

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Centro de Investigaciones de Soldadura

TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de Indicadores para el Control del Mantenimiento de los Equipos Especiales del Aeropuerto Abel Santamaría

Autor: Daniel Alejandro Quintero Rodríguez

Tutores del trabajo: Dr. C. Arnaldo Manuel Herrera Artiles

Ing. Miguel Ángel Campos Ramírez

Santa Clara , junio 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



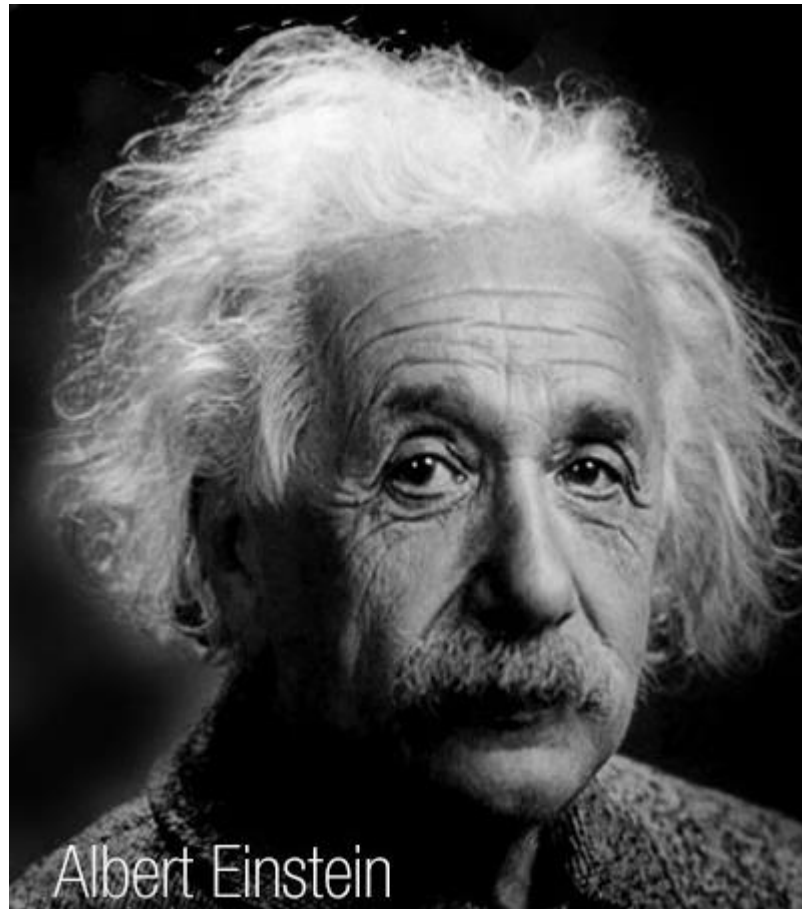
Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento

“En los momentos de crisis solo la imaginación es más importante que el conocimiento”



Dedicatoria

En especial a mi madre y mi padrastro que fueron el motor impulsor a que este sueño se realizara apoyándome en los momentos más difíciles de mi carrera y a todos mis seres queridos que estuvieron implícito de forma directa e indirectamente en el paso de estos años por la universidad; como mi padre, tíos y amigos.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todos lo que de una forma u otra hicieron
posible la realización de este trabajo de Diploma en especial:

A mi madre y mi padrastro por haberme guiado a convertirme en profesional.

A mi padre por su apoyo constante.

A mi novia por ser mi apoyo del día a día.

A mis amigos y compañeros de estudio por hacerlo todo más fácil.

A mi tutor por brindarme todo sus conocimientos.

A todo el colectivo de trabajadores del aeropuerto que me brindaron su ayuda,
en especial a Campo.

Resumen

RESUMEN

En el trabajo se hace un análisis de las diferentes vías para evaluar la gestión del mantenimiento y en partículas de los diversos indicadores utilizados y de las políticas de mantenimiento aplicadas a los equipos especiales de apoyo en tierra a los aviones en aeropuertos, dando como resultado que la totalidad de los autores y los fabricantes coinciden en el Mantenimiento Preventivo Planificado. Se describen las características, funciones y otras particularidades del parque de equipos especiales y se hace un análisis del estado de la gestión del mantenimiento de los equipos especiales en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado y de la documentación y registros de información, a partir de la Normativa ``Explotación, Mantenimiento y Reparación de los Equipos Especiales y el Transporte`` de ECASA S.A. Se pone de manifiesto que solo se evalúa el mantenimiento por el indicador de "Coeficiente de Disponibilidad Técnica". Finalmente se recomienda un grupo de indicadores a aplicar.

ABSTRACT

In the work an analysis is made of the different ways to evaluate the management of maintenance and particulate of the various indicators used and the maintenance policies applied to special ground support equipment for aircraft in airports, resulting in All the authors and manufacturers coincide in the Planned Preventive Maintenance. The characteristics, functions and other characteristics of the special equipment fleet are described and an analysis is made of the state of the maintenance management of the special equipment at the Abel Santamaría Cuadrado airport and of the documentation and information records, based on the Regulations `` Operation, Maintenance and Repair of Special Equipment and Transport" of ECASA SA It is clear that only maintenance is evaluated by the "Technical Availability Coefficient" indicator. Finally, a group of indicators to apply is recommended.

Índice

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I	5
Fundamentos teóricos sobre el mantenimiento de equipos especiales en aeropuertos y su evaluación	5
1.1. Introducción	5
1.2. Gestión del mantenimiento	6
1.2.1. Etapas de la Gestión del Mantenimiento	6
1.3. Documentación del mantenimiento.....	9
1.3.1. Ficha Técnica.....	9
1.3.2. Orden de trabajo.....	10
1.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento	11
1.4.1. Indicadores de mantenimiento	11
1.4.2. Auditoría de mantenimiento	21
1.5. Criterios sobre el mantenimiento en equipos especiales de aeropuertos	22
1.6. Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)	25
Capítulo II.....	29
La Gestión del Mantenimiento en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado en los equipos especiales	29
2.1. Introducción	29
2.2. Descripción del parque de Equipos Especiales y sus fabricantes	30
2.2.1. Descripción de las características de los equipos especiales del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado	31
2.3. El mantenimiento de los equipos especiales en la empresa	33
2.3.1. Documentación técnica.....	34
2.3.2. Historial de equipos	35
2.3.3. Seguimiento de órdenes de trabajo	36
2.4. Distribución presupuestaria.....	36
2.5. Planificación y programación de las actividades de mantenimiento	37
2.6. Control de materiales y repuestos	38
2.7. Control de costos de mantenimiento	39
2.8. Indicador de la gestión de mantenimiento del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado.....	39
2.9. Control en la recepción	40
Capítulo III.....	42
Análisis y propuesta de indicadores para la evaluación del mantenimiento en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado	42
3.1. Introducción	42
3.2. Análisis de posibles indicadores de mantenimiento a implementar	43

Introducción

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los aeropuertos cuentan con una gama amplia de servicios y actividades como asistencia a pasajeros que comprende la atención a los clientes desde el momento en que llegan al aeropuerto hasta que entran en el avión y donde la tripulación del vuelo está a su disposición.

Otra de ellas es la asistencia de equipajes y cargas que da un tratamiento al equipaje de los pasajeros, así como de la carga que lleva el avión trasladándola desde la terminal al mismo y viceversa.

El servicio de asistencia en rampa es uno de los más imprescindibles e importantes, es denominado en ocasiones como la asistencia que se realiza al avión en tierra donde cada aeronave demandan un sin fin de necesidades para poder operar en el aire.

La asistencia en rampa es toda una actividad de servicio que se realiza mientras que la gran mayoría de pasajeros abordan, desabordan y recogen su equipaje sin darse cuenta que pasa, es un conjunto de acciones alrededor del avión que se enmarca en el movimiento, acercamiento, posicionamiento y acoplamiento (de los equipos especiales) que se utilizan para asistir un avión mientras está en rampa. Según el tipo de avión este procedimiento debe realizarse cumpliendo normas de seguridad para la protección mientras se vela por la seguridad del personal de asistencia basado en las normas del aeropuerto; este servicio no es posible sin buen estado técnico de los equipos garantizado por una adecuada gestión del mantenimiento para reducir a un mínimo los perjuicios que ocasiona algún desperfecto en los equipos, pues la práctica demuestra que no existen instalaciones, maquinas o equipos que estén libres de fallas a lo largo de su vida útil.

La gestión del mantenimiento es responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada, los costos referidos a los mismos y las actuaciones con las que la dirección de una organización sigue una política determinada.

Para los equipos especiales en aeropuertos la gestión del mantenimiento se enfoca en el buen estado de los equipos para mantener una adecuada seguridad operacional, para ello, los equipos deben ser mantenidos mediante un programa de mantenimiento preventivo que

evite posibles fallos o detecte los existentes, generalmente para estos equipos se considera en primer lugar las recomendaciones de los fabricantes del equipo.

La base de todo mantenimiento preventivo comienza con el Chequeo Diario del equipo y su aseguramiento es el mantenimiento cada determinado volumen de trabajo (horas de operación).

En la actualidad el área de explotación y mantenimiento de equipos especiales en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado se enfoca en lograr y mantener un adecuado control sobre la explotación y una adecuada gestión del mantenimiento y reparación de los equipos especiales, con exigencia y calidad en la realización de las distintas acciones técnicas, para lograr niveles superiores de satisfacción del cliente, haciendo posible alcanzar mejores índices de eficacia y eficiencia de la empresa.

La dirección y control de la explotación, y el mantenimiento y reparación de los equipos especiales, se sustentan principalmente en la realización de una serie de operaciones establecidas en un flujo tecnológico, el cual contribuye a que los servicios de mantenimiento y reparación se lleguen a ejecutar con la calidad requerida, dando cumplimiento a la vez a un conjunto de reglamentos, resoluciones y decretos emitidos por el Instituto de la Aeronáutica Civil de Cuba (IACC), Ministerio del Transporte (MITRANS) y Ministerio del Interior (MININT), los que en su conjunto están dirigidos a lograr los niveles de disponibilidad técnica normados o superiores de los equipos, así como la eficaz y eficiente prestación de los servicios a las aeronaves en tierra que se traducirán en satisfacción de los clientes (pasajeros).

Sin embargo, el sistema de control establecido por todo ese sistema de reglamentos, decretos y resoluciones no considera medios o sistema de evaluación de los procesos de mantenimiento por área específica para la evaluación del mantenimiento, solo considera como indicador, el “Coeficiente de Disponibilidad Técnica” (“D”) general de los equipos, lo cual no permite tener elementos de cómo y con cuanto se logra esa disponibilidad.

Como en toda actividad y en particular el mantenimiento, se hace necesario lograr, no solo altos niveles de indicadores de disponibilidad técnica, sino también hacerlo con mínimos costos directos e indirectos globales y específicos, así como otras variables específicas que

permitan el perfeccionamiento y mejora progresiva de la gestión en áreas y aspectos específicas que contribuyan a la eficacia y eficiencia global de la organización empresarial.

Problema técnico a resolver

¿Qué indicadores proponer para evaluar y controlar de la gestión del mantenimiento de los equipos especiales en el Aeropuerto “Abel Santamaría Cuadrado”?

Hipótesis

Si se hace una caracterización y análisis de la gestión del mantenimiento al parque de equipos especiales del Aeropuerto “Abel Santamaría Cuadrado”, es posible proponer indicadores para la evaluación y mejora de la gestión del mantenimiento.

Objetivo general

Elaborar una propuesta de indicadores para controlar la gestión del mantenimiento de los equipos especiales en el Aeropuerto “Abel Santamaría Cuadrado”

Objetivos específicos

1. Desarrollar el marco teórico referencial sobre el tema mediante la recopilación y consulta de la bibliografía relacionada con el mismo.
2. Estudiar la situación actual de la gestión del mantenimiento y reparación de los equipos especiales en el Aeropuerto “Abel Santamaría Cuadrado” de Villa Clara, identificando las deficiencias fundamentales.
3. Elaborar una propuesta de Indicadores de Mantenimiento para el parque de equipos especiales del Aeropuerto “Abel Santamaría Cuadrado” que permita la evaluación y mejora de la gestión del mantenimiento.

Capítulo I

Capítulo I

Fundamentos teóricos sobre el mantenimiento de equipos especiales en aeropuertos y su evaluación

1.1. Introducción

Los equipos de apoyo en tierra en los aeropuertos están destinados a asistir a los aviones en las zonas de puertas de acceso a las terminales. Estos equipos garantizan las operaciones de alimentación en tierra, movilidad del avión, operaciones de traslado de pasajeros, carga del equipaje y otras funciones de carga e higienización (TECHNOLOGIES, 2018).

Los aeropuertos como muchas otras organizaciones necesitan desarrollar la gestión del mantenimiento a las instalaciones y los activos, que garantice su utilidad y seguridad operacional para la continuidad del negocio y los servicios (International, 2013). Entre esos activos se encuentran los equipos especiales de apoyo en tierra, los cuales son determinantes en la calidad y eficiencia de la gestión global de la empresa aeroportuaria y en particular del servicio al viajero.

La **gestión del mantenimiento** forma parte de la gestión empresarial en todas las organizaciones empresariales tanto de producción como de servicios, a nivel mundial, por lo que en los aeropuertos se ven implícitos de igual forma el ciclo básico de **planificación, organización, ejecución, control**.

Es conocido que el desarrollo de la gestión del mantenimiento en los diferentes países depende del desarrollo del mismo y/o de desarrollo de las empresas existentes en estos. De esta manera, de forma general los países del tercer mundo están marcados por su subdesarrollo y por las limitaciones en la adquisición de las tecnologías más avanzadas. Sin embargo, en la actividad aeroportuaria que presta servicios internacionales, con independencia de las condiciones del país, es obligatorio cumplir con un grupo de requisitos técnicos, de seguridad, etc. establecidos internacionalmente y por las líneas aéreas que lo aceptan como destino regular.

1.2. Gestión del mantenimiento

El mantenimiento garantiza la fiabilidad, potencia y productividad de las instalaciones y el equipo (Navarrete Pérez and González Martín, 1999).

Según (Donayre Velazco, 2014) un sistema de gestión es un conjunto de elementos ligados entre sí y que sirven para establecer las políticas y objetivos que estén orientados a alcanzar la continua mejora en la búsqueda de beneficios para la empresa.

Según (Sirena et al., 2009) “La gestión del mantenimiento busca potenciar el planeamiento de mantenimiento de los equipos de la empresa, con los aportes realizados a los diferentes tipos de mantenimiento, luego del análisis a los procedimientos y acciones realizados (historial de la maquina). La gestión del mantenimiento de alguna manera busca aumentar la productividad de la empresa al aumentar los niveles de disponibilidad de sus equipos y reducir sus costos de mantenimiento, entre otros aspectos importantes.

1.2.1. Etapas de la Gestión del Mantenimiento

La gestión del mantenimiento como ya se ha expuesto comprende cuatro etapas, las que se desarrollan en adecuado orden, figura 1.1.

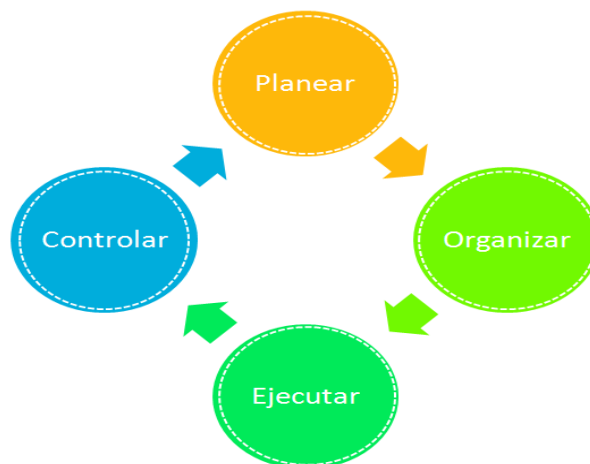


Figura 1.1. Etapas de la Gestión del Mantenimiento.

Planificación del mantenimiento

Según (Navarrete et al., 1998) la planificación debe dar respuesta a la preguntas: ¿Cuándo hacerlo? y ¿Con qué y con quién hacerlo? Esta fase determina las acciones de

mantenimiento (Preventivo, Predictivo, etc.) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), así como se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo.

Según (Borroto Pentón, 2005) la planificación del mantenimiento no es más que el conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad.

(Rodríguez Machado, 2012) concuerda con la definición dada anteriormente agregando que la planificación debe cubrir los siguientes aspectos:

- Planes de mantenimiento.
- Manejo de repuestos y partes.
- Recursos Humanos.
- Manejo de contratistas.
- Recursos físicos.
- Recursos financieros.

La planificación del mantenimiento incluye el análisis de recursos necesarios para la realización del mantenimiento y las oportunidades de satisfacer necesidades del mismo.

Organización del mantenimiento

La organización no es más que el patrón de formas en que una cantidad determinada de personas están dedicadas a una compleja serie de labores y combinan sistemática y conscientemente sus esfuerzos individuales, para lograr un fin conocido (Heber González, 1984).

La organización del mantenimiento está encaminada a dar respuestas a ¿Qué hacer? y ¿Cómo hacerlo?, para ello se vale de dos fases: la primera es la organizativa en la cual se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de la estructura, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación; la segunda fase es la preparatoria donde se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), documentación, instalaciones, etc.(Navarrete et al., 1998).

(Rodríguez Machado, 2012) afirma que la organización identifica las actividades básicas u orgánicas que se deben ejecutar y organiza todo el trabajo en torno a ellas. Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable, los recursos con la finalidad de optimizarlos.

En la organización del mantenimiento tanto (Navarrete et al., 1998) como (Rodríguez Machado, 2012) coinciden en que esta identifica y organiza el conjunto de actividades que se deben realizar para lograr una correcta ejecución del mantenimiento.

Ejecución del mantenimiento

La ejecución, que tiene lugar una vez que se ha completado la elaboración lógica del plan, por lo general se realiza sin programación o con una programación deficiente, presentándose dificultades tales como:

-Interferencias y desorganizaciones que disminuyen la productividad del trabajo. - Encarecimiento del trabajo al utilizar más recursos que los necesarios.

Producto de estos factores (Navarrete et al., 1998) plantea que los principios básicos para una buena ejecución sean los siguientes:

- Precisar con claridad cada uno de los trabajos a realizar.
- Se establezcan las fechas de comienzo y culminación de cada trabajo.
- El balance de las cargas y capacidades sea dinámico.
- Existencia de retroalimentación constante con la dirección técnica o de ingeniería.
- Necesidad que exista una programación flexible a la cual se pueden incorporar los cambios que se produzcan por la operatividad del trabajo.

La ejecución se puede realizar de dos formas: por medios propios o por la contratación del mantenimiento. Para ejecutar el mantenimiento por medios propios la empresa debe disponer de personal calificado y de los recursos materiales que se necesitan para desarrollar las labores.

Son varios los autores que han tratado el tema de la contratación de mantenimiento, analizando los pros y los contras de la tercerización y tienen en cuenta que la contratación o no del mantenimiento se desarrolla a través un proceso de toma de decisiones estratégicas.

Control del Mantenimiento

Para el cumplimiento exitoso de un sistema de control se debe partir de la definición del objetivo del control y posteriormente establecer el objeto de control, los puntos de control, las técnicas de control a utilizar, el tipo de control y los medios e instrumentos de control a utilizar (Sánchez Sánchez, 1999).

Cuando el objeto de control es la organización del mantenimiento deben controlarse la planificación y la ejecución del mismo, de manera que el control empieza desde el momento en que es recibido el programa o un requerimiento de mantenimiento, incluyendo la preparación del trabajo, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo, luego de la ejecución de las tareas concretas. Las órdenes de trabajo son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad de mano de obra y equipos que posea, etcétera (Borroto Pentón, 2005).

1.3. Documentación del mantenimiento

La documentación del mantenimiento es de gran utilidad ya que ella garantiza la información del desempeño de las maquinas o equipos dentro de la industria y el modelo de mantenimiento que se le aplica, además es la información que ayuda para la toma de decisiones (Neto and Edwin, 2008).

1.3.1. Ficha Técnica

Según (Empre, 2003) la ficha técnica del equipo o maquina no es más que el Documento donde se reflejan datos del equipo o máquina, tales como código, fabricante, fecha de entrada en la empresa, fecha de fabricación, descripción, situación en el almacén y otros datos de interés, como número de serie, etc.

Se recogen aquí, además, datos de contacto de las personas que suministraron el equipo, representantes de la zona, etc., que pudieran ser de interés ante cualquier avería o consulta. Existe una Ficha Técnica para cada equipo o máquina bajo mantenimiento.

Además de la ficha técnica, el Responsable de Mantenimiento archiva otros documentos relacionados con el equipo o máquina, como pueden ser catálogos, manual del usuario, esquemas de funcionamiento, instrucciones de uso, medidas preventivas a tomar para evitar riesgos sobre las personas y material, etc.

1.3.2. Orden de trabajo

Es un registro que se elabora con el fin de aceptar una solicitud de servicio para la ejecución de un mantenimiento, en el que se especifica el trabajo a realizar, detalles sobre repuestos y mano de obra y no requiere de formalidades plenas (Pontificia, 2012).

La orden de trabajo es considerado el documento más importante en la gestión del mantenimiento para la recopilación de información de gran utilidad y sin la cual no es posible la toma de decisiones acertadas (Tavares, 1999).

Según (Pontificia, 2012) las condiciones generales para la ejecución de las ordenes de trabajos son.

- Las ordenes de trabajo podrán presentar un cambio de alcance posterior a la visita técnica realizada por el recurso asignado, para ello se deberá determinar el tiempo real de ejecución de la orden y los materiales necesarios adicionales para la ejecución adecuada del trabajo.
- Es responsabilidad de los coordinadores supervisar que la información consignada en las órdenes de trabajo incluya el detalle de ejecución, cambio de alcance de los trabajos y particularidades encontradas en el activo. Debe ser procesada en la Oficina de Administración de Campus para su consolidación y clasificación. A su vez esta documentación servirá de insumo para el análisis de mantenimientos repetitivos y preventivos.
- Es responsabilidad de los coordinadores la supervisión de la ejecución de los mantenimientos.

- Cuando por alguna circunstancia no se ejecute la orden de trabajo programada, le corresponde al técnico informar al coordinador las causas correspondientes, para definir la fecha de reprogramación y detalles de la misma.
- Para el cierre de servicios de mantenimiento por garantía, el proveedor deberá entregar al Coordinador de la Oficina de Administración del campus, el activo reparado junto con el formato de entrega a satisfacción, adicionalmente, se pueden hacer anotaciones en la orden con respecto al resultado de la reclamación de garantías.

1.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento

La Gestión del Mantenimiento tiene dos métodos fundamentales para su evaluación donde recoge todos los aspectos para su control y a la vez velan sobre el buen funcionamiento del mismo, los cuales se exponen a continuación:

- Medición de resultados a partir de cálculos y análisis de *indicadores de mantenimiento*.
- Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de *auditorías*.

Estas dos formas para la evaluación de la gestión del mantenimiento son muy amplias y tienen implícita una gran serie de requisitos para su aplicación, cada una con características distintas, ventajas y desventajas sin ser una menos importante sobre la otra. Donde abordaremos sobre ellas en los siguientes sub-epígrafe.

1.4.1. Indicadores de mantenimiento

Según (Cruz and Pérez, 2001) Los indicadores de mantenimiento es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo-calidad y plazos.

Los indicadores son elementos del sistema de control de gestión, proporcionan información significativa sobre aspectos críticos o claves de una organización mediante la relación de dos o más datos (Díaz and Guayara, 2008).

Categorización de los indicadores a nivel internacional

Los indicadores son muy diversos por lo que se clasifican de varias formas y en distintos grupos:

Según (Tavares, 1999), enriquecido luego de conjunto con Calixto y Poydo (Tavares et al., 2005), plantean una serie de indicadores que son divididos en cuatro grupos fundamentales.

1. El primer grupo y más importante es el de los llamados “**índices de clase mundial**”, nombrados de esta forma por emplearse mundialmente con las mismas siglas y coincidir varios autores con su definición y su grado de importancia en las empresas. De los seis “índices clase mundial”, cuatro son los que al Análisis de la gestión de Equipos y dos a la gestión de Costos.

Según (Lourival, 2000) los indicadores clasificados como clase mundial son:

TMEF: Tiempo Medio Entre Fallas: Relación entre el producto del número de ítems (NOIT) por sus tiempos de operación (HROP) y el número total de fallas detectadas en esos ítems (NTMC), en el periodo observado.

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMC} \quad 1.1$$

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

TMPR: Tiempo Medio Para Reparación: Relación entre el tiempo total de intervenciones correctivas en un conjunto de ítems con falla (HTMC) y el número total de fallas detectadas en esos ítems (NTMC), en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC} \quad 1.2$$

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

TMPE: Tiempo Medio Para la Falla: Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables (HROP) y el número total de fallas detectadas en esos ítems (NTMC), en el periodo observado.

$$TMPF = \frac{\sum HROP}{NTMC} \quad 1.3$$

Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

DISP: Disponibilidad de Equipos: Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (HCAL) (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado (HTMN) y el número total de horas del periodo considerado (HCAL).

$$DISP = \frac{\sum(HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} * 100 \quad 1.4$$

Este índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos.

CMFT: Costo de Mantenimiento por Facturación: Relación entre el costo total de mantenimiento (CTMN) y la facturación de la empresa en el periodo considerado (FTEP).

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100 \quad 1.5$$

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son normalmente procesados por el órgano de contabilidad de la empresa.

CMRP: Costo de Mantenimiento por Valor de Reposición: Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo (CTMN) y el valor de compra de un equipo nuevo (VLRP) (valor de reposición).

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100 \quad 1.6$$

Este índice debe ser calculado para los ítems más importantes de la empresa (que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o al medio ambiente), ya que como fue indicado, es personalizado para el ítem y utiliza valores acumulados, lo que

torna su procesamiento más demorado que los demás, no justificando de esta forma ser utilizado para ítems secundarios.

Los resultados deben ser acompañados por gráficos lineales o de superficie, con la indicación de su variación, por lo menos los últimos doce meses.

2. Los relativos a los “**costos de mantenimiento**”.

Según (Lourival, 2000) los indicadores de costos de mantenimiento son:

CCMN: Componente de Costo de Mantenimiento: Relación entre el costo total del mantenimiento (CTMN) y el costo total de la producción (CTPR).

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} * 100 \quad 1.7$$

El costo total de la producción incluye: los gastos directos e indirectos de ambos órganos (operación y mantenimiento), incluso la respectiva facturación cesante.

PERC: Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos: Relación entre el trabajo en mantenimiento programado (TBMP) y el costo de mantenimiento por facturación (CMFT).

$$PERC = \frac{TBMP}{CMFT} \quad 1.8$$

Este coeficiente indica la influencia de la mejora o deterioro de las actividades de mantenimiento bajo control, con relación al costo de mantenimiento por facturación.

CRPP: Costo relativo con personal propio: Relación entre los gastos con mano de obra propia (CMOP) y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado (CTMN).

$$CRPP = \frac{\sum CMOP}{CTMN} * 100 \quad 1.9$$

CRMT: Costo relativo con material: Relación entre los gastos con material (CMAT) y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado (CTMN).

$$CRMT = \frac{\sum CMAT}{CTMN} * 100 \quad 1.10$$

CMOE: Costo de Mano de Obra Externa: Relación entre los gastos totales de mano de obra contratada (licitadas a otras empresas, o cedidas por otras áreas de la misma empresa) (CMOC) y los gastos totales de mano de obra utilizada en los servicios (CMOP), en el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum (CMOC + CMOP)} * 100 \quad 1.11$$

Este índice puede también ser calculado como: la relación entre los gastos con mano de obra contratada (CMOC) y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado (CTMN).

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{CTMN} * 100 \quad 1.12$$

En el cálculo de este índice, pueden ser considerados todos los tipos de contratos: globales de mano de obra y otros.

IMRP: Inmovilizado en Repuestos: Relación entre el capital inmovilizado en repuestos (CIRP) y el capital invertido en equipos (CIEQ).

$$IMRP = \frac{\sum CIRP}{\sum CIEQ} * 100 \quad 1.13$$

Debe ser dada especial atención en el cálculo de este índice, para considerar los repuestos específicos y parte de los no específicos, utilizados en los equipos bajo la responsabilidad del área de mantenimiento, siendo un índice que generalmente se torna difícil de calcular, debido al establecimiento de esta proporcionalidad.

CMVD: Costo de Mantenimiento por Valor de Venta: Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo (CTMN) y el valor venta de ese equipo (VLVD).

$$CMVD = \frac{\sum CTMN}{VLVD} * 100 \quad 1.14$$

3. El relativo a “la gestión de equipos”

Según (Lourival, 2000) los indicadores para la gestión de equipos son:

TPEP: Tiempo medio Entre Mantenimientos Preventivos: Relación entre el producto del número de ítems (NOIT) por sus tiempos de operación (HROP), con relación al número total de intervenciones preventivas (NTMP), en el período observado.

$$TPEP = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMP} \quad 1.15$$

TPMP: Tiempo medio Para Intervenciones Preventivas: Relación entre el tiempo total de intervenciones preventiva en un conjunto de ítems (HRMP), y el número total de intervenciones preventivas en esos ítem (NTMP), en el periodo observado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP} \quad 1.16$$

TXFO: Tasa de Falla Observada: Relación entre el número total de ítems con falla (NTMC), y el tiempo total acumulado durante el cual este conjunto fue observado (HROP).

$$TXFO = \frac{NTMC}{\sum HROP} \quad 1.17$$

Este índice, debe estar asociado a: intervalos de tiempo, condiciones particulares especificadas y; el tiempo total acumulado, deberá ser la suma de todos los intervalos de tiempo, durante los cuales cada ítem, de manera individual, quedó sujeto a las condiciones específicas de funcionamiento.

TXRP: Tasa de Reparación: Relación entre el número total de ítems con fallas (NTMC), y el tiempo total de intervenciones correctivas en esos ítems (HRMC), en el periodo observado.

$$TXRP = \frac{NTMC}{\sum HRMC} \quad 1.18$$

NCFM: No conformidad de mantenimientos: Relación entre el total de mantenimientos previstos (NMPR) menos el total de mantenimientos ejecutados en un periodo considerado (NMEX) y el total de mantenimientos previstos en ese periodo (NMPR).

$$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} * 100 \quad 1.19$$

4. Los llamados **“índices de gestión de mano de obra”**.

Según (Lourival, 2000) los indicadores de gestión de mano de obra son.

TBMP: Trabajo en Mantenimiento Programado: Relación entre los hombres-hora gastados en mantenimientos programados (HHMP) y los hombres-hora disponibles, entendiéndose por "hombres-hora disponibles", a aquellos ejecutantes del mantenimiento, que se encuentren presentes en la instalación y físicamente posibilitados, a desempeñar los trabajos requeridos (HHDP).

$$TBMP = \frac{\sum HHMP}{\sum HHDP} * 100 \quad 1.20$$

TBMC: Trabajo en Mantenimiento Correctivo: Relación entre las horas hombres gastadas en reparaciones correctivas (reparación de fallas) (HHMC) y las horas hombres disponibles (HHDP).

$$TBMC = \frac{\sum HHMC}{\sum HHDP} * 100 \quad 1.21$$

Variables de Tipos de indicadores de mantenimiento aplicadas en empresas

Algunos de los indicadores de mantenimiento y confiabilidad a nivel internacional que se aplican en la industria petrolera (Primera, 2009).

Varios de estos indicadores también son aplicables a las empresas aeroportuaria para la evaluación de sus equipos especiales en cuanto a la disponibilidad (D), tiempo promedio para reparar (TPPR), tiempo promedio entre fallas (TPEF) y tiempo promedio entre reparos (TPER), ya que estos pueden brindar una útil información a la hora de planificar sus mantenimientos como llevar constancia de la totalidad de equipos que se encuentran disponibles en un período de tiempo dado.

TPPR: Tiempo Promedio para Reparar: Relación entre el tiempo total de intervención correctivas en un conjunto de ítems con falla (TPR) y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado (N° Fallas).

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} Fallas} \quad 1.22$$

TPEF: Tiempo Promedio entre Falla: Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación (Período) y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado (N° Fallas).

$$TPEF = \frac{\text{Período}}{N^{\circ}\text{Fallas}} \quad 1.23$$

TPER: Tiempo Promedio Entre Reparos: Relación entre el tiempo total de intervención correctivas en un conjunto de ítems con falla (Período) y el número total de reparos en esos ítems (N° Reparos), en el periodo observado.

$$TPER = \frac{\text{Período}}{N^{\circ}\text{Reparos}} \quad 1.24$$

DISP: Disponibilidad: Relación entre el tiempo promedio entre fallas (TPEF) y la suma del mismo (TPEF) con el tiempo promedio para reparar (TPPR).

$$DISP = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} * 100 \quad 1.25$$

Varios de estos indicadores aplicados en la industria petrolera como tiempo promedio para reparar, tiempo promedio entre fallas y tiempo promedio entre reparos propuestos por (Primera, 2009) coinciden en su totalidad con los ya abordados anteriormente por (Lourival, 2000) en específico en las expresiones 1.1, 1.2 y 1.3

Según (Azoy, 2014) a nivel mundial se reporta una amplia gama de indicadores para evaluar la gestión del mantenimiento. Sin embargo, para las condiciones específicas del sector agrícola de Cuba, estos no son aplicables en su totalidad, ya que gran parte de la información que se requiere para su cálculo no se refleja en los medios de control que se utilizan en Cuba en la actualidad.

En el sector agropecuario en Cuba basándose en los indicadores de clase mundial se desarrollaron cinco de ellos adecuándolos a la información con que se cuenta en los medios de control en las Unidades Empresariales de Base Integral de Servicios Técnicos para implementarlos a los equipos agrícolas. Sus formulaciones matemáticas se muestran en la (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Indicadores que se aplican en el sector agrícola en Cuba (Azoy, 2014)

Tiempo medio entre fallas $TMEF = \frac{HROP}{NTMC}, h \quad 1.26$ donde: HROP-Tiempo real de operación por tractor en el mes, h; NTMC-Cantidad total de fallas en cada mes.	donde: TMEF-Tiempo medio entre fallas,h; TMPR-Tiempo medio para la reparación, h.
Tiempo medio para la reparación $TMPR = \frac{HTMC}{NTMC}, h \quad 1.27$ donde: HTMC-Tiempo para la eliminación de las fallas, h; NTMC-Cantidad total de fallas.	Costo de mantenimiento por facturación $COMF = FEP/CTMP, \text{ peso} \quad 1.29$ donde: FEP-Facturación de la empresa en el período, peso; CTMP-Costo totales de mantenimiento en ese período, peso.
Disponibilidad de equipos $DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}, \% \quad 1.28$	Costo para la eliminación de las fallas $COEF = CM+SD+OG, \text{ peso} \quad 1.30$ donde: CM-Consumo de materiales, peso; SD-Salarios devengados, peso; OG-Otros gastos, peso.

De igual forma algunos de los indicadores como tiempo medio entre fallas, tiempo medio para la reparación y disponibilidad propuestos para el sector agrícola en Cuba por (Azoy, 2014) coincide con los propuestos por (Primera, 2009) para la industria petrolera y también con algunos de los abordados anteriormente por (Lourival, 2000) en específico en las expresiones 1.1, 1.2 y 1.5.

Según (Márquez, 2016) otra categorización de los indicadores por grupos son:

1. Indicadores financieros

Los indicadores financieros, muy frecuentemente, son considerados en el nivel jerárquico más alto y por tanto utilizados por la alta gerencia. A este nivel se trata de obtener la máxima rentabilidad de los activos y la creación de valor. Estos indicadores son utilizados para la planificación estratégica y son considerados la columna vertebral de la organización. También son utilizados para comparar el desempeño de los distintos departamentos y divisiones dentro de la organización matriz.

2. Indicadores relacionados con los recursos humanos

La adopción de una categoría separada de medidas relacionadas con los recursos humanos es de vital importancia debido al carácter único de los servicios de mantenimiento. Las organizaciones de mantenimiento dependen completamente de la actuación de sus recursos humanos para alcanzar sus objetivos, pero la calidad del trabajo de los empleados no se puede medir directamente. El conocimiento de su experiencia, educación, entrenamiento y habilidades es esencial para medir adecuadamente el resultado del trabajo realizado. Pocas organizaciones miden la excelencia de sus recursos humanos ni incluyen este factor en la evaluación del desempeño de la función mantenimiento. Las mediciones son realizadas con base en la conveniencia y facilidad. Las medidas típicas son: Mano de obra directa sobre mano de obra indirecta, Indicadores de capacitación, porcentaje de horas extras.

3. Indicadores relacionados con los procesos internos del departamento

Se le conocen también como Métricas funcionales y están relacionados con la medición de la eficiencia dentro de una organización de mantenimiento. Algunos ejemplos de esos procesos son: Órdenes de trabajo, manejo de inventarios, gestión de compras, gestión de la información. Estos indicadores son los relacionados con la perspectiva interna o perspectiva de los procesos de trabajo que buscan mejoras y la excelencia. El objetivo es comprender los procesos que agregan valor al negocio. En el caso específico de la gestión del mantenimiento algunos indicadores son: Tiempos de reparación, horas extras, aspectos de seguridad, certificación de procesos, planificación y programación.

4. Indicadores técnicos

Estos indicadores están relacionados con la determinación de la eficacia de los trabajos de mantenimiento. El principal objetivo de estos indicadores es medir el desempeño técnico de los equipos, procesos, sistemas y componentes.

Se puede decir de forma general que los indicadores de mantenimiento tanto a nivel internacional como nacional tienen gran similitud en cuanto a sus formulaciones matemáticas como se muestra en todo lo expuesto anteriormente según varios autores sin importar en el tipo de industrias que se empleen solo que varían en algunos casos la nomenclatura planteada en sus fórmulas matemáticas pero sin variar el sentido de sus

significados ya que ellos se adecuan según la necesidad de cada empresa y los parámetros que necesiten para su autoevaluación estos pueden ser variables y empleados de diversa formas según la política de cada industria, todo ello sin perder la esencia y objetivo de ellos que es la evaluación de la gestión del mantenimiento tanto a sus equipos como lo referido a lo económico.

1.4.2. Auditoría de mantenimiento

Según (SGS TECNOS, 2018) la auditoría de mantenimiento consiste en la comprobación por personal ajeno a la actividad, del cumplimiento de las normativas aplicables a cada instalación, que establecen las operaciones que deben ser realizadas en la misma, derivadas de sus parámetros de diseño, funcionamiento, ubicación, etc.

Importancia de la auditoría de mantenimiento

Según (SGS TECNOS, 2018) una auditoría de mantenimiento permite:

- Verificar el estado de mantenimiento de las instalaciones de acuerdo a las prescripciones aplicables.
- Informar al titular de las anomalías y puntos débiles detectados en el mantenimiento.
- Establecer un plan de acción para corregir las deficiencias, asesorando en la fase de mejoras.

Clasificación de la auditoría de mantenimiento

Según (González, 2004) las auditorías se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

1. Atendiendo a quien realiza la auditoría:

- Interna: aquella auditoría realizada por el personal de la propia entidad señalando que el mismo no puede ser del departamento de mantenimiento.
- Externa: realizada por una persona u organismo independiente a la entidad que va a ser auditada.

2. Por su frecuencia:

- Sistemática: se realiza de forma permanente o programada donde el auditor realiza y comprueba las operaciones efectuadas desde su última visita.

- Periódica: se realizan al final de un período de trabajo, generalmente fin de año.
- Eventuales: son aquellas que se realizan atendiendo a contingencias especiales que se presentan.
- Por sorpresa: cualesquiera de las antes mencionadas pueden efectuarse de dos maneras distintas, por sorpresa o por previo aviso.

3. Por su extensión y alcance:

- Máximas o detalladas: esta clase de auditoría es la de mayor amplitud o alcance. En ella el auditor comprueba el total de las operaciones realizadas durante un período determinado, requiere de mucho tiempo para su realización y por ello su costo resulta muy elevado.
- Por pruebas: en estas auditorías no se investigan en detalles todas las operaciones, anotaciones y pases como en las máximas o detalladas, sino que el auditor selecciona una muestra de la cantidad de operaciones y con ellas hace su trabajo. Se originan por la necesidad, tanto económica como de tiempo, de realizar la verificación sin tener que revisar todas las operaciones.

4. De acuerdo con los objetivos fundamentales que se persigan:

- Financiera o de estados financieros
- De gestión u operacional.

Las auditorías constituyen un mecanismo de control que evalúa una o varias actividades dentro de una organización. Dependiendo del área auditada se le otorgan diferentes clasificaciones: auditoría de recursos humanos, de informática, de mantenimiento, de sistema de gestión de calidad y medio ambiental, entre otras.

1.5. Criterios sobre el mantenimiento en equipos especiales de aeropuertos

Los criterios sobre el mantenimiento de los equipos especiales en aeropuertos no difieren prácticamente en concepto, principios, ventajas y desventajas, objetivos, funciones, etc., de los aplicados a los equipos e instalaciones industriales (Artiles, 2008).

El mantenimiento de equipos especiales en aeropuertos al igual que en otros medios de transporte, que en cualquier industria eventualmente se acepta una clasificación basada en la metodología y la filosofía de planteamientos. Desde esta perspectiva la mayoría de los autores, entre ellos, (Artiles, 2008, Tavares, 1999, Zapico, 2003) distinguen básicamente los tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Correctivo.** Se realiza cuando ha ocurrido el fallo o avería.
- **Mantenimiento Preventivo.** Se anticipa al fallo (es planificado) y tiene distintas variantes de aplicación.
- **Mantenimiento Predictivo.** Se realiza según condición (tiene también carácter preventivo).

A partir de la evolución del mantenimiento, seguido del mantenimiento correctivo y el surgimiento del preventivo, ninguno de ellos se implementa de forma exclusiva desde hace décadas, sino que se impone practicar una adecuada combinación, en pos de la rentabilidad de la explotación a la que habitualmente se llama “mantenimiento planificado” y dependiendo de la importancia y funciones de los equipos se les aplica alguno o varios de los tipos anteriores (Artiles, 2008, Zapico, 2003).

Mantenimiento Correctivo (contra averías)

No es el sistema de mantenimiento que predomina en la actualidad en los aeropuertos en el país para los equipos especiales, aunque si lo es en la gran mayoría del transporte automotor de transportación de pasajeros, transportación de carga, autos ligeros, etc.

Es el más fácil de implementar y se caracteriza por no ser planificado y cuando se intenta hacer es poco eficaz la planificación. La organización del mantenimiento correctivo en **espacio y tiempo** prácticamente no es posible y demanda un gran stock de piezas y de personal. Al ejecutarse después de la aparición de la avería, no previene la ocurrencia de accidentes y daños secundarios (Artiles, 2008, Tavares, 1999), lo cual no es admisible en los equipos de servicios en tierra de aeropuertos.

La ventaja más significativa reconocida en este tipo de mantenimiento es el aprovechamiento máximo de la vida de los elementos constructivos del objeto hasta su rotura y menor cantidad de personal especializado para su ejecución.

Mantenimiento Preventivo

La variante del mantenimiento preventivo más conocida y aplicada es el “Mantenimiento Preventivo Planificado” (MPP). Se puede definir como la programación de una serie de inspecciones (de funcionamiento y de seguridad), ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica según un plan elaborado (Artiles, 1995, Levistski, 1983, Pérez, 2008). El mantenimiento preventivo se caracteriza por la realización de rondas de chequeos técnicos (inspección o supervisión) en la detección oportuna de fallas y su corrección, y/o atenciones técnicas de diferentes complejidades en períodos o intervalos fijos de tiempo, hasta la reparación general, dentro de un “**Ciclo de mantenimiento**” que culmina con la reparación general del equipo.

Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante y poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, de manera que el fallo nunca tenga consecuencias graves. Se basa para ello fundamentalmente en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que suceda y corregirlo sin perjuicios al servicio; se usan para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas (Artiles, 2011, Tavares, 1999).

Por las características, complejidad y tipo de explotación de los equipos objeto de estudios, este sistema de mantenimiento no se justifica por la, aunque si es posible realizar dentro del MPP inspecciones con carácter de diagnóstico con equipamiento específico, lo cual tiene carácter predictivo.

En la actualidad existen varias compañías como (VICTORY, 2017) dedicada a la fabricación de equipos de apoyo aeronáutico, (ADELTE, 2018) que se enfoca en el suministro de equipos de asistencia en tierra a los aeropuertos especialmente pensados para mejorar notablemente las operaciones en la plataforma, (HANDLING, 2011) que presta un servicio global a aeropuertos ofreciendo todas las modalidades rampa, pasaje y carga. Todas estas compañías a pesar de sus particularidades y objetivos diferentes como

empresas recomiendan el mantenimiento preventivo planificado para estos tipos de equipos de prestación de servicio en tierra como también son denominados; producto a sus desempeño, por su sencillez, características, facilidad de mantenimiento y la variedad que existe en cada uno de los aeropuertos los fabricantes dejan bien claro que no exigen de ningún otro tipo de mantenimiento, ya que programándolo bien y revisiones técnicas necesarias se mantienen con una alta disponibilidad técnica; cada compañía lo plasma en los propios manuales de todos sus equipos con la información pertinente para su realización.

1.6. Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

El mantenimiento preventivo planificado es uno de los más implementados en muchas empresas e industrias en el mundo entero por las características que presenta y en una de las que se aplica es en los equipos especiales en aeropuertos para prestación de servicio en tierra al avión; por las particularidades que presentan estos equipos, la variedad de cada tipo de ellos que existen en cada aeropuerto y sus condiciones de trabajo el mantenimiento que se ejecuta y más adecuado para ellos es el preventivo planificado para minimizar las interrupciones y mantener un estándar elevado de la satisfacción del cliente que es la objetivo fundamental de este tipo de empresa. Este tipo de mantenimiento es eficiente para equipos especiales, probado en la práctica internacional. No así para los aviones donde internacionalmente se aplica el sistema basado en la fiabilidad.

El MPP, como concepto significa la restauración de la capacidad de trabajo de los equipos según un plan elaborado con anterioridad derivado de un estudio realizado a partir de la máquina o equipo en cuestión (Gonzales Guzman, 2016).

El mantenimiento preventivo o Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), implica la restauración de la capacidad de trabajo de los equipos (precisión, potencia, rendimiento) y de su comportamiento (índices de consumo) mediante mantenimiento técnico racional, cambio reparación de piezas y conjuntos desgastados, conforma un plan elaborado con anterioridad.

Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo.

Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

La manera de lograr las autorizaciones de inversión, es indicando las ventajas o beneficios del programa de mantenimiento preventivo (González.C.G, 2011).

El mantenimiento preventivo planificado tiene entre sus objetivos fundamentales: reducir las paradas imprevistas del equipo, conservar la capacidad de trabajo de las máquinas, contribuir al aumento de la productividad de las instalaciones, lograr que las máquinas funcionen ininterrumpidamente a la máxima eficiencia con desgaste mínimo prolongando al máximo su vida útil, elevar el nivel de utilización de las capacidades de producción (Moreta and Luis, 2012).

Tiene como **ventajas y desventajas**: (Boulart Rodríguez, 1986).

Ventajas

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Desventajas

- Cambios innecesarios.
- Problemas iniciales de operación.

- Costo en inventarios.
- Mano de obra.
- Mantenimiento no efectuado.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de implantar un plan de MPP es el ***control del costo***. Inicialmente puede parecer que este tipo de mantenimiento es muy costoso, que sin duda lo es, pero no debemos quedarnos en este dato cuantitativo fijándonos solo en los costes de repuestos, mano de obra o puramente administrativos que conlleva esta técnica.

La implantación de un mantenimiento preventivo se defiende comparando los costes derivados de este tipo de mantenimiento con los costes ahorrados con la eliminación de paros de producción, mala calidad o aumento de la seguridad del proceso.

Capítulo II

Capítulo II

La Gestión del Mantenimiento en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado en los equipos especiales

2.1. Introducción

En la gestión del mantenimiento en aeropuertos el sistema de mantenimiento a aplicar depende del equipo y las características que posean, ejemplo de esto los aviones que son los equipos con más alto nivel de complejidad generalmente responden a Mantenimientos Centrados en Fiabilidad y las personas que lo desarrollan son equipos especializados que la mayoría de las veces pertenecen a la propia flota que pertenezca el avión o equipos especializados y certificados que se encuentran localizados en determinados aeropuertos, en Cuba no se le realiza mantenimiento a ese tipo de equipo ya que no se cuenta con los medios necesarios, capacitación ni experiencia.

El resto de los equipos en las terminales u otras áreas están sometidos a mantenimientos preventivos, predictivos o correctivos dependiendo de sus particularidades, en el caso de los *equipos especiales* están sometidos a mantenimiento preventivo planificado en correspondencia con lo que orientan los propios fabricantes y comercializadores de estos equipos en los manuales y documentación técnica.

Los fabricantes para la planificación de este tipo de mantenimiento a sus equipos se basan en sus funciones y características que no tienen una utilización continua, son los que se utilizan específicamente para el momento de la atención de los aviones en tierra, generalmente todos los aeropuertos por el flujo de trabajo con varios vuelos en un mismo día cuentan siempre con un stock de equipos del mismo tipo como consecuencia de esto permite aun con una falla de uno de ellos seguir su trabajo ya que lo que no puede fallar en este tipo de empresa es la llegada ni la salida del avión.

2.2. Descripción del parque de Equipos Especiales y sus fabricantes

El Aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado" consta con una gran variedad en el parque de equipos especiales también denominados equipos de servicio a la aviación en tierra. Todos estos equipos son adquiridos de los mismos fabricantes: EINSA y TLD.

EINSA es una compañía de capital español fundada en 1979, con más de 36 años de experiencia en la industria de la aviación. Durante este tiempo, se ha posicionado como líder en el diseño, desarrollo, fabricación, instalación y postventa de los más avanzados equipos de apoyo en tierra para aeronaves, tanto civiles como militares (EINSA, 2018).

Se conoce que, desde su creación, ha mantenido una política de mejora continua, basada en su experiencia en ingeniería, en sus conocimientos y competencias desarrolladas en áreas como la mecánica, hidráulica, electrónica, en protección de atmósfera explosiva, etc. Todo ello se refleja, en el diseño y desarrollo de más de 230 vehículos y equipos civiles y militares, y más de 200 elementos de utillaje aeronáutico.

La experiencia y profesionalidad de la compañía, así como su compromiso constante con la investigación y la innovación tecnológica, han convertido a EINSA en un punto de referencia en el Mercado Internacional de Equipos de Apoyo en Pista (EINSA, 2018).

TLD, es otra compañía con la que el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado, adquiere estos equipos. Es una compañía dedicada a la fabricación de equipos especiales en la actualidad y también reconocida como líder, especializada, de igual forma, en equipos de apoyo terrestre para aeropuertos. Sus productos están operando en la mayoría de los aeropuertos del mundo, sus equipos son mantenidos regularmente con los estándares más elevados, con alta confiabilidad y bajos costos de mantenimiento. (TLD, 2018).

Todas estas características de los equipos de estas firmas y con la realización de los mantenimientos basados en un sistema de MPP, pueden garantizar una alta disponibilidad, sin embargo, es necesario evaluar el desempeño de la gestión de ese mantenimiento mediante otros indicadores que revelen la eficiencia y eficacia del mismo.

2.2.1. Descripción de las características de los equipos especiales del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado

En la tabla 2.1 se muestra el parque de equipos especiales del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado.

Tabla 2.1. Equipos Especiales

Cantidad	Nombre	Cantidad	Nombre
5	Cinta EINSA	5	Remolcador de Carretillas
1	Pipa TLD	2	Remolcador de Aeronave
1	Elevadora Treper	1	Planta Arranque Neumático
2	Elevadora TLD	1	Planta Arranque Eléctrica
5	Escalera EINSA	1	Planta Arranque EINSA
2	Escalera TLD	1	Transportadora
4	Paila Combustible	2	Vehículo Sanitario IVECO
1	Camión Cisterna PEGASO	2	Ómnibus de Plataforma
1	Camión Cisterna JMC	1	Camión de Equipajes
2	Cuña RENAULT		

En las figura 2.1, 2.2 y 2.3, se muestran algunos de los equipos de mayor utilización, Cinta Transportadora de Equipajes, Escalera Universal de Pasajeros, Tractor de Arrastre y en las tablas 2.2, 2.3 y 2.4, algunos datos técnicos de dichos equipos.

Cinta transportadora de equipajes



Figura 2.1. ``Cinta Transportadora de Equipajes`` Marca EINSA Modelo CDA - 14

La Cinta Transportadora de Equipajes Autopropulsada, **modelo CDA-14**, es una unidad robusta diseñada para la carga y descarga de paquetería y equipaje en todos los aviones comerciales actualmente en operación.

**Tabla 2.2. Datos de capacidades de depósitos de la “Cinta Transportadora de Equipajes”
EINSA CDA – 14**

DEPÓSITO	CAPACIDAD (en litro)	PRODUCTO
MOTOR: DEUTZ F 4L 1011 Carter del motor	10.5	Aceite motor cc/sf, SAE 40
Depósito de aceite hidráulico	93	Aceite hidráulico 68
Depósito de combustible	52	Diésel

Escalera universal de pasajeros



Figura 2.2. “Escalera Universal de Pasajeros” Marca EINSA Modelo EDU.

La Escalera Universal de Pasajeros, **modelo EDU**, es un equipo diseñado para embarcar y desembarcar pasajeros de todos los aviones actualmente en operación cuyo umbral de puerta esté comprendido entre 2,40 m y 5,80 m (desde la puerta delantera del B737 hasta puerta trasera del A-340).

Tabla 2.3. Datos de capacidades de depósitos de Escalera Universal de Pasajeros EINSA EDU

DEPÓSITO	CAPACIDAD (en litro)	PRODUCTO
MOTOR: DEUTZ F4L-1011 ó F4L-1011F Tanque de aceite hidráulico	93	Aceite hidráulico 46, 68
Depósito de combustible	52	Diésel
Cárter del motor	10.5	Aceite motor API CD/SF, SAE 40

Tractor remolcador



Figura 2.3. ``Tractor Remolcador`` Marca EINSA Modelo TA – 5.

El Tractor Remolcador, **modelo TA-5** es un vehículo compacto y robusto diseñado especialmente para arrastrar/empujar y posicionar equipos auxiliares en el aeropuerto como carretillas con paqueterías y equipajes.

Tabla 2.4. Datos de capacidades de depósitos del ``Tractor Remolcador`` EINSA TA-5A

DEPÓSITO	CAPACIDAD (en litro)	PRODUCTO
MOTOR: DEUTZ F 4L 1011F Cárter del motor	13	Aceite motor CC/SF, SAE 40-50
Depósito de combustible	65	Combustible Diésel
Depósito hidráulico	65	Aceite hidráulico - 68

2.3. El mantenimiento de los equipos especiales en la empresa

La empresa para la realización de sus funciones en el mantenimiento se rige por varias normativas que vienen de la Habana bajo el nombre de ``Procedimiento Específico Transporte y Equipos Especiales`` e ``Instrucción Técnica Transporte y Equipos Especiales``, las cuales no son solo válidas para este Aeropuerto sino para todos a nivel nacional. En ellas se plasma claramente todos los procedimientos y normas que deben cumplir y están estipulados todos los formatos de plantillas para el registro de todos sus equipos y la documentación pertinente que se utiliza para cualquier acción de mantenimiento.

2.3.1. Documentación técnica

Existe la documentación técnica para todos los equipos especiales de la empresa cada uno cuenta con su manual de instrucciones bajo el nombre de ``Manual para aviación de mantenimiento a equipos especiales y de transporte``.

En ellos se ven reflejado una serie de operaciones a seguir para el buen funcionamiento del mantenimiento de cada equipo, todas las operaciones cuentan con un número de puntos a cumplir dejando claro todos los pasos a realizar dentro de cada una de ellas:

- Operaciones de mantenimiento técnico diario (MTD)
- Operaciones a las primeras 50 horas
- Operaciones obligatorias a realizar en cada mantenimiento operaciones cada 100 horas (100-1400 Km).

El ``Manual para aviación de mantenimiento a equipos especiales y de transporte`` a parte de lo expuesto anteriormente también posee información técnica de los equipos donde refleja todas las características del mismo en cuanto a:

- Motor.
- Ruedas.
- Batería.
- Depósitos, capacidades y productos recomendados.
- Carga máxima.
- Índice de consumo de combustible.
- Tablas de presiones hidráulicas.

Se refleja en la documentación técnica el nombre del equipo, marca, modelo, país, ciclos de mantenimiento, piezas importantes del equipo y su costo, función que realiza el equipo, fecha de puesta en marcha etc. Se conoce por parte de los trabajadores de mantenimiento de la existencia del ``Manual para aviación de mantenimiento a equipos especiales y de transporte`` en el punto de mantenimiento habilitado en el aeropuerto. El manual es usado como guía en el trabajo diario de los trabajadores de mantenimiento ya que en él se encuentra toda la información del equipo y todos los procedimientos por horas para sus reparaciones.

Los ciclos de mantenimiento son adecuados y se rigen para su realización según el manual del fabricante y los documentos ya mencionados anteriormente como el ``Procedimiento Específico'' y el ``Manual para aviación de mantenimiento a equipos especiales y de transporte''.

Según (ECASA, 2016a) para la confección del expediente técnico de los equipos se rigen por los siguientes puntos:

- Ficha Técnica del medio de transporte o equipo especial (Documento interno del “SITACA”).
- Copia del certificado y dictamen de revisión técnica (Documento externo).
- Copia de las Autorizaciones de Parqueo en los casos según corresponda (Documento externo).
- Documentos acreditativos de los mantenimientos, reparaciones, cambios de motor, carrocerías, conversiones y adaptaciones (Documento externo).
- Documento de control donde se anotarán los kilómetros recorridos y la cantidad de combustible consumido (Documento externo).
- Documento donde conste los cambios de neumáticos, baterías, partes, piezas y agregados mayores (Documento externo).
- Informes de las inspecciones técnicas realizadas (Documento externo).
- Resolución dictada por el jefe de la entidad que declara al vehículo como un activo fijo tangible, asignado para el cumplimiento de sus funciones empresarial o social y se muestra en el anexo 3 resolución 382/2013.
- Cualquier otro documento o información de interés.

2.3.2. Historial de equipos

Existe un formulario técnico de los equipos donde se registran todas sus reparaciones. Los formularios técnicos de los equipos se actualizan con una frecuencia mensual. Se refleja en él, el tiempo de operación del equipo, la frecuencia, duración y causas de las averías, las intervenciones de mantenimiento y su duración, los recursos materiales y humanos a emplear en cada intervención y Junto al formulario técnico se archiva en una carpeta todas

las ordenas de taller realizada al equipo. También se realiza una investigación sistemática de las averías más frecuentes.

2.3.3. Seguimiento de órdenes de trabajo

Existe el documento orden de trabajo (CT-4 ``Reporte de Reparación y mantenimiento) (Anexo 1) el cual se plasma en la normativa `` Procedimiento Especifico Transporte y Especiales`` y es de gran importancia ya que con la constancia de dicho documento se realiza en la empresa todo lo que abarca las reparaciones y mantenimientos de los equipos. Como por ejemplo para la ejecución de los mantenimientos, para la ejecución de reparaciones (averías o desperfectos) entre otras actividades.

En dicha orden de trabajo se recoge la duración de la intervención, si es preventiva o correctiva, fecha de inicio y terminación del trabajo realizado, equipo y departamento al que pertenece, materiales repuestos utilizados, personal que ejecuta el trabajo, incidencias y observaciones entre otras.

2.4. Distribución presupuestaria

El presupuesto anual de la empresa en un mes determinado del año se realiza la planificación del mismo para el año entrante, donde se reúne el jefe de transporte y el segundo con una junta directiva emiten su opinión de donde hubo más gasto en el año anterior y basándose en las mayores cantidades de roturas planifican ese presupuesto y lo desglosan en dependencia de las necesidades del taller por meses.

Existe un presupuesto para mantenimiento y esta desglosado por epígrafe cada parte del presupuesto es para algo específico como neumáticos, batería, partes y piezas, contratación por terceros y el presupuesto de uno no se puede usar en el de otro. El presupuesto para mantenimiento garantiza la adquisición de los recursos necesarios para la organización, planificación, ejecución y control de mantenimiento y satisface las necesidades de la identidad.

El departamento de mantenimiento o la Vice dirección a la cual se subordina participa en la previsión del presupuesto para mantenimiento.

2.5. Planificación y programación de las actividades de mantenimiento

Existe la descripción de las actividades para cada intervención de mantenimiento, pero no es por su duración ni la cantidad de horas-hombres para llevarla a cabo. Para la realización del plan de mantenimiento para todos los equipos especiales de la empresa se guía por la norma “Procedimiento Específico Transporte y Especiales” y se cumplen en un 100 %, el jefe de transporte junto al segundo elabora el plan de mantenimiento (MTT) donde se plasman las revisiones del año de todo el parque de equipos especiales. Además, cuentan con un plan de lubricación y engrase de los equipos.

Existe la planificación de las inspecciones para los equipos que así lo requieran y la empresa de revisión técnica certifica el estado técnico de los equipos. Está establecido quién elabora, quién ejecuta, quién controla los planes antes mencionados los jefes de departamento y lo ejecuta los mecánicos del taller.

Según (ECASA, 2016a) como es que se planifica y programa las actividades de mantenimiento:

El “Procedimiento Específico Transporte y Especiales” ya mencionado anteriormente refleja cómo se planifica y programa las actividades de mantenimiento en cuanto a:

La elaboración del Plan de Explotación que se realiza desglosando la cantidad de equipos especiales en el registro denominado: TEE-1 “Plan de Explotación de Equipos de Transporte” (Anexo 2), siendo responsables del llenado, los especialistas y técnicos de explotación de la unidad de transporte en toda la zona aeroportuaria.

El Plan de Mantenimiento que se registra en el TEE-3 “Plan de Mantenimiento de Transporte y Equipos Especiales” (Anexo 3), se elabora partiendo del plan de explotación anteriormente mencionado, los períodos o ciclos de mantenimientos dados por los fabricantes y el estado técnico real de los medios, teniendo en cuenta las condiciones de explotación de los equipos y las certificaciones de las guías de lubricación y lubricantes a utilizar.

El Resumen de Explotación y Mantenimiento se elabora del “Resumen del Plan de Explotación y Mantenimiento del Transporte y Equipos Especiales” y registra el resumen anual de los planes anteriormente mencionados por la categorización del equipamiento.

El Plan de Reparación confeccionado del registro TEE-4 “Plan de Reparación de Transporte y Equipos Especiales” (Anexo 4), este registro será confeccionado por el Jefe de Unidad de Transporte de cada zona aeroportuaria y sus especialistas, en el mismo se reflejan las reparaciones planificadas y confirmadas por la unidad necesitada del servicio, las cuales se ejecutarán en el año y la programación por meses.

EL Flujo Tecnológico para la Reparación y Mantenimiento donde se ve implícita la recepción del equipo para el mantenimiento junto con todos los pasos pertinentes que conforman para su ejecución y el personal que le da cumplimiento debidamente a dichas indicaciones.

La Lubricación y Engrase de los Equipos especialmente es una de las funciones fundamentales que se le realiza al equipamiento para su mejor funcionamiento y durabilidad de todos los mecanismos que lo conforman. Su objetividad se basa en mantener los parámetros técnicos en todas las articulaciones que presenten este sistema y cuentan con la instrucción técnica transporte y equipos especiales llamada “Lubricación y Engrase” para la realización de este aspecto que se conforma desde el comienzo de los trabajos de lubricación y engrase hasta la conclusión de los trabajos de lubricación y engrase, dando a conocer todos los procedimientos a seguir para los mismos (ECASA, 2016b).

2.6. Control de materiales y repuestos

Existe el documento para el control de materiales y repuesto a utilizar y se controla por la misma orden de taller CT-4 (Reporte de Reparación y Mantenimiento) que se encuentra en la normativa “Procedimiento Especifico Transporte y Especiales”.

En el documento para el control de materiales y repuestos a utilizar se establece:

Número de la Orden de trabajo, número de solicitud, material solicitado, cantidad, unidad de medida, código, precio (MN y/o USD), importe, área (entidad donde se utiliza), firma del que autoriza (nombre y apellidos) y firma del que recibe los materiales (nombre y firma).

2.7. Control de costos de mantenimiento

La empresa para el control de los costos del mantenimiento lo plasman en un Excel llamado modelo 1, el cual recoge todo lo referido a la planificación del presupuesto del año por meses de todas las áreas de la empresa incluyendo la de mantenimiento y se realiza en ambas monedas, moneda nacional (CUP) y moneda convertible (CUC), en cuanto al área de mantenimiento basándose en los gastos del año anterior se hace una distribución del presupuesto del año entrante por meses de lo que se va a disponer en cada uno de los puntos señalados y su distribución para cada medio que se va a implementar, dicho presupuesto ya viene predestinado para cada medio en que se puede utilizar y el presupuesto de uno no se puede utilizar en el otro.

Por la situación económica de la empresa específicamente con el control de costos de mantenimiento en cuanto al presupuesto y gastos que emplean las dos monedas y un CUP equivale a un CUC (CUC Certificado), lo cual falsea la interpretación en el análisis de los indicadores de evaluación de la gestión de mantenimiento y los convierte en no confiables.

2.8. Indicador de la gestión de mantenimiento del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado

La Empresa para el desempeño de los indicadores los realizan por lo estipulado en la normativa “Procedimiento Especifico Transporte y Especiales” y el indicador que desarrollan para la evaluación de su mantenimiento es el CDT (Coeficiente de disponibilidad técnica).

Según (ECASA, 2016a) los criterios de aceptación de sus indicadores:

Los indicadores de calidad que aparecen en la siguiente tabla, son los establecidos para garantizar el cumplimiento de las actividades de dirección y control de la explotación y mantenimientos técnicos al transporte. Se utilizará la siguiente metodología de cálculo de eficacia con los indicadores establecidos en la especialidad, tomándose los datos primarios ofrecidos por el Software “SITACA” (Control digital de la Explotación del Transporte) y elaborándose según los requerimientos y necesidades de control para cada tipo de medio de transporte:

CDT: Coeficiente de Disponibilidad Técnica: Relación entre la cantidad de horas que ha estado disponible el equipo (HD) y la cantidad total de horas del día o periodo que se evalúa (HT).

$$CDT = \frac{HD}{HT} * 100 \quad 2.1$$

Para la evaluación del CDT es conforme si es igual o superior al 90 % ($CDT \geq 90 \%$).

2.9. Control en la recepción

Para el control de la recepción del equipo la empresa se rige por la inducción técnica ``Recepción y entrega del equipo`` donde el Jefe de Taller, Turno o Brigada es responsable de controlar las actividades que se ejecutan en esta instrucción técnica. Además, el Mecánico de Diagnósticos y Prueba o el personal designado por el jefe de taller es responsable de ejecutar las actividades que se describen en dicha instrucción técnica (ECASA, 2016c).

La misma recoge toda la información referida a la descripción de la actividad, las generalidades, como se realiza la recepción del equipo con toda la documentación pertinente, las premisas de reparación, las pruebas de funcionamiento, el estacionamiento después de la reparación y como se ejecuta la entrega del equipo después de realizado todo este proceso.

Capítulo III

Capítulo III

Análisis y propuesta de indicadores para la evaluación del mantenimiento en el aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado

3.1. Introducción

El mantenimiento en los aeropuertos en Cuba se desarrolla de forma continua y eficiente, mediante todos los procedimientos e instrucciones ya mencionados en capítulos anteriores. La aeronáutica se enfoca en la realización de un conjunto de acciones que le dan paso a mantener o restablecer un buen estado técnico de sus equipos especiales, como consecuencia de asegurar un servicio ininterrumpido de sus vuelos y lograr un buen criterio de sus clientes.

El aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado para la evaluación del mantenimiento cuentan con un único indicador llamado CDT (Coeficiente de Disponibilidad Técnica), el mismo viene como orientación de La Habana como debe ser su implementación y se plasma en la normativa que está estipulada a nivel nacional para la aeronáutica civil ``Procedimiento Especifico Transporte y Especiales'', ``Explotación, Mantenimiento y Reparación de los Equipos Especiales y El Transporte''.

El CDT se enfoca en medir la disponibilidad de sus equipos, basándose en la cantidad de horas que han estado disponible los equipos con relación al total de horas del día o periodo que van a ser evaluado dichos equipos y para su cumplimiento este debe estar con un nivel de conformidad igual o superior al 90 % ($CDT \geq 90 \%$).

La empresa para el desempeño del mismo lo ejecutan de manera global no lo realizan equipo por equipo ya que no lo miden de forma independiente de cada uno de ellos como consecuencia de esto los resultados del año es decir la conformidad del CDT dan de forma satisfactoria oscilando el mismo entre un 99,1 - 99,6 % resultado que están muy por encima del mínimo estipulado por la normativa que se rigen.

Es importante que los indicadores de evaluación del mantenimiento en el aeropuerto aparte del existente abarquen también otros que se realicen teniendo en cuenta criterios

económicos, enfocados a mantener un control de sus gastos de mantenimiento y así lograr reducción de gasto de materiales y recursos del mismo.

3.2. Análisis de posibles indicadores de mantenimiento a implementar

A partir de la información que la empresa facilitó del año 2016, 2017 y de enero – abril del 2018 de cómo se hacen todos los informes y registros se calcularon los únicos indicadores que fueron posible desarrollar, unos referido a los costos de mantenimiento y otros a la gestión de equipos ya abordados en el Capítulo 1.

Todos fueron desarrollados abarcando el período de un año para así poder establecer comparativas realizándose con los datos necesarios extraídos del modelo 1 de la empresa que brinda todo lo referido a la información económica de la misma y también sirvió para la realización de estos indicadores el TRR donde se registra toda la información referida a los equipos en cuanto a cantidad de equipos, consumo de combustible, plan de kilómetros, registro de horas y índice de consumo.

1. Costo de Mantenimiento por Facturación (CMFT): Es la relación entre el costo total de mantenimiento (CTMN) del año y la factura de la empresa en ese período considerado (FTEP) Ecuación (1.5).

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100$$

$$CMFT = \frac{21100}{22411900} * 100$$

$$CMFT = 0,09 \%$$

Fue calculado de igual forma para los tres años respectivamente y sus resultados se muestran en la Tabla 3.1, siendo este indicador de vital importancia su implementación en la empresa puesto que da una evaluación del comportamiento del porciento que representa el (CTMN) con respecto a la (FTEP).

2. Componente de Costo de mantenimiento (CCMN): Es la relación del costo total de mantenimiento (CTMN) del año con respecto al costo total de la producción (CTPR) en ese período considerado Ecuación (1.7).

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} * 100$$

$$CCMN = \frac{21100}{31128700} * 100$$

$$CCMN = 0,07 \%$$

Fue calculado de igual forma para los tres años respectivamente y sus resultados se muestran en la (Tabla 3.1),

3. Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos (PERC): Es la relación entre el trabajo en mantenimiento programado (TBMP) del año con respecto al costo de mantenimiento por facturación (CMFT) Ecuación (1.8).

$$PERC = \frac{TBMP}{CMFT}$$

$$PERC = \frac{181}{0,09}$$

$$PERC = 2011,1$$

Fue calculado de igual forma para los tres años respectivamente y sus resultados se muestran en la (Tabla 3.1),

4. No Conformidad de Mantenimiento (NCFM): Es la relación del total de mantenimientos previstos (NMPR) del año menos el total de mantenimientos ejecutados (NMFX) del año con respecto al mismo total de mantenimientos ejecutados (NMFX) en ese período considerado Ecuación (1.19).

$$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} * 100$$

$$NCFM = \frac{181 - 181}{181} * 100$$

$$NCFM = 0,0 \%$$

Fue calculado de igual forma para los tres años respectivamente y sus resultados se muestran en la (Tabla 3.1),

5. Tiempo Medio para intervenciones Preventivas (TPMP): Es la relación entre el tiempo total de intervenciones preventivas (HRMP) del año con relación al número total de intervenciones preventivas (NTMP) en ese período considerado Ecuación (1.16).

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP}$$

$$TPMP = \frac{15389}{181}$$

$$TPMP = 85 \text{ h}$$

Fue calculado de igual forma para los tres años respectivamente y sus resultados se muestran en la (Tabla 3.1),

Por lo expuesto anteriormente se muestra que se puede desarrollar otros indicadores para la evaluación de la gestión del mantenimiento en cuanto a los costos de mantenimiento y la gestión de equipos.

Tabla 3.1. Resultados por año de los indicadores calculados

	RESULTADOS POR AÑO		
INDICADORES	2016	2017	2018
CMFT (%)	0,09	0,03	0,07
CCMN (%)	0,07	0,02	0,05
PERC	2011	2200	843
NCFM (%)	0,0	-1,5	3,3
TPMP (h)	85	173	48

3.3. Propuesta de indicadores a implementar para la evaluación del mantenimiento.

Teniendo en cuenta las características de los equipos especiales y las particularidades que tienen en su explotación dentro del área del aeropuerto de una forma no continua el diagnóstico y el estado que los mismos tienen, se propone los siguientes indicadores en cuanto al costo de mantenimiento y la gestión de equipos que pueden dar información para establecer una mejora positiva y continua en el mantenimiento de los mismos.

1. **Costo de Mantenimiento por Facturación (CMFT)**, que permite conocer la relación entre el costo total de mantenimiento en relación a la facturación de la empresa en el período considerado Ecuación (1.5).

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100$$

Donde:

CTMN = Costo total del mantenimiento.

FTEP = Facturación de la empresa en el período considerado.

2. **Costo de Mantenimiento por Valor de Reposición (CMRP)**, que permite conocer la relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de compra de un equipo nuevo (valor de reposición) Ecuación (1.6).

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100$$

Donde:

CTMN = Costo total del mantenimiento.

VLRP = Valor de compra de un equipo nuevo (valor de reposición).

3. **Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)** para establecer la relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado Ecuación (1.1).

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMC}$$

Donde:

NOIT = Número de ítems.

HROP = Tiempos de operación de ese número de ítems.

NTMC = Número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.

.

4. **Tiempo Medio Para Reparación (TMPR)** para establecer la relación entre el tiempo total de intervención correctivas en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado Ecuación (1.2).

$$\text{TMPR} = \frac{\sum \text{HTMC}}{\text{NTMC}}$$

Donde:

HTMC = Tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con fallas.

NTMC = Número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

5. **Tiempo Medio Para la Falla (TMPF)** para establecer la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado Ecuación (1.3).

$$\text{TMPF} = \frac{\sum \text{HROP}}{\text{NTMC}}$$

Donde:

HROP = Tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables.

NTMC = Número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.

Para la implementación de estos indicadores es necesario establecer también en la misma hoja de cálculo donde se obtiene el indicador Coeficiente de Disponibilidad Técnica, los datos o información necesaria.

Conclusiones

CONCLUSIONES

1. EL aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado cuenta con un parque de 40 equipos especiales (automotor), para la atención de las aeronaves en tierra, la mayoría adquiridos de dos firmas diferentes, el sistema de mantenimiento aplicado es el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), orientado en las indicaciones de la Empresa Cubana de Aeropuertos y Servicios Aeronáuticos (ECASA SA) y como indicador para evaluar el mantenimiento ECASA establece, el Coeficiente de Disponibilidad Técnica.
2. El área de mantenimiento cumple con todas las instrucciones establecidas, tanto en la documentación técnica como en los ítems a controlar, pero no cuenta con indicadores de evaluación de la eficiencia y eficacia de su actividad como por ejemplo, el comportamiento de los costos, incidencias de fallas en los diferentes equipos, etc., que le permita implementar, si fuera necesario, medidas para la mejora y contribución a la reducción de costos generales de la empresa y reducción de riesgos de afectación al servicio de aeronaves en tierra, entre otros.
3. Se propone para evaluar la gestión del mantenimiento en el área de equipos especiales, además del Coeficiente de Disponibilidad Técnica ya existente el Costo de Mantenimiento por Facturación (CMFT) y Costo de Mantenimiento por Valor de Reposición (CMRP) para la gestión de costos; Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF), Tiempo Medio Para Reparación (TMPR) y Tiempo Medio Para la Falla (TMPF) para la gestión de equipos, con los cuales se podrá realizar análisis e implementar medidas de mejora de la actividad. Para la implementación de estos indicadores, en algunos casos, es necesario llevar a la hoja de cálculo excel existente en el departamento de mantenimiento información que hoy no esta incluida en la documentación orientada por ECASA.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. Analizar e implementar los indicadores propuestos en el área de mantenimiento del aeropuerto Abel Santamaría Cuadrado de la provincia de Villa Clara adecuándolo a las condiciones de dicha empresa.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- ADELTE. 2018. Equipos de Asistencia en Tierra [Online]. Available: Consultado en <http://www.adelte.com/es/aeropuertos/equipos-asistencia-tierra> el 12 de abril de 2018.
- ARTILES, A. H. 1995. Proyección y organización de talleres de mantenimiento de máquinas equipos automotor. Ed. UCLV. Cuba. 160 pp.
- ARTILES, A. H. 2008. Planificación y Organización del Mantenimiento. Maestría en Ingeniería del Mantenimiento. Ed. Universidad Popular de Nicaragua (UPONIC). Managua.
- ARTILES, A. H. 2011. Fundamentos y Gestión del Mantenimiento. Compendio de contenidos. UCLV.
- AZOY, A. 2014. Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2326-1545, RNPS-0622, 4, 45-49.
- BORROTO PENTÓN, Y. 2005. Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- BOULART RODRÍGUEZ, L. 1986. Organización y planificación del mantenimiento. LA HABANA--IPJAE.
- CRUZ, E. H. & PÉREZ, E. N. 2001. Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento.//Indicators for maintenance calculation system. Ingeniería Mecánica, 4, 15-20.
- DIAZ, L. C. & GUAYARA, H. T. 2008. Definición y Características de Los Indicadores de Gestión.
- DONAYRE VELAZCO, E. J. 2014. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima.
- ECASA 2016a. Explotación, mantenimiento y reparación de los equipos especiales y el transporte. Procedimiento Específico Transporte y Especiales. .
- ECASA 2016b. Lubricación y Engrase. Instrucción Técnica Transporte y equipos Especiales.
- ECASA 2016c. Recepción y entrega del equipo. Instrucción Técnica Transporte y Equipos especiales.
- EINSA. 2018. Equipos de Apoyo a la Aviación [Online]. Available: Consultado en www.einsa.es/Perfil/perfildelacompañia.html el 11 de abril de 2018.
- EMPRE 2003. Procedimiento de mantenimiento de equipos y máquinas.
- GONZALES GUZMAN, J. L. 2016. Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer SAC.

- GONZÁLEZ, F. 2004. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. Fundación Confemetal. Madrid, España, 39.
- GONZÁLEZ.C.G 2011. Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa Antiguo Arte Europeo S. A. DE C. V.
- HANDLING. 2011. El Handling-Servicio de Mantenimiento de Aviones [Online]. Available: Consultado en <http://www.pasionporvolar.com/el-handling-servicio-de-mantenimiento-de-aviones/> el 18 de febrero de 2018.
- HEBER GONZÁLEZ, R. 1984. Mantenimiento industrial: organización, gestión y control. Buenos Aires, Editorial Alsina.
- INTERNATIONAL, A. C. 2013. Guía para el mantenimiento de las pistas, de acuerdo con el Anexo 14 de la OACI. América Latina y el Caribe: Ed. RASG-PA.
- LEVISTSKI, C. A. 1983. Reparación de máquinas. Ed. Kolos. Moscú.
- LOURIVAL, T. 2000. Administración Moderna del Mantenimiento. línea], Febrero.
- MÁRQUEZ, J. C. 2016. Gestión del Mantenimiento. Una lista de indicadores o un sistema de indicadores de gestión.
- MORETA, T. & LUIS, J. 2012. Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Planificado para los Equipos de la Casa de Máquinas del Hospital General Docente Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- NAVARRETE, E., FERRER, M., ANREUS, J., LORENZO, D., RODRÍGUEZ, J. & TRETO, O. 1998. Gestión y Calidad del Mantenimiento. 1998. La Habana: CEIM: MES.
- NAVARRETE PÉREZ, E. & GONZÁLEZ MARTÍN, J. R. 1999. Mantenimiento industrial/por Enrique Navarrete Pérez y José Raúl González Martín.
- NETO, C. & EDWIN, O. 2008. Mantenimiento industrial. Universidad tecnológica de Ecuador. AVISO.
- PÉREZ, R. 2008. Administración y Organización del Mantenimiento. UPONIC-Universidad de Oriente. Managua, Nicaragua.
- PONTIFICIA, U. J. B. 2012. Macroproceso gestión de infraestructura proceso ejecución del mantenimiento. Ejecución y cierre de orden de trabajo de mantenimiento.
- PRIMERA, E. 2009. Indicadore de Gestión (KPI) para Mantenimiento y Confiabilidad "Mejores Prácticas para las Metas en la Industria Petrolera Upstream".
- RODRÍGUEZ MACHADO, A. 2012. Manual de Gestión de Mantenimiento. A. Rodríguez Machado, A., Y. Borroto Pentón, y A. Alfonso Yanes/UCLV, Cuba.
- SÁNCHEZ SÁNCHEZ, R. 1999. Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas. Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba, UCLV. Tesis Doctoral.
- SGS TECNOS, S. A. 2018. Auditoría de Mantenimiento de instalaciones.

-
- SIRENA, G., P., R. S. & V., M. A. 2009. Implementación del RCM en el planeamiento y gestión estratégica del área de mantenimiento de la empresa de transportes HAGEMSA S.A.C.
- TAVARES, L. A. 1999. Administración moderna de mantenimiento, Novo Polo Publicacoes.
- TAVARES, L. A., CALIXTO.M & POYDO.P.R 2005. Mantenimiento centrado en negocio.Editorial Novopolo.Publicaciones Brasil.
- TECHNOLOGIES, E. 2018. Equipos de apoyo en tierra [Online]. Available: Consultado en <http://www2.exide.com/do/es/product-solutions/motive-ower/applications-motive/gse-motive.aspx> el 15 de mayo del 2018.
- TLD. 2018. Grupo indutrial lider especializado en equipos de apoyo terrestre para aeropuertos (GSE) [Online]. Available: Consultado en www.tld-group.com/es/el-grupo/ el 11 de abril de 2018.
- VICTORY. 2017. Calidad en Equipos de Soporte Terrestre para Aeronaves [Online]. Available: Consultado en <https://www.victorygse.com/es/> el 3 de abril de 2018.
- ZAPICO, A. O. 2003. Mantenimiento Industrial. Curso Postgrado. Universidad de Oviedo. España. 2003.

Anexos

ANEXOS

Anexo 1. Registro CT-4 “Reporte de Reparación y Mantenimiento”.

Empresa: _____(1)_____	REPORTE DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO								N° Orden: (3)	
Base o Unidad: _____(2)_____										
Dpto.: _____(4)_____										
VEHICULO N°: (5)	ENTRADA. (7)				SALIDA. (8)				Tiempo en Taller.	Tiempo en Reparación
MARCA: (6)	D	M	A	Hora	D	M	A	Hora	(9)	(10)

[illegible]

Vehículo N° _____ (15) _____		GASTOS EN MATERIAL Y PIEZAS.			
Código de la Pieza	Descripción de la pieza	Cantidad	Vale N°	Despachado	Recibido.
(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)

Anexo 4. Registro TEE-4 “Plan de Reparación de Transporte y Equipos Especiales”.

[illegible]