Conciente del alto grado de compromiso que implica una transformación total del modelo tradicional de gestión de mantenimiento a un modelo para el gerenciamiento de activos de clase mundial, al igual que la inversión que esto representa se compromete en su totalidad con el cumplimiento de todas las etapas de desarrollo del Modelo.

Es en la dirección donde se dio origen a MOGADISEL, y en su convicción y compromiso con el modelo, es de donde realmente esta el éxito del mismo, por lo que la Dirección se comprometerá a aprovisionar los recursos correspondientes al valor total del costo de implementación de MOGADISEL que asciende a \$3.901.500.000 (ver cuadro 8, pagina 107) ante la Dirección de Planeamiento Corporativo, para lo cual seguirá los correspondientes procedimientos para la justificación de proyectos de inversión, establecidos para la empresa y a su vez respaldara todos los cambios propuestos para la implementación del modelo.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE MOGADISEL

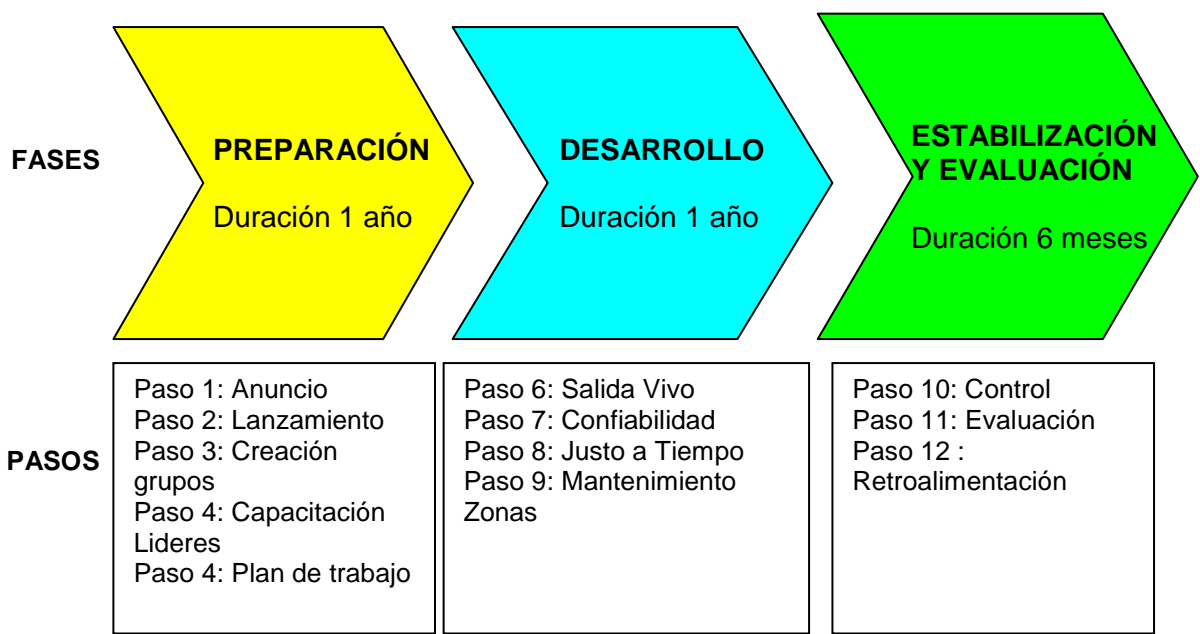
El Modelo Para el Gerenciamiento de Activos Dirección de Servicios de Electromecánica MOGADISEL es un proyecto que requiere para su implementación un proceso de preparación, desarrollo y estabilización, para lo cual se ha estimado un periodo mínimo de dos años y medio.

La implementación de MOGADISEL no será aislada en un área piloto, porque este concepto desaparece al cambiar de un modelo de mantenimiento por Divisiones a un modelo por niveles de responsabilidad, lo que hace que su implementación se realice de manera simultanea en los cuatro niveles que componen la estructura

general de MOGADISEL y que sea liderada por los grupos responsables de gestión estratégica, táctica, operativa e instrumental en donde se apunta a las metas graduales establecidas para las políticas económicas, mantenimiento y calidad.

La implementación del modelo se ha considerado realizar en 3 fases principales que comprenden un total de 12 pasos para ser realizados en un tiempo estimado de dos años y medio, según se muestra en la figura 43.

Figura 43. Esquema de implementación de MOGADISEL



A continuación en la tabla 8 se explican cada uno de los pasos que componen las 3 fases de implementación del MOGADISEL con sus correspondientes tiempos de ejecución.

Tabla 8. Pasos para la implementación de MOGADISEL

FASE	PASO	DETALLES
PREPARACIÓN 1 año	Paso 1: Anuncio de la alta dirección de la decisión de introducir MOGADISEL	Se debe realizar una concientización en las directivas acerca de los beneficios, alcances y compromisos del MOGADISEL e iniciar la divulgación por los diferentes medios informativos que se tengan en la empresa.
	Paso 2: Lanzamiento de una campaña educacional.	Proyectar la filosofía de MOGADISEL al personal a través de conferencias, reuniones, para romper la resistencia al cambio y la incertidumbre que se pueda generar y motivar al respecto.
	Paso 3: Crear los grupos de Gestión Estratégica, Táctica, operativa e Instrumental que lideran la implementación de MOGADISEL	Crear los grupos como se describe en la conformación de los diferentes niveles estratégico, táctico, operativo e instrumental de MOGADISEL en donde se promueven la ejecución de los planes de acción y tareas contempladas en el modelo, se asignan responsabilidades, se eligen líderes grupales que reportarán al nivel más alto, que coordinará la evolución del proceso, inicia el trabajo de los cuatro niveles.
	Paso 4: capacitar a los grupos líderes de cada nivel en la adopción de las correspondientes tácticas	Los facilitadores externos capacitaran a los grupos de Gestión estratégica , táctica operativa e instrumental, sobre los planes de acción y tareas que aplica a cada nivel y que están claramente identificados en MOGADISEL
	Paso 5: Formulación de un plan maestro para el desarrollo de MOGADISEL	Los grupos de gestión coordinaran un plan que se pueda seguir día a día para controlar el cumplimiento de los planes de acción y tareas.
DESARROLLO 1 año	Paso 6: salida en vivo de MOGADISEL	Es el lanzamiento oficial del plan, la hora cero para que se adopte la nueva metodología de trabajo a nivel de toda la organización de mantenimiento, además de la revalidación de los compromisos para alcanzar las metas de las macro políticas.
	Paso 7: Mejorar la confiabilidad de los activos	El grupo de gestión táctica aplicara para todos los planes de acción y tareas el concepto de Confiabilidad operacional e iniciara el registro de la información requerida para alimentar los índices de gestión establecidos por MOGADISEL para este nivel. Las actividades principales para la mejora de confiabilidad serán: seleccionar las piezas o equipos con daños crónicos, hacer análisis del problema, explorar las condiciones o factores que lo generan y formular planes de mejora.
	Paso 8: Establecer las operaciones de justo a tiempo por zonas.	Simultáneamente con el grupo de gestión táctica, el grupo de gestión operativa aplicara el plan de acción y las tareas para todos los procesos de apoyo al nivel instrumental del concepto de justo a tiempo e iniciara el registro de la información requerida para alimentar los índices de gestión establecidos por MOGADISEL para este nivel
	Paso 9: ejecutar un programa de mantenimiento por zonas	Simultáneamente con el grupo de gestión operativa, el grupo de gestión instrumental ejecutara el mantenimiento zonal de acuerdo con los planes de acción y tareas para la planeación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo zonal.
ESTABILIZACIÓN 6 meses	Paso 10: Revisar la evolución de MOGADISEL	El grupo de gestión estratégica realiza revisiones parciales al cumplimiento de las metas de las macro políticas, apoyados por los indicadores claves de desempeño que se establecen en MOGADISEL y alimentados por la gestión de los grupos líderes en los niveles táctico, operativo e instrumental.
	Paso 11: Evaluación de la efectividad de MOGADISEL	El grupo de gestión estratégica evalúa la efectividad de la gestión global de MOGADISEL mediante la revisión del cumplimiento de las metas fijadas para cada política después de dos años de haber cambiado la dirección de servicios de electromecánica su gestión al modelo de clase mundial, trazado por MOGADISEL, para lo cual se apoyara en la herramienta de gestión del radar de mantenimiento o polígono de decisión
	Paso 12: Retroalimentación de MOGADISEL	Una vez obtenida la evaluación global, el grupo de gestión estratégica se encargara de retroalimentar los grupos de gestión táctica operativa e instrumental, con el fin de que estos reajusten sus planes de acción y se cumplan con las metas establecidas en las macro políticas de MOGADISEL propendiendo por la estabilización del modelo.

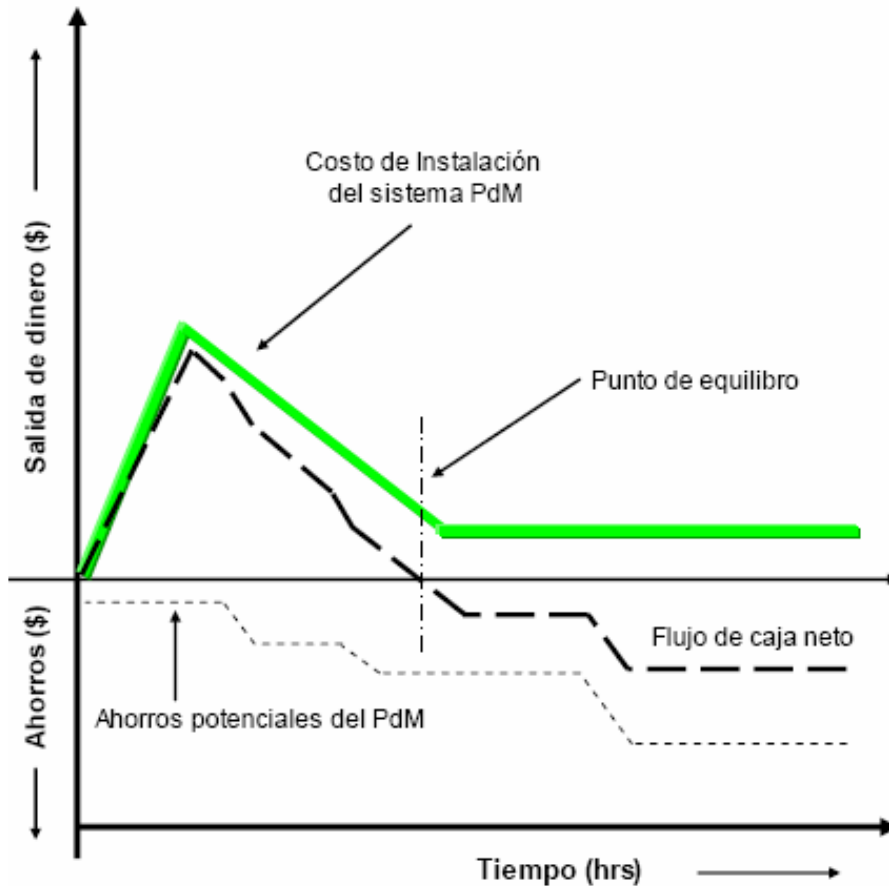
4.4 ANÁLISIS FINANCIERO DE MOGADISEL

Una vez que se han tratado todos los aspectos relacionados con los tópicos que debe enfrentar MOGADISEL para alcanzar el correspondiente éxito como lo es la resistencia al cambio y el manejo de la incertidumbre, seguridad y medio ambiente, además de los doce pasos necesarios para su implementación completa, se ha evaluado el costo global de dicha implementación, para lo cual se ha costeado la inversión a realizar por parte de la Dirección de Servicios de Electromecánica para transformar su modelo de gestión actual a un modelo de gestión de clase mundial o gerenciamiento de activos, para lo cual, deberá adoptar el esquema de niveles estratégico, táctico operativo e instrumental con el personal de planta con que cuenta actualmente, crear nuevos cargos de responsabilidad, contratar asesores externos y adquirir software especializado.

Las consideraciones que se han tenido en cuenta para la implementación del modelo son:

- Contratación temporal de cuatro consultores especialistas en las áreas de: Estrategia de negocios, Confiabilidad, Compras e Inventarios, Planeación y Programación de Mantenimiento.
- Reasignación de funciones al personal existente de la Dirección de Electromecánica.
- Capacitación especializada por parte de los consultores al personal asignado a liderar el proceso de implementación, quienes tendrán la responsabilidad de difundir la capacitación al resto de la Dirección.
- Los costos asignados del personal existente de la Dirección se deben incluir en el costeo del proyecto ya que estarán dedicados el tiempo requerido por el programa de implementación.
- Dentro del costeo del proyecto se incluyo la adquisición de tecnología de punta necesaria para la consolidación de cada uno de los niveles. Como ejemplo se muestra la figura número 44, donde se muestra la relación costo beneficio de la inversión en tecnologías de monitoreo de condiciones.

Figura 44. Flujo de caja de una inversión en tecnología para monitoreo de condición



Fuente: MOBLEY, Keith. An introduction to predictive maintenance. 2a. Ed. New York, Norton, 2002. p 130.

Se observa al inicio de la gráfica la inversión en tecnología para el monitoreo de condiciones (PdM – Mantenimiento Predictivo), en la medida en que la tecnología es aprovechada, se obtienen los ahorros potenciales mostrados por la línea punteada, hasta alcanzar el punto de equilibrio, cumpliendo con la política económica de MOGADISEL.

A continuación se presenta el resumen de costos por nivel detallando los rubros y totalizando el valor total del proyecto, para posteriormente presentar la correspondiente evaluación del mismo desde el concepto de inversión y ligada a las metas de la macro política económica de MOGADISEL de reducción del 25% como mínimo de los costos de mantenimiento y después de dos años de implementado el MOGADISEL.

Cuadro 4. Costos del nivel estratégico

Recurso humano	Cantidad	Meses	Valor mes \$	Total \$
Consultores Senior: Estrategia de negocios Optimización operaciones y mantenimiento	2	3	20.000.000	120.000.000
Gerente general	1	0,3	30.000.000	9.000.000
Gerente de tecnología	1	0,5	20.000.000	10.000.000
Director de servicios de electromecánica	1	3	15.000.000	45.000.000
Gestionador estratégico de mantenimiento	1	3	7.000.000	21.000.000
Planeador estratégico de presupuesto	1	8	7.000.000	56.000.000
Auxiliar administrativo	1	8	1.000.000	8.000.000
			Subtotal	269.000.000
Software				
Modulo PM SAP	1			50.000.000
Software auditoria mtto	1			50.000.000
			Subtotal	100.000.000
			TOTAL	369.000.000

Cuadro 5. Costos nivel táctico

Recurso humano	Cantidad	Meses	Valor mes \$	Total \$
Consultor Senior en confiabilidad	1	24	20.000.000	480.000.000
Líder del Acueducto (Ingeniero de gestión de confiabilidad)	1	24	7.000.000	168.000.000
Ingenieros especialistas de operaciones y mantenimiento	4	24	5.000.000	480.000.000
Tres grupos (3 integrantes cada uno) de técnicos electromecánicos	9	24	2.500.000	540.000.000
Auxiliares administrativos	2	24	1.000.000	48.000.000
			Subtotal	1.716.000.000
Software				
Diagnostico vibraciones	1			50.000.000
Confiabilidad y RCFA	1			100.000.000
Hardware				
Vibraciones	3		40.000.000	120.000.000
Termografía	3		120.000.000	360.000.000
Analizador baker	2		60.000.000	120.000.000
			Subtotal	750.000.000
			TOTAL	2.466.000.000

Cuadro 6. Costos nivel operativo

Recurso humano	Cantidad	Meses	Valor mes	Total
Consultor Senior en inventarios y compras	1	12	20.000.000	240.000.000
Líder del Acueducto (Ingeniero de gestión de confiabilidad)	1	12	7.000.000	84.000.000
Ingenieros jefes de zona	3	12	5.000.000	180.000.000
Director de Almacén	1	3	15.000.000	45.000.000
Coordinador de almacén	1	12	5.000.000	60.000.000
TOTAL				609.000.000

Cuadro 7. Costos nivel instrumental

Recurso humano	Cantidad	Meses	Valor mes	Total
consultor Senior planeación y programación	1	6	20.000.000	120.000.000
Ingenieros jefes de zona	3	6	5.000.000	90.000.000
Planeadores	3	6	2.500.000	45.000.000
Técnicos electromecánicos	27	3	2.500.000	202.500.000
TOTAL				457.500.000

Cuadro 8. Resumen general de costos

Costos por nivel	TOTAL \$
Estratégico	369.000.000
Táctico	2.466.000.000
Operativo	609.000.000
Instrumental	457.500.000
Total costos	3.901.500.000

Como se observa en el cuadro 8, los costos totales del proyecto denominado MOGADISEL son \$3.901.500.000.

De acuerdo a la demanda general de mantenimiento que la Empresa genera sobre la Dirección de Servicios Electromecánica, se propone en este trabajo una inversión de \$3.901.500.000 en capacitación, asesoría y adquisición de equipos

para llevar la Dirección a ser una organización de mantenimiento de clase mundial.

Partiendo de el hecho que la Dirección gastó en el año 2005 la suma de \$ 17.136.895.200,00 en el mantenimiento de los equipos a su cargo, se pretende que al aplicar los lineamientos antes propuestos se consiga una reducción de los costos actuales anuales de mantenimiento como mínimo un 25% al cabo del segundo año de empezar a implementar MOGADISEL.

Se propone implementar en los 6 primeros meses del primer año el Nivel Estratégico con la capacitación del grupo de gestión estratégica por parte de los consultores Senior y la adquisición del software especializado, asesorados por los consultores, para comenzar la implementación.

El Nivel táctico y el operativo también empiezan a ser desarrollados simultáneamente para que a partir del 7 mes del primer año se comience a ver una reducción del 7% en el costo mensual de mantenimiento.

Desde el 7 mes se comienza a desarrollar el nivel instrumental hasta finalizar el mes 12 y por consiguiente el primer año.

A partir del 1 mes del año 2 se comienza a tener una reducción del costo mensual de mantenimiento de un 6% continuando con la implementación definitiva de los cuatro niveles.

Finalmente al comenzar el 7 mes del año 2 se reducen los costos de mantenimiento en un 5 %, llegando así al final del año 2 con una reducción total de los costos anuales de mantenimiento con respecto al comienzo del año 1 de un 27.74%, aproximándonos a la meta propuesta del 30 %.

Tabla 9. Presupuesto de mantenimiento

Costo total Mantenimiento año 0	\$ 17.136.895.200,00
Ahorro esperado al final año 2	\$ 5.141.068.560,00
Presupuesto de mantenimiento para el año 3	\$ 11.995.826.640,00

En las tablas 4, 5, 6, 7 y 8 se observan las inversiones por niveles; en los cuadros siguientes veremos la inversión en el tiempo.

Cuadro 9. Inversión de acuerdo a Niveles. Año 1

		AÑO 1											
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Nivel Estratégico	Consultor senior	40.000.000	40.000.000	40.000.000									
	Gerente General	9.000.000											
	Gerente de tecnología	10.000.000											
	Director de servicios de electromecánica	15.000.000	15.000.000	15.000.000									
	Gestionador Estratégico de mantenimiento	7.000.000	7.000.000	7.000.000									
	Planeador estratégico de presupuesto	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000				
	Auxiliar administrativo	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000				
	Software Nivel estratégico	100.000.000											
Nivel Táctico	Consultor senior-Confianza	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Líder Acueducto	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
	Ingenieros Especialistas	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Técnicos Electromecánicos	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000
	Auxiliares Administrativos	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
	Soft-Hardware Nivel Táctico							750.000.000					
Nivel Operativo	Consultor senior	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Líder del acueducto	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
	Ingenieros jefes zona	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000
	Director de almacén	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000
	Coordinador de almacén	15.000.000	15.000.000	15.000.000									
Nivel Instrumental	Consultor senior planeación							20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Ingenieros jefes zona							15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000
	Planeadores							7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
	Técnicos Electromecánicos							67.500.000	67.500.000	67.500.000			
	Total Año 1	322.500.000	203.500.000	203.500.000	126.500.000	126.500.000	126.500.000	986.500.000	236.500.000	228.500.000	161.000.000	161.000.000	161.000.000
		\$ 3,043,500,000											

Cuadro 10. Inversión de acuerdo a Niveles. Año 2

		Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
Nivel Táctico	Consultor senior-Confia	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Líder Acueducto	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
	Ingenieros Especialistas	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
	Técnicos Electromecánicos	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000	22.500.000
	Auxiliares Administrativos	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
	Soft-Hardware Nivel Táctico							750.000.000					
		71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000	71.500.000
Total Año 2		\$ 858,000,000											

Cuadro 11. Costos con proyecto Vs sin proyecto año 1

Año 1	Mes	Gastos mensuales de mantenimiento sin Proyecto	Gastos de implementación mes a mes	Costos mensuales de mantenimiento	Costos mensuales de mantenimiento + implementación
	1	\$ 1.428.074.600,00	\$ 322.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.750.574.600,00
2	\$ 1.428.074.600,00	\$ 203.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.631.574.600,00	
3	\$ 1.428.074.600,00	\$ 203.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.631.574.600,00	
4	\$ 1.428.074.600,00	\$ 126.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.554.574.600,00	
5	\$ 1.428.074.600,00	\$ 126.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.554.574.600,00	
6	\$ 1.428.074.600,00	\$ 126.500.000,00	\$ 1.428.074.600,00	\$ 1.554.574.600,00	
7	\$ 1.428.074.600,00	\$ 986.500.000,00	\$ 1.334.649.158,88	\$ 2.321.149.158,88	
8	\$ 1.428.074.600,00	\$ 236.500.000,00	\$ 1.247.335.662,50	\$ 1.483.835.662,50	
9	\$ 1.428.074.600,00	\$ 236.500.000,00	\$ 1.165.734.264,02	\$ 1.402.234.264,02	
10	\$ 1.428.074.600,00	\$ 169.000.000,00	\$ 1.089.471.274,79	\$ 1.258.471.274,79	
11	\$ 1.428.074.600,00	\$ 169.000.000,00	\$ 1.018.197.453,07	\$ 1.187.197.453,07	
12	\$ 1.428.074.600,00	\$ 169.000.000,00	\$ 951.586.404,74	\$ 1.120.586.404,74	
Costo año 1	\$ 17.136.895.200,00	\$ 3.075.500.000,00	\$ 15.375.421.818,00	\$ 18.450.921.818,00	
VPN 12%	\$ 8.846.028.494,27	\$ 1.584.704.218,62	\$ 8.287.013.842,97	\$ 9.871.718.061,59	

Beneficios 7% mensual

En el cuadro anterior se muestran los gastos mensuales de mantenimiento mes a mes; en la tercera columna los gastos sin la implementación de MOGADISEL (costos al manejar el mantenimiento de la forma antigua); en la cuarta columna lo que cuesta la implementación de MOGADISEL, en la quinta columna están los costos de mantenimiento con los beneficios de la implementación (7% reducción de los costos de mantenimiento) reflejados después del sexto mes. Estos beneficios se derivan directamente de la capacitación y la integración de los directivos y trabajadores responsables de cada nivel, junto con el cumplimiento de las metas de cada uno. En la sexta columna se tienen los costos totales mensuales del mantenimiento más los costos de implementación. Se tiene que al finalizar el primer año es más costoso implementar y mantener la división de servicios electromecánica que seguir de la forma antigua, esto es por que los costos iniciales de implementación son altos y los beneficios solo se empiezan a ver después del sexto mes.

Cuadro 12. Costos con proyecto Vs sin proyecto año 2

Año 2	Considerando inflación del 5% año 1	\$ 17.993.739.960,00		\$ 16.144.192.908,90	\$ 19.373.467.908,90	
	13	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 1.269.197.555,73	\$ 1.348.697.555,73	Beneficio 6% mensual
	14	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 1.197.356.184,65	\$ 1.276.856.184,65	
	15	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 1.129.581.306,28	\$ 1.209.081.306,28	
	16	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 1.065.642.741,77	\$ 1.145.142.741,77	
	17	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 1.005.323.341,29	\$ 1.084.823.341,29	
	18	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 948.418.246,50	\$ 1.027.918.246,50	
	19	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 903.255.472,86	\$ 982.755.472,86	Beneficio 5% mensual
	20	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 860.243.307,48	\$ 939.743.307,48	
	21	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 819.279.340,46	\$ 898.779.340,46	
	22	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 780.266.038,53	\$ 859.766.038,53	
	23	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 743.110.512,89	\$ 822.610.512,89	
	24	\$ 1.499.478.330,00	\$ 79.500.000,00	\$ 707.724.297,99	\$ 787.224.297,99	
	Costo año 2	\$ 17.993.739.960,00	\$ 954.000.000,00	\$ 11.429.398.346,44	\$ 12.383.398.346,44	
	VPN 12%	\$ 9.288.329.918,98	\$ 492.452.750,92	\$ 6.317.903.263,36	\$ 6.810.356.014,29	

El cuadro anterior muestra los costos de mantenimiento con la implementación de MOGADISEL y sin MOGADISEL para el año dos del proyecto. Se tiene que en el mes trece y en el mes dieciocho se obtienen beneficios de 6% y el 5% respectivamente en la reducción de los costos mensuales de mantenimiento gracias a la capacitación de directivos y operarios, concientización hacia el cambio, implementación de nuevas tecnologías y softwares, reducción de tiempos y movimientos; llegando a obtener una reducción del 27.74% en los costos de mantenimiento del año 0 al año 3.

Tabla 10. Ahorro conseguido

Presupuesto mantenimiento Año 0	\$ 17.136.895.200,00
Presupuesto mantenimiento Año 3	\$ 12.383.398.346,44
% de ahorro al finalizar el proyecto	27,74%
Ahorro conseguido	\$ 4.753.496.853,56

Como estos son costos de inversión entonces se escoge el proyecto que representa el menor VPN con el tiempo y que a su vez cubre los gastos de implementar el proyecto en el tiempo estimado y llega a las metas propuestas.

Finalmente como se observa en las tablas anteriores la relación del VPN con proyecto y sin proyecto se nota que al terminar el año 2 se comprueba que el proyecto es realmente viable, ya que se obtiene una reducción del 27,74% en los costos anuales de mantenimiento y a su vez el costo de implementación de \$3.901.500.000 es deducido del mismo ahorro obtenido.

5. CONCLUSIONES

- Se efectuó un reconocimiento de las mejores prácticas para el gerenciamiento de activos, mantenimiento de clase mundial, enfoque kantiano, planeación estratégica, LCC y tácticas modernas tales como TPM y RCM. De este estudio se tomaron los conceptos fundamentales para el diseño del modelo de gestión de Mantenimiento MOGADISEL.
- Se diseñó un modelo moderno de gestión de mantenimiento para el gerenciamiento de los activos a cargo del Dirección de Servicios Electromecánica, denominado MOGADISEL, el cual incluye las mejores prácticas de la Industria para Operaciones y Mantenimiento.
- Se diseñó la estrategia de implementación de MOGADISEL, la cual tiene una duración de dos años y se estimaron los recursos internos y externos requeridos.
- Se efectuó la justificación económica del proyecto de implementación, donde se concluye que el proyecto es viable para la Empresa.

BIBLIOGRAFÍA

BLANK, Leland. Ingeniería Económica. 3a. ed. Bogotá : Mc_Graw Hill, 1995, 546 p.

BOXWELL, Robert J Benhmarking for competitive advantage. Madrid : Mc Graw Hill, 1994, 196 p.

CHIAVENATO, Idalberto. Teoría de sistemas. 1989. Disponible en Internet : www.geocities.com/jdssystems/archivo/teoriasis.htm. enero, 2006.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. 2a. ed. México : Continental, 1998, 196 p.

DURÁN REVERSE, José. RCM, The Woodhouse Partnership Limited. Carolina del norte : S.N., 1999, 25 p.

DURÁN, José Bernardo. Club de mantenimiento. Publicación periódica. Venezuela : club_mantener@sinectis.com.ar., 2003. 5 p.

ESTUDIO TÉCNICO HIDROSAN. Actualización de las estaciones de bombeo. Contrato 102-8400-0018-99. Bogotá : Hidrosan ingenieros consultores, 2000. 44 tomos.

ESTUPIÑAN, Edgar y SAAVEDRA, Pedro. Club de mantenimiento. Publicación periódica. Chile : club_mantener@sinectis.com.aor, 2003. 5 p.

GONZÁLEZ DANGER, Antonio H. y HECHAVARRÍA PIERRE, Laureano. Club de mantenimiento. Publicación periódica: Cuba, club_mantener@sinectis.com.ar. 2003, 3 p.

HAY, Edgard J. Justo a tiempo. La técnica japonesa que genera mayor ventaja. Bogotá : Norma, 1991, 255 p.

HUERTA MENDOZA, Rosendo. Club de mantenimiento. Publicación periódica. Venezuela : club_mantener@sinectis.com.ar. 2003, 12 p.

LATINO, Charles J. Club de mantenimiento. Publicación periódica. USA : Club_mantener@sinectis.com.ar, 2003, 3 p.

LATINO, Robert J. Club de mantenimiento. Publicación periódica. USA : blatino@reliability.com., 2003, 12 p.

MANUAL DE POLÍTICAS. Gestión de activos fijos – mantenimiento. Mantenimiento de averías en electromecánica. Empresa de acueducto agua y alcantarillado de Bogotá. Dirección de servicios de electromecánica, E.A.A.B., 2005, 16 p.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO. Propuesta 2003. Servicios de ingeniería y diagnósticos de maquinaria. Bogotá : Electrodinámica, 2003, 8 p.

MATHER, Daryl. The maintenance scorecard. Creating strategic advantage. New York : Industrial press, 2005, 267 p.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. Medellín : AMG, 2005, 268 p.

MOBLEY, Keith. An introduction to predictive maintenance. 2a. Ed. New York, Norton, 2002. 312 p.

NEWBROUGH, E. T. Personal de Albert Ramona y Asociados. Administración del mantenimiento industrial. 6a. ed. México : Diana, 1982, 96 p.

SONEYRA, Eloy. Publicación trimestral del Club de Mantenimiento. Argentina : Club_mantener@sinectis.com.ar, 2003, 125 p.

TAVARES, Lourival. Administración moderna de mantenimiento. Río de Janeiro : Novo Polo Publicações, 1999, 213 p.

VARELA, Rodrigo. Ingeniería económica. Casos en evaluación de proyectos. Cali, Colombia : Instituto Colombiano de Estudios Superiores de INCOLDA, ICESI, 1996, 294 p.

VARGAS T, Ernesto.: Club de mantenimiento. Publicación periódica. Bolivia : club_mantener@sinectis.com.aor., 2003, 20 p.

WHORF, B. L. Collected papers on metalinguistic – Foreign service institute. Washington USA Department of State, 1994, 389 p.