

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO NACIONAL, BAJO LOS PARÁMETROS, DEL PILAR DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.

FRANCISCO HUMBERTO NOVA VILLANUEVA

ANDRES ARCÁNGEL LOPEZ ROMERO

UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES

FACULTAD DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ 2015

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO NACIONAL, BAJO LOS PARÁMETROS, DEL PILAR DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.

FRANCISCO HUMBERTO NOVA VILLANUEVA

ANDRES ARCÁNGEL LOPEZ ROMERO

MONOGRAFÍA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR:

ING. MIGUEL ÁNGEL IRÍAN TINOCO

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES

FACULTAD DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ 2015

JURADOS

NOTA DE ACEPTACIÓN.

FIRMA

NOMBRE:

FIRMA

NOMBRE:

FIRMA

NOMBRE

Bogotá, Junio de 2015

DEDICATORIAS

Dedicado a mi **Esposa Nancy** que en su morada de descanso nos alienta en el camino de la vida, a mis Hijos **Santiago** y **Ana María** que son el fruto y la esperanza de nuestras vidas y a mis **Padres** y **Hermanos** por enseñarnos que la vida siempre tiene propósitos buenos.

FRANCISCO HUMBERTO NOVA VILLANUEVA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme cumplir la meta propuesta para crecer en mi formación profesional. A mi esposa y a mis hijos Pipe y Sofí por ser la luz y motivación diaria de mi vida personal y profesional. A mi compañero Francisco Nova por su calidad humana y profesionalismo que demostró en el empeño y dedicación para sacar este proyecto adelante.

A todas y cada una de las personas que de alguna u otra manera, contribuyeron a que lograra esta meta que me propuse en la vida y que me ha permitido crecer intelectualmente, como persona y como ser humano.

ANDRES ARCÁNGEL LOPEZ ROMERO

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD ECCI, por permitirnos acceder al conocimiento e innovación del mantenimiento.

Al Ingeniero **MIGUEL ÁNGEL URIAN TINOCO**, por su asesoría asociada al conocimiento en el mundo cambiante en los nuevos retos que se asumen en el mantenimiento.

A los Ingenieros y Profesores que en cada cátedra de esta especialización, nos aportaron su conocimiento y permitieron ver más allá de nuestro mundo habitual.

A los Ingenieros Militares y en especial a la Dirección de Ingenieros de Combate por permitirnos entrar en su esquema estratégico de mantenimiento y proponer nuevos requerimientos que respondan a las generaciones futuras.

INTRODUCCIÓN

Para la gente del común el Ejército Nacional existe por el artículo 217 de la Constitución Nacional que reza “la Nación tendrá para su defensa unas Fuerzas Militares permanentes constituidas por el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea”. Lo que pocos saben es que dentro del Ejército se encuentra el arma de Ingenieros o Ingeniería Militar que apoya las actividades de combate y logística de los ejércitos y en el caso que nos referencia, en esta monografía en lo específico a trabajos de ingenieros.

Estos trabajos se desarrollan dentro del marco de la Política de Seguridad Democrática del Gobierno, de los dos últimos gobiernos, cuyo objetivo es llevar a las comunidades más apartadas y afectadas por la violencia en el territorio nacional, proyectos de infraestructura, que beneficien a los habitantes de las mismas, consolidando la integración territorial y la aplicación del estado social de derecho, bajo políticas conocidas como prosperidad democrática.

Es por tanto lógico pensar que los equipos utilizados por ingenieros incurrirían en mayores costos de operación, mantenimiento y administración que hace necesario plantear, la implementación de programas en gestión financiera y mantenimiento, con la correspondientes evaluación de mantenimiento, que permita la sostenibilidad de su parque automotor de maquinaria pesada y apoyo.

La expectativa planteada se traduce en un mayor campo de acción y responsabilidad, no solo en las estructuras actuales, si no en la implementación de nuevos conceptos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Con el presente trabajo se pretende establecer mediante el planteamiento del problema, optimizar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los Ingenieros Militares que permita integralmente y en un plazo razonable crear estrategias de sostenibilidad en operación, funcionabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y costos.

Lo anterior se plantea dentro de los conocimientos y horizontes dentro de una mentalidad abierta, despertada por la gerencia de mantenimiento con la recolección de información que permita documentar y analizar resultados con herramientas de investigación y gestión que creen una oportunidad para robustecer el arma de Ingenieros con una propuesta acorde con las conclusiones de la presente monografía.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	1
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
2.1 Planteamiento del problema	2
2.2 Descripción del Problema	2
2.3 Preguntas de Investigación	3
2.4 Sistematización del Problema	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivos Generales	4
3.2 Objetivos Específicos	4
4. JUSTIFICACIÓN Y LIMITACIÓN	5
4.1 Justificación	5
4.2 Delimitación	5
4.3 Limitaciones	6
5. MARCO REFERENCIAL	7
5.1 Marco Teórico	7
5.1.1 Historia del Mantenimiento Durante el Siglo XX	9
5.1.2 La Tendencia de Mantenimiento Siglo XXI	16
5.1.3 Terminología de Mantenimiento Según Normas	17
5.1.4 Formulaciones Científicas de Mantenimiento	21
5.1.5 Indicadores de Control	22
5.1.6 La Necesidad de Integrar Nuevas Técnicas	24
5.1.7 Evolución del Mantenimiento en la Producción	30
5.1.8 La Ingeniería y las Tareas de Mantenimiento, OIT	34
5.1.9 Tero Tecnología	35
5.1.10 Gestión de Activos	36

5.1.11	Confiabilidad Operacional	36
5.1.12	PMO, Optimización de Mantenimiento Planeado	37
5.1.13	Gestión de Mantenimiento	38
5.1.14	Sistema Kantiano	39
5.1.15	Curva de la Bañera de Davies	40
5.1.16	Falla	41
5.1.17	Planificación de Tareas	41
5.1.18	Mantenimiento Preventivo	42
5.1.19	Matriz de FODA	43
5.1.20	Administración del Mantenimiento	45
5.1.21	Auditoria Organizacional	46
5.1.22	Métodos para la Planificación	46
5.1.23	Mejoramiento Continuo	48
5.1.24	Indicadores de Gestión	48
5.2	Estado del Arte	49
5.2.1	Monografías Locales	49
5.2.2	Monografías Nacionales	51
5.2.3	Monografías Internacionales	52
5.3	Marco Legal	54
6.0	TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
7.0	MARCO METODOLÓGICO	56
7.1	Recolección de la Información	56
7.1.1	Seguimiento y Monitoreo Satelital	56
7.1.2	Situación del Equipo en Mantenimiento	59
7.1.3	Matriz DOFA	61
7.1.4	Distribución de Pareto	62
7.1.5	Matriz de Excelencia	75
7.2	Análisis de datos	76
7.2.1	Seguimiento y Monitoreo Satelital de Equipo	77
7.2.2	Situación del Equipo en Mantenimiento 2015	78

7.2.3 Análisis Matriz DOFA	78
7.2.4 Análisis Diagrama de Pareto o Curva Cerrada	81
7.2.5 Matriz de Excelencia	83
7.3 Propuesta de Solución	84
7.3.1 Propuesta Plan de Mantenimiento	85
7.3.2 Plan Financiero	88
7.3.3 Plan de Recurso Humano	89
7.3.4 Central de Monitoreo Satelital	92
7.3.5 Implementación SAP-PM	94
7.3.6 Indicadores de Gestión de Mantenimiento	97
7.4 Entrega de Resultados	98
8.0 FUENTES DE INFORMACIÓN	102
9.0 ANÁLISIS FINANCIERO	103
10. TALENTO HUMANO	111
11. CONCLUSIONES	118
12. RECOMENDACIONES	120
13. BIBLIOGRAFÍA	122
14. CIBERGRAFÍA	124
15. TABLAS	125
16. GRAFICAS	127
17. FIGURAS	128

1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO NACIONAL, BAJO LOS PARÁMETROS, DEL PILAR DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las unidades de ingenieros elaboran planes de mantenimiento preventivo con los recursos anualmente asignados; las estadísticas y verificaciones efectuadas dan como resultado que se carece de un plan efectivo de mantenimiento preventivo; posiblemente por falta de seguimiento y control en las tareas, responsabilidades y procedimientos en el cuerpo de Ingenieros, con el agravante de la capacidad técnica por falta de capacitación en el personal de cuadros y operadores, sobre normas, procedimientos.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos cinco años se evidenció que las políticas y planes de mantenimiento no estaban cumpliendo con los objetivos propuestos a pesar de contar con planes de mantenimiento diseñados para la preservación, conservación y disponibilidad de los equipos que es utilizado por los Ingenieros Militares. Esto se pudo evidenciar de acuerdo a las diferentes auditorías realizadas a las secciones técnicas a nivel nacional, encontrándose un alto índice de equipo obsoleto, fuera de servicio o en línea de mantenimiento. Por esta razón se hace necesario reevaluar la ejecución, el seguimiento y control de los planes de mantenimiento.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué herramientas son las más adecuadas para optimizar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos del Cuerpo de Ingenieros?

2.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Qué causa que el mantenimiento preventivo no sea efectivo en la actualidad?
- ¿Cuáles herramientas de gestión de activos, son las más adecuadas para optimizar los resultados de mantenimiento preventivo?
- ¿Cuáles son las herramientas a tener en cuenta para implementar y fortalecer la gestión de mantenimiento en el Cuerpo de Ingenieros?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

Generar una propuesta que optimice los resultados del mantenimiento preventivo mediante la aplicación de herramientas administrativas que permitan conocer el estado, control, ejecución y seguimiento del desarrollo del mantenimiento preventivo, asociado con la gestión de activos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las causas que inciden en la efectividad del mantenimiento preventivo.
- Determinar la herramienta de gestión de activos que optimicen los resultados de mantenimiento preventivo.
- Proponer la herramienta adecuada para viabilizar la implementación de la gestión en el control, seguimiento y procedimientos de mantenimiento.

4 JUSTIFICACIÓN Y LIMITACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

Las actividades de mantenimiento son necesarias para garantizar la permanente utilización de los equipos en los diferentes proyectos y para optimizar, mejorar o proponer propuestas de mejora lo debe hacer la Dirección de Ingenieros con el fin de optimizar la efectividad del mantenimiento preventivo.

El Ejército Nacional cuenta con un grupo de activos para la construcción denominados maquinaria amarilla, este de acuerdo a las diferentes normativas debe contar con un plan de mantenimiento que garantice tanto su disponibilidad como su vida útil, dadas las problemáticas ya descritas se hace necesario desarrollar una metodología orientada a optimizar las actividades de mantenimiento y lograr cumplir tanto con las directrices institucionales como las del gobierno nacional y la sociedad civil contenidas en los objetivos misionales de la fuerza.

4.2 DELIMITACIÓN

Teniendo en cuenta que las unidades de Ingenieros a nivel nacional que cumplen actividades de mantenimiento son veintisiete, para el presente estudio se tomara, la unidad insigne en mantenimiento, que en forma integral lleva

actividades de II, III y IV escalón conocida como BAMAI, ubicado en municipio de Nilo Cundinamarca y los datos estadísticos serán suministrados por la entidad rectora encargada de la planeación y control de los Ingenieros de la ciudad de Bogotá.

Para el seguimiento y recolección de datos se estableció el año 2012-2013-2014 y 2015, se hará solo sobre equipo pesado de construcción conocido como línea amarilla.

4.3 LIMITACIONES

- Seguridad: Por razones de seguridad no se tendrá acceso a la unidad mencionada.
- Financiera: Que no existan los recursos necesarios para apoyar el desplazamiento de los autores de la presente monografía para la recolección de información.
- Normativa: teniendo en cuenta que no se pueden revelar todos los datos existe la probabilidad que estos presenten inconsistencias.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

Las secciones de mantenimiento o departamentos se dedican al día a día y no analizan ni mejoran sus resultados, sus actividades, su organización, sus procedimientos, no se preocupan por documentar y efectuar la trazabilidad de sus actividades en el campo de planeación si la hay o en la problemática de cada compañía con sus diferentes actividades del mantenimiento.

Se hace necesario propender por la mejora continua y constante integrando de forma técnica las diferentes disciplinas existentes con diferentes posibilidades y adaptándose al tipo de sistema o desarrollo que se tenga.

Valdría la pena graficar la evolución de la eficacia en los últimos años en cuanto al costo anual del mantenimiento en función vs disponibilidad de las instalaciones y sistemas esto se da en porcentaje en ambos sentidos.

En primer lugar debe hacerse hincapié en las técnicas organizativas existentes (es necesario conocer para integrarlas de forma coordinada en una hipotética reorganización de nuestro departamento y de sus planes operativos. (Mantenimiento industrial avanzado).

Se pasa después, a estudiar las técnicas de mantenimiento predictivo que pueden utilizarse como herramientas sustitutorias de los mantenimientos rutinarios y que aporten poco valor.

La continua exigencia de mejora, implica abordar una reingeniería de procesos aplicados al mantenimiento que incluya la gestión económica.

En cuanto al factor humano es absolutamente clave por la responsabilidad y conocimiento de los procesos de mantenimiento, donde se hace necesario disponer de un adecuado equipo humano preparado para el cambio donde se analizan las circunstancias, virtudes y carencias donde envuelve al personal directivo como al técnico, mandos intermedios y personal operario.

Recordemos en la edad media en la efervescencia del mundo Islámico, se dan las bases de que va a ocurrir en el renacimiento en Italia donde coincide con la publicación de los veintiún libros que se atribuyen a Juanelo Turriano, inventor mecánico e ingeniero hidráulico italiano. Con la revolución industrial en Inglaterra se extendió a toda Europa y se consolidó todo el desarrollo de una cultura donde utiliza una máquina para su servicio y no al revés y comienza la evolución de las máquinas en los siglos XIX, XX y XXI. Por su parte los chinos logran grandes avances en astronomía, biología, matemáticas, físicas e ingeniería, etc.

En el renacimiento siglos XIV, XV y XVI en la Europa Occidental queda atrás la decadencia cultural de la Edad Media, y sobresale el desarrollo de la tecnología con protagonistas como: Galileo Galilei, Miguel Ángel, Leonardo Davinci, Francisco de Giorgio, Agostino Ramelli, Georgius Agrícola, Isaac Newton. Se dan avances en astronomía, medicina, invención de la pólvora, armas bélicas, embarcaciones y descubrimiento de América.

En la revolución Industrial Siglo XIX es la época de la gran cantidad de inventos, creación de la maquina a vapor. La ingeniería mecánica de las otras; las maquinas no requieren a los hombres para funcionar, sino que han de servirle a la humanidad. La fuerza motriz e industrial que se logra con los animales o el hombre para los sistemas de fabricación, se sustituyen vertiginosamente por la máquina a vapor, el automóvil y los motores de combustión interna. Este último genero cambios radicales en los sistemas empresariales y de transporte masivo de personas y carga industrial y dio origen a la producción industrial de automóviles en serie.

Es necesario implementar los métodos de cálculo y predicción de las variables CMD- Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, futuras mediante la selección de diferentes caminos y midiendo el grado de bondad de ajuste de los mismos, con el fin de lograr las mejores mediciones bajo modelos de fácil aplicación y con las mejores prácticas internacionales¹.

5.1.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO DURANTE EL SIGLO XX

En los últimos siglos la aviación presenta avances interesantes. El monje ingles Roger Bacon en el siglo XIII descubre que igual que el agua soporta un barco, el aire podría soportar un objeto. Tal vez fue el primer paso de la aviación moderna. El 17 de Diciembre de 1903 los hermanos Wright en la ciudad de Kitty logran vuelos significativos que fueron la base para el desarrollo vertiginoso de la aviación. En 1907 Glenn Hammond vuela un dirigible de Thomas Baldwin; en 1911 el francés Lous Blériot logra cruzar el canal de la mancha 37 Kms en 35 minutos. El primer vuelo transcontinental lo

¹ Javier González Fernández, Mantenimiento Industrial Avanzado.

realiza Calbraith Rodgers en 1911, El océano atlántico lo cruza el estadounidense Charle A. Linderbergh, en 1947 nace la OACI y la IATA. En este siglo aparece la teoría y principios de vuelo de cohetes del ruso Konstantin Eduardovich Tsiolkovski. Así en 1926 el Estadunidense Robert Goddard lanza un cohete de combustión líquido. En 1957 Rusia coloca el primer satélite especial llamado Sputnik.

Según la diferente bibliografía encontrada al respecto se puede concluir que la mayoría de autores establecen en este siglo tres grandes etapas o generaciones que nos dan una idea de la evolución de las técnicas y organizaciones que se implementaron en este siglo. Téngase en cuenta que en la industria se evoluciona de forma diferente es así que en la aeronáutica ha estado siempre en la vanguardia que el sector industrial, naval y ferroviario.

En cada rama de la ingeniería cambian los objetos que se han de cuidar para que funcione correctamente, pero la función de mantener prima sobre la ingeniería en general².

Se podría hablar de cuatro generaciones transcurridas hasta la fecha, la cual se describe a continuación:

PRIMERA GENERACIÓN	SEGUNDA GENERACIÓN	TERCERA GENERACIÓN
1930-1950	1950-1980	1980-2000
<ul style="list-style-type: none"> - Reparar en caso de avería 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisiones cíclicas - Sistemas para la planificación y control del trabajo - Informatización 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo de condición - Diseño para la fiabilidad y mantenibilidad - Estudios de análisis

² Organización Internacional del Trabajo. OIT

	*	de riesgo - Sistemas expertos - Descentralización de los sistemas de información - Análisis de las causas efecto de los fallos - Participación *
- Reparar en caso de avería **	- Mayor disponibilidad de la planta - - Mayor duración de los equipos y fiabilidad - - Más bajos costos **	- Mayor fiabilidad y disponibilidad - - Mayor seguridad - - Mejor calidad de los productos y servicios - No deteriorar el medio ambiente - Mayor duración de los equipos - - Mayor contención o reducción de los costos. **

Tabla No.01 Generaciones de mantenimiento. Fuente Alberto Mora Gutiérrez.

- **Primera generación:**

Las actividades de mantenimiento se ceñían a reparar aquello que se averiaba, y a periódicos reengrases, lubricaciones y limpiezas.

- **Segunda generación:**

Se ponen en marcha sistemas de mantenimiento preventivo basados en revisiones cíclicas a los equipos e instalaciones y medios en general. Para

equipos mecánicos y electromecánicos se utiliza la curva de la bañera que tras un periodo de mortalidad infantil en los que se llevan a cabo los primeros ajustes y puestas en marcha se producen los fallos de falta de calidad básicamente de subconjuntos, aparece un período continuo de vida útil en el que no es necesario intervenir en el elemento salvo para subsanar un pequeño número de averías, ciertos reengrases o inspecciones puntuales. Estas revisiones cíclicas se definen según cada sector por número de horas de trabajo, número de horas de vuelo, kilómetros recorridos, etc. Incorpora las reparaciones precisas en caso de fallos o reparaciones programadas. La optimización en esta generación se basa en mantenimientos preventivos rutinarios y mantenimientos correctivos, fundamentados en avanzados sistemas de planificación de actividades y de control de los trabajos realizados.

Acá la orden de trabajo toma un papel relevante porque es la retroalimentación y verificación de los datos habidos en esas órdenes de trabajo. (equipo, instalación o sistema afectado; subsistema o componente averiado “se recomienda utilizar para los dos anteriores codificación”);personal que ha realizado la intervención. Horas de trabajo invertidas, horas de trabajo de parada de equipo, repuestos consumidos, centro de costo, etc. (todos estos datos actualmente se hacen de forma informatizada o sistematizada por intermedio de un software para facilitar a los responsables de mantenimiento todos esos trabajos de planificar y controlar).

El mantenimiento de segunda generación en la década de los 80, una vez optimizado en cuanto a las periodicidades y consistencias de las citadas revisiones cíclicas preventivas y una vez optimizados los sistemas de

planificación y control, entraba en una especie de estancamiento en cuanto a la fiabilidad, disponibilidad y costos. Es decir se estabilizaban y podría ocurrir que si una variable mejoraba una vez lograda la estabilización necesariamente que cualquiera presentara empeoramiento o detrimento de una de las asociadas, así:

Si se optimizan los costos minimizando los repuestos o insumos o la mano de obra; la disponibilidad y/o fiabilidad se veían reducidas.

Si se optimizaba la disponibilidad minimizando las paradas por revisión, la fiabilidad empeoraba.

Si la fiabilidad se mejoraba mediante mayor estudio y análisis de las averías repetitivas o complejas mediante la implantación de reformas en los equipos o instalaciones, la disponibilidad empeoraba.

Para mitigar el empeoramiento de cualquier variable cuando se pretendía mejorar alguna de ellas se comenzó hablar de mantenimiento de tercera generación.

- **Tercera generación:**

Fundamenta sus objetivos en lo expuesto anteriormente que es la disponibilidad, fiabilidad y los costos; pero aborda complementariamente en forma prioritaria la seguridad con la tendencia a la emisión de normas, reglamentos, leyes, ordenes, etc. Esta normatividad toma relevancia y define lo

que se ha convenido llamar dentro de los mantenimientos preventivos, mantenimientos legales o reglamentarios. Así mismo la calidad en los servicios de mantenimiento hizo su aparición con la norma ISO9000 de 1984, en su versión ISO9002; la protección del medio ambiente en la ISO 14000.

La duración de los equipos mediante el análisis detallado de los costos del ciclo de vida conocido como LCC, life cycle cost; paso a ser determinante en las decisiones de compra de los nuevos equipos donde la importancia que el sistema, instalación o equipo fuera fiable y mantenible, era necesario que su costo total de ciclo de vida como primera inversión, los costos financieros y los costos de operación, mantenimiento y reemplazo, fueran menores posibles o redujeran los costos.

Se determina que el mantenimiento de tercera generación se basa en la incorporación de nuevos métodos más proclives a intervenir en los equipos e instalaciones solo cuando es necesario. Se tiende en esta nueva forma de entender el mantenimiento a no establecer actividades preventivas rutinarias, salvo que las mismas sean de obligatorio cumplimiento o tengan una eficacia y rentabilidad contrastada.

Esto se traduce en la aparición de los mantenimientos según condición o peritados previamente (MOC, Maintenance on condition), los mantenimientos predictivos encaminados a intervenir en la maquina antes de que se produzca el fallo o deterioro catastrófico, pero gracias al análisis de la evolución de un variable que realmente sea significativa y determine el estado de la máquina.

En paralelo, otras técnicas como RCM (Reliability Centered Maintenance) o TPM (Total Productive Maintenance) intentan hacerse “un hueco en el mercado”.

En la tercera generación en la fabricación de un nuevo equipo se hace la necesidad de que para aumentar la fiabilidad y la mantenibilidad, es preciso contemplar en el diseño y proyecto de equipos o instalaciones este aspecto. Para los que están en servicio se plantea la necesidad de hacer reingeniería, entendiendo como tal la revisión partiendo desde cero de los procesos de mantenimiento.

En esta generación se presenta el análisis de riesgos como herramienta de estas nuevas estrategias donde el fallo de un equipo si no supone ningún riesgo o dicho riesgo es mínimo o asumible, quizás sea más rentable dejar que falle.

Con la ayuda de los autómatas programables se memorizan determinados eventos digitales o analógicos que ayudan al mantenimiento, que han permitido la descentralización de los sistemas de información y análisis riguroso y técnico de los datos por expertos, previos a los lanzamientos de órdenes.

Los análisis de causa- efecto de los fallos aparecen donde no solamente hay que analizar la avería sino que también hay que ver sus causas dentro del contexto operacional determinado, explotación o sistema indicando para cada falla la acción correspondiente.

En la tercera generación el recurso humano evoluciona donde antes de los años 70 los operarios se debían limitar a hacer lo que se les dijese, se pasa a partir de los ochenta a abordar metodologías de participación.

Los sistemas de calidad japoneses aportan iniciativas como grupos de calidad, grupos de mejora, etc. Que inyectan en las empresas la conveniencia técnica y táctica de involucrar y corresponsabilizar a los mandos y operarios en las decisiones de los equipos técnicos y directivos. Esta participación, con independencia del método que se implemente, provoca un cambio en las relaciones humanas.

A partir de los años ochenta aparece en el sector de mantenimiento la externalización en el aspecto de contratación externa u outsourcing de actividades de mantenimiento que es considerado como una clara línea de mejora para reducir costos en la primera etapa y aumentar la flexibilidad donde se accede a expertos.

5.1.2 LA TENDENCIA DE MANTENIMIENTO SIGLO XXI: LA TENDENCIA ES HACIA LA CUARTA GENERACIÓN.

Con el desarrollo de la metalurgia con materiales nuevos, aleaciones, materiales inteligentes y por el otro lado el desarrollo de la nanotecnología, la electrónica, la cibernética, la robótica, la automatización y los micros máquinas dan lugar a una época de grandes cambios que requieren integración avanzada en nuevas técnicas de mantenimiento.

CUARTA GENERACIÓN
2000 - 2015
<ul style="list-style-type: none"> - Gestión integrada del mantenimiento basada en nuevos conceptos RCM – TPM - Nuevas nanotecnologías y eficientes - Gestión orientada a resultados y clientes - Contratación compartiendo riesgos y resultados - Ganar/Ganar - Motivación e implicación en resultados - Certificación integrada de ISO9000/ISO14000 y de competencia de trabajadores - Benchmarking a todos los niveles. Participación e información. - Análisis de riesgos y elaboración de nuevas consistencias M.O.C - Reingeniería permanente para la mejora de disponibilidad, fiabilidad y costos. - Observancia normativa

Tabla No.02 La cuarta generación de mantenimiento. Fuente Alberto Mora Gutiérrez

El tipo de mantenimiento más conveniente a desarrollar e implementar en cualquier industria debe contemplarse no de manera exclusiva, sino de manera conjunta con otras diversas técnicas, donde hay que esforzarse en integrarlas que es lo que no suelen hacer los consultores y las empresas que las preconizan, defienden y venden³.

5.1.3 TERMINOLOGÍA DE MANTENIMIENTO SEGÚN NORMAS

➤ **Según Norma AFNOR NFX 60-010**

- **Predictivo:** Instrucción de recomendaciones de mantenimiento en función de parámetros conocidos.

³ Javier González Fernández, Mantenimiento Industrial Avanzado.

- **Preventivo:** Mantenimiento efectuado según criterios predeterminados para reducir la probabilidad de fallo de un bien o de la degradación de un servicio rendido.
 - **Correctivo:** Mantenimiento efectuado después del fallo
 - **Sistemático:** Mantenimiento preventivo efectuado según un planeamiento establecido, tiempo o número.
 - **Condicional:** Mantenimiento preventivo subordinado a un tipo de acontecimiento predeterminado (autodiagnóstico, información de un captador, etc.
 - **Previsible:** Durabilidad vida útil.
 - **Imprevisible:** Urgencias por climatología, vandalismo.
- **Según Norma (Europea) EN-13306 Sobre Terminología del mantenimiento**

Aprobada por el comité CEN 2001 y su contenido versa sobre las diversas definiciones existentes respecto a fallos (fallos propiamente dichos, causas de fallo, fallos primarios y secundarios, mecanismos de fallo, etc.), estado de los diferentes fallos (fallo, fallo enmascarado, fallo por degradación por degradación, etc.) tipos de mantenimiento y estrategias (preventivos, predeterminados, según condición, predictivos, correctivos, tele mandados y

diferidos) y demás actividades de mantenimiento como tiempos, términos e indicadores económicos.

➤ **Según la norma EN-13306 de 2002**

En mantenimiento existen dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo según condición (programado continuo o a solicitud).
- Mantenimiento Correctivo : Diferido o programable (intermedio)

Para esta norma específica dos líneas de trabajo: La documentación e información a establecer durante la fase operacional para tener adecuadamente documentadas las operaciones y requisitos de mantenimiento. La documentación técnica a ser suministrada con cada equipo o sistema como muy tarde antes de la puesta en servicio o en explotación del mismo.

➤ **Según la norma EN-13269**

Documentos de mantenimiento necesario en la fase en la fase preparatoria y que se reflejan en su apartado 5 según los siguientes contenidos:

- Datos Técnicos: Donde se incluirán las especificaciones de fabricación, con pesos, tamaños, capacidades, potenciales, etc.
- Manuales de operación: Donde se reflejaran las instrucciones técnicas y especificaciones y condiciones de seguridad

- Manual de mantenimiento: Con las instrucciones técnicas a realizarse para una de sus funciones, operaciones de mantenimiento preventivo, calibraciones, reparaciones, ajustes, etc.
- Lista de Componentes: Incluyendo la lista de cada uno de sus elementos constitutivos y de sus partes, con modelos, números, descripciones, cantidades, etc.
- Organización: Mostrando los componentes a remplazar, las fechas de revisión y uso, la localización, e identificación de componentes de equipos, espacios para mantenimiento, etc.
- Detalle: Donde se incluirán los códigos identificativos de cada parte detallada, números, descripciones, etc.
- Mapa de lubricación: Reflejando cada uno de los puntos a lubricar, que lubricante hay que utilizar, las especificaciones de los mismos, etc.
- Diagrama Unifilar: Donde se contemplarán los diagramas distribuidos eléctricos, neumáticos, hidráulicos, etc. Con su código de identificación, fecha de la última revisión, potencias de cada una de las unidades, etc.
- Diagrama Lógico: Donde se especificara claramente la sistemática funcional lógica de los circuitos y sus componentes, con símbolos, interconexiones, dependencias de trabajo, flujos de control, modo de operación, etc.
- Diagrama de circuitos: Con los planos donde se reflejará la numeración de cables, terminales, conectores, etc.

- Diagrama de tuberías, Instrumentos y elementos de medida y control: Reflejando en ellos las tuberías, sus longitudes y numeraciones, válvulas, componentes de control y protección, presiones de trabajo, temperaturas, colores identificativos, etc.
- Lay-out: Representando las áreas particulares de la planta interrelacionadas y cercanas al equipo o elemento a suministrar, con la posición relativa, dimensiones, nombres y códigos.
- Programa de Pruebas: Documento con las especificaciones de aceptación del constructor donde aparecerá el modelo, el tipo, el número de serie, la fecha de fabricación, la fecha de recepción, garantía, etc.
- Certificados: Apartado que incluirá todas las especificaciones de aceptación del constructor donde aparecerá el modelo, el tipo, el número de serie, la fecha de fabricación, la fecha de recepción, garantía, etc.

Todos estos documentos pueden y deben ser de enorme utilidad a los responsables d Mantenimiento para que se exijan a los suministradores o instaladores.

5.1.4 FORMULACIONES CIENTÍFICAS DE MANTENIMIENTO:

Fiabilidad: Se define como la probabilidad, durante un periodo de tiempo especificado, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin avería. Suele representarse con la letra R

(de la palabra inglesa reliability) y también como “Calidad en el tiempo”. Una medida de la fiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failures) o en castellano, TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos).

Mantenibilidad: Se define como la probabilidad que el equipo de que el equipo, después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento en un tiempo dado. Una medida de la mantenibilidad es el MTTR (Mean Time to Repair) o TMDR en castellano (Tiempo Medio de Reparación).

Disponibilidad: Es la probabilidad, en el tiempo, de asegurar un servicio requerido, algunos autores la definen como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un determinado momento, frente al parque total de equipos o sistemas. No obstante hay que analizar la disponibilidad teniendo en cuenta o no el mantenimiento preventivo o, mejor dicho, las paralizaciones ocasionadas por dicho preventivo.

5.1.5 INDICADORES DE CONTROL:

Los responsables de mantenimiento deben cuantificar los resultados obtenidos con sus análisis serios correspondientes, proponer respuestas coherentes y bien sustentadas y justificar su actividad profesionalmente con profundidad de los informes que elaboran.

- **Curvas de Weobull O Gnedenko (1939-1941 respectivamente)**

Demostraron que la mayoría de las formas de distribución y concretamente la de los mecanismos o distribución de fallos, se pueden aproximar con un elevado grado de exactitud a una distribución o función universal.

Desde que el ser humano nace ya está sometido a mediciones; sirven para mejorar de forma objetiva aquello que se pueda medir, por tanto el responsable técnico de una empresa o departamento de mantenimiento que afronte un proceso de mejora serio y riguroso, debe plantearse profundamente la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora y cual va hacer la forma de medir el éxito o fracaso de las nuevas medidas adoptadas.

Lord Kelvin “Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo en los números, puede decirse que sabes algo acerca de ello; pero, cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es muy deficiente y poco satisfactorio.”

El autor de indicadores de mantenimiento⁴, Sugiere que podrán utilizarse indicadores asociados a presupuestos, programas o planes que nos den idea de las desviaciones, de los cumplimientos reales, etc. No es fácil elegir y medir indicadores se sugiere unas recomendaciones o reglas que deben ser tenidas en cuenta para el seguimiento de los resultados.

- Los resultados deben medir lo que realmente la empresa espera del departamento de mantenimiento.
- Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir

⁴ Francisco Javier González, Auditoria de Mantenimiento

- Los indicadores de resultado deben tener en cuenta a los clientes internos
- Analice la posibilidad de medir tiempos de ciclos y procesos
- Analice indicadores de la competencia
- Esfuércese en implantar una cultura de medición en sus técnicos
- Utilice solo e indispensablemente los indicadores que le interesen
- Preocúpese de involucrar a su equipo en la definición del indicador
- Analice la eficacia de cada indicador
- Elimine o cambie aquellos indicadores que lo precisen (revisión periódica de los mismos).

5.1.6 LA NECESIDAD DE INTEGRAR NUEVAS TÉCNICAS

No es lo mismo una técnica organizativa, como puede ser RCM o TPM, que un Mantenimiento Predictivo, que es una “nanotecnología” o una metodología tecnológica a utilizar como herramienta.

RCM es una técnica que nos ayuda a replantear todo el mantenimiento con base en la fiabilidad o análisis de fallas y utiliza entre otras y como táctica de mantenimiento tras el análisis de dichos fallos, la tecnología de mantenimiento llamada predictivo.

TPM es otra técnica organizativa, basada en transferir a producción gran parte (o todas) las actividades de mantenimiento.

Se aparta intencionalmente el mantenimiento predictivo, dada su característica innovadora y tecnológica.

Los mantenimientos deben basarse en la integración de técnicas, no en exclusividad de las mismas si se tiene en cuenta que cada empresa es un caso en particular, para que su plan de mantenimiento deben incluir los mantenimientos orgánicos o de rutina, planes de mantenimiento extraídos de RCM, transferencia a producción bajo el criterio TPM, etc. Por tanto se debe analizar la interrelación e integración de acuerdo a las necesidades de la empresa.

a. Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM)

Aparece en 1960 en la industria de la aviación norteamericana, la industria militar, la industria productora de energía; en la industria aeroespacial se conoce como MSG-3; duraron muchos años en concretarla. Esta técnica se basa en la búsqueda de mejora de resultados con base en las siguientes premisas:

- Analizar con una metodología rigurosa y auditable cada tipo de fallo o avería de la forma ms estricta y profunda, estudiando el modo y forma en que se producen dichos fallos y como estos se traducen en costos y repercusiones.
- La productividad global del Departamento de Mantenimiento debe mejorarse mediante una forma de trabajo más avanzada, proactiva y planificada y no haciendo mantenimientos inútiles.

- Tras el trabajo de estudio y definición de la táctica es necesario (o muy conveniente) una auditoria imparcial antes de su implantación real.
- Se debe contar con el apoyo activo y cooperación del personal de mantenimiento, el de operación o producción el personal técnico o de ingeniería y el administrativo.

El RCM se implementa sobre una serie de pasos:

- Primero hay que examinar muy bien las metas de productividad y de mejora que ha definido la dirección con una clara estrategia sobre los parámetros a mejorar (costos, fiabilidad, etc.).
- Evaluar las maneras y métodos por los que estas metas pueden alcanzarse y los efectos de las averías o de los fallos.
- Llevar casi un trabajo de investigación, para deducir los modos de fallos más factibles y la mejor manera de eliminar o deducir los modos de fallos más factibles.
- La estrategia más adecuada para eliminar o reducir cada fallo

En algunos casos el análisis de costos comparado con los fallos en forma asociada llevar a la determinación que el equipo funcione hasta que este falle y

no hacer ningún tipo de mantenimiento preventivo o en otros casos que falle con un sistema sustituto.

El RCM tiene mucho que ver con el análisis de fallo llamado AMFE (o FMEA: Failure Mode and Effects Analysis), técnica que la contempla la norma UNE 20812 y se basa en hacer un proceso sistemático y documentado de análisis cualitativo que revisa y estudia en profundidad la fiabilidad de un sistema y subsistemas. Identifica el componente susceptible de avería, luego el modo de fallo dominante y continuación sus efectos, tanto en el propio sistema como en la instalación, en el área de trabajo, etc. Tras ello intenta cuantificar la probabilidad de falla y de ahí obtiene las tareas de mantenimiento preventivo requeridas.

b. Mantenimiento según el Estado – TPM

Este tipo de mantenimiento le da importancia al operario, en la concientización de inculcar formas distintas de interrelacionarlo con el equipo de trabajo e involucrándolo con el conocimiento de lo que pasa a su alrededor, capacitándolo para desarrollar capacidades, habilidades sobre dominio del equipo que le permitan percibir fallas, defectos y tomar acciones preventivas para evitar fallas.

Las columnas de este tipo de mantenimiento se trazan en objetivos en: Evitar el deterioro del equipo, llevar el equipo a su estado ideal, establecer las

condiciones básicas, usa los equipos como medio para enseñar y trabajar distinto y desarrollar nuevas competencias y habilidades.

Los siete pilares autónomos del mantenimiento comienzan con la limpieza como inspección, la eliminación de focos y áreas de difícil acceso, estándares de limpieza y lubricación, inspección general de equipos, inspección general del proceso, sistematización del mantenimiento y la autogestión.

Combina un sistema para administrar eficientemente el puesto de trabajo con el sistema de los 5 S que consiste en seleccionar, organizar, limpiar, estandarizar y crear autodisciplinas con la expectativa de resultados de aumentar los niveles de calidad, generar mayor productividad y eficiencia.

Según TPM este es el paso cero donde se espera abonar el terreno para el cambio cultural, generar una sensación de cambio inmediato, implementar conceptos sencillos como trabajo en equipo, gestión visual, indicadores y pérdidas.

Incluye cuatro habilidades que consisten en descubrir anomalías y mejorar el equipo y su entorno, la estructura, la calidad del producto y gestionar todos los aspectos de línea de mantenimiento.

Plantea que las anomalías se detectan con los sentidos para observar, distinguir ruidos, diagnosticar, detectar olores y habilidad para comunicar las anomalías.

La limpieza en los equipos permite encontrar defectos ocultos, conocer los equipos y entender su funcionamiento, recuérdese que la contaminación de los equipos ocasiona pérdida de velocidad de fallos, ocasiona averías, causa

deterioro acelerado, produce corrosión, afecta la calidad, puede causar accidentes, dificulta el chequeo⁵.

Algunas anomalías que pueden presentar desajuste, rajado, oxidado, fuga, caliente, desalineado, desgastado, pelado, deforme, torcido, etc.

Implementa unas tarjetas para anticiparse a las fallas y problemas, donde están tienen un sentido de prevención y no de corrección, trabajando dos colores la roja que se genera cuando existen anomalías en los equipos solucionables a través de mantenimiento y la azul para las personas de línea o área de trabajo que les indica que los problemas o fallas presentadas pueden ser solucionadas por ellas.

Clasifica las anomalías en fallos minúsculos o defectos menores que se refiere a las roturas, desgastes, oxidación, calentamiento anormal, ruido, adhesión entre otros. Otra las Condiciones básicas que enmarca la falta de limpieza, lubricación o ajuste. Los Sitios de difícil acceso que se entienden como lugar en el que es difícil limpiar, inspeccionar, lubricar y destapar. Las fuentes de contaminación donde es lugar donde se produce la contaminación.

Los orígenes de defectos de calidad que son las anomalías que pueden causar defectos en el producto. Los objetos innecesarios que son los elementos como componentes de equipo, herramientas o basura. Los lugares inseguros que son las condiciones de máquina que pueden generar un accidente, este genera una tarjeta verde.

⁵ Universidad ECCI, Especialización Gerencia de Mantenimiento 2014.

En conclusión se pretende lograr un cambio con una nueva forma de actuar y de pensar con el ciclo de hábitos, actividades, creencias y comportamientos.

5.1.7 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN

Medir y controlar de una forma planeada, todos los niveles y acciones de mantenimiento de abajo hacia arriba y de manera inversa⁶.

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionabilidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo. La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos.

Desde la era de la industrialización con las teorías de David Ricardo mediados del siglo XVIII y los primeros sistemas organizacionales llevados en Estados Unidos siglo XX, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo.

El mantenimiento debe integrarse al sistema productivo como un sistema asociado que posee niveles diferenciales con todos sus elementos, que tiene un lenguaje propio y específico para integrar la instrumentación, el vínculo operacional, lo táctico y lo estratégico con la fundamentación y los niveles de mantenimiento con los conceptos claros y reglas básicas de los elementos que conforman el mantenimiento.

⁶ Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control, Alfa Omega.

Si en la primera etapa las acciones de mantenimiento son correctivas y lo conforman personas con labores de mecánicos, electricistas, neumática, etc. Donde aparecieron los elementos iniciales para sostener los equipos como las ordenes de trabajo, herramientas, utensilios, almacenes de repuestos e insumos, informaciones que posteriormente se convierten en base de datos y luego en sistemas de información.

En una segunda etapa se considera como objetivo principal es solucionar las paradas repentinas de los equipos (fallas) y comienzan a tomarse acciones de predicción o prevención, se generan acciones antes, durante y después de la falla.

Se establecen rutinas de inspección, planes de mantenimiento, mediciones técnicas, valoraciones de condición, ensayos no destructivos, monitoreo, registro de datos y reposición de elementos antes de que entren en estado de falla, tiempo de vida útil de los elementos, medición de funcionabilidad, análisis de vibraciones, tribología, ajustes de función antes de la falla y nace el control operativo de equipos y sus elementos. En esta etapa los roles se diferencian entre acciones correctivas, preventivas y predictivas.

Como tercera etapa podría considerarse una vez alcanzada las etapas de manejo real conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, se estructura en forma secuencial, lógica y organizada la táctica. Estas tácticas son el TPM, RCM, MCC; la combinación de TPM y MCC, el PMO, el WCM y la combinación del RCM con Score Card. Para esta etapa y en la práctica las entidades o empresas no

pasan por cada una de estas tácticas donde generalmente se basan en una sola y en algunas reúnen las mejores prácticas de ellas para su aplicación.

Algunos autores planean etapas IV, V y VI⁷.

La etapa IV hace referencia al enfoque integral logístico como estrategia de mantenimiento con la tero tecnología que desarrolla un modelo de gestión y operación de mantenimiento orientado por la técnica y la logística integral de los equipos. Implica estudio y gestión de la vida de un equipo, desde el principio hasta el final; combinando gestión, finanzas e ingeniería.

Al hablar de tero tecnología hablamos de la fiabilidad y facilidad del mantenimiento de los activos físicos, pero integra su instalación, puesta en marcha, operación, mantenimiento, modificación y sustitución. Se trabaja en un solo objetivo de toda la organización desde los directivos hasta la última área de la organización, para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima reducción de costos.

La etapa V hace referencia a las habilidades y competencias de mantenimiento respecto al personal, se consolida el análisis de los modos, efectos, causas y criticidades de las fallas conocido como FMECA, se logra el análisis de la causa raíz de la falla RCFA, estableciendo el número de riesgos prioritarios RPN y se desarrolla integralmente la estrategia de mantenimiento basada en procesos para analizar las actividades.

Los procesos, los macro procesos y el mantenimiento, mediante la implementación de indicadores de mantenimiento, calidad, costos. Tiempo y aquellas acciones de mantenimiento que necesiten ser medibles.

⁷ Pedro E. Silva, Planeación Operativa y Programación de Mantenimiento.

Se recomienda utilizar métodos como VSP (Vital Signs Performance) o el Balance Score Card. El primero interrelaciona el sistema de mantenimiento en tiempo real con la participación de todo el personal y el segundo cuadros y tableros de control aplicados en mantenimiento.

Es necesario desarrollar la teoría de restricciones TOC que es una herramienta de gestión para lograr el mejoramiento continuo con el fin de lograr una meta, donde las restricciones del sistema determinan la posibilidad de obtener más de la meta y a la par desarrollar la gestión de costos conocida como ABC.

En esta etapa se logra un alto grado de conocimiento, experiencia y desarrollo de tecnologías propias y dominio de modernas técnicas de mantenimiento y producción que trabajan de manera conjunta y alineada que trabajan por encima de cualquier obstáculo propio.

La etapa VI corresponde a la gestión de activo que asocia la producción de la riqueza con la inversión o gasto. En la inversión y el desarrollo de ingeniería, conocido como I and D (research and development). En mantenimiento se procura disminuir los tiempos de reparación y los de mantenimientos planeados, los cuales se manifiestan con una reducción tangible de los tiempos (correctivos, modificativos, preventivos, predictivos de espera o demora de recursos). Se manejan unos índices de tiempo medio entre fallas.

Se mejora la disponibilidad, mediante la eliminación de fallas, con la reducción de los tiempos de reparación y mantenimientos planeados, haciendo seguimiento al

factor de forma de las fallas y monitoreo del control de fallas que ya se controlan para que no vuelvan a aparecer.

5.1.8 LA INGENIERÍA Y LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO, OIT

La ingeniería es clasificada en subgrupo 2145 (62), dentro del segmento 214 arquitectos, ingenieros y afines, los cuales investigan, perfeccionan o desarrollan conceptos, teorías y métodos, o aplican los conocimientos de su especialización en campos como la ingeniería o la tecnología y otros, o en la determinación de la eficiencia económica de proceso de producción.

El mantenimiento y la reparación son partes esenciales del objeto de estudio de la especialización, entendiéndose la función de mantenimiento dependiente del ciclo de vida de las maquinas en sus tres etapas: mantenimiento, reparación o sustitución. La historia de las máquinas, sus desarrollos, avances y retrocesos, está enmarcada por muchos hechos que inciden en el mantenimiento industrial vigente y actual.

El desarrollo de los mecanismos y de las maquinas tienen su origen en dos vertientes; en arqueología que permite el estudio de los mecanismos desde la prehistoria y en la biología que es un gran trabajo continuo de los seres vivos. Desde la prehistoria el ser humano utiliza el sílex que lo utiliza como fuente de materia prima para elaborar sus instrumentos. Ellas probablemente abren el camino de progreso a las primeras civilizaciones organizacionales y a la cultura grecorromana en Europa, China y Asia.

En cada rama de la ingeniería cambian los objetos que se han de cuidar para que funcionen correctamente, pero la función de mantener prima sobre la ingeniería en general. Mantenimiento según la real academia de la lengua española la define como el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. Mantenimiento es el sustantivo del verbo mantener, su función es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato para que cumpla su función de producir bienes o servicios.

El objeto que mejor reúne la función de producir otros bienes o servicios son las máquinas, para una revisión histórica se describe la ingeniería mecánica (aunque el mantenimiento no es exclusivo de esta rama de la ingeniería). La fundamentación de la ingeniería mecánica se basa en el diseño, la proyección, el funcionamiento, la conservación y la reparación de maquinaria, instalaciones, sistemas industriales, etc. La OIT-C1UO-88 hace mención a las ingenierías no clasificadas las cuales aparece; industrial, producción, textiles entre otras donde describe que estas solo se dedican al desarrollo de procedimientos relativos a la eficiencia de la producción, sobre tecnologías o procesos de fabricación, pero no enuncia la maquinaria como su objeto.

5.1.9 TEORÍA TECNOLOGÍA

Se encarga del estudio y gestión de un activo, desde el comienzo hasta el final desde el punto de vista económico, incluyendo las formas de disponer del mismo, desmantelar, chatarrizar, reciclar, etc. Quiere decir que el mantenimiento tiene

una visión técnica-económica con nuevos horizontes que permiten integrar prácticas gerenciales como financieras, ingeniería, logística y producción, buscando costos económicos de los activos del ciclo de vida (CCV).

5.1.10 GESTIÓN DE ACTIVOS

La gestión de activos es el juego de disciplinas, métodos, procedimientos y herramientas para optimizar el impacto total de costos, desempeño y exposición del riesgo, en la vida del negocio, asociado con confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, longevidad, eficiencia y regulaciones de cumplimiento en seguridad y ambiente de los activos físicos.

5.1.11 CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Este sistema permite en términos de probabilidad de operar en determinado periodo de tiempo sin la pérdida de la función del equipo.

Puede extenderse este sistema a procesos, tecnología, mantenimiento, talento humano. Se alimenta de conceptos de mejora continua combinado con aplicación de herramientas de diagnóstico, metodología de análisis e integración de nuevas tecnologías que integren gestión, planeación y control de estos procesos. En su aplicación y desarrollo tiene en cuenta:

- Elaboración de planes de mantenimiento
- Programas de mantenimiento
- Inspección de los equipos
- Presentación de soluciones a los problemas

- Implementación de tareas para disminuir riesgos
- Incorpora en forma integral el buen trato al medio ambiente
- Establecer el alcance y frecuencias optimas de las paradas
- Implementa procedimientos operacionales
- Implementa prácticas de trabajo seguro

Un programa eficiente en términos de costos implica la interpretación de fallas de los equipos con el agravante de la incertidumbre de los estudios y efectos de las condiciones cambiantes sea climáticas o de operación. Se pueden efectuar esos análisis con el estudio de leyes de probabilidad, Poisson, gaussiana, exponencial, weibull entre otras.

5.1.12 OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PLANEADO (PMO)

Este método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento basado en el historial de fallas y en la información técnica que se ha levantado de los activos.

El sistema PMO analiza el programa de mantenimiento anterior, realiza el análisis de funcionabilidad, generando una base de datos de los modos de falla, escoge el método de mantenimiento más eficaz, basándose en la experiencia del personal de la planta, usando el diagrama de decisiones del RCM, reconoce en la mayoría de las veces la importancia de las funciones del activo. Este diseña un marco de trabajo racional y rentable donde establece la adecuada asignación de recursos donde se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta.

Las ventajas determinan el comportamiento de fallas de los equipos, optimiza recursos, incrementa la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y efectividad global de los equipos.

Se considera que una debilidad de este sistema es que no lista todos los modos de falla que incide en la perspectiva del manejo de inventarios.

El PMO inicia con el programa, historial de fallas e información técnica, se completan los análisis funcionales mucho más rápido, se capturan los modos de falla a los que se les puede aplicar mantenimiento sin tener que analizar absolutamente todo. Una de sus ventajas es que es óptimo en la etapa operativa, ya que la mayoría de las empresas cuentan con un plan de mantenimiento e históricos de falla.

5.1.13 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión de mantenimiento implica establecer un programa con metodologías de autodiagnóstico con métodos de gerencia estratégica como DOFA, Espina de Pescado, Campana de Gauss, etc., que permiten establecer la situación actual.

La solución a los problemas de mantenimiento está dentro de la empresa desarrollando las estrategias adecuadas con la identificación de los problemas para crear o implementar actividades de mejora, métodos, programas, etc. que guíen a lograr el cumplimiento de obtener el mantenimiento deseado y esperado.

Es importante tener en cuenta y procurar fomentar en los ingenieros nuevos enfoques altas capacidades de trabajo en equipo, dominio del inglés o una segunda lengua, una actitud de aprendizaje continuo, la capacidad de vender y defender sus ideas y la capacidad de innovar⁸.

5.1.14 SISTEMA KANTIANO (1.[HTTPS://REPOSITORY.EAFIT.EDU.CO](https://repository.eafit.edu.co))

Plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que un sistema está compuesto básicamente por tres elementos “personas, artefactos y entorno”. La participación de las personas en cualquier sistema es fundamental ya que son estas las que hacen que el sistema exista y son las que le dan el carácter real, en forma contextual, de forma mental. Indudablemente el mantenimiento es un sistema mental que se construye de forma intelectual por el ser humano, que se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento en el tiempo.

El segundo elemento del 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 ordenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos, materiales primas, insumos, repuestos, sistemas de información, entre otros, los cuales son los elementos reales requeridos para hacer el mantenimiento.

⁸ Ing. Rodrigo Pascua, Gestión Moderna de 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 o servicios (Chiavenato, 2005).

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.

Son de forma directa en los usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que preservan el activo o máquina denominados mantenedores; en cuanto a los artefactos, se incluyen en este grupo, todos los equipos o elementos productivos directos o indirectos que se describen en el texto; por el ultimo el entorno, es el que comprende los sitios de producción, como fabricas fijas o móviles, por un lado y por el otro incluyen los espacios donde se prestan los servicios de mantenimiento.

5.1.15 CURVA DE LA BAÑERA DE DAVIES

Tareas de mantenimiento y producción se pueden relacionar con los parámetros de la curva de Davies (Ebeling, 2005) donde se muestra la evolución en el tiempo frente a la tasa de fallas $\lambda(t)$ y el valor del parámetro de forma β del equipo que se evalúa, acorde a su valor para ese momento del equipo, se selecciona si las tareas de mantenimiento deben ser correctivas, modificativas, preventivas o

predictivas, al tener en cuenta la fase en que se encuentre el elemento o sistema a partir de la curva de Davies se definió el nivel II operacional de mantenimiento⁹.

5.1.16 FALLA

Las fallas pueden clasificarse como catastróficas que contemplan las repentinas y completas. No se toma la degradación por su difícil observancia directa o indirectamente.

Las fallas por cambios en parámetros como desgaste mecánico, fricción, aumentos en la resistencia de componentes electrónicos.

Se clasifica en tres etapas la tasa de fallas en la vida de un equipo que son la etapa temprana, caracterizada por una tasa de falla que decrece en el tiempo, una etapa madura caracterizada por una constante de fallas y la etapa de ancianidad caracterizada por una tasa creciente de fallas.

5.1.17 PLANIFICACIÓN DE TAREAS

Las tareas son las listas de acciones necesarias para completar una operación, realizadas en un cierto orden; por tanto es necesario planificar en mantenimiento, una de las técnicas más conocidas es la PERT (Programan Evaluation and Review Technique), desarrollada en Estados Unidos en los años 50.

⁹ Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control.

5.1.18 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Son las acciones realizadas con el objetivo de mantener un activo en una condición específica de operación proveyendo una inspección y detección sistemáticas y prevención de fallas incipientes.

Las ventajas que se le atribuyen el control de gestión, sobretiempo, carga de trabajo, disponibilidad y performance del equipo, producción y estandarización, inventario de repuestos, equipo de stand by, seguridad y contaminación, calidad, soporte a los usuarios, costo/beneficio.

Este tipo de mantenimiento puede ser planeado donde la carga de trabajo se programa para que los equipos estén disponibles en los tiempos necesarios.

El sobretiempo puede ser reducido de acuerdo a la programación y planeación efectuada.

En cuanto a la carga de trabajo puede balancearse entre el recurso disponible, o el recurso humano y equipos que se requieran para satisfacer la necesidad.

La disponibilidad emplea horas de mantenimiento pero con la garantía de aumentar la disponibilidad de los equipos, que beneficiaran los resultados de avance de obra o producción porque los tiempos de paradas son menores, programación y problemas de personal se reducirán.

Otra ventaja es la estandarización, un mejor entrenamiento con un buen planeamiento en el suministro de repuestos en disponibilidad sin sobrepasar las existencias básicas.

Algunas desventajas del mantenimiento preventivo se consideran el daño potencial, la mortalidad infantil, el uso de repuestos, los costos iniciales, el acceso al equipo, entendiéndose el daño potencial a la probabilidad que cada vez que se interviene un equipo por negligencia o desconocimiento dañen otros sistemas o daños menores, la mortalidad infantil por la falta de trazabilidad de la procedencia de los repuestos o los consumibles que tienen un alto grado de posibilidad de falla si estos no cumplen con los estándares de calidad y confiabilidad de los originarios de máquina.

5.1.19 MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA)

La matriz FODA, es una importante herramienta de diagnóstico que conduce al desarrollo de cuatro tipos de estrategias; FO, DO, FA, DA. Las letras F, O, D y A representan fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas respectivamente. Esta es una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales.

Las estrategias DO, tienen como objetivo la mejora de las debilidades internas, valiéndose de las oportunidades externas. Las estrategias FA, se basan en la utilización de las fortalezas de una empresa para evitar o reducir el impacto de las amenazas externas, es decir, consiste en aprovechar las fortalezas de la empresa

reduciendo a un mínimo las amenazas externas. Las estrategias FO, se basan en el uso de las fortalezas internas de una firma con el objeto de aprovechar las oportunidades externas. Las estrategias DA, tienen como objetivo desarrollar las debilidades internas y eludir las amenazas ambientales.

Se intenta minimizar debilidades y amenazas, mediante estrategias de carácter defensivo, pues un gran número de amenazas externas y debilidades internas pueden llevar a la empresa a una posición muy inestable.

El análisis FODA es algo más que un ejercicio de preparación de cuatro listas. La parte realmente valiosa del análisis es lo que los cuatro puntos revelan sobre la situación de la empresa y sobre la reflexión que propicia respecto a las acciones requeridas. En este orden de ideas, Thompson expresa (2004): El análisis FODA implica evaluar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de una compañía y llegar a conclusiones sobre la forma en que la estrategia de la empresa puede estar a la altura tanto de sus capacidades de recurso como de sus oportunidades de mercado, y que tan urgente para la empresa corregir una debilidad de recursos particular y protegerse contra amenazas externas concretas.

Las fortalezas son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Las oportunidades son aquellas situaciones externas, positivas, que se generan en el entorno y que una vez identificadas pueden ser aprovechadas. Las

debilidades son problemas internos, que una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.

Las amenazas son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atentar contra éste, por lo que llegado al caso. Puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearla.

5.1.20 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La administración del sistema de mantenimiento, que es el manejo conjunto de todas sus acciones y recursos, entonces, solo es posible con la esquematización de los diferentes procesos. Su simplificación y racionalización se lleva a través de algunos instrumentos y formatos, que dependiendo del tamaño de la empresa, son más o menos complejos.

Para ello se reconoce la planeación del mantenimiento como proceso que prevé, determina y dispone los recursos técnicos, materiales y humanos, para realizar las actividades de mantenimiento, con anticipación a la ejecución de las mismas.

En la administración se incluye la programación de mantenimiento, como proceso que establece etapas para el mantenimiento planeado y las adecua a los recursos, asignándoles una secuencia para ser ejecutadas en tiempos determinados.

Algunos autores proponen establecer un sistema de prioridades para asegurar que las actividades se programen y ejecuten, en relación a su urgencia¹⁰.

Es recomendable que para la organización de mantenimiento debe crearse el sistema de órdenes de trabajo, que es el medio para planear y controlar las actividades de mantenimiento; puntualizando, la identificación y ubicación del vehículo, las actividades a realizar, las especialidades requeridas y las prioridades de trabajo.

5.1.21 AUDITORIA ORGANIZACIONAL

Con frecuencia, la observación de una brecha entre lo planeado y el desempeño logrado motiva el análisis estratégico, por tanto un aspecto crítico en el desarrollo de nuevas estrategias o en la revisión de las ya existentes es el constante examen de los cambios tanto internos como externos, que permitan identificar los vacíos entre el desempeño y las metas propuestas¹¹.

5.1.22 MÉTODOS PARA LA PLANIFICACIÓN

Planificar consiste en fijar un objetivo, definir el proyecto y organizar el equipo, para ello se requiere de una programación que asigna los recursos de personas, dinero, suministros, etc., a actividades específicas y relacionadas entre sí¹².

¹⁰ Fuente Cesvimap, Gestión y Logística del Mantenimiento en automoción.

¹¹ Humberto Serna Gómez, Gerencia Estratégica

¹² Juan Velasco Sánchez, Gestión de Proyectos

Debe tenerse un control del progreso de la ejecución en lo que se planifica, como supervisar recursos, calidad, costos, presupuestos, cumplimiento de plazos

DISEÑO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO	PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO
Listado de los equipos: Listado, ficha técnica, documentación técnica, equipos y herramientas disponibles	Pronostico de la carga de mantenimiento: Estimación y predicción (preventivo, correctivo, mantenimiento pendiente, reparación general)	Elementos de una programación: Ordenes de trabajo, estándares de tiempo para cada actividad, información de disponibilidad de personal y recambios, sincronización entre las actividades productivas y las actividades de mantenimiento.	Diseño del Trabajo: Comprende el conjunto de actividades e instrucciones de cada tarea de mantenimiento, determinando los métodos, el personal y los equipos y herramientas requeridas.
Análisis de los planes de mantenimiento recomendados por los fabricantes: guías de mantenimiento, manuales de taller, catálogos de partes, etc.	Planeación de la Capacidad de Mantenimiento: En función de la carga de mantenimiento, se determina los recursos necesarios y su optimización para satisfacer la demanda de mantenimiento.	Procedimiento de Programación: Clasificar las órdenes de trabajo por especialidad y prioridad, considerar el lugar y duración de los trabajos, emitir un programa diario, asignar a un supervisor.	Estándares de Tiempo: Diseñadas las tareas de mantenimiento, es necesario proporcionar el tiempo estimado para cada actividad dentro de las tareas; así se controla la eficacia del personal y la logística.
Métodos de Mantenimiento: Selección de los métodos convenientes, definición de gamas de mantenimiento, planificación global y anual y finalmente elaborar los procedimientos de ejecución	Organización: Dependiendo de la cantidad de equipos, capacidad de mantenimiento, podrían ejecutarse las actividades de mantenimiento por secciones.	Prioridades de las actividades de mantenimiento: Indican un orden de ejecución de las actividades de acuerdo a su urgencia.	Sistema de Ordenes de Trabajo: Sistema que asiste al planificador para codificar, el conjunto de tareas de mantenimiento a realizar, sus características e instrucciones y los medios necesarios, dentro de un formato, y sirve como fuente de datos directos para los trabajos del personal de mantenimiento.
		Técnicas de Programación: El objetivo final de la programación es construir una gráfica de tiempo, que muestre el inicio y terminación para cada trabajo, la interdependencia entre los trabajos y los trabajos críticos que requieren atención especial y monitoreo eficaz.	Formato para suministro de repuestos y materiales: Sea con anticipación o en una situación emergente, el hecho de una demanda de repuestos y materiales, debe ser solicitada y registrada mediante un documento.
			Ficha Historial del Equipo: Es la ficha individual del equipo, se registra los diferentes datos técnicos, económicos y los tiempo de cada intervención, sea preventiva, correctiva o modificativa.

Tabla No. 03: Administración del mantenimiento. Fuente: DUFFUAA, Salish y otros.

5.1.23 MEJORAMIENTO CONTINUO

Es la búsqueda constante de mejores formas de hacer el trabajo, es sacudirse del Status Quo y encaminarse a la excelencia mediante cambios progresivos pero acumulativos, compara las operaciones actuales para encontrar productos de mejora, puede esto conocerse como Benchmarking.

5.1.24 INDICADORES DE GESTIÓN

El logro de la organización debe estar referido al plan y en este caso para el plan de mantenimiento con estrategias y objetivos claros que garanticen el logro de la gestión técnica y administrativa, con los planes adecuados, recursos, seguimiento, plazos, eficiencia, eficacia y muchos más que pueden agregarse al concepto de la administración, de la teoría general de sistemas y de la cibernética que apunta al enfoque sistemático de la organización con una función del control de gestión y concretarlos en los indicadores de gestión de mantenimiento.

Es claro que el control se funda en la a administración de información, un ejemplo típico es el tablero de un vehículo corriente con sus elementos de tacómetro que mide las revoluciones, con dos escalas generalmente verde y roja, si el indicador llega a roja es probable que el motor pueda dañarse y así los indicadores de cantidad de gasolina, luces direccionales, odómetro, temperatura del motor, luces, aceite, carga de la batería, frenos, cuentakilómetros, etc.

Esta información que brindan estos indicadores debe analizarse para tomar decisiones con dicha información sea en forma puntual o acumulada, informativa de control o de alarma, entendiéndose por puntual a la muestra de información acerca del comportamiento de una variable en un instante del tiempo e información acumulada al comportamiento acumulado de una variable, en este caso como la del cuentakilómetros, la informativa de control hace referencia al hecho de recibir la información acerca del comportamiento de una o más variables y la de información de alarma es aquella información que nos advierte acerca de una situación que esta fuera de control, o del comportamiento de una variable cuya desviación es tal que ha salido de control¹³.

5.2 ESTADO DEL ARTE

5.2.1 Monografías Locales

- Javier Cárdenas Fuentes, Propuesta Plan de Mantenimiento Preventivo para una Empresa de buses en Soacha, Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Trata de proponer un plan de mantenimiento preventivo para el parque automotor, perteneciente a cualquier empresa de transporte público en el municipio de Soacha, el cual permita llevar control y seguimiento continuo en el manejo de los recursos.
- Oscar Javier Curtidor Cruz, Estandarización de Procedimientos de Mantenimiento en la unidad de servicios de facilidades temporales de

¹³ .Jesús Mauricio Beltrán, Indicadores de Gestión.

mecánicos asociados SAS, Escuela Colombiana de Carreras Industriales. Plantea el desarrollo y estandarización de procedimientos operativos para garantizar el mejoramiento de la calidad de los servicios por la unidad de servicios, desarrollando planes estratégicos para obtener datos que permitan mejorar los procedimientos en calidad, optimización, eficiencia, eficacia de los activos.

- Víctor Hugo Bohórquez Alfonso, Investigación de SMED y 5S, aplicadas a termo formadores de plásticos, Escuela Colombiana de Carreras Industriales. Manejo e implementación de las 5S en un tiempo prudencial en planta para adquirir autodisciplina con la metodología SMED, que ahorra tiempo.
- Edwin Fernando Garzón Báez, Propuesta de Reestructuración del Plan de Mantenimiento de una empresa de transporte especial, Escuela de Carreras Industriales ECCI, se basa en la reestructuración del programa de mantenimiento para una empresa de transporte con la especificación de actividades, actualizar las listas de chequeo, diseñar formatos de actividades, diseño de formato para el control de flota.
- Nancy Chaparro Chaparro, Proyección de Mantenimiento de Equipo Biomédico para el año 2014, del Hospital Militar Central, Escuela Colombiana de Carreras Industriales, hace referencia a la elaboración de un plan de mantenimiento de los equipos biomédicos realizando los cálculos del presupuesto para el año 2014, implementando cronograma e indicadores de seguimiento que permitan evidenciar costos y beneficios.

5.2.2 Monografías Nacionales

- Luis Libardo Alcides Márquez, RCM, “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” en la estación 3ª de la superintendencia de operaciones la Cira infantas de la gerencia regional del Magdalena medio perteneciente a Ecopetrol S.A, Universidad Industrial de Santander, 2011. Trata de las estrategias planteadas para mejorar el desempeño de mantenimiento RCM, mejorando internamente la aplicación interna denominada CMMS Infamante, para que los planes de mantenimiento estén costeados y descritos respectivamente en su orden de trabajo, para realizar la tarea necesaria para que determinado modo de falla sea prevenido.
- Carlos Eduardo Silva Martínez, Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre. Universidad Tecnológica de Pereira. Propone disminuir la carga de mantenimiento preventivo complementando prácticas de RCM, como es el análisis de fallas.
- José Daniel Ruiz Pinzón, Implementación de un programa preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Inverglobal inc., LTDA. Universidad Pontificia Bolivariana. Trata del diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo, soportado en una base de

datos para registrar las rutinas de mantenimiento preventivo, las acciones y plazos de limpieza, comprobación, ajuste y lubricación.

- Stanley Calderón, Modelo de Mantenimiento Preventivo Para las Líneas de Producción de ampollas y liofilizados en la planta de Sopo Vitrofaima S.A, Universidad Industrial de Santander. Mostrar un enfoque estructurado que permite mirar el mantenimiento desde una óptica organizada y centralizada en la creación de valor. En esta nueva forma de ver el mantenimiento, estimar varios procesos que en conjunto nacen actividades de mantenimiento con proceso estratégicos y rentabilidad.
- Juan David Montes, Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)), Universidad Tecnológica de Pereira, realizado a partir de la criticidad de los elementos que componen sus diferentes sistemas, cuyos resultados son sistemas y adaptación de las actividades de mantenimiento o condiciones directas de proyectos reales.

5.2.3 Monografías Internacionales

- Ing. Padilla Valdez Cesar Leónidas, Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Ecuador, 2012, Trata de determinar la máxima disponibilidad de los equipamientos y su seguridad de funcionamiento

requerido, buscando un diagnóstico general y proponer la innovación e implementación de una forma de gestión de mantenimiento.

- Ing. Danis Millán, Evaluación de la gestión de mantenimiento de la empresa consorcio Tayukai en base a las mejores prácticas del mantenimiento de clase mundial y propuesta de un plan de mejora, Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, México. D.F, 2010. Trata de la evaluación del mantenimiento del consorcio Tayukay y el plan de gestión con base a las mejoras para buenas prácticas de mantenimiento.
- Ing. José María Velásquez, Plan de mantenimiento preventivo para Proases, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, Salvador. Trata de garantizar una optimización en la calidad de producción mediante una gestión eficiente de los recursos humanos y físicos relacionados la producción con la combinación de la gestión del mantenimiento para implementar metodologías nuevas y reformas en las tareas de mantenimiento.
- Aguilar Pérez Abel, Técnicas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del UPS marca Toshiba, Universidad Nacional Autónoma de México. Trata las tareas de mantenimiento de los sistemas de fuerza interrumpida, con un programa de mantenimiento debidamente planeado, tanto como preventivo para mantener las UPS en condiciones normales de operación el mayor tiempo posible, como correctivo para dar seguimiento a las fallas.

- Manuel Cervantes Ruiz, Elecciones básicas en el mantenimiento, Universidad Veracruzana de México, Procesos de calidad en la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad, en lo referente al mantenimiento predictivo.

5.3 MARCO LEGAL

- a. Ley 80 e 1993, Estatuto General de la Contratación Pública
- b. Directiva permanente No. 0223/2011, Normas Generales de Ingenieros
- c. Directiva transitoria No. 018 /2014, Mantenimiento mayor para IV escalón para equipo de Ingenieros.
- d. Plan de mantenimiento del 2014 para mantenimiento preventivo de III escalón, para equipo de ingenieros.
- e. Órdenes y directrices de la Jefatura de Ingenieros del Ejército para la recuperación, mantenimiento e inspección y revista del Equipo fijo y demás ordenes complementarias.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Recolección de la información

Para la recolección de información se tuvo en cuenta:

7.1.1 Seguimiento y monitoreo satelital de equipo de ingenieros en cuanto el uso, la operación, el control de mantenimiento, los errores de operación y control de combustible de los equipos.

- **Datos recolectados:**

Se encontraron dos sistemas de control para Transporte y Acarreo con el nombre de Navisaf y para equipos de línea amarilla o maquinaria pesada Visión Link plataforma cat.

a. Cantidades de Equipo

EQUIPOS	CANTIDADES
EQUIPOS CATERPILLAR	137
EQUIPOS OTRAS MARCAS CON EQUIPO CAT.	14
TOTAL	151

Tabla No.04 Equipos monitoreados por el sistema – uso. Fuente: EJC - Nacional.

b. Muestreo de situación de reportes

ESTADO DEL SISTEMA	CANTIDADES
EQUIPOS QUE MONITOREA EL SISTEMA	151
EQUIPOS QUE REPORTAN INFORMACIÓN	81
EQUIPOS QUE NO REPORTAN INFORMACIÓN	66
EQUIPOS NO CAT QUE NO REPORTAN INFORMACIÓN	3
EQUIPOS ESPERANDO PRIMER INFORME	1
TOTAL	151

Tabla No.05 Resumen situación años 2012-2013 – Operación. Fuente: EJC. Nacional.

c. Estado de Mantenimiento Según Servicio Cumplido

ITEM	EQUIPO	SIGUIENTE SERVICIO	HR RESTANTES	ESTADO	MTTO EFECTUADO
1	EXCAVADORA	PM 1	5	Próximo	CUMPLIDO
2	TRACTOR	PM 1	45	Próximo	CUMPLIDO
3	VIBROCOMPACTADOR.	PM 1	46	Próximo	CUMPLIDO
4	VIBROCOMPACTADOR.	PM 1	19	Próximo	CUMPLIDO
5	CARGADOR	PM 1	6	Próximo	CUMPLIDO
6	RETROEXCAVADORA.	PM 1	14	Próximo	CUMPLIDO
7	EXCAVADORA	PM 1	15	Próximo	CUMPLIDO
8	EXCAVADORA	PM 1	12	Próximo	CUMPLIDO
9	MONTACARGAS	PM 1	25	Próximo	CUMPLIDO
10	EXCAVADORA	PM 2	23	Próximo	CUMPLIDO
11	MOTONIVELADORA	PM 2	32	Próximo	CUMPLIDO
12	TRACTOR	PM 2	21	Próximo	CUMPLIDO
13	TRACTOR	PM 2	64	Próximo	CUMPLIDO
14	MOTONIVELADORA	PM 2	37	Próximo	CUMPLIDO
15	EXCAVADORA	PM 2	52	Próximo	CUMPLIDO
16	EXCAVADORA	PM 3	6	Próximo	CUMPLIDO
17	TRACTOR	PM 3	14	Próximo	CUMPLIDO
18	RETROEXCAVADORA	PM 3	16	Próximo	CUMPLIDO
19	TRACTOR	PM 3	8	Próximo	CUMPLIDO

Tabla No.06 Muestreo Control mantenimiento próximos año 2013. Fuente: EJC. Nacional.

d. Estado Servicio Mantenimiento Vencido

ITEM	SERIE	EQUIPO	SIGUIENTE SERVICIO	HR RESTANTES	ESTADO
01	PHX02464	EXCAVADORA	PM 3	-332	Vencido
02	PHX02464	EXCAVADORA	PM 1	-1.082	Vencido
03	PHX02464	EXCAVADORA	PM 2	-832	Vencido
04	PHX02440	EXCAVADORA	PM 3	-269	Vencido
05	PHX02440	EXCAVADORA	PM 1	-1.019	Vencido
06	PHX02440	EXCAVADORA	PM 2	-769	Vencido
07	A6F01677	EXCAVADORA	PM 2	-922	Vencido
08	A6F01677	EXCAVADORA	PM 3	-897	Vencido
09	A6F01677	EXCAVADORA	PM 1	-1.002	Vencido
10	FAL07966	EXCAVADORA	PM 1	-8	Vencido
11	BZE02451	VIBROCOMPACTADOR	PM 1	-37	Vencido
12	FAL07877	EXCAVADORA	PM 3	-66	Vencido
13	DJL03450	RETROEXCAVADORA	PM 1	-116	Vencido
14	DJL03404	RETROEXCAVADORA	PM 1	-65	Vencido
15	FAL07908	EXCAVADORA	PM 1	-73	Vencido

Tabla No.07 Muestreo del año 2013.- Control de mantenimiento. Fuente: EJC-Nacional.

e. Errores de Operación

No se suministraron datos

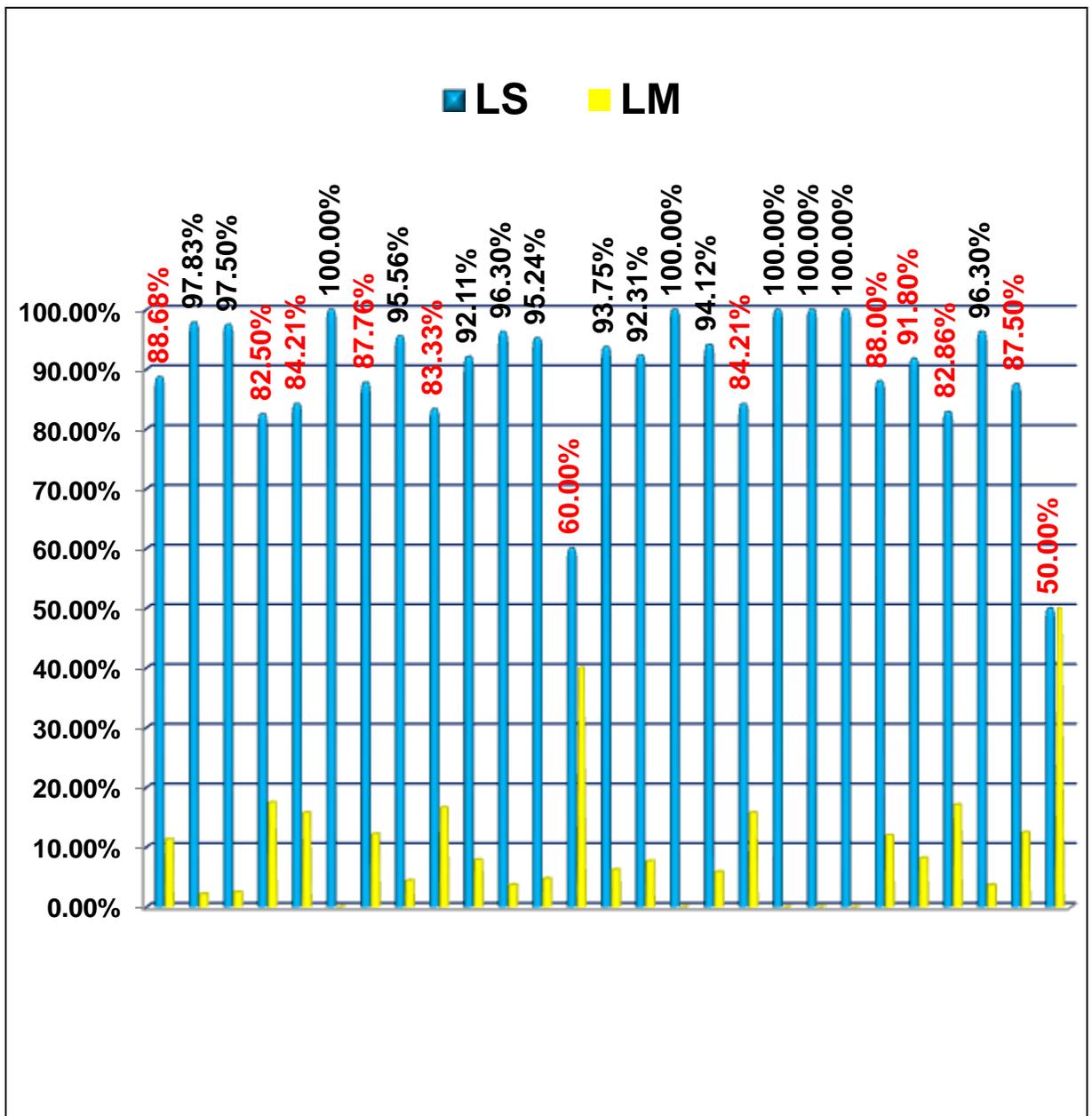
f. Control de Combustible

No se suministraron datos

7.1.2 Situación del Equipo en mantenimiento 2015

CÓDIGO	LS	Equipo en mantenimiento				TOTAL	Desintegración
		Total	Mtto. Mayor	III Escalón	Unidad		
A	47	6	0	0	6	53	0
B	45	1	0	0	1	46	1
C	39	1	1	0	0	40	2
D	33	7	0	2	5	40	1
E	32	6	1	2	3	38	1
F	33	0	0	0	0	33	0
G	43	6	0	0	4	49	0
H	43	2	0	0	2	45	10
I	50	10	1	1	8	60	1
J	35	3	1	0	2	38	1
K	26	1	0	0	4	27	1
L	40	2	1	1	0	42	0
M	9	6	0	6	0	15	0
N	15	1	0	1	0	16	1
Ñ	12	1	0	0	1	13	0
O	17	0	0	0	0	17	0
P	32	2	0	0	1	34	0
Q	64	12	0	3	9	76	6
R	6	0	0	0	0	6	1
S	12	0	0	0	0	12	0
T	22	0	0	0	0	22	0
U	66	9	3	3	3	75	2
V	56	5	2	1	2	61	1
W	29	6	0	1	5	35	1
X	52	2	0	0	2	54	1
Y	14	2	0	0	2	16	0
Z	4	4	0	2	2	8	3
Total	876	95	10	23	62	971	34

Tabla No.08 Situación de equipo en línea de servicio (LS), mantenimiento y desintegración. Fuente: Control Estadístico DINCO.



Grafica No.01. Tabulación A-Z situación disponibilidad mantenimiento equipos.
Fuente Control Estadístico DINCO.

LS: Línea de Servicio

LM: Línea de Mantenimiento

7.1.3 Matriz DOFA

Utilizamos este acrónimo de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, para determinar si la organización como ingenieros está en capacidad de desenvolverse en su medio propuesto de mantenimiento:

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Renovación de equipos -ampliación redes eléctricas	Garantías frecuentes y no atendidas
Convenios de capacitación privados y públicos	Control de calidad deficiente
Gestiona y Justificación de recursos	Resistencia al cambio
Cubrimiento de todas las unidades de ingenieros para mantenimiento de III escalón.	Empleo de mecánicos empíricos
Implementación de herramientas de software de control	Falta técnicos en electrónica y diagnóstico
Convenios ajustados a la ley con casas matrices para la adquisición de repuestos.	Insuficiencia y control de los Recursos
FORTALEZAS	DEBILIDADES
Unidades móviles cubrimiento nacional	Contratación Estatal
Mantenimiento I,II,III,IV y V escalón	Seguimiento y Control ejecución presupuesto
Personal Disponible 24 horas	Control en toda la cadena desde la ejecución hasta la entrega a satisfacción
Liderazgo de infraestructura respecto a las demás unidades	Suministro de repuestos no cumplan las especificaciones
Dotación de herramienta a nivel mecánico de alta resistencia (PROTO)	Precios de los repuestos e insumos
	Falta de administración estratégica

Tabla No. 09 acrónimo Matriz de Impacto DOFA, Selección de Factores Claves de éxito (FCE) Matriz de Impacto. Fuente: Los autores.

7.1.4 Distribución de Pareto

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD
EXCAVADORA	4
RETROCARGADOR	2
TRACTOR	1
MOTONIVELADORA	4
VIBROCOMPACTADOR	1
MINICARGADOR	1
CARGADOR	1
Tabla No.10. Tabla relación equipos muestreo recolección datos. Fuente los Autores.	14

Datos procesados para el Pareto.

	FECHA	UBICACIÓN	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	HOROM.	TIPO MTTO-CAT	EFICIENCIA %	FALLAS
1	29/05/2014	A	320D	EXCAVADORA	1728	PM1	75	12
2	11/04/2014	B	320D	EXCAVADORA	1983	PM4	86,72	12
3	14/01/2014	C	420E	RETROCARGADOR	1895	PM4	58,28	16
4	06/02/2014	D	D6N	TRACTOR	1002	PM1	62,37	5
5	09/05/2014	E	120K	MOTONIVELADORA	1314	PM2		5
6	08/07/2013	F	320D	EXCAVADORA	990	PM3	62,77	3
7	20/08/2013	G	420E	RETROCARGADOR	1692	PM1	66,13	8
8	05/06/2013	H	320D	EXCAVADORA	993	PM3		5
9	28/06/2013	I	420E	RETROCARGADOR	1426	PM2	44,67	3
10	06/06/2013	J	120K	MOTONIVELADORA	1014	PM3		2
11	06/06/2014	K	120K	MOTONIVELADORA	691	PM1		4
12	28/08/2013	L	928H	CARGADOR	696	PM1	45,61	4
13	19/12/2013	M	120K	MOTONIVELADORA	1545	PM2		5
14	06-17-2013	N	120K	MOTONIVELADORA	1014	PM3		2
15	27/05/2014	Ñ	120K	MOTONIVELADORA	1691	PM1	59,9	9
16	19/07/2013	O	D6N	TRACTOR	754	PM3	83,98	4
17	04/09/2013	P	420E	RETROCARGADOR	1477	PM2	62,12	4
18	09/08/2013	Q	320D	EXCAVADORA	1412	PM2	88,56%	3
19	26/06/2013	R	CS533E	VIBROCOMPAC-10T	424	PM2		1

20	22/11/2013	S	320D	EXCAVADORA	1633	PM1	83,7	7
21	09/08/2013	T	120K	MOTONIVELADORA	1239	PM1	58,27	6
22	23/10/2013	U	CS533E	VIBROCOMPAC-10T	627	PM1		2
23	30/04/2014	V	320D	EXCAVADORA	1712	PM1	80,56	3
24	09/10/2013	W	320D	EXCAVADORA	1230	PM1		4
25	17/09/2013	X	247B	MINICARGADOR	850	PM1		2
26	22/08/2013	Y	120K	MOTONIVELADORA	486	PM2	68,72	7
27	19/06/2013	Z	247B	MINICARGADOR	721	PM3		1
28	27/06/2013	AA	120K	MOTONIVELADORA	542	PM1		5

Tabla No.11. Muestreo reporte de fallas. Fuente los Autores.

Datos procesados para el Pareto.

1	SISTEMA DE CORTE	No.	FALLA	CAUSA
	Balde	1,1	Dientes	Desgaste; determinar si corresponden o no al tipo de aplicación para el cual fue destinado el equipo; aumento cantidad energía. Se puede presentar daño estructural en el balde
		1,2	Pines retenedores dientes	Ausencia
		1,3	Pines de lubricación acoples del balde	obstruidos (se puede cambiar las graseras si no resulta desmontar los pines para determinar la causa; se presenta por malas prácticas de lubricación)
		1,4	Herramientas de corte de la hoja	Desgastadas (Se hace necesario su cambio)
		1,5	Abrazaderas	Dos abrazaderas de líneas de posicionamiento del balde no se encuentran instaladas.
		1,6	Juego	Juego axial en el acople entre el Balde y el estick; juego axial soporte del balde
		1,7	Pin Sujeción	pin sujeción del balde dañado
		1,8	Bujes anti desgaste de la hoja topadora en el círculo (motoniveladora)	Alto desgaste
		1,9	Hoja	Desgaste (una solución darle la vuelta para aumentar su vida útil)
	Cuchillas			
		1,9	hoja topadora (motoniveladora)	Alto desgaste
		1,10	Cuchillas de corte hoja	120k-desgaste avanzado; rotura y deformación de los orificios de las cuchillas de corte de la hoja:

	Circulo porta cuchillo K120			
		1,11	Circulo hoja del equipo	Descentrada por mal estado y ajuste de los tornillos de las zapatas guías.
	Escarificador	1,12	Dientes, vástagos	Desgaste
		1,13	Eje de soporte	Eje de soporte estructura falla
2	Iluminación	2,1	Protectores de lámpara	Partido
		2,2	Ausencia lámpara	Elementos de seguridad
		2,3	lámpara cabina	Ausencia
		2,4	Lámparas del boom	Lámpara derecha rota (seguridad y facilidad de operación de la maquina)
		2,5	Lámpara de parada trasera izquierda	protector dañado, lámpara quemada
		2,6	Tapa direccional derecha	faltante
3	Cilindros del balde	3,1	abrazadera sujeción línea	ajusta y ubica las líneas hidráulicas
		3,2	Shims	Por desajuste en el adaptador del balde
		3,3	Vástagos cilindro del balde	Picaduras y evidencias de golpes
		3,4	Soportes del boom	Se encuentran obstruidos
3,2	Cilindro del Stick	3,2,1	Mangueras cilindro del stick	Desprendimiento de material en la manguera (fugas futuras)
		3,2,2	Vástagos del cilindro del stick	Picaduras y evidencias de golpes (genera fugas y desgaste en los sellos), genera contaminación en el sistema hidráulico.
		3,2,3	Acoples de las mangueras	Fugas acoples mangueras del stick y balde (Desmonte de los cilindros para el cambio de los sellos; para corregir fugas)
4	Estado de combustible	4,1	Partículas	partículas contaminantes en el combustible
		4,2	Filtro AK	
		4,2	Manguera de retorno combustible (va al filtro)	Mal instalado al flujo (no realiza la función de limpieza)
		4,3	Fuga respiradero líneas aceite motor	En observación y seguimiento
		4,4	Filtro de aceite	Residuos de material desconocido en la rejilla (podría indicar funcionamiento y desgaste anormal de los componentes internos de la transmisión, realizar seguimiento de funcionamiento del sistema)
		4,5	Tapa de combustible	Diferente a la original (puede generar contaminación al sistema)

		4,6	Indicador o sonda de lectura de combustible	No opera correctamente
		4,7	Separador de agua	Alto nivel de contaminación (podría generar posibles daños sistema. Combustible)
		4,8	Contaminación	Daño en el filtro de combustible; contaminación; produce desgaste, reducción de la vida del motor; reducción de rendimiento. Aumenta costos de operación y mantenimiento.
		4,9	Aceite del motor	Presenta alto hollín - probable falla filtros primarios en mal estado.
5	Hodómetro	5,1	Lectura errónea	Daño eléctrico cambio de hodómetro (permite el seguimiento del mto)
6	Lubricación	6,1	Cambio aceite mandos finales 2000 horas	
		6,2	Refrigerante	Baja concentración de nitritos (protección del sistema contra cavitación.
		6,2,1	Mezcla con agua	Con Agua (no es recomendable el agua por el agente corrosivo; solo en caso de emergencia)
		6,3	Acondicionador	Se adiciona al refrigerante, para facilitar el proceso de pasivación del núcleo del enfriador y restablecimiento de nitritos del refrigerante.
		6,4	Fuga respiradero líneas aceite motor	En observación y seguimiento
		6,5	Sistemas de Engrase	del acople del vástago del cilindro de levante y del pin inferior del soporte del boom, no está funcionando
		6,6	Transmisión	bajo nivel de aceite
7	Aire Acondicionado	7,1	Correa	En observación y seguimiento
8	Cabina	8,1	Espejo retrovisor ausente	seguridad
		8,2	Vidrio frontal	Rajado, Roto y/o partido (elemento de seguridad)
		8,3	Protector de la lámpara cabina lado izquierdo	Partido (recomendación cambiarlo)
		8,4	Antena de product link (Ausencia de la misma) /(rota)	Reemplazar para darle continuidad a la transmisión.
		8,5	Sello	Falta el sello de la cabina trasera (ingreso de polvo y tierra)
		8,6	Antena Product Link (rota)	En mal estado / ausencia
		8.10	Antena de product link	No hay transmisión (Falta de sincronización con la plataforma visión link)

		8,7	Vidrio retrovisor cabina	Espejo roto
		8,8	Fusible link	Seguridad módulo product link
		8,9	Soporte de cabina	Arandelas y tornillos ; sujeción soportes seguridad
		8,11	Vidrio trasero cabina	Fisura, roto
9	Mandos Finales	9,1	Tapones mandos finales	Desgastada y cuarteada
		9,2	Cuadrantes tapones de drenaje	Dañados por el óxido (dificultad en ajuste y remoción)
		9,3	Derechos, izquierdo	Presentan desgaste posible entrada de tierra al compartimiento.
10	Sistema Motriz	10,1	Correa del motor	Desgastada y cuarteada
		10,2	Sello motor	No se encuentra (ubicado en la parte frontal del arranque y la carcasa del motor)
		10,3	Tapa de válvulas del motor	Con tierra y fisura en la base (recomendable cambiar la base para evitar propagación de la grieta y entrada de polvo al motor)
		10,4	Bomba de Inyección del motor	Ruidos anormales, efectuar diagnostico
		10,5	Sensor salida de transmisión	Respecto a la velocidad. Deteriorado o dañado por mal estado
		10,6	Radiador	Mal estado de la guarda de protección
		10,7	Tapa tanque de combustible	Tapa de combustible rota
		10,8	De rateo	Alta temperatura de gases salida escape (mayores revoluciones 1800 rpm). (contaminación excesiva en los filtros de aire; debe cambiarse el filtro de aire secundario cada 500 horas)
		10,9	Inyectores	Fuga (deja fuera de servicio el equipo), mala calidad combustible
11	Sistema de Lubricación	11,1	Manguera que va al enfriador de aceite	Fuga de aceite
12	Aislamiento térmico	12,1		Falta en el compartimiento de instalación bomba hidráulica
13	Estructura del boom	13,1	Pines del soporte del boom	obstruidos
		13,2	Topes de giro del boom	Partidos (realizar el cambio de los mismos para evitar los golpes y desajuste de la estructura del equipo; revisar las prácticas de operación del equipo para disminuir los golpes fuertes en la operaciones de giro)

14	Llantas	14,1	Delanteras	Desgastadas y con cortes (generan falla súbita de la llanta con consecuencias para las personas y objetos cercanos);en mal estado.
15	Sistema Hidráulico	15,1	Bomba de transferencia	Fuga excesiva de aceite por una de las líneas del cilindro del balde No es aconsejable operar el equipo en estas condiciones
		15,3	Bomba de transferencia	fuga
		15,2	Líneas hidráulicas del stick	Rozamiento con otros componentes
		15,4	Bajo nivel de aceite hidráulico	Maquina inoperativa /completar aceite a nivel con móvil o CAT HYDO avance 10
16	Sistema eléctrico	16,1	Baterías	Prueba de carga fallando ; debe cambiarse cuando suceda esto (rango normal de las baterías 12,6-13,6V)
		16,2	Falla en las baterías	Cambio
17	Cabina	17	Plumillas	Vidrio Trasero
18	sistema de rodaje y accesorios	18,1	Placas anti desgaste en mal estado	
19	Sistema de Frenos	19,1	Válvula de control del freno de servicio	Alto nivel de contaminación (Se genera por malas prácticas de operación y mantenimiento)
		19,2	Válvula drenaje tanque de aire	Fuga; afecta el funcionamiento del freno de servicio del equipo.
		19,3	Deposito o tanque	Fugas válvula de drenaje
20	Estructura del equipo	20,1	Pin Principal de articulación estructura frontal y trasera	Tornillo s de sujeción partidos
		20,2	Grasera de lubricación dañada	Grasera de lubricación del pin se encuentra en mal estado
21	Sistema de aire acondicionado	21,1	No se encuentra funcionando	Mal estado del secador de aire y bajo nivel de carga del gas refrigerante.; bajo nivel de carga del sistema refrigerante.(filtro de aire obstruido; fusible en circuito abierto).
		21,2	Manguera	Fuga
		21,3	Correa transmisión potencia a.c	mal estado
22	Línea Piloto del estabilizador	22,1	Fuga	
23	Sistema de Frenos	23,1	Válvula de control del freno de servicio	Fuga de aire
24	No utilización de la máquina	24,1	bajas horas de trabajo (2-5 horas)en seis meses	Se recomienda encender la máquina y realizar operaciones de los sistemas durante 30 minutos una vez por semana.

				Nivel de utilización de la máquina bajo
25	Sistema de transmisión de potencia	25,1	Diferencial trasero	Altas concentraciones de elementos de desgaste posiblemente por periodo de asentamiento
26	Alarma	26,1	manual a automático	Mal funcionamiento o alarma en el momento de cambiar el interruptor de velocidad manual a automático (realizar una inspección eléctrica asociada a esta falla (sensor y cableado para un diagnóstico más en detalle)
27		26,2	Presión baja aire	Presión baja de aire del sistema ; afecta el sistema de frenos de la maquina
28		26,7	Sensor de traba de aceleración	Problemas de corriente asociados al sensor
29		26,3	falla eléctrica	Lámpara de traba de acelerador; corriente bajo lo normal; Indicador de advertencia del sistema de motor. Corriente bajo lo normal; Luz de advertencia abierta/corto a tierra/ Interruptor de reinicio/declaración de traba del acelerador: Voltaje sobre normal.
		26,4	Sensor posición del acelerador	posible anomalía en el funcionamiento del acelerador o equipo en general
		26,5	Módulo de comunicación; Violación Perimetral	Violación perimetral del tiempo de operación, es un error de la configuración de la máquina. Verificar programación EMC.
		26,6	Alta Temperatura	Código de falla; causa reducción de potencia, sistema hidráulico y general del equipo.
		26,8	Presión baja combustible	Revisar la calidad del combustible, drenar el filtro separador de agua diariamente, y notificar anomalía relacionada con esta falla.
		26,9	Velocidad salida de la transmisión	fallas del sensor en lectura
27	Módulo de comunicación P-L	27,1	Daño en el modulo	Cambio pro fallas en sus funcionamiento y lectura ET
28	Sistema de Cargue	28,1	Seguro del brazo excavador	Tornillo del cuerpo y del soporte del seguro del brazo excavador.
29	Cuerpo General de la Maquina	29,1	Suciedad	Compartimiento del radiador sucio
		29,2	Suciedad	Compartimiento del enfriador sistema hidráulico sucio

30	Sistemas Electrónicos	30,1	Código de eventos reportando fallas	Causas probables en fallas carga sistema eléctrico.
----	-----------------------	------	-------------------------------------	---

Tabla No.12 Causas de falla. Fuente los autores.

Datos procesados para el Pareto. Fallas.

FALLAS DE CALIDAD		
C1	abrazadera sujeción línea	1
C2	Abrazaderas	1
C3	Aceite del motor	1
C4	Acondicionador	1
C5	Acoples de las mangueras	1
C6	Alta Temperatura	1
C7	Antena de product link	1
C8	Antena de product link (Ausencia de la misma)/(rota)	6
C9	Ausencia lámpara	1
C10	bajas horas de trabajo (2-5 horas)en seis meses	1
C11	Bajo nivel de aceite hidráulico	3
C12	Baterías	2
C13	Bomba de Inyección del motor	1
C14	Bomba de transferencia	1
C15	Bomba de transferencia	1
C16	Bujes anti desgaste de la hoja topadora en el círculo (motoniveladora)	1
C17	Cambio aceite mandos finales 2000 horas	1
C18	Código de eventos reportando fallas	1
C19	Contaminación	2
C20	Correa	1
C21	Correa del motor	1
C22	Correa transmisión potencia ac	1
C23	Cuadrantes tapones de drenaje	1
C24	Cuchillas de corte hoja	1
C25	Daño en el modulo	1
C26	Delanteras	2
C27	Deposito o tanque	1
C28	De rateo	1
C29	Dientes	8
C30	Dientes, vástagos	1
C31	Diferencial trasero	2

C32	Eje de soporte	2
C33	Espejo retrovisor ausente	2
C34	falla eléctrica	1
C35	Falla en las baterías	2
C36	Filtro de aceite	1
C37	Fuga	3
C38	Fuga respiradero líneas aceite motor	1
C39	Fuga respiradero líneas aceite motor	1
C40	Fusible link	1
C41	Grasera de lubricación dañada	1
C42	Herramientas de corte de la hoja	1
C43	hoja topadora (motoniveladora)	2
C44	Indicador o sonda de lectura de combustible	1
C456	Inyectores	1
C46	Juego	2
C47	Lámpara de parada trasera izquierda	1
C48	lámpara cabina	1
C49	Lámparas del boom	1
C50	Lectura errónea	2
C51	Líneas hidráulicas del stick	1
C52	Manguera	1
C53	Manguera que va al enfriador de aceite	2
C54	Mangueras cilindro del stick	1
C55	Manguera de retorno combustible (va al filtro)	2
C56	Partículas	1
C57	Pin Principal de articulación estructura frontal y trasera	1
C58	Pin Sujeción	1
C59	Pines de lubricación acoples del balde	1
C60	Pines del soporte del boom	1
C61	Pines retenedores dientes	1
C62	Placas anti desgaste en mal estado	1
C63	Plumillas	1
C64	Presión baja aire	1
C65	Presión baja combustible	1
C66	Protector de la lámpara cabina la do izquierdo	1
C67	Protectores de lámpara	2
C68	Radiador	1
C69	Refrigerante	7
C70	Seguro del brazo excavador	2
C71	Sello	1

C72	Sello motor	1
C73	Sensor de traba de aceleración	1
C74	Sensor posición del acelerador	
C75	Sensor salida de transmisión	1
C76	Shims	1
C77	Sistemas de Engrase	1
C78	Soporte de cabina	1
C79	Soportes del boom	1
C80	Suciedad	1
C81	Suciedad	1
C82	Tapa de combustible	1
C83	Tapa de válvulas del motor	1
C84	Tapa direccional derecha	1
C85	Tapa tanque de combustible	1
C86	Tapones mandos finales	1
C87	Topes de giro del boom	1
C88	Transmisión	2
C89	Válvula de control del freno de servicio	1
C90	Válvula de control del freno de servicio	1
C91	Válvula drenaje tanque de aire	1
C92	Vástagos cilindro del balde	1
C93	Vástagos del cilindro del stick	1
C94	Velocidad salida de la transmisión	1
C95	Vidrio frontal	3
C96	Vidrio retrovisor cabina	2
C97	Vidrio trasero cabina	2
C98	Violación Perimetral	2

Tabla No.13- Clasificación de las fallas

Datos procesados para el Pareto.

TIPO DE EQUIPO	SERIE	CANTIDAD
EXCAVADORA	FAL08298	2
EXCAVADORA	A6F01677	3
RETROCARGADOR	DJL03388	3
TRACTOR	LJR00671	2
MOTONIVELADORA	SZN00760	2
EXCAVADORA	A6F01672	2
MOTONIVELADORA	SZN00923	5
VIBROCOMPACTADOR	BZE02492	2

MINICARGADOR	TSL00866	2
		23

Tabla No.14 Relación de muestreo de Equipo para análisis para realizar Pareto. Fuente: Los autores.

Dato procesados para el Pareto.

FALLAS DE CALIDAD			
Criterios	Frecuencias	% acumulado	Porcentajes
C29	8	5,673758865	5,673758865
C69	7	10,63829787	4,964539007
C8	6	14,89361702	4,255319149
C11	3	17,0212766	2,127659574
C37	3	19,14893617	2,127659574
C95	3	21,27659574	2,127659574
C12	2	22,69503546	1,418439716
C19	2	24,11347518	1,418439716
C26	2	25,53191489	1,418439716
C31	2	26,95035461	1,418439716
C32	2	28,36879433	1,418439716
C33	2	29,78723404	1,418439716
C35	2	31,20567376	1,418439716
C43	2	32,62411348	1,418439716
C46	2	34,04255319	1,418439716
C50	2	35,46099291	1,418439716
C53	2	36,87943262	1,418439716
C55	2	38,29787234	1,418439716

Tabla No. 15 Porcentaje de Fallas y frecuencias. Fuente: Los autores.

C67	2	39,71631206	1,418439716
C70	2	41,13475177	1,418439716
C74	2	42,55319149	1,418439716
C88	2	43,97163121	1,418439716
C96	2	45,39007092	1,418439716
C97	2	46,80851064	1,418439716
C98	2	48,22695035	1,418439716
C1	1	48,93617021	0,709219858
C2	1	49,64539007	0,709219858
C3	1	50,35460993	0,709219858
C4	1	51,06382979	0,709219858
C5	1	51,77304965	0,709219858

C6	1	52,4822695	0,709219858
C7	1	53,19148936	0,709219858
C9	1	53,90070922	0,709219858
C10	1	54,60992908	0,709219858
C13	1	55,31914894	0,709219858
C14	1	56,02836879	0,709219858
C15	1	56,73758865	0,709219858
C16	1	57,44680851	0,709219858
C17	1	58,15602837	0,709219858
C18	1	58,86524823	0,709219858
C20	1	59,57446809	0,709219858
C21	1	60,28368794	0,709219858
C22	1	60,9929078	0,709219858
C23	1	61,70212766	0,709219858
C24	1	62,41134752	0,709219858
C25	1	63,12056738	0,709219858
C27	1	63,82978723	0,709219858
C28	1	64,53900709	0,709219858
C30	1	65,24822695	0,709219858
C34	1	65,95744681	0,709219858
C36	1	66,66666667	0,709219858
C38	1	67,37588652	0,709219858

Continuación Tabla porcentaje de fallas.

C39	1	68,08510638	0,709219858
C40	1	68,79432624	0,709219858
C41	1	69,5035461	0,709219858
C42	1	70,21276596	0,709219858
C44	1	70,92198582	0,709219858
C456	1	71,63120567	0,709219858
C47	1	72,34042553	0,709219858
C48	1	73,04964539	0,709219858
C49	1	73,75886525	0,709219858
C51	1	74,46808511	0,709219858
C52	1	75,17730496	0,709219858
C54	1	75,88652482	0,709219858
C56	1	76,59574468	0,709219858
C57	1	77,30496454	0,709219858
C58	1	78,0141844	0,709219858
C59	1	78,72340426	0,709219858

C60	1	79,43262411	0,709219858
C61	1	80,14184397	0,709219858
C62	1	80,85106383	0,709219858
C63	1	81,56028369	0,709219858
C64	1	82,26950355	0,709219858
C65	1	82,9787234	0,709219858
C66	1	83,68794326	0,709219858
C68	1	84,39716312	0,709219858
C71	1	85,10638298	0,709219858
C72	1	85,81560284	0,709219858
C73	1	86,5248227	0,709219858
C75	1	87,23404255	0,709219858
C76	1	87,94326241	0,709219858
C77	1	88,65248227	0,709219858
C78	1	89,36170213	0,709219858
C79	1	90,07092199	0,709219858
C80	1	90,78014184	0,709219858
C81	1	91,4893617	0,709219858
C82	1	92,19858156	0,709219858
C83	1	92,90780142	0,709219858
C84	1	93,61702128	0,709219858
C85	1	94,32624113	0,709219858
C86	1	95,03546099	0,709219858
C87	1	95,74468085	0,709219858
C89	1	96,45390071	0,709219858
C90	1	97,16312057	0,709219858
C91	1	97,87234043	0,709219858
C92	1	98,58156028	0,709219858
C93	1	99,29078014	0,709219858
C94	1	100	0,709219858

Continuación tabla porcentaje de fallas.

7.1.5 Matriz de Excelencia

	ESTRATEGIA	ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HUMANO	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	TECNOLOGIA DE INFORMACIÓN	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	ANÁLISIS DE PROCESOS
EXCELENCIA	Estrategia Corporativa Elementos de Mantenibilidad	Cuadrilla independiente con múltiples habilidades grupos autónomos	Largo Plazo con ventanas e Ingeniería	Efectividad de equipo Benchmarking , costos por equipo	Sistema central y base de datos comunes	Programa completo de riesgo-costo	Revisión periódica de procesos costos tiempo calidad
MEJOR QUE LA MAYORIA	Plan de mejoramiento a largo plazo	Algunos grupos con multihabilidades	Buena planeación y programación soporte de ingeniería	MTBF/MTTR, availability costos generales	Información de materiales, mano de obra y financiera comunicados	Algunas aplicaciones de FMEA, algunos procedimientos	Algunas revisiones de procesos administrativos y de mantenimiento
COMPETENTE	Plan anual de mejoramiento	Grupos Mixtos descentralizados	Existe un Grupo de Planeación e Ingeniería ad hoc	Tiempo de parada, Costos generales	No hay comunicación entre mantenimiento y financiera	Buena base de datos de fallas y buen uso de ella	Algunas revisiones de proceso d mito.
DEFICIENTE	Plan de mejoramiento de PMS	Algunas disciplinas integradas	Soporte en detección de fallas, algunas rutinas de inspección	Algunos tiempos de parada, Costos sin segregar	Programa básico de mantenimiento o algunos registros de partes	Tiene la información y se usa poco	Una revisión de procesos de mantenimiento
POBRE	Reacciones en las emergencias	Recurso humano calificado área técnica deficiente	No planeación, programación , ni ingeniería	Sin indicadores	Información manual	Sin registro de fallas	No se revisan los procesos de mantenimiento
		3	Matriz de excelencia en mantenimiento de Pete Mc. Crory				
		5					
		1					

Tabla No.16 Matriz de excelencia diseñada por Pete Mc Crory.

7.2 ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis de datos pretenden establecer la situación actual del mantenimiento de ingenieros, cuales son las principales falencias que se tienen y mirar o proponer si hay oportunidades de mejora, verificar si los objetivos con los datos recolectados están bien encaminados, con políticas claras, personal suficiente con conocimientos técnicos adecuados y habilidades adquiridas en la experiencia.

Para poder tener alguna respuesta de las inquietudes del problema planteadas y determinar en las propuestas de solución la herramienta más adecuada para optimizar el plan de mantenimiento es importante analizar porque el mantenimiento preventivo tiene falencias, si las herramientas de gestión son las más adecuadas y cuáles podrían ser las herramientas adecuadas a proponer para fortalecer el mantenimiento de los ingenieros militares con la organización actual, que se describe de acuerdo al siguiente organigrama:



Figura No. 01 Organización y clasificación del mantenimiento preventivo. Fuente Directiva de Mantenimiento Ingenieros 2011.

7.2.1 SEGUIMIENTO Y MONITOREO SATELITAL DE EQUIPO DE INGENIEROS

ESTADO DEL SISTEMA	CANTIDADES	PORCENTUAL
EQUIPOS QUE REPORTAN INFORMACIÓN	81	53,6423841
EQUIPOS QUE NO REPORTAN INFORMACIÓN	66	43,7086093
EQUIPOS NO CAT QUE NO REPORTAN INFORMACIÓN	3	1,98675497
EQUIPOS ESPERANDO PRIMER INFORME	1	0,66225166
TOTAL	151	

Tabla No.17 – Resumen porcentual utilización del equipo monitoreado. Fuente análisis de los autores.

- A nivel nacional los ingenieros cuentan con 971 equipos
- El cubrimiento de equipos por control o monitores satelital es de apenas el 15.50 %
- De los 151 equipos por diferentes razones no reportan información 46.35 % de ellos
- Los datos recolectados fueron tomados para el 2012-2013 y en los años 2014 y 2015 no se suministró información por falta de analista del sistema.
- Los programas de control satelital permiten establecer ubicación, control de combustible, alarmas por mala operación; pero no se utilizan estas herramientas para efectuar seguimiento y análisis de costos.
- Según reportes los problemas de reporte se ocasionan por rotura de antenas de transmisión en sitios de trabajo, falta de cubrimiento a nivel territorial por parte del operador de señal de celular y desconexión del sistema por parte de los operadores.

- De los (66) equipos monitoreados que reportan información el 22.72 % no cumplen los mantenimientos preventivos establecidos.

7.2.2 SITUACIÓN DEL EQUIPO EN MANTENIMIENTO 2015

- De acuerdo a la información suministrada en el global total de (971 equipos) se reportan en línea de servicio (LS) corresponde al 90.21%
- Equipos en mantenimiento II-III-IV Escalón de mantenimiento corresponden 10.85%.
- Los equipos considerados para destrucción ya fueron excluidos del listado general de equipos y no hacen parte de los activos de trabajo.

7.2.3 ANÁLISIS MATRIZ DOFA

Con esta herramienta se pretende centrarnos en el proceso de ejecución del mantenimiento de III y IV Escalón que lo ejecuta la unidad de ingenieros técnicamente especializada para este tipo de tareas para tal efecto se analiza el impacto, así:

Impacto de Oportunidades, Amenazas, Fortalezas y Debilidades.

	IMPACTO		
	Alto	Medio	Bajo
OPORTUNIDADES			
Renovación de equipos - ampliación redes eléctricas			X
Convenios de capacitación privados y públicos		X	
Gestión y Justificación de	X		

recursos			
Cubrimiento de todas las unidades de ingenieros para mantenimiento de III escalón.		X	
Implementación de herramientas de software de control	X		
Convenios ajustados a la ley con casas matrices para la adquisición de repuestos.		X	
	IMPACTO		
AMENAZAS	Alto	Medio	Bajo
Garantías frecuentes y no atendidas		X	
Control de calidad deficiente	X		
Resistencia al cambio		X	
Empleo de mecánicos empíricos	X		
Falta técnicos en Electronica y diagnostico	X		
Insuficiencia de Recursos	X		
	IMPACTO		
FORTALEZAS	Alto	Medio	Bajo
Unidades móviles cubrimiento nacional	X		
Mantenimiento I,II,III,IV y V escalón	X		
Personal Disponible 24 horas			X
Liderazgo de infraestructura respecto a las demás unidades			X
Dotación de herramienta a nivel mecánico de alta resistencia (PROTO)		X	
	IMPACTO		
DEBILIDADES	Alto	Medio	Bajo
Contratación Estatal		X	
Seguimiento y Control ejecución presupuesto	X		
Control en toda la cadena desde la ejecución hasta la	X		

entrega a satisfacción			
Suministro de repuestos no cumplan las especificaciones		X	
Precios de los repuestos e insumos			X
Falta de administración estratégica	X		

Tabla No. 18 Matriz de impacto de la DOFA. Fuente los autores.

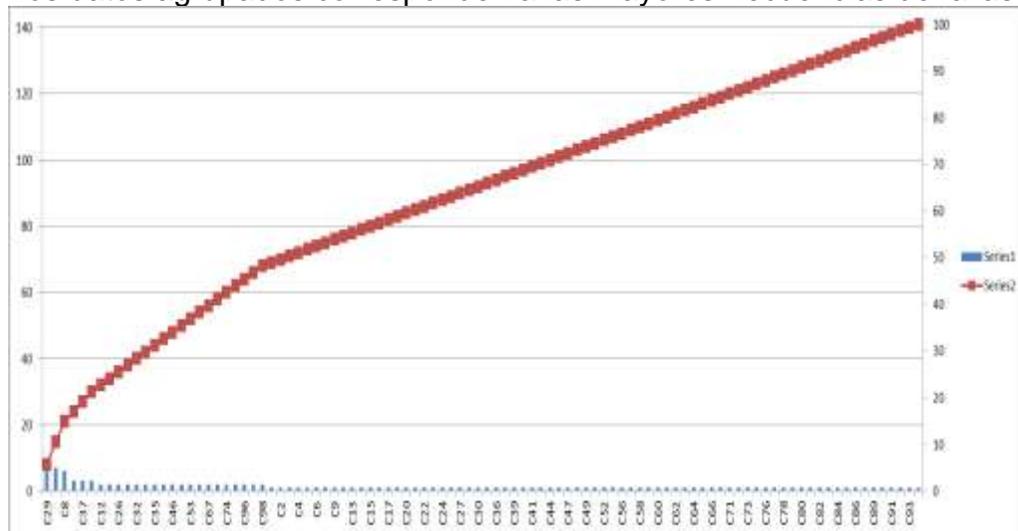
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
	1. Gestión y Justificación de recursos 2. Implementación de herramientas de software de control	1. Control de calidad deficiente 2. Empleo de mecánicos empíricos 3. Falta técnicos en Electronica y diagnostico 4. Insuficiencia y control de recursos
FORTALEZAS	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS FA
1. Unidades móviles cubrimiento nacional 2. Mantenimiento I,II,III,IV y V escalón	1. Sustentar ante MIN HACIENDA la consecución de nuevos recursos para tener la cobertura nacional con las unidades móviles. 2. Adquirir e implementar un software de control acorde con las necesidades de las unidades de ingenieros. 3. Crear alianzas estratégicas gubernamentales y privadas para afianzar y mejorar los escalones de mantenimiento de I, II, III, IV y V escalón.	1. Implementar un programa de capacitación en los que intervienen en el mantenimiento de I, II, III, IV y V Escalón. 2. Desarrollar un programa de capacitación de personal de mecánicos de planta en nivel básico, intermedio y avanzado, para elevar el nivel técnico de mecánicos. 3. Diseñar un programa de capacitación con la empresa privada en electrónica y diagnóstico de las referencias de equipo que se tiene en servicio encaminado al III y IV escalón. 4. Iniciar un programa de necesidades reales y proyecciones para justificar la consecución de recursos.

DEBILIDADES	ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS DA
1. Seguimiento y Control ejecución presupuesto 2. Control en toda la cadena desde la ejecución hasta la entrega a satisfacción 3. Falta de administración estratégica	1. Iniciar con la implementación de un software de control que cubra el seguimiento de ejecución de presupuesto, del mantenimiento en los diferentes escalones en todas las etapas de la cadena y permita administrar el sistema a nivel nacional de las unidades de ingenieros.	1. Iniciar un programa de seguimiento en la capacitación y resultados esperados en la implementación del control de calidad. 2. Llegar a acuerdos para no incluir mecánicos empíricos o con un planteamiento de administración estratégica capacitar a este personal. 3. Realizar la gestión necesaria para incorporar técnicos especializados en diagnóstico y electrónica. 4. Iniciar la gestión para la justificación de la asignación de mayores recursos para cubrir las necesidades proyectadas.

Tabla 19. Matriz de resultados DOFA. Fuente los autores.

7.2.4 ANÁLISIS DIAGRAMA DE PARETO O CURVA CERRADA O DISTRIBUCIÓN

Los datos agrupados corresponden a las mayores frecuencias de fallas



Grafica No. 02 Pareto- Fuente de datos los autores

Las frecuencias relativas se encuentran en las barras azules y en la línea roja las frecuencias acumuladas. Hay muchos problemas sin importancia a la izquierda frente a unos pocos muy importantes a la derecha.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla.

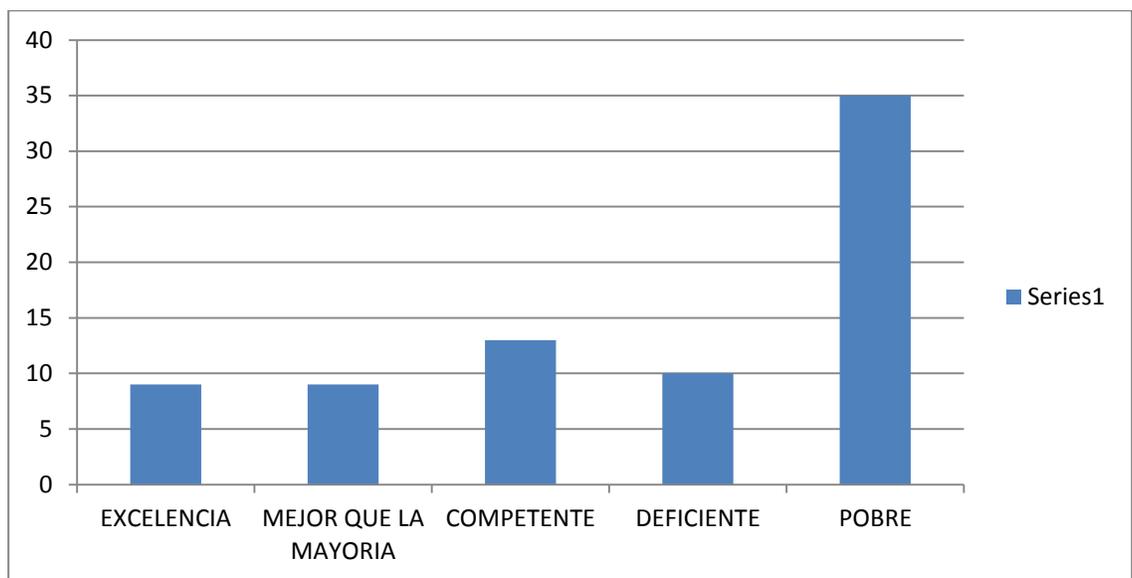
Para la cantidad de equipos de muestreo se estableció que estos son modelos 2010 y los principales problemas en fallas de acuerdo aparato son los elementos consumibles en cuanto a los mantenimiento orgánicos o básicos de primer escalón o primer nivel, que es efectuado por los operadores y de desgaste como los pines, hojas de corte, hojas topadoras, luces, fugas, lámparas entre otras. No se hacen los cambios básicos en las horas establecidas de mantenimiento preventivo al igual que los desgastes de las herramientas de trabajo por desgaste.

7.2.5 MATRIZ DE EXCELENCIA

EXCELENCIA	6	0	3	9	9

MEJOR QUE LA MAYORÍA	5	4	0	9	9
COMPETENTE	3	4	6	13	13
DEFICIENTE	4	6	0	10	10
POBRE	0	0	35	35	35

Tabla No.20. Clasificación de análisis de la matriz de excelencia. Fuente los autores.



Grafica No.03 – Resultados gráficos matriz de excelencia. Fuente los autores.

Los resultados de la matriz de excelencia son claros y contundentes en el rango de pobre en la gerencia de administración del equipo de ingenieros en cuanto a la estrategia, la administración del recurso humano, la planeación, la programación, las medidas de desempeño, la tecnología de información. El análisis de confiabilidad con el análisis de procesos no son los más adecuados de ahí el resultado obtenido en esta matriz.

7.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

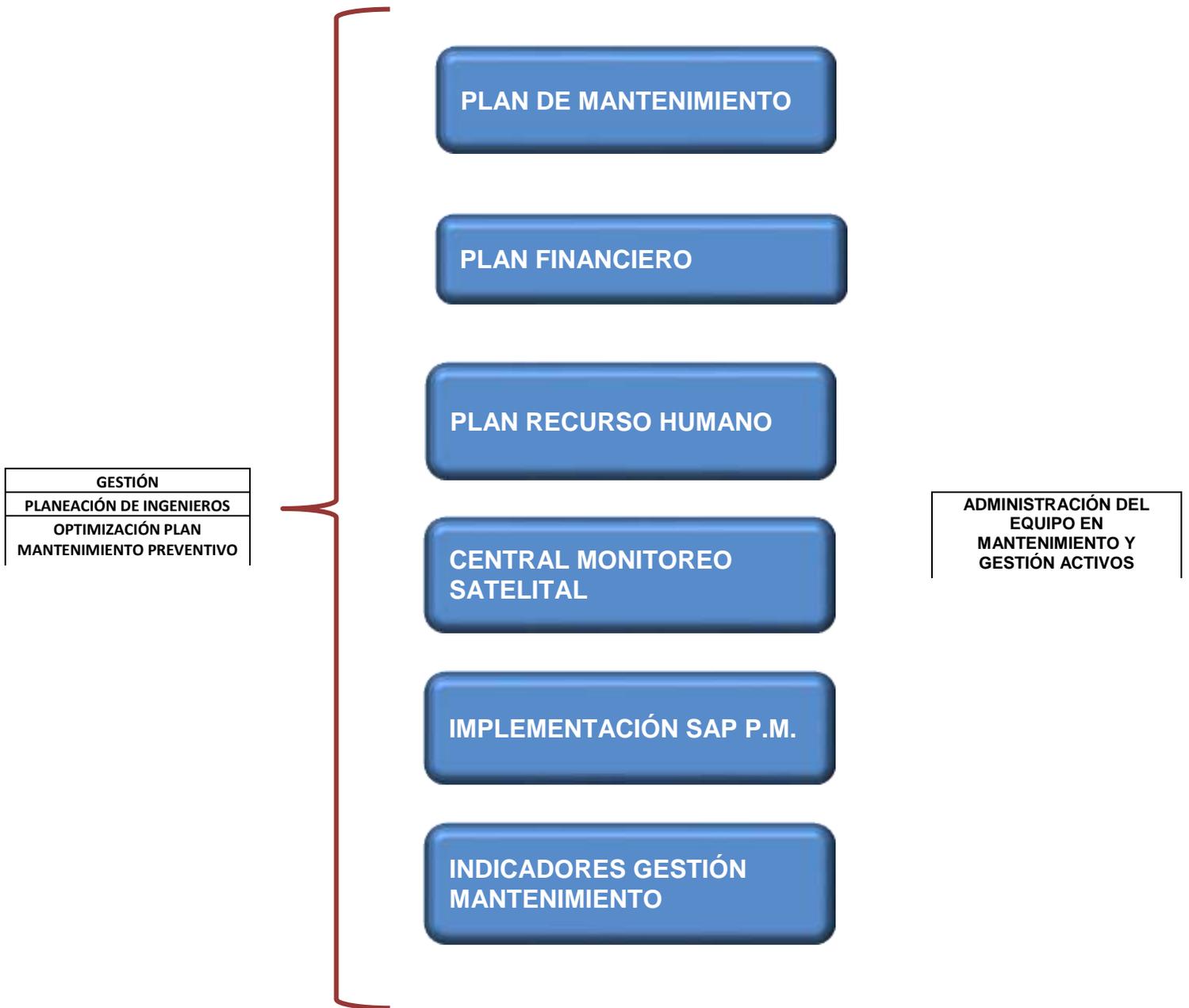


Figura No.02 Planeación de Ingenieros. Fuente los autores.

7.3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

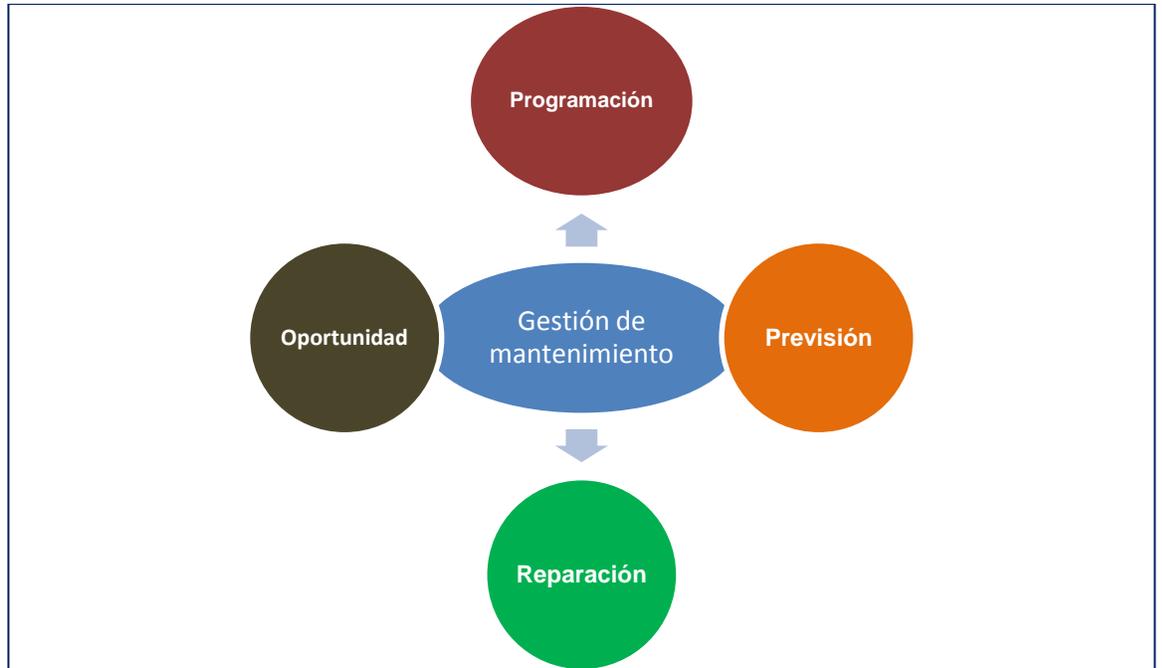


Figura No.03 Propuesta Mejora Plan de Mantenimiento.

- **Programación:**

- Ampliar y mejorar la cobertura de mantenimiento preventivo
- Actividades de mantenimiento en el tiempo preciso y a menores costos
- Implementar una infraestructura de apoyo y procesos para la mejora

- Revisar el programa maestro de mantenimiento y planes de mantenimiento de las secciones descentralizadas.

- Mejorar y monitorear las ordenes de trabajo, la programación, la gestión de contratos, la gestión del suministro y calidad de repuestos

- Extender y optimizar el compromiso con las políticas corporativas de gestión de mantenimiento.

- **Previsión:**
 - Utilización de las herramientas de diagnóstico cuando los modos de falla son detectables.

- **Reparación:**
 - Elaborar un buen diagnóstico del equipo
 - Analizar la información

- **Oportunidad:**
 - Diagnosticar, analizar, revisar y evaluar en los frentes de trabajo, en las unidades móviles y en los talleres de reparaciones mayores, el desarrollo y ejecución del mantenimiento preventivo.

- Ajustar los procedimientos que se llevan en forma irregular e implementar los que no se han colocado en práctica.
- Combinar e implementar estrategias de mantenimiento aplicable y ajustable como TPM (las cinco S), RCM (revisión y análisis), PMO (planeación del mantenimiento), entre otros, en el aporte de gestión de mantenimiento y que se adapten al sistema de mantenimiento preventivo actual.
- Efectuar auditorias periódicas para monitorear el ajuste del sistema actual y monitorear las implementaciones de mejora.
- Implementar y evaluar los indicadores de gestión de mantenimiento. para monitorear el avance en su mejora e implementación.
- Implementar controles tecnológicos de seguimiento.
- Incorporar y capacitar el talento humano en las áreas neurálgicas del sistema.
- Efectuar seguimientos de implantación de planeación con diagramas de Gantt como herramienta para coordinar las actividades que se deban realizar.

7.3.2 PLAN FINANCIERO



Figura No.04-Propuesta control presupuestario Dossier.

- Verificar que los objetivos presupuestarios se cumplan correctamente
- Efectuar seguimiento a los centros de responsabilidad presupuestaria y a la contratación.
- Hacer el seguimiento presupuestario de acuerdo a la recomendación del dossier como lo indica la figura
- Efectuar el análisis de la ejecución presupuestaria e implementar el plan de mejoramiento.
- Efectuar el control financiero utilizando el control por excepción, siendo analizados los más críticos

7.3.3 PLAN DE RECURSO HUMANO

Cuanto mayor es el cambio mayor es el reto, el recurso humano debe basarse en principios, evidentes y comunes al personal desde el nivel más bajo hasta el más alto, integrando el cuerpo, la mente, el corazón y el espíritu. Aprender y no hacer no es realmente aprender. Saber y no hacer no es realmente saber. Se propone que el recurso humano se le cree el hábito como intersección de conocimiento, capacidad y deseo, donde el conocimiento es el paradigma teórico, el que hacer y el por qué, la capacidad es el cómo hacer y el deseo es la motivación, el querer hacer.

Lo anterior permitirá romper paradigmas y tener nuevos niveles de efectividad para ello se utilizara en el cambio personal uno de los hábitos propuestos para la gente altamente efectiva, propuestos por Stephenm R. Covey, como lo indica la siguiente figura:

Es generar espacios de participación en el talento humano, con un proyecto claro de deseo, conocimiento y capacidad para crear un hábito que permita fortalecer la capacidad de conocimiento técnico en el área de ingeniería y complementarlo con otras áreas de protección y bienestar del hombre.

Esto permitirá desarrollar estudios doctrinarios, normativos y organizacionales en el presente con una línea proyectista conjunta con la misión de los Ingenieros Militares.

Se plantea conformar tres grandes grupos de acuerdo con la figura No.5, para una estructura académica en lo estratégico y funcional de la calidad humana, en capacitar y entrenar con hábitos que nazcan del propio ser.

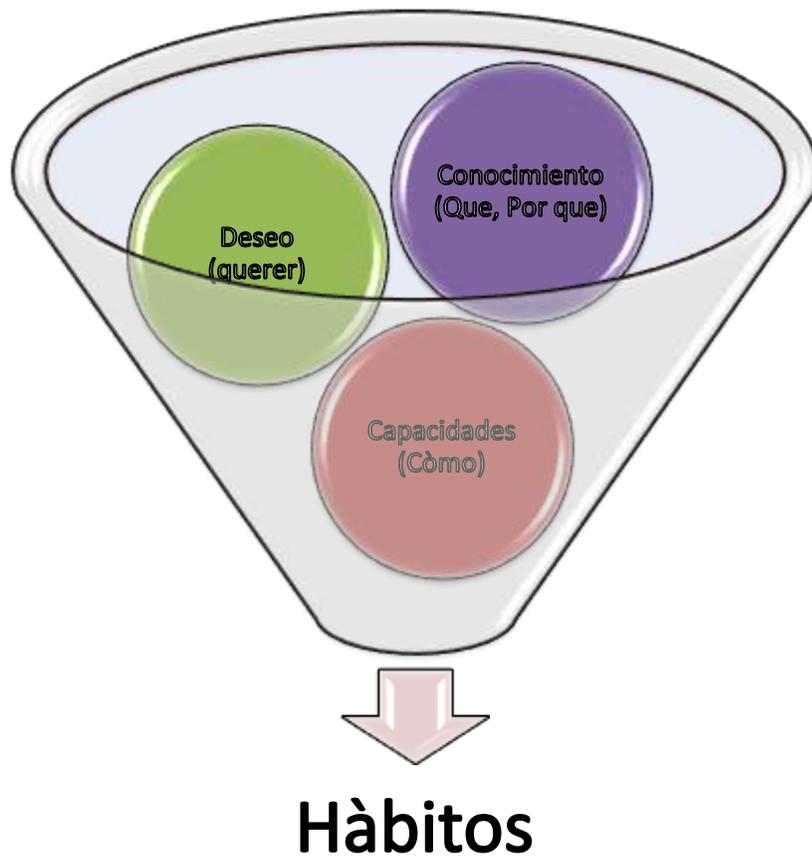


Figura No. 05 El hábito como capacidad de cambio. Fuente Stephen Covey.

Para desarrollar el conocimiento en los tres grupos propuestos de deseo, capacidades y conocimiento mediante hábitos, se propone el siguiente esquema que se encuentra en desarrollo e implementación como se ve en la Figura No6:

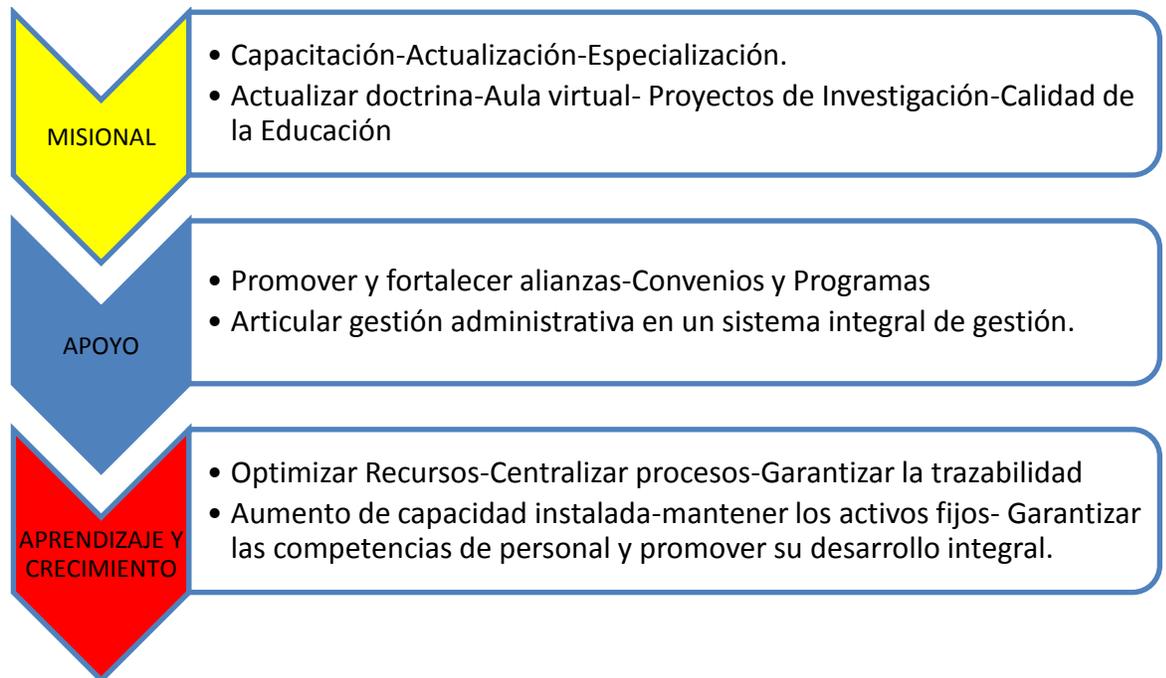


Figura No.06- propuesta del talento humano, fuente Escuela de Ingenieros.

Fomentar relaciones, desarrollar habilidades en el entorno del trabajo, productivo, sano, satisfactorio e impulsadoras de crecimiento, requieren habilidades personales, interpersonales y grupales¹⁴.

Para el conocimiento es necesario crear y actualizar permanentemente la doctrina, para su desarrollo y aplicación que permita mejorar la

¹⁴ David A. Whetten, Desarrollo de Habilidades.

competencia técnica en forma permanente se propone el esquema doctrinal que incida en el talento humano, así:

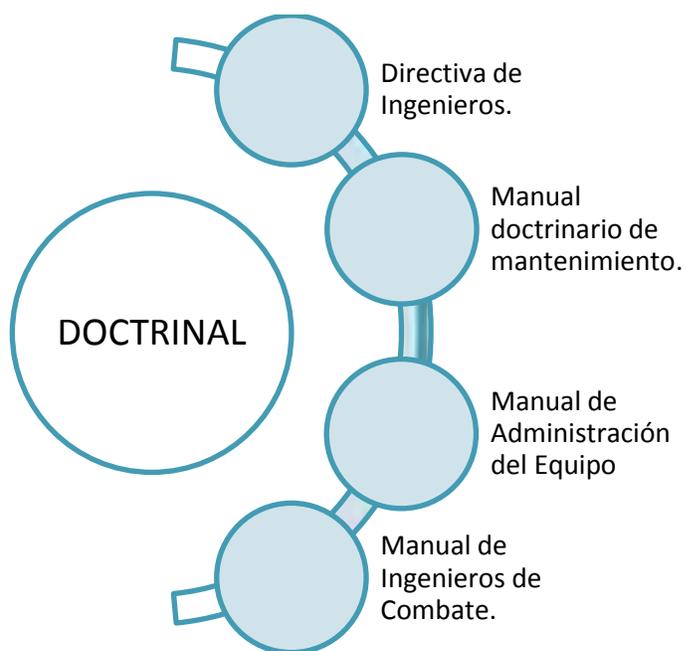


Figura No.07. Propuesta talento humano doctrina. Fuente los autores.

7.3.4 CENTRAL DE MONITOREO SATELITAL

Se plantea capacitar al personal, para generar informes de gestión que permitan tomar decisiones de mejora, con las herramientas necesarias de infraestructura y tecnología que permitan las veinticuatro horas efectuar seguimiento al comportamiento y ejecución de las tareas de mantenimiento.

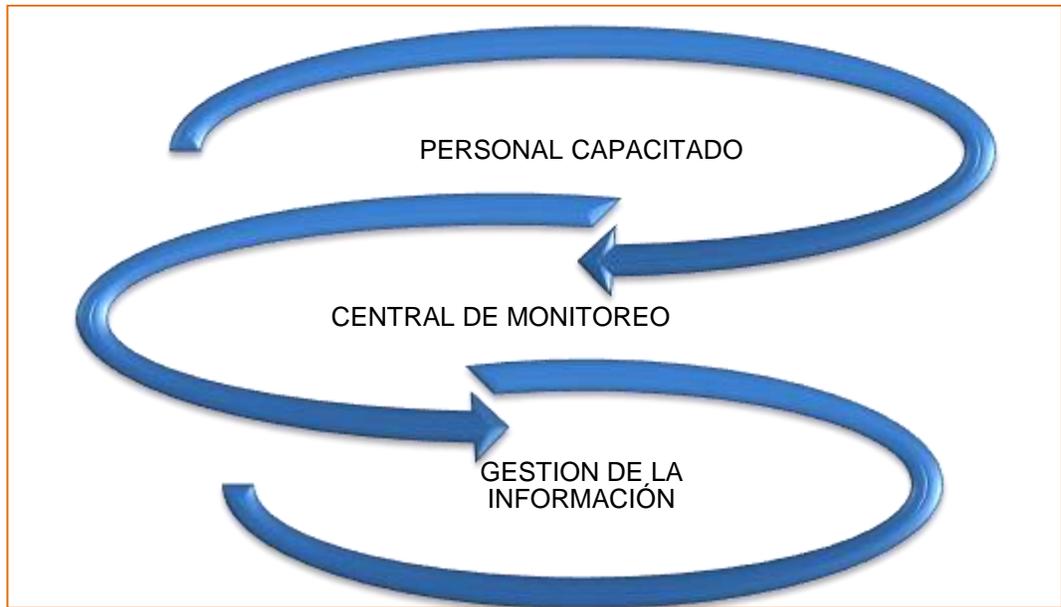


Figura No.8 Propuesta central monitoreo satelital. Fuente los autores.

Personal Capacitado	Central de Monitoreo	Gestión de la Información
<ul style="list-style-type: none"> •Analista •Analista 	<ul style="list-style-type: none"> •Sitio adecuado •Infraestructura de información 	<ul style="list-style-type: none"> •Ubicación •Reporte horas trabajo •Tiempo ralenti •Consumo de combustible •Niveles tanques de combustible •Alarmas de mantenimiento •Alarmas por malas practicas de operación •Creación de geocercas •Seguimiento mantenimiento programado PM1-PM2-PM3-PM4

Figura No.09 Propuesta roles para el monitoreo satelital. Fuente los autores.

7.3.5 IMPLEMENTACIÓN SAP P.M

Por políticas gerenciales se debe implementar la gestión de equipos en el módulo de control de mantenimiento conocido como SAP-PM, que se debe hacer por fases la implementación; la primera etapa establece el procedimiento de registros que deben alimentar el sistema que busca que los usuarios conserven y prolonguen la vida del equipo.

La plataforma SAP ECC 6.0 cuenta con una inmensa variedad de consultas que le permiten a la organización y a los entes de control obtener información detallada de las operaciones transaccionales realizadas, dentro del ciclo o cadena logística de la gestión de mantenimiento.

El comprometimiento de implementación con la operación, seguimiento y mejoramiento continuo que demandan las actividades de mantenimiento.

Se pretende en el mantenimiento como lo indica la figura No.10 en el control del mantenimiento preventivo, que se establezca a nivel general los planes de mantenimiento preventivo (PM), mediante la planeación de trabajo, la programación, la ejecución, la historia o registros, que crean un ciclo de administración de mantenimiento.



Figura No. 10 – Control SAP Niveles de mantenimiento preventivo

La gestión organizacional del recurso de gestión de mantenimiento, establece unos requerimientos como lo indica la figura No.11 y Tabla No.20, centrándose en el seguimiento de la creación de la orden previsional, resultado del proceso de planeación a corto plazo que se convierte posteriormente en la de mantenimiento.



Figura No.11 Ciclo SAP-PM Mantenimiento

M	Modificar y liberar la orden de mantenimiento
CS	Cambiar el estatus y entregar el equipo
RO	Recepcionar las Operaciones a Ejecutar
CM	Consultar Manual de partes y mantenimiento del Equipo
RM	Requiere materiales
SR	Solicitar y Registrar materiales
EM	Existencia materiales Si / No: SI
SR	Salida de repuestos a centro de costo previo reintegro repuestos obsoletos
RE	Recepcionar y entregar los materiales al mecánico
EM	Ejecutar el mantenimiento
PC	Prueba de Campo o Ruta
NT	Satisfactorio Si / No
AA	Notificar tiempo, calificar personal y trabajo
RT	Actualizar avisos solo para mantenimiento imprevisto
CT	Recepcionar los Trabajos y Autorizar cierre técnico de la orden
LQ	Cierre técnico de la orden, actualizar de contadores y cambiar el status:

Tabla No.20. Procedimientos a desarrollar en SAP

7.3.6 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Trabajar con indicadores de gestión y operación internacional y de validez mundial como son el LCC (Life Cycle Cost) y el CMD, claro está sin descartar el índice en forma particular que así se requiera.

7.3.6.1 INDICADORES ESTRATÉGICOS

Numero de mantenimientos modificativos o de mejoras, sus tiempos, inversión y retornos.

- **Indicadores de resultados**

Disponibilidad media de cada equipo:

MTTR (Paradas más graves de un equipo – Mean time to repair), MTBF (paradas más frecuentes de un equipo- Mean time between failures, tiempos medios de respuesta a las averías, horas totales de paradas por mantenimiento

$MTBF = \text{Tiempo total de funcionamiento} / \text{número de fallas}$

$MTTR = \text{Tiempo total de inactividad} / \text{número de fallas}$

- **Indicadores de instrumentos**

Mano de obra propia y subcontratada por órdenes de trabajo realizadas

Repuestos contra realidad

- **Indicadores Operativos**

MTTR y MTBF frente a tiempos y costos

Fallas y reparaciones repetitivas

Disponibilidad y confiabilidad de cada equipo comparada con el tiempo

7.4 ENTREGA DE RESULTADOS

Para mejorar se deben identificar los problemas de mantenimiento y para identificar nuestros problemas, tenemos que ver la Gestión de Mantenimiento en forma integral, es decir todo el sistema completo, debemos tener una visión sistemática del mantenimiento en forma integral, es decir todo sistema completo, para ello en la siguiente tabla colocamos los hallazgos de nuestros métodos de análisis del sistema de mantenimiento:

CONTROL SATELITAL	MANTENIMIENTO ORGÁNICO MP	DOFA	PARETO	MATRIZ DE EXCELENCIA
Bajo nivel de cubrimiento o seguimiento satelital No hay analista en el sistema de control satelital Retraso en la ejecución del mantenimiento preventivo Transmisión de dato señal operador celular deficiente	Estadística situación de equipo en funcionamiento es alta en los reportes En las unidades o sitio de obra se ajustaría a la realidad reportada? Reportes de situación de equipo estadísticamente e bajo III- IV Escalón	Amenazas: Garantías frecuentes y no atendidas Control de calidad deficientes Resistencia al cambio Empleo de mecánicos empíricos Falta de técnicos en electrónica y diagnóstico Insuficiencia y control de recursos Debilidades: Contratación estatal Seguimiento y Control del presupuesto en la Ejecución Control de calidad en todo el proceso	Sostenimiento básico de mantenimiento en primer nivel o orgánico deficiente Insumos de consumo por desgaste no se llevan a cabo en forma consecuente	Falta evidencia de estrategias Falta administración del recurso humano Falta de planeación Falta de programación No se implementan políticas de desempeño Mala aplicación de la tecnología de la información

Tabla No. 22 Tabla de factores asociados a la problemática de mantenimiento. Fuente los Autores.

Los resultados obtenidos en este estudio implican una cruda realidad con los datos suministrados en las variables tomadas desde el control satelital, el mantenimiento orgánico o básico a nivel de operador, los resultados de la matriz DOFA, el diagrama de Pareto y la matriz de excelencia que afectan todo el sistema de mantenimiento. Los factores aquí asociados van desde el nivel gerencial hasta el nivel operativo.

Asimismo se tiene una percepción que el control satelital es la última panacea de la administración del equipo pero los resultados obtenidos en este estudio desvirtúan totalmente este aspecto.

En cuanto al mantenimiento orgánico básico no se obtienen los mejores resultados impactándolos negativamente posiblemente por la falta de exigencia en la revisión del día a día de los niveles primarios de involucrar a los operadores en este tipo de tareas.

En las áreas de análisis correspondiente a las amenazas y debilidades la percepción general es la incertidumbre de la atención a las garantías después de reparados los equipos relacionada en forma directa con los costos de mantenimiento que impactan negativamente por falta de profesionalización del personal técnico interno y la mala contratación de los externos, asociados también a los largos procedimientos administrativos que tiene la administración pública que ocasiona largos periodos de tiempo de equipos desarmados o diagnosticados a la espera del suministro de los insumos y repuestos dentro de la misma vigencia, que logra que los resultados no son los esperados en cuanto efectividad y rendimiento de producción, para finalmente tener un entorno negativo en el ciclo anual de producción.

Considerados los factores de asociación entre el diagrama de Pareto coinciden en forma sistemática con el control satelital en lo referente al mantenimiento preventivo con el agravante que aparecen diferencias con los resultados obtenidos con los consumibles de trabajo que no son suministrados a tiempo para recambio.

Y finalmente la disponibilidad del pensamiento estratégico tanto en la planeación agrega una pésima administración administrativa que no logra proponer propuestas o líneas de acción para integrar coactivamente los niveles de la estrategia con el campo de operación en el mantenimiento para atender las necesidades en los años siguientes por parte de los ingenieros militares, pero que en forma positiva se registran niveles altos de disponibilidad específicos por el desempeño de los equipos cuyas garantías específicas fueron atendidas por los fabricantes externos y vigencias que se vencieron hacia finales del dos mil catorce.

8. FUENTES DE INFORMACIÓN

8.1 FUENTES DE INFORMACIÓN PRIMARIA

- Anexo D Informe de equipo y herramientas de ingenieros
- Anexo G Informe Periódico de Ingenieros
- Anexo H Informe estado y situación del equipo de ingenieros
- Anexo J Formato para inspección Equipo fijo de Ingenieros
- Directiva Permanente No.0223-2011
- Instalaciones Batallón de Mantenimiento de Ingenieros - Tolemaida

8.2 FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

- Sistema de Administración Logística del Ministerio
- Sección de análisis, movilidad y contra movilidad de equipo
- Sección de planeación conformada para administrar la plataforma tecnológica SAP.PM
- Sección de software de aplicación en administración y planeación

9. ANÁLISIS FINANCIERO

Comprender la importancia de la asignación, ejecución y control del presupuesto como herramienta de planificación y gestión, analizando las mejoras maneras de elaborarlo para ayudar a la gestión financiera con el estudio de las desviaciones y de las medidas correctoras más adecuadas para colocar en práctica.

La función del presupuesto es la de ser el control financiero de la organización, por tanto, su consecuencia es la de ser el proceso de descubrir que es lo que se está haciendo, comparando los resultados con sus datos presupuestales correspondientes para verificar los logros o remediar las diferencias¹⁵.

El control presupuestario deberá desempeñar tanto roles preventivo como correctivos dentro de la organización.

El mejor presupuesto será siempre el que permita la mejor consecución de los objetivos fijados, teniendo en cuenta su aplicación puede variar a lo largo de la existencia de la compañía.

Los presupuestos según la flexibilidad rígidos, estáticos, fijos o asignados, que consiste en un solo plan y no hacer reservas para los cambios que puedan ocurrir durante el periodo para el cual se ha confeccionado.

El presupuesto flexible o variable es el que se elabora para diferentes niveles de actividades y se pueden adaptar a las circunstancias cambiantes del entorno, son dinámicos y adaptativos, pero sin olvidar que son complicados y costosos.

¹⁵ Carlos Carrasco Zújar, Gestión Financiera.

La determinación del lapso que abarcarán los presupuestos dependerá del tipo de operaciones que realice la empresa, y de la mayor o menor exactitud y detalle que se desee, ya que a más tiempo corresponderá una menor precisión y análisis; estos pueden ser a corto plazo, largo plazo y según el campo de aplicabilidad el presupuesto puede ser maestro, intermedio, operativo o de inversiones.

A continuación se muestra la matriz de cálculo presupuestal:

Apoyo o Fuente de Financiación	CALCULOS DE PRESUPUESTO								
	Doctrina		Personal					Material y Equipo	
	Manual del Operador- Mantenimiento - Logística	Lecciones Aprendidas	Capacitación Operadores	Capacitación en Mantenimiento (II -IIIEscalón) Y Mejoras de Mantenimiento	Capacitación en Mantenimiento (III Escalón)	Entrenamiento Virtual (Simuladores)	Hangares de Mantenimiento y almacenes	Aula de Simulación	Repuestos (II -III- IVEscalón)
Marcar con una A o una P (según corresponda)									

Tabla No.23. Matriz de presupuesto. Fuente: LCC-JEING

Como análisis financiero del proyecto se calculan los costos bajo la metodología establecida y solo se mencionara una muestra de cálculo con el fin de tener un ejemplo con valores simulados debido a la clasificación de la información.

Los costos se integran mediante la ciencia de la tero tecnología, LCC (costo del ciclo de vida) con el CMD, (confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad), para obtener información acerca de los activos físicos y su desempeño, la cual debe incluir hechos y tendencias sobre la productividad, costos, disponibilidad, causas

de fallas, funcionamiento, frecuencia y severidad de los tipos de falla, piezas de repuestos usadas, frecuencia de trabajo de los niveles de mantenimiento entre otros¹⁶.

El concepto de costo de ciclo de vida es enfocado en las normas del gobierno británico como tero tecnología, el cual se define en la Norma Británica BS3811 como una combinación de dirección, finanzas, ingeniería, construcción y otras prácticas aplicadas a perseguir el costo de vida económico de los activos físicos Ç(Barringer,2005). A continuación se toma un ejemplo real del ciclo de vida que se aplica financieramente en los ingenieros militares, para este caso se hará con una excavadora:

Costo de Operación de Excavadora	
<u>Valores monetarios en pesos corrientes correspondientes al primer año de operación</u>	
Costo Total Anual de cada Excavadora	Costos Unitarios
Combustibles, lubricantes y/o baterías	\$ 12.240.000
Repuestos	\$ 1.114.483
Mantenimiento	
Materiales y Suministros	\$ 520.000

Tabla No.24 Costos de operación. Fuente LCC-JEING

¹⁶ Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control.

Otros Costos Recurrentes

Valores monetarios en pesos corrientes del primer año de operación para cada Excavadora

	Costos Unitarios
Costo Suscripciones al año (relacionadas con la adquisición)	
Costo estimado Seguros al año	\$ 5.500.000
Tasa estimada de depreciación anual (porcentaje)	5,0%
Costos de Mantenimiento de Equipo Especial de Apoyo a la Misión al año	
Costo de Mantenimiento de Nueva Infraestructura al año	
Costo de Imprevistos al año en operación del equipo	\$ 64.815

Tabla No.25. Costos recurrentes

Costos Mantenimiento no Recurrente

Excavadora

Cifras en precios corrientes.

Tipo de Mantenimiento	Descripción	Año en que se realiza	Cantidad de Equipos	Costo anual del Mantenimiento para cada equipo	Costo Total Anual
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2030	10	97.004.504	\$ 970.045.042
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2031	10	99.914.639	\$ 999.146.394
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2032	10	102.912.079	\$ 1.029.120.786
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2033	10	105.999.441	\$ 1.059.994.409
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2034	5	109.179.424	\$ 545.897.121
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2035	5	112.454.807	\$ 562.274.034
Mantenimiento no Recurrente	Mantenimiento mayor	2036	4	115.828.451	\$ 463.313.804
					\$ -

Tabla No.26 Costos no recurrentes. Fuente: LCC-JEING

IDENTIFICACION DE PROPUESTA DE CAPACIDAD

Nombre de proyecto	Sostenibilidad y Trabajos generales de Ingenieros
Tipo de equipo a adquirir	Excavadora
Cantidad de equipo a adquirir	54
Total Costo Ciclo de Vida	\$ 75.499.411.917
PROPUESTA DE CAPACIDAD	
¿Este equipo hace parte de alguna propuesta de capacidad?	SI
Código de identificación de la propuesta	
Propuesta de Capacidad	Sostenimiento - Trabajos generales de Ingenieros

Tabla No.27 Propuesta de capacidad. Fuente LCC- JEING.

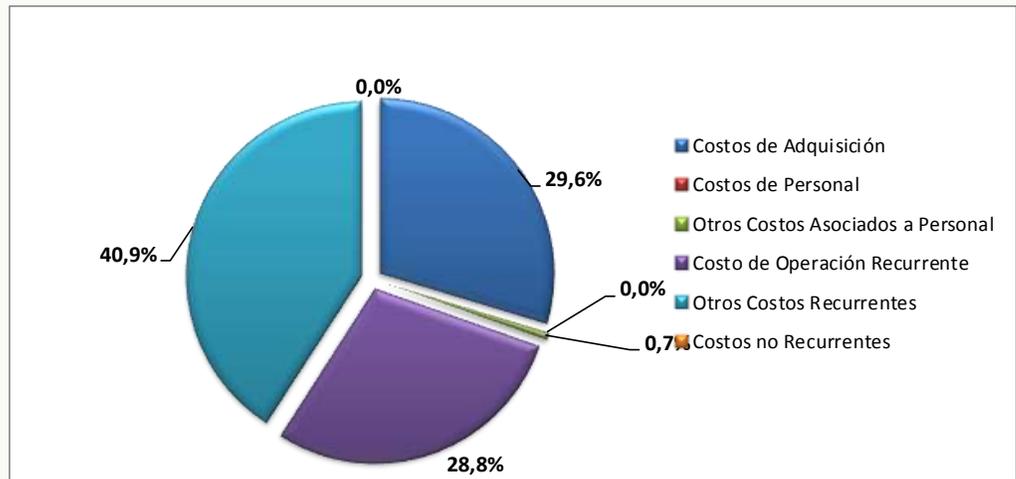
Resumen Costo Total CCV Equipos de Ingenieros

Excavadora

	Total Ciclo de Vida	% Part
Costos de Adquisición	\$ 22.369.500.000	29,6%
Adquisición del equipo	\$ 22.369.500.000	
Nueva infraestructura	\$ -	
Equipo de apoyo/herramientas	\$ -	
Otros Costos:	\$ 53.129.911.917	70,4%
Costos de Personal	\$ -	
Personal	\$ -	
Otros Costos Asociados a Personal	\$ 528.461.432	0,7%
Entrenamiento y capacitación	\$ -	
Dotaciones	\$ 528.461.432	
Costo de Operación Recurrente	\$ 21.737.772.519	28,8%
Combustibles, lubricantes y baterías	\$ 19.087.785.874	
Repuestos	\$ 1.737.991.550	
Mantenimiento	\$ -	
Materiales y Suministros	\$ 810.919.008	
Imprevistos	\$ 101.076.087	
Otros Costos Recurrentes	\$ 30.863.677.966	40,9%
Suscripciones	\$ -	
Seguros	\$ 8.577.027.966	
Mantenimiento equipo de apoyo	\$ -	
Mantenimiento nueva infraestructura	\$ -	
Depreciación anual	\$ 22.286.650.000	
	\$ -	
Costos no Recurrentes	\$ -	
Costos de Instalación	\$ -	
Mantenimiento no Recurrente	\$ -	
Disposición Final del Equipo	\$ -	
Costos Totales	\$ 75.499.411.917	100,0%

Tabla No.28 Costo total. Fuente LCC-JEING

Costo de Ciclo de Vida - 54 Excavadora



Costo de Ciclo de Vida

Grafica No.04- Ciclo de Vida. Fuente LCC-JEING



Grafica No.5 Costos. FUENTE: LCC-JEING.

El costo ciclo de vida en términos financieros establece como lo muestra la gráfica No. 4 y 5, los cálculos de las tablas 24,25,26,27 y 28, en los lapsos de tiempo del 2015 al 2041, que el equipo es sostenible en mantenimiento hasta el año 2021, con una vida útil de producción de siete años y a partir

del octavo año el incremento de sostenimiento es gradual e insostenible en los siguientes catorce años donde los otros costos alcanzan el 70,4 % del costo de funcionalidad del equipo.

10. TALENTO HUMANO

La administración del talento humano consiste en tratar a las personas como recursos organizacionales que deben ser administrados; lo que implica planear, organizar, dirigir y controlar sus actividades ya que se les considera sujetos pasivos de la acción organizacional. De allí surge la necesidad de administrar los recursos humanos para obtener de estos el máximo rendimiento posible¹⁷.

El hombre no es mercancía ni es recurso pero si un bien disponible, solo si un bien disponible, a servir en media llega, del hombre en la diaria brega, aquel es recursos infalible. Todo intento queda vacío. Y a la verdad no se entiende, que el hombre no se vende, ni es recurso el ser humano. Es fiel el hombre a sí mismo, y el recurso es solo un medio. Por eso, sin intermedio, entre ambos hay un abismo¹⁸.

Podría decirse que la administración del recurso humano es el conjunto de políticas y prácticas para dirigir los aspectos de los cargos gerenciales relacionados con las personas o recursos humanos, incluidos el reclutamiento, selección, capacitación, recompensas y evaluación del desempeño.

La gestión del talento humano es contingente y situacional depende de la cultura organizacional o la estructura adoptada a las características del contexto ambiental, el negocio de la organización, la tecnología utilizada, los procesos internos y otras variables.

¹⁷ Gestión de Talento Humano, SENA.

¹⁸ Teodosio Palomino

- **Aspectos fundamentales humanos:**

Los seres humanos están dotados de personalidad propia profundamente diferentes entre sí, cada uno tiene historias distintas y poseen conocimientos, habilidades, destrezas y capacidades indispensables para la gestión adecuada de los recursos organizacionales, gestión adecuada de los recursos organizacionales. Son personas y no son recursos de la organización.

Como actividades inteligentes de los recursos organizacionales. Son los elementos impulsores de la organización, capaces de dotarla de inteligencia, talento y aprendizajes indispensables en su constante renovación y competitividad en un mundo de cambios y desafíos.

El ser humano como socio de la organización es capaz de conducirla a resultados esperados, como organización, esfuerzo, dedicación, responsabilidad, compromiso y riesgos entre otros. La esperanza es recibir retornos de esas inversiones como salarios, incentivos financieros, crecimiento personal en educación, etc. Cualquier inversión solo se justifica cuando trae un retorno razonable. En conclusión las personas son socias activas de la organización y no meros sujetos pasivos.

- **Administrar el cambio**

En los últimos treinta años se han suscitado una serie de cambios sociales, tecnológicos, económicos, culturales y políticos. Estos cambios y tendencias traen

nuevos enfoques más flexibles y ágiles, que se deben utilizar para garantizar la superveniencia de las organizaciones. Los profesionales de la administración de talento humano deben saber cómo enfrentar los cambios si quieren contribuir a su organización, que importen nuevas estrategias, programas, procedimientos y soluciones.

Toda actividad de administración de recurso humano debe ser abierta, confiable y ética.

La formación del talento humano está a cargo de la Escuela de Ingenieros Militares y se remontan a los primeros años de las guerras de independencia y se confunden con los de la Escuela Militar, Academia de Ingenieros Militares regentada por el sabio Francisco José de Caldas en el año de 1814.

Tras la reestructuración del Ejército la Escuela pasa a formar parte del Centro de Instrucción y Entrenamiento CEMIL, en el año 2000. Desde su creación, la Escuela de Ingenieros Militares ha realizado una ardua labor académica dirigida hacia la preparación y capacitación de oficiales, suboficiales y alumnos.

Entre los cursos dictados, sobresalen los siguientes: Capacitación para ascenso (Oficiales y Suboficiales)

- Ingenieros de Combate
- Operadores de Maquinaria y Equipo
- Administración y Empleo del Equipo
- Mantenimiento de I y II Escalón
- Perforación de Pozos Profundos

- Construcciones
- Topografía
- Explosivos aplicados a obras de Ingeniería Civil

Se requiere cambiar ya sea su estrategia, su estructura o sus métodos para sobrevivir en un entorno de competitividad que, a su vez, exige incrementos en la productividad, en la calidad y en la eficiencia.

Se debe realizar una reingeniería para mejorar los métodos de gestión, para lograr mejores resultados en plazos, costos, calidad y alcance, que con los métodos tradicionales no se están consiguiendo¹⁹.

Hipótesis 1: La gente se resiste al cambio

Hipótesis 2: La gente estudia el cambio

En la primera hipótesis es directamente proporcional la respuesta a mayores cambios mayor resistencia a él. En la segunda hipótesis la gente le gusta el cambio, lo acepta y no lo rechaza fácilmente.

Según el autor surgen cuatro propuestas al cambio: el victimario donde el cambio le produce desazón, inconvenientes por no ser capaz de afrontar nuevas formas; otra forma que asume es que este conlleva a despidos y que este estará ahí. En una segunda respuesta surge el espectador que no tiene ninguna opinión formada ni a favor ni en contra, observa cómo se produce pero no participa en él, y según al final se decidirá a favor o en contra. En esta forma surge el tercero conocido como el crítico que se opone al cambio en forma inmediata, dedica todo

¹⁹ Carlos Grolimund

el tiempo a criticar todo lo que conlleva al cambio y trata de arrastrar a los demás, y por último surge el Navegante que es que toma el mando de su nave por convencimiento, profesionalismo o curiosidad y decide adaptarse a l cambio entre ellos algunos piensan que es una oportunidad para ellos.

El talento humano y en especial en mantenimiento tiene una importancia significativa y es bueno preguntarse si el personal con que se cuenta es el más idóneo para asumir la implementación de la gestión de mantenimiento con la implementación de algunas técnicas de apoyo de acuerdo a la necesidad de RCM, TPM, TPR, PMO, entre otras las cuales deben conllevar a hacerse el siguiente cuestionamiento²⁰.

Es necesario que los encargados del talento humano analicen si hay una preparación para iniciar un mejoramiento del programa de mantenimiento existente y en forma integrada con los demás departamentos, planear los requerimientos, evaluar la gestión actual, re direccionar los objetivos y establecer los canales de comunicación con los conocimientos suficientes y habilidades necesarias para satisfacer las nuevas necesidades.

Las posiciones de trabajo se deben redefinir para mejorar la efectividad y eficiencia, las formas tradicionales de limitación en las responsabilidades y requerimientos deben reemplazarse por mayor flexibilidad y alto nivel de habilidades.

²⁰ Pedro E. Silva A, Diplomado en Gestión y control de Mantenimiento, ECCI.

La gente desempeñara con mayor éxito si tiene la capacidad, tiene labores y responsabilidades bien definidas y sabe cada quién lo que se espera de cada persona, tiene las habilidades y el conocimiento así como las herramientas y recursos para hacer su trabajo y recibe comentarios favorables y estímulos por su buen desarrollo.

Es necesario dotar a las personas de habilidades y capacidades para la identificación, análisis y solución de problemas, de tal forma que sepan distinguir que errores pueden ser corregidos por ellas mismas y cuáles deben ser planeados por la dirección²¹. Un ejemplo se muestra en la figura No.12 en el árbol de la realidad futura.

Para planificar un proyecto de mejora en el mantenimiento es importante además del modelo matemático y estadístico contar con el factor humano que involucre su forma de pensar y comportarse, estos elementos tienen una buena influencia en las estimaciones, planificaciones, controles, implementación, seguimientos y en general en todo lo que tiene que ver con la gestión de mejora, para crear modelos de solución de causa efecto se recomienda desarrollar árboles de realidad que representa la solución al anterior²²

²¹ Hernando Mariño, Gerencia de la Calidad

²² Carlos Grolimund, Claves de Gestión

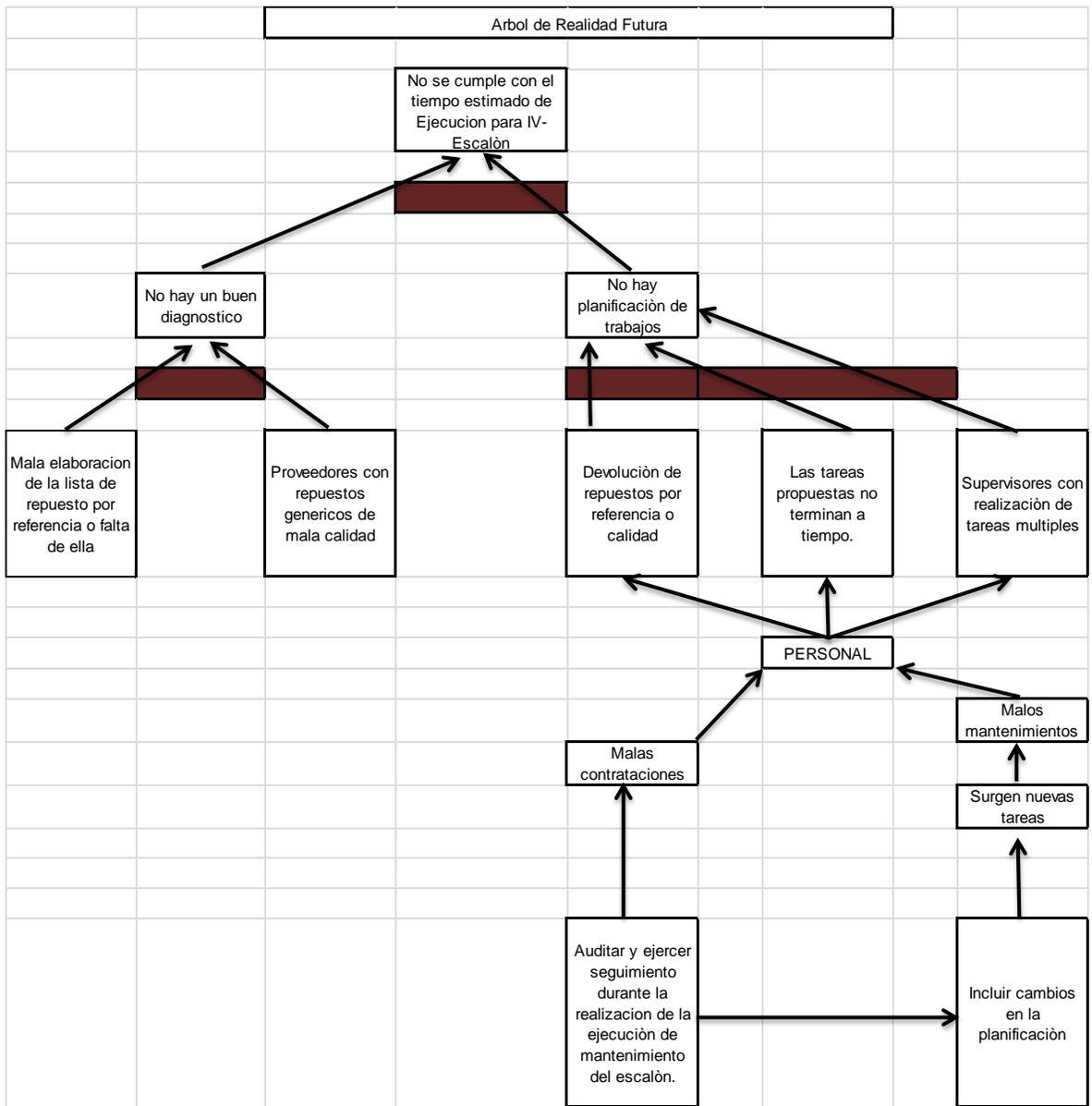


Figura no. 12 Árbol de realidad futura. Fuente los Autores.

11. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este estudio se recolectó información del principal ente rector de los Ingenieros Militares; La Jefatura de Ingenieros por intermedio de la dirección de ingenieros cuya información permitió en el ámbito del mantenimiento preventivo recolectar información en la planeación, control y seguimiento, incluyendo los costos, para los diferentes análisis con la utilización de herramientas descritas en el capítulo de recolección de la información y análisis de datos.

No existe una base de datos confiable que permita establecer la situación real de los equipos, debido a que esta se alimenta con datos que en la mayoría de los casos difiere de la realidad.

El personal en el área de planeación llámese analista, controlador, administrador del equipo, jefe de equipo, demuestran falencias de conocimientos técnicos.

Existe una política y procedimientos de mantenimiento que se encuentra documentada en directivas y manuales de administración y mantenimiento, pero no se aplican en la práctica.

No existe una planeación adecuada que difunda, audite y evalúe, en todos los niveles las normas, procedimientos y funciones de mantenimiento preventivo en los diferentes escalones de mantenimiento.

Existe falencia en los operadores de equipo en su preparación y ejecución de las rutinas diarias del mantenimiento preventivo.

No hay análisis, recomendaciones, informes de los datos arrojados por el monitoreo satelital, que permita establecer una política de gestión en miras de mejorar la operación de los equipos.

No existe un control de calidad eficiente en los trabajos entregados por parte de la unidad encargada de los mantenimientos mayores en el tercero y cuarto escalón.

Las garantías por reclamaciones no son atendidas en forma oportuna y eficiente.

En cuanto a la frecuencia de las fallas hay un punto a favor que no son tan críticas y son controlables gracias a que los equipos son nuevos en un alto porcentaje y su garantía de mantenimiento se cumplió en el presente año.

La administración del equipo en cuanto se refiere a los datos arrojados por la matriz de excelencia son pobres, especialmente en la planeación, las estrategias, y el talento humano entre otras.

Para aterrizar en el tiempo el plan de mejoramiento en mantenimiento se propone que las actividades a desarrollar sobre una escala de tiempos, se le haga seguimiento y control, señalando el estado del trabajo a medida que va progresando por intermedio del diagrama de Gantt.

12. RECOMENDACIONES

Como recomendación se ha propuesto optimizar el plan de mantenimiento preventivo, con parámetros que se enfoquen en una gestión de mantenimiento, iniciando con el plan, que permita crear estrategias con programación, previsión, reparación y oportunidades de mejora, que integren sistemáticamente y coherentemente etapas de crecimiento, con una buena administración como valor agregado a la organización con calidad y compromiso del personal.

Es necesario que la gestión financiera, en la asignación y ejecución de los recursos, se le haga seguimiento, con un análisis serio, que permita tomar decisiones de mejora y buenas prácticas de ejecución y control con objetivos claros hacia un mantenimiento más confiable a menores costos.

En la capacitación y preparación técnica del talento humano involucrado en la planeación, administración y ejecución, implementar el programa misional, de apoyo y aprendizaje, con su verificación permanente y paralelamente actualizar, difundir y retroalimentar la doctrina de mantenimiento en todos sus aspectos.

Utilizar como apoyo y ventaja competitiva la central de monitoreo satelital en sus virtudes de localización, horas de trabajo, consumos, planificación de mantenimiento entre otros y la correcta implementación del módulo SAP-PM, como aporte a la gestión de mantenimiento en el procesamiento de datos para el seguimiento y control de los equipos en cuanto a los planes de mantenimiento y historiales técnicos, que contribuyan a la toma de decisiones, para transformar, exigir y cumplir expectativas con responsabilidad en todas las personas involucradas en el sistema.

Implementar el mantenimiento planeado en forma proactiva, con estrategias claras y prácticas, con políticas definidas teniendo en cuenta las ordenes de trabajo, el seguimiento y levantamiento de las fallas, las inspecciones permanentes utilizando la información estadística con la auditoria en todos los escalones de mantenimiento.

Elaborar la proyección del plan de mantenimiento con periodicidad mínima de cinco años, con los costos integrales de repuestos, mano de obra, herramientas, capacitaciones, controles siempre y cuando se lleve la planeación de los equipos en los PMS correspondientes.

Imprimir los indicadores de mantenimiento para seguimiento y evaluación.

13. BIBLIOGRAFÍA

Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento, planeación, ejecución y control, Editorial Alfa omega, 2012

Carlos Grolimund, Claves de gestión de proyectos, FC editorial, 2014

Carlos Carrasco Lujas, Gestión financiera, Ediciones de la U, 2014

David a Whetten, Desarrollo de habilidades directivas, Editorial. Pearson, 2011

Francisco Javier González Fernández, Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión.

Francisco Javier González Fernández, Mantenimiento Industrial Avanzado, 4ta Edición.

Hernando Mariño, Gerencia de la calidad total, Tercer mundo editores, 1991

Humberto Serna Gómez, Gerencia estratégica, Editores 3R, 2014

Juan Pablo Rodríguez Barragán, Ingenieros Militares Bicentenario, 2014

Juan Velasco Sánchez, Gestión de proyectos en la empresa, Editorial Pirámide, 2013.

Jesús Mauricio Beltrán Jaramillo, Indicadores de gestión, Editores 3R, 2013.

Keith Lockyer, Control de Calidad y Producción Industrial, 1990

Luis Felipe Paredes Cadena, Ingenieros Militares en Colombia, 200 años,2010

Manual de Mantenimiento Preventivo del Equipo de Ingenieros EJC-4-107

Stephen R. Covey, Los siete hábitos de la gente, Editorial Paidós, 2013

Sitech Soluciones Avanzadas, Visión Link, programa de entrenamiento, 2013

14. CIBERGRAFIA

Modelo Gerencial de Mantenimiento. www.noria.com/sp/conferencia.asp.

Teoría de mantenimiento. <http://www.monografias.com/trabajos>

Gestión de mantenimiento. <http://www.mantenimietnomundial.com>

Control y evaluación de la gestión del mantenimiento. <http://www.cujae.edu.cu>.

15. TABLAS

1. Generaciones de mantenimiento
2. Cuarta generación de mantenimiento
3. Administración del mantenimiento
4. Equipos monitoreados por el sistema
5. Situación de equipos años 2012-2013
6. Muestreo control mantenimiento año 2013
7. Muestreo control de mantenimiento
8. Situación equipos en línea de servicio
9. Acrónimo matriz de impacto DOFA
10. Tabla relación de equipos
11. Muestreo reporte de fallas
12. Causas de fallas
13. Clasificación de fallas
14. Relación muestreo Pareto
15. Porcentaje de fallas y frecuencias
16. Matriz de excelencia Pete Mc. Crury
17. Resumen porcentual utilización equipo
18. Matriz de impactó DOFA
19. Matriz de resultados DOFA
20. Clasificación de análisis matriz de excelencia
21. Procedimientos a desarrollar en SAP
22. Tabla de factores asociados, problemática de mantenimiento
23. Matriz de presupuesto

- 24. Costos de operación
- 25. Costos recurrentes
- 26. Costos no recurrentes
- 27. Propuesta de capacidad
- 28. Costo total

16. GRAFICAS

1. Disponibilidad de mantenimiento
2. Pareto
3. Matriz de excelencia
4. Ciclo de vida
5. Costos Ciclo de vida

17.FIGURAS

1. Organización y clasificación mantenimiento preventivo
2. Propuesta de solución
3. Propuesta mejora plan de mantenimiento
4. Propuesta control presupuestario Dossier
5. Habito como capacidad de cambio
6. Propuesta talento humano
7. Propuesta talento humano-doctrina
8. Propuesta control monitoreo satelital
9. Propuesta roles para el monitoreo satelital
10. Control SAP, núcleo de mantenimiento
11. Ciclo SAP-PM en mantenimiento
12. Árbol de realidad futura

18. ANEXO - GLOSARIO

Anormalidad: Síntomas o señales que presenta una máquina o un lugar de trabajo, que se desvían de una condición ideal establecida.

Avería: Es la detención de la función básica de la máquina que requiera un cambio de un elemento o una reparación para restablecerla.

Criticidad: Criterio usado para priorizar equipos que por su función y mantenibilidad requieren diferentes tipos de atención por parte de mantenimiento.

Curva de la Batea: Es una curva que muestra una probabilidad de falla, es lo que se conoce como mortalidad infantil. Luego de la probabilidad de falla en el equipo (componente o parte) disminuye hasta un punto donde se mantiene igual por un tiempo determinado, período donde las fallas que se producen son aleatorias, hasta llegar a otro punto donde nuevamente la probabilidad de falla comienza a aumentar.

Deterioro: Es un fenómeno físico inevitable, que ocurre en las máquinas, generando por las operaciones normales de producción.

Deterioro Natural: Es un fenómeno físico natural, que ocurre en las máquinas, generando por las operaciones normales de producción.

Deterioro Forzado: Cuando en la máquina, no se cuidan las condiciones básicas, el deterioro de la misma se acelera y se genera anomalías y averías.

Mantenimiento: Según la norma francesa AFNOR 60.010 se define como el conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien a un estado especificado o en capacidad de asegurar un servicio determinado.

Presupuesto: Es el cálculo anticipado de los ingresos y de los gastos de una actividad económica ya sea personal, familiar, de un negocio, una empresa, una oficina o un gobierno, durante un periodo de tiempo, por lo general en forma anual. Será la concreción numérica de la planificación estratégica.