

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



“EL SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS DE  
MANTENIMIENTO Y LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL ÁREA  
DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA AERONÁUTICA”

INFORME DE SUFICIENCIA

Para Optar el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

Ordoñez Rojas, Gerardo Manuel

Lima – Perú

2014

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a aquellas personas  
que hicieron posible realizar este  
sueño de ser ingeniero.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis maestros y compañeros  
que me apoyaron y guiaron para  
poder cumplir este objetivo.

## INDICE

### “EL SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS DE MANTENIMIENTO Y LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA AERONÁUTICA”

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
INDICE .....	IV
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
INTRODUCCION .....	3
<u>CAPÍTULO I: SITUACIÓN ACTUAL / PENSAMIENTO ESTRATÉGICO</u> .....	5
1.1 BREVE HISTORIA, IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA. ....	5
1.2 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL .....	6
1.2.2 BREVE DESCRIPCION DE LAS ÁREAS .....	7
1.2.3 SERVICIOS, PROCESOS Y TECNOLOGÍA.....	8
1.2.4 CADENA DE VALOR DE PORTER .....	13
1.2.5 CINCO FUERZAS DE PORTER .....	15
1.2.6 TIPOS DE MANTENIMIENTO REALIZADOS EN LA COMPAÑIA..	16
1.3 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO .....	19
1.3.1 VISIÓN DE LA EMPRESA .....	19
1.3.2 MISIÓN DE LA EMPRESA.....	19
1.3.3 ANÁLISIS FODA .....	19
1.3.4 MATRIZ FODA .....	20
1.3.5 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS .....	22

<u>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO</u> .....	23
2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS Y DE TESIS .....	23
2.2 TEORIA Y METODOLOGÍA DE REFERENCIA .....	26
2.2.1 AVIACIÓN, UNA BREVE RESEÑA.....	26
2.2.2 INICIOS DE MANTENIMIENTO EN LA AVIACIÓN.....	27
2.2.3 INTERACCION EN LA INDUSTRIA DE LA AVIACIÓN.....	27
2.2.4 DOS TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	28
2.2.5 CONFIABILIDAD.....	29
2.2.6 PATRONES DE FRECUENCIA DE FALLA .....	30
2.2.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) ...	32
2.2.8 INTEGRACION DE LA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO	33
2.2.9 SISTEMAS TÍPICOS.....	33
2.2.10 EFECTIVIDAD EN EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN...34	
2.2.11 INTEGRACION EN EL PLAN DE NEGOCIOS .....	34
2.2.12 MANTENIMIENTO Y MRP .....	35
2.2.13 GESTIÓN DE ACTIVOS EMPRESARIALES.....	39
<u>CAPÍTULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES</u> .....	41
3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	41
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	46
3.3 HIPÓTESIS .....	47
3.3.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	47
3.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	47
3.4 METODOLOGÍA.....	47
3.4.1 DISEÑO .....	47
3.4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	48
3.5 INDICADORES.....	48
3.5.1 TASA DE PLANIFICACIÓN.....	48
3.5.2 TASA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.....	48
<u>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PROCESO DE TOMA DE DECISIONES</u> .....	49
4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	49

4.2	CAUSAS Y EFECTOS / DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	49
4.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL .....	51
4.4	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	51
4.4.1	ALTERNATIVA "A" .....	51
4.4.2	ALTERNATIVA "B" .....	52
4.4.3	ALTERNATIVA "C" .....	53
4.5	EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN .....	53
4.5.1	REQUISITOS TÉCNICOS .....	53
4.5.2	CRITERIOS SUBJETIVOS .....	54
4.5.3	MATRIZ DE CONFRONTACIÓN .....	55
4.5.4	CRITERIOS DE VALORACIÓN SUBJETIVA .....	55
4.5.5	MATRIZ DE EVALUACIÓN .....	56
4.6	ESTRATEGIAS ADOPTADAS .....	56
4.6.1	PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN .....	57
4.6.2	ESTRATEGIA IT CONSOL (IBM) .....	63
4.6.3	ESTRATEGIA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO .....	64
4.6.4	TOMA DE DECISIONES .....	75
<u>CAPÍTULO V: ANALISIS BENEFICIO COSTO .....</u>		76
5.1	SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....	76
5.1.1	DISPONIBILIDAD DE LA MÁQUINA .....	76
5.1.2	COSTO DE OPORTUNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	77
5.2	INFORMACION DE LA SITUACIÓN ECONÓMICA ACTUAL .....	77
5.3	RESULTADO .....	78
<u>CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE RESULTADO .....</u>		80
6.1	RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA .....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		87
7.1	CONCLUSIONES .....	87
7.2	RECOMENDACIONES .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....		89
ANEXOS .....		90

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente informe abarca la implementación de un sistema de actualización de documentos en una organización de mantenimiento aeronáutico, este proceso forma parte de la implementación de un EAM (Enterprise Asset Management) dentro de la organización para mejorar su eficiencia y por consiguiente su competitividad en el medio local.

Las empresas aéreas desafían las leyes de la naturaleza todos los días y en ese sentido una mala maniobra o una acción mal ejecutada previa al vuelo puede conllevar a una catástrofe aérea. Los estudios de investigación demuestran que cerca del 70% de los accidentes de aeronaves son causados por factores humanos que incluyen principalmente errores de los pilotos y los errores de servicios en tierra que incluyen los trabajos de mantenimiento de las aeronaves.

Dado estos antecedentes el proceso de mantenimiento es uno de los procesos más críticos para las empresas aéreas que está normado y vigilado por las autoridades peruanas basadas en estándares internacionales, esto conlleva a que la información correspondiente a todos los trabajos de mantenimiento sean documentadas, firmadas y finalmente verificadas por un control de calidad especializado acumulando así una gran cantidad de documentación de mantenimiento cuya administración recae dentro de la organización en estudio en el sub-proceso de planificación y control de mantenimiento. Una mala planificación, y por ende una mala programación de mantenimiento, podría llevar a consecuencias fatales en este tipo de empresas. Las entradas al proceso de planificación lo constituyen principalmente los programas de mantenimiento de las

aeronaves, las órdenes de trabajo de las cuales se extrae el registro de cumplimiento de los trabajos ya ejecutados y en base a esto se inicia la planificación de los próximos trabajos.

Dado el crecimiento de la compañía en los últimos cinco años y el aumento de la diversidad de información por la incorporación de nuevas flotas, en el año 2012 la gerencia de mantenimiento impulsó la implementación de un EAM (Enterprise Asset Management), solución de IBM a través de su programa Maximo, con esta implementación se logra revisar los procesos dentro de la organización y se obtiene un flujo mucho más rápido que conlleva a una mayor eficiencia del área de mantenimiento.

Como consecuencia de esta implementación no sólo se benefician los usuarios de mantenimiento sino también las áreas de logística, operaciones, finanzas y calidad; logrando así una solución integral que mejora la eficiencia de la empresa.

#### DESCRIPTORES TEMÁTICOS:

- Mantenimiento Aeronáutico.
- Seguridad Aérea.
- Confiabilidad.
- Enterprise Asset Management (EAM).

## **INTRODUCCION**

Uno de los principales problemas que enfrenta la parte administrativa en una organización de mantenimiento aeronáutico son los relacionados al buen manejo de documentos de mantenimiento, estos en su conjunto forman un sistema de documentación y que tiene dependencia directa con la buena planificación, programación, ejecución y control de mantenimiento. El sistema de documentos de mantenimiento aeronáutico está constituido de entradas como los manuales de fábrica, directivas de aeronavegabilidad, boletines de servicio, órdenes de ingeniería, programas de mantenimiento de compañía, órdenes de trabajo, entre otros. Por ello si se lleva un buen control de ellos se puede mejorar la eficiencia de toda el área de mantenimiento y para ello se hace el uso de un Enterprise Asset Management, que no es más que un sistema computarizado de mantenimiento evolucionado a un sistema de gestión de activos.

En el capítulo I nos centramos en hacer un análisis de la empresa Servicios Aéreos de los Andes S.A.C. que es la empresa en estudio, se describe la organización, sus procesos principales, el tipo de aeronaves con las que cuenta (tecnología) y se concluye con un análisis situacional.

En el capítulo II se hace un resumen de importantes autores que estudian el mantenimiento aeronáutico y el mantenimiento industrial que dan un enfoque científico sobre la implementación del sistema de mantenimiento y las variables que deben tenerse para poder implementarla.

En el capítulo III se define la problemática y se plantean las hipótesis que son los puntos de partida para encontrar la solución del problema principal.

Posteriormente en el capítulo IV se ve el proceso de toma de decisiones en donde se escogerá de entre 3 opciones una, en este caso es la de Maximo de IBM.

En los capítulos V y VI se mide el resultado económico y se da a conocer el resultado de la implementación y el impacto que ha tenido en la organización.

Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones del trabajo que se obtuvieron a través del proceso de implementación del sistema en la compañía.

## **CAPÍTULO I**

### **SITUACIÓN ACTUAL / PENSAMIENTO ESTRATÉGICO**

El presente trabajo se desarrolla en una empresa del rubro aeronáutico, específicamente en su taller de mantenimiento denominado “Organización de Mantenimiento Aeronáutico” (OMA), denominación asignada por la Dirección General de Aeronáutica Civil Peruana (DGAC).

#### **1.1 BREVE HISTORIA, IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.**

La empresa fue fundada en setiembre de 2005 y desde su fundación ha tenido un crecimiento exitoso incrementando su flota hasta tener en la actualidad 15 aeronaves que se adaptan a la diversidad geográfica del país. Esta adaptabilidad se debe principalmente a la diversidad de flotas que opera la empresa lo que a su vez representa un mayor esfuerzo técnico y administrativo para mantener la aeronavegabilidad de sus aeronaves.

La OMA, tiene su base administrativa en la ciudad de Lima y su base principal de mantenimiento en la ciudad de Ayacucho con unidades fijas adicionales (sub bases) en las ciudades de Cusco, Iquitos, Malvinas y Pucallpa. Es en estos lugares en donde se ejecuta el mantenimiento

La empresa opera actualmente bajo la Regulación Aeronáutica Peruana 135 (RAP 135) bajo régimen no regular. Sin embargo dentro de los objetivos de la compañía a mediano plazo está el de incursionar en la RAP 121 que es el nivel de operación más alto y con mayores estándares de calidad para empresas aéreas en el Perú.

En reconocimiento a sus esfuerzos la compañía ha adquirido importantes certificaciones de nivel internacional como son:

- BARS (Basic aviation risk standard), Estándares de seguridad de la actividad aérea requeridos por Flight Safety Foundation.
- ISO 9001-2008, para considerar la integración de la norma se tiene en proceso de certificación las normas ISO 14000 y OHSAS.
- ANDES Safety Management System, estándares de seguridad de la actividad aérea requeridos por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).

## 1.2 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

### 1.2.1 ORGANIZACIÓN

La estructura organizacional con la que cuenta la empresa se muestra en el siguiente organigrama:

GRAFICO N° 01: Organigrama funcional



FUENTE: Elaboración propia.

## 1.2.2 BREVE DESCRIPCION DE LAS ÁREAS

### a. Gerencia de Administración y Finanzas

La Gerencia de administración y finanzas se encarga de proporcionar la liquidez necesaria para la operación de la compañía y a su vez se encarga administrar los recursos de la empresa.

### b. Gerencia de Operaciones

La gerencia de operaciones se encarga de hacer todas las actividades requeridas para brindar el servicio al cliente incluyendo dentro de estas las programaciones de vuelo, selección, entrenamiento y calificación de los pilotos de la compañía.

### c. Gerencia de Calidad

Esta gerencia se encarga de vigilar que todos los trabajos de mantenimiento se hagan técnica y documentariamente correctos, asegurándose que se cumpla con los cuatro pilares de mantenimiento: Personal técnico, equipos y herramientas, infraestructura y documentación técnica.

### d. Gerencia de Logística

La gerencia de logística se encarga principalmente de la adquisición de repuestos y partes requeridas para el mantenimiento, el correcto almacenamiento de estos, control de stocks y distribución de repuesto a las sub bases de mantenimiento.

### e. Gerencia de Mantenimiento

Esta gerencia está encargada de mantener la aeronavegabilidad de la aeronave, es decir mantener las aeronaves operativas cumpliendo los estándares de seguridad y técnicos requeridos para esta función. Es uno de los procesos más críticos y permanece en constante vigilancia por las autoridades y los clientes pues el éxito o fracaso de la compañía dependen mucho del buen desempeño de esta área. Dentro de sus funciones están la

planificación, ejecución y control del mantenimiento.

### 1.2.3 SERVICIOS, PROCESOS Y TECNOLOGÍA

A continuación se describen los principales servicios que ofrece la compañía así como sus procesos representados en un diagrama de proceso y la tecnología con la que cuenta.

#### 1.2.3.1 Servicios

La empresa ofrece una variedad amplia de trabajos que se agrupa en 5 categorías principales:

- Trabajo Aéreo

Incluye trabajos de carga externa, sísmica, magnetometría, topografía y fotografía aérea.

- Transporte de Personal

Incluye transporte de personal en sí y vuelos charter.

- Turismo Aéreo

En esta categoría incluye sobrevuelos y traslados VIP

- Rescate Aéreo

Evacuaciones médicas, búsqueda y rescate.

- Inspecciones

El taller de esta OMA brinda servicios de mantenimiento a terceros siempre y cuando estén dentro de sus habilitaciones, como plus adicional para estos servicios el taller cuenta con el soporte y las certificaciones de EUROCOPTER y TURBOMECA, empresas europeas líderes en la fabricación de helicópteros y motores para éstos.

### 1.2.3.2 Procesos

El siguiente gráfico ilustra los principales procesos de la empresa aérea en cuestión:

GRAFICO N° 02: Diagrama de procesos



FUENTE: Elaboración propia.

El proceso inicia con la cotización de un servicio por parte del cliente, marketing y ventas coordina con operaciones la solución más adecuada y con el visto bueno del cliente se destina una aeronave.

Operaciones a su vez brinda el itinerario de operaciones a mantenimiento y ésta planifica los trabajos de mantenimiento necesarios solicitando los requerimientos de materiales y repuestos.

Una vez acordada los ingresos a mantenimiento control de calidad supervisa que se cumpla todos los requerimientos técnicos y documentarios.

Con la aeronave restaurada a un nivel de operación seguro, operaciones continúa brindando el servicio al cliente lográndose la satisfacción del cliente.

### 1.2.3.3 Tecnología

Esta empresa aérea cuenta con diversas flotas de diferentes fabricantes que permiten operar en diversos lugares del país, entre ellas se tiene:

#### a. Flota Bell 212

Helicópteros de dos motores con dos palas de rotor principal, helicópteros. Es un helicóptero multipropósito para trabajo aéreo y/o transporte de pasajeros, versátil y muy maniobrable. Cómodo en su interior, espacioso y con buena visibilidad para todos sus pasajeros. Ideal para operaciones aéreas que requieran el transporte de personal y carga

GRAFICO N° 03: Helicóptero Bell 212



FUENTE: Internet.

#### b. Flota Bell 412

Versión mejorada del Bell 212. Son helicópteros de dos motores con cuatro palas de rotor principal, helicópteros con un buen desempeño y usados en operaciones de sísmica con líneas largas, operaciones de carga externa y transporte de pasajeros, rescate de pasajeros y con mayor eficiencia que un Bell 212. Actualmente continúan en producción.

GRAFICO N° 04: Helicóptero Bell 412



FUENTE: Internet.

c. Flota AS350B3

Es un helicóptero multipropósito, versátil de muy buena visibilidad, diseñado para trabajos en altura, alta performance, velocidad autonomía de vuelo, perfecto para traslado de pasajeros, ejecutivos, personas VIP, turismo, búsqueda y rescate.

GRAFICO N° 05: Helicóptero AS350B3.



FUENTE: Internet.

d. Flota Twin Otter

Los aviones Twin Otter DHC-6-300 y DHC-6-320, de la Viking Air son aeronaves altamente maniobrables, que puede realizar operaciones aéreas en vuelo lento entre 80 y 160 nudos (150 a 300 Kms/hr) y realizar virajes escarpados. Es un avión de ala alta, despresurizado para 19 pasajeros, propulsado por dos motores turbo hélice Pratt and Whitney PT6A-27/-34, equipado con radar meteorológico, transponder y sistema de navegación GPS Trimble. Su tripulación técnica estándar consta de dos tripulantes.

GRAFICO N° 06: Avión Twin Otter DHC-6-300.



FUENTE: Internet.

## 1.2.4 CADENA DE VALOR DE PORTER

GRAFICO N° 07: Cadena de valor de Porter.



FUENTE: La compañía.

La cadena de valor de Porter nos señala los procesos de la organización que añaden valor para el cliente así como los procesos que brindan soporte para que puedan ejecutarse efectivamente.

### 1.2.4.1 Actividades de Apoyo

Las actividades de apoyo para la empresa en estudio consta de:

#### a. Infraestructura de la empresa

Compuesta principalmente por las oficinas que brinda la empresa para que se puedan desempeñar las actividades.

#### b. Recursos Humanos

Que se encarga de proporcionar los colaboradores de la empresa así como desarrollarlos y compensarlos por su servicio prestado y desarrollarlos.

c. Adquisiciones

Compuesta por el área de compras que brindan los repuestos de las aeronaves, suministros y todo lo necesario para la operación de la empresa.

1.2.4.2 Actividades Primarias

Las actividades primarias incluyen:

a. Logística de entrada:

Compuesta principalmente por los almacenes que guardan bajo los estándares requeridos los materiales y repuestos necesarios para el mantenimiento.

b. Operaciones

Compuesta por un equipo calificado de pilotos se encarga de ejecutar el servicio de transporte.

c. Mantenimiento

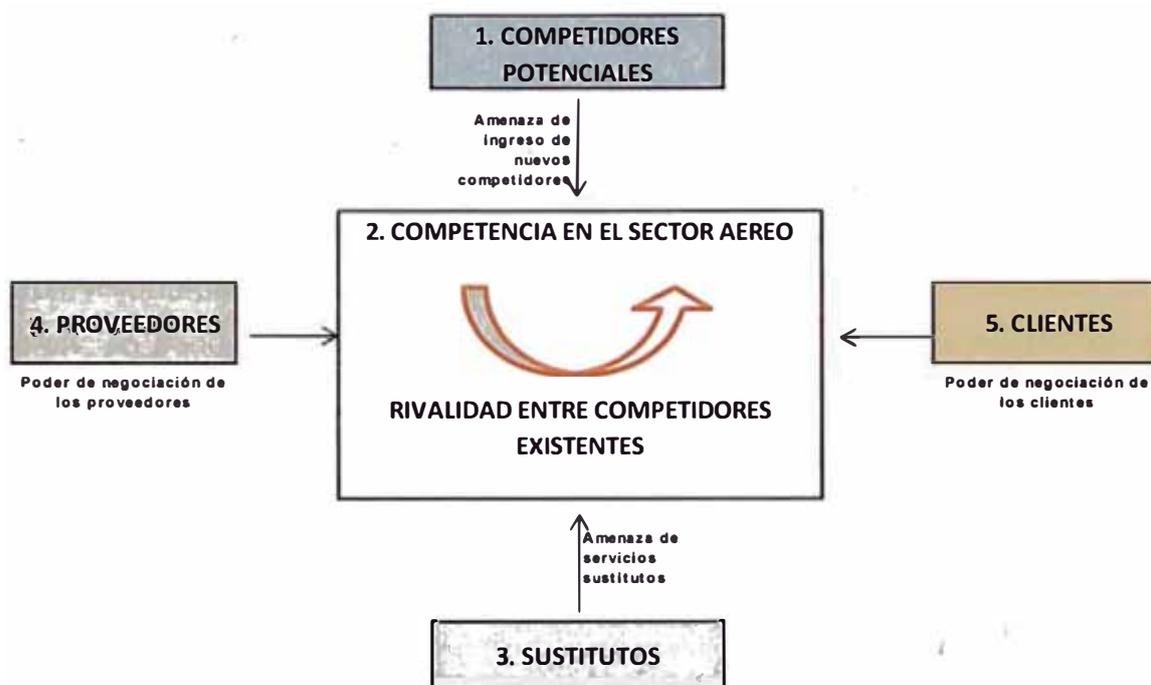
Se encarga de entregar máquinas operativas y seguras para que operaciones pueda brindar los vuelos a los clientes.

d. Servicio Post Venta:

Donde se capacitan a los clientes para que puedan abordar a las aeronaves, también se recogen sus quejas o sugerencias y se responde a las sugerencias de las auditorias brindadas por sus clientes.

## 1.2.5 CINCO FUERZAS DE PORTER

GRAFICO N° 08: Cinco fuerzas de Porter.



FUENTE: Elaboración propia.

### 1.2.5.1 Competidores Potenciales

La fuerza aérea del Perú está repotenciando su flota de aeronaves con modelos Twin Otter más modernos y con intenciones de incurrir en servicios a compañías mineras y petroleras en la selva del Perú. En el caso de la flota de helicópteros aún no se muestran grandes amenazas.

### 1.2.5.2 Rivalidad Entre Competidores

Al ser un sector muy especializado hasta el momento no se encuentra competencia muy intensa en las categorías de aeronaves con las que opera la empresa.

### 1.2.5.3 Sustitutos

Al ser de una geografía muy variada, el Perú demanda que se desarrolle la industria aeronáutica, en las zonas alejadas de la selva y sierra no se cuenta con infraestructura adecuada para hacer vuelos comerciales regulares por lo que no se avizoran servicios sustitutos.

### 1.2.5.4 Proveedores

Constituido por fabricantes de gran reconocimiento mundial por lo que el aprovisionamiento debe ser muy bien planificado ya que los tiempos de atención pueden extenderse por mucho tiempo. En el caso de proveedores de servicio locales también es muy limitado ya que este sector no está desarrollado por completo en el país y consta únicamente de servicios básicos.

### 1.2.5.5 Clientes

Por tratarse de grandes empresas del sector minero y petrolero principalmente, durante las negociaciones por lo general son los clientes que ponen las reglas.

## 1.2.6 TIPOS DE MANTENIMIENTO REALIZADOS EN LA COMPAÑIA

Servicios Aéreos de los Andes mantiene hasta el momento aeronaves cuya filosofía de mantenimiento "se basa en los procesos", este tipo de mantenimiento desarrollada importantes fabricantes de aeronaves americanas a los finales de la década de 1960 y tiene como base principal el estudio de fallas de componentes dividiendo el tipo de mantenimiento en mantenimiento "hard-time" (componentes con límite de vida u overhaul), mantenimiento "on-condition" (donde se revisa la condición de los componentes) y mantenimiento "condition-monitoring".

Bajo el enfoque de la clasificación sistémica de mantenimiento de Luis Mora se puede decir que la empresa en estudio desarrolla los siguientes tipos de mantenimiento a nivel operativo:

✓ Mantenimiento correctivo

En el siguiente gráfico se muestra una aeronave de la compañía a la que tuvo que aplicarse mantenimiento correctivo.

GRAFICO N° 09: Rajadura encontrada en la base de la transmisión de un helicóptero.



FUENTE: La compañía.

✓ Mantenimiento preventivo

Principal tipo de mantenimiento en la aeronave cuyo programa se encuentra desarrollado por los fabricantes y es customizado por el operador. En la figura del gráfico 09 se muestra una aeronave AS350B3 en inspección de 600 horas.

GRAFICO N° 10: Aeronave AS350B3 en inspección de 600 horas.



FUENTE: La compañía.

✓ **Mantenimiento Predictivo**

Debido a la antigüedad de estas flotas estas nacieron con programas de mantenimiento basado en el MSG-2 , sin embargo a inicios de los 80 nació la versión MSG-3 (RCM) que predomina como filosofía de diseño de programas de mantenimiento de todos los fabricantes de aeronaves en el mundo. Aunque las aeronaves nacidas con la filosofía MSG-2 mantienen la forma de sus programas de mantenimiento originales con el transcurso del tiempo van incorporando técnicas y métodos basados en MSG-3. En el gráfico 10 se muestra un análisis vibracional que es una técnica típica del mantenimiento predictivo:

GRAFICO N° 11: Análisis de vibraciones aplicado en una aeronave Bell 412.



FUENTE: La compañía.

### 1.3 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

#### 1.3.1 VISION DE LA EMPRESA

“Ser la empresa regional de transporte y trabajo aéreo líder en seguridad y confianza”.

#### 1.3.2 MISIÓN DE LA EMPRESA

“Brindar un servicio cada vez mejor, con el fin de alcanzar y mantener estándares de calidad internacionales”.

#### 1.3.3 ANÁLISIS FODA

EL análisis FODA es una herramienta administrativa que se utiliza para encontrar los factores de éxito o fracaso, internos o externos de la compañía y juntando ellos se pueden armar estrategias para el futuro. En la empresa aeronáutica en estudio para inicios de 2012 se tiene lo siguiente:

#### 1.3.3.1 Fortalezas

- ✓ Buena relación con las ante sus clientes.
- ✓ Buena imagen de la empresa con sus clientes
- ✓ Personal técnico con mucha experiencia.
- ✓ Buen respaldo financiero.

#### 1.3.3.2 Oportunidades

- ✓ Geografía local propicia para desarrollar el sector aeronáutico
- ✓ Establecimiento de importantes empresas en el sector minero y petrolero por la buena coyuntura económica por la que atraviesa el país.
- ✓ Mercado abierto para ingreso de nuevas flotas para transporte regional.
- ✓ Clientes consolidados con requerimiento de aviones de operación RAP 121.

#### 1.3.3.3 Debilidades

- ✓ Promedio de edad de técnicos mayor a 45 años.
- ✓ Flota con una antigüedad promedio de 25 años.
- ✓ Procesos de mantenimiento soportados por sistemas informáticos básicos.

#### 1.3.3.4 Amenazas

- ✓ No se cuenta por mucho personal técnico en el mercado peruano.
- ✓ Nichos de mercado ricos ocupados por competencia muy fuerte.
- ✓ Conflictos sociales (terrorismo) presente en zonas de operación.

#### 1.3.4 MATRIZ FODA

En la siguiente página 21, se muestra la tabla N°01: Matriz FODA.

**TABLA 01: Matriz FODA.**

	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contratos a largo plazo con empresas del sector minero y petrolero.</li> <li>2. Desarrollo del sector aeronáutico.</li> <li>3. Ingresar nuevas flotas para transporte regional.</li> <li>4. Clientes consolidados con requerimiento de aviones de operación RAP 121</li> </ol>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carencia de personal técnico</li> <li>2. Ocupación de nichos de mercado ricos por competencia fuerte.</li> <li>3. Terrorismo en ciertas zonas de operación.</li> </ol>
<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buena relación con clientes.</li> <li>2. Buena imagen con los clientes</li> <li>3. Personal técnico con mucha experiencia.</li> <li>4. Buen respaldo financiero.</li> </ol>	<p><b>ESTRATEGIAS FO</b></p> <p><b>1,2/1.</b> Afianzar lazos con principales clientes.</p> <p><b>4/3,4.</b> Incursionar con nuevas flotas en la operación de la RAP 121.</p>	<p><b>ESTRATEGIAS FA</b></p> <p><b>1 / 1</b> En alianza con los clientes abrir institutos técnicos aeronáuticos como parte de responsabilidad social.</p> <p><b>3 /1</b> Crear programas de mentoring a los nuevos técnicos.</p> <p><b>4/3</b> Fomentar estrategias de responsabilidad social.</p>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Personal técnico mayor a 45 años.</li> <li>2. Flota con antigüedad promedio de 25 años.</li> <li>3. Sólo office como sistema de soporte de mantenimiento.</li> <li>4. Procedimientos de actualización documentaria muy lenta.</li> <li>5. No se cuenta con sistema de mantenimiento.</li> </ol>	<p><b>ESTRATEGIAS DO</b></p> <p><b>1/2</b> Con el ingreso de nuevas flotas entrenar personal técnico nuevo.</p> <p><b>2/2,3</b> Ingresar nuevas aeronaves con el ingreso de nuevas flotas.</p> <p><b>3,4, 5 /2</b> Implementar un sistema de gestión de activos que permita automatizar procedimientos de actualización de documentos.</p>	<p><b>ESTRATEGIAS DA</b></p> <p><b>1/1</b> Incorporar y preparar técnicos nuevos.</p> <p><b>3/1</b> Incorporar personal técnico con buenos conocimientos informáticos.</p> <p><b>2/2</b> Renovar paulatinamente la flota.</p> <p><b>4/1</b> Automatizar procedimientos de actualización.</p>

**FUENTE:** Elaboración propia.

### 1.3.5 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- a. Incorporar flotas modernas que satisfagan las necesidades de los clientes potenciales para poder afianzar las relaciones y extenderlas a largo plazo.
- b. Implementar un sistema de mantenimiento que permita automatizar el sistema de mantenimiento y que soporte la actualización de documentos.
- c. Buscar alianzas con institutos técnicos superiores para conseguir la formación de técnicos especialistas en aeronáutica y que se adecuen a las necesidades de la empresa.
- d. Creación de programas de mentoring para entrenar a los técnicos más jóvenes que serán los encargados del mantenimiento de las aeronaves en el futuro.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS Y DE TESIS**

- 2.1.1 Tesis de Grado “Desarrollo de un Sistema de Información Para la Planificación y Control del Mantenimiento Preventivo Aplicado a una Planta Agroindustrial”, autor Verónica Livia Páez Espinal en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú, 2011.

El autor destaca en este trabajo trata sobre la implementación de un sistema de mantenimiento en una planta agroindustrial para poder llevar una mejor asignación de recursos y se basa en el mantenimiento preventivo, indica las bondades que tiene el mantenimiento preventivo y resalta la metodología con la que se procedió a elaborar el sistema de mantenimiento. Entre las bondades que resalta se muestra a la reducción de stocks de repuestos que es un importante ahorro para cualquier organización de mantenimiento pues como consecuencia de llevar un adecuado mantenimiento preventivo se reduce la necesidad de contar con demasiados repuestos.

Para este caso se desarrolló un sistema informático a la medida para gestionar el proceso de mantenimiento actual en la empresa ofreciendo servicios como la administración de máquinas (activos), la planificación de mantenimientos preventivos y de las tareas que lo comprenden, la distribución de las herramientas, repuestos, recursos humanos y reprogramación de tareas.

- 2.1.2 Tesis de Grado “Modelo de Sistema de Mantenimiento para una empresa de transporte urbano”, Autores Camizan Lozano, Gleiser Oscar; Pinto Zegarra, Alberto Augusto. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú 2010.

Los autores de esta tesis destacan la importancia que tiene el mantenimiento planificado en una empresa de transporte para reducir los costos de mantenimiento, con una metodología empleada por ellos encuentran los componentes que representan la mayor cantidad de costos y que paralizan sus operaciones, realizan el ordenamiento del área de mantenimiento utilizando las 5s y diseñan el sistema de mantenimiento aplicable a esta compañía.

Para este caso la solución no se basó en la implementación de un sistema informático, sino en el ordenamiento y la estructura del mantenimiento que permite soportar la operación de la empresa y reducir gastos al adquirir repuestos a última hora para hacer un mantenimiento correctivo, cambiándolo por mantenimiento preventivo, aumentando así la disponibilidad de los vehículos de la flota de la compañía.

- 2.1.3 Informe de suficiencia, “Implementación de un sistema de información para el aseguramiento del mantenimiento en una empresa siderúrgica”, autor Cesar Enrique Amaya Galarza. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú, 2012.

En este informe el autor destaca la importancia de tener implementado un sistema de mantenimiento en una empresa que ya ha implementado un ERP como el SAP R/3 que integra las funciones de Finanzas, Contabilidad, Ventas, Logística, Mantenimiento, Recursos Humanos, Distribución y producción. Al ser el departamento de mantenimiento el encargado de gestionar los activos de la compañía, es esta quien debe de elegir el mejor sistema disponible y

que les permita realizar su gestión de la mejor manera.

Durante el proceso de implementación se planteó la alternativa de confrontar en EAM (Enterprise Asset Management) como es Maximo de IBM, contra el módulo SAP-PM. Dado el éxito que ha tenido la implementación de los módulos anteriores la dirección de mantenimiento decidió finalmente implementar SAP-PM.

A lo largo del trabajo se habla sobre la metodología empleada para la implementación del sistema, las diversas etapas por la que pasó desde el inicio de la planificación del proyecto hasta la capacitaciones de los usuarios.

- 2.1.4 Libro “Mantenimiento, planeación, ejecución y control”, editorial Alfaomega, Mexico DF 2009.

El autor a través de este libro marca la evolución del mantenimiento desde sus inicios industriales con el mantenimiento correctivo hasta técnicas modernas como el RCM Score card. Centraliza su estudio en los indicadores de clase mundial de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (CDM) y nos da pautas de factores claves para elegir un sistema computarizado de mantenimiento.

- 2.1.5 Libro “Aviation Maintenance Management”, editorial McGraw-Hill, segunda edición, 2013, Estados Unidos de América.

Este libro muestra un panorama muy amplio de todo lo que se requiere para poder ejecutar un mantenimiento a una aeronave, nos indica conceptos más detallados que son más estrictos a la de una empresa industrial común con respecto al mantenimiento y toda la normatividad norteamericana la cuál es análoga a la normatividad peruana de aviación civil. El brinda todas las entradas de control que debe tener un sistema de mantenimiento aeronáutico para poder identificar y monitorear los problemas y tendencias del mantenimiento, minimizar las paradas de mantenimiento de las aeronaves con una

correcta planificación y la reducción de costos de mantenimiento.

2.1.6 Libro "Teoría y Práctica del Mantenimiento industrial avanzado", editorial FC, cuarta edición, 2011, Madrid - España.

El autor en este libro destaca la evolución del mantenimiento en la industria y nos lleva hasta la situación actual por las que atraviesa. Nos proporciona técnicas de mantenimiento y maneras de controlarlas, indicadores de clase mundial y que repercuten en la eficiencia y del pilar de mantenimiento en las industrias modernas.

El autor también nombra la importancia que tienen los sistemas computarizados de mantenimiento, por ello le dedica todo un capítulo para hablar de ellos y de su influencia en la gestión del mantenimiento. Lo principal que se destaca en este capítulo es el análisis que hace al comparar varios de los sistemas computarizados que existen en el mercado.

## 2.2 TEORIA Y METODOLOGÍA DE REFERENCIA

### 2.2.1 AVIACIÓN, UNA BREVE RESEÑA

A los inicios de la aviación se destina los vuelos para pilotos temerarios, para mostrar sus acrobacias en sus nuevos "juguetes" a la multitud y vender su entretenimiento a miradores bravos, luego en los EEUU la gente le dio un uso más práctico para entregar correos por los servicios postales siendo esta su primera aplicación en la tierra.

La primera línea aérea empezó transportando un pasajero en 1914 pero terminó a los 3 meses de operación por la baja de la temporada de turistas y la Primera Guerra Mundial. Después de la guerra la industria de servicio aéreo postal dominó la industria de la aviación.

No había instrumentos de navegación en los inicios de la industria y los aviadores se orientaban a través de ferrocarriles o carreteras. A finales de 1929 había cerca de 10,000 aerolíneas y 275 aeropuertos iluminados.

Después de la segunda guerra mundial la industria creció rápido con aeronaves cada vez más grandes, vuelos más altos, rápidos y lejanos. La era del "jet" llegó en 1958 con el Boeing 707. Hoy en día, 100 años después del primer vuelo histórico de los hermanos Wright, la aviación se ha convertido en una época. La gente puede volar con una gran comodidad y seguridad.

### 2.2.2 INICIOS DE MANTENIMIENTO EN LA AVIACIÓN

En los inicios de la aviación el mantenimiento era realizado cuándo se necesitaba y las máquinas por lo general requerían muchas horas de mantenimiento por hora de vuelo. Inicialmente pese a ser mantenimientos simples éstos representaban costos muy altos al ser mantenidos de tal manera con la creciente complejidad de la aeronave y los sistemas a bordo.

El enfoque moderno de mantenimiento es más sofisticado. Las aeronaves son diseñadas para la seguridad, aeronavegabilidad y mantenibilidad, con ello se desarrolla un detallado programa de mantenimiento con cada modelo de aeronave o una derivada de otra existente.

Un enfoque tan sofisticado de mantenimiento, requiere una sofisticada administración tanto en el desarrollo inicial del programa de mantenimiento y de las aerolíneas para cumplir todo lo que es necesario para mantener ese record superior de seguridad mencionado anteriormente.

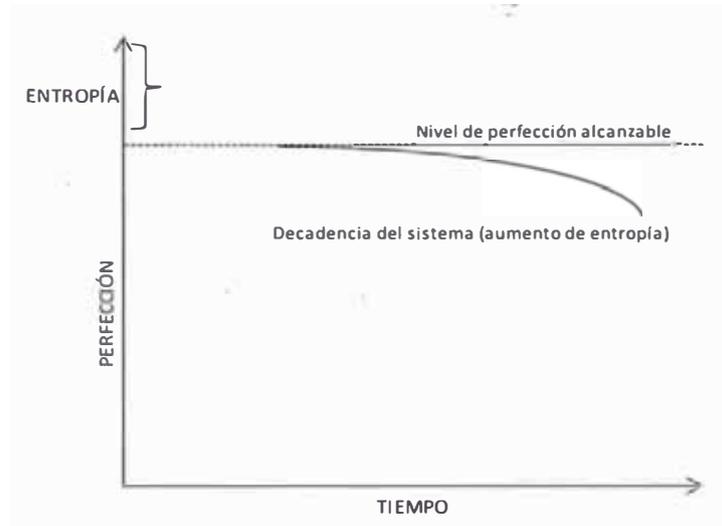
### 2.2.3 INTERACCION EN LA INDUSTRIA DE LA AVIACIÓN

A diferencia de otras industrias de transporte, en la aviación no se puede salir de la carretera y esperar un camión de remolque cuando sea que se presente un problema. Las autoridades aeronáuticas mandan que se alcancen todos los requerimientos de mantenimiento antes de liberar una aeronave para su servicio. Esto difiere considerablemente con muchas otras industrias de transporte.

#### 2.2.4 DOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

El gráfico N° 11 representa el nivel de perfección de un sistema típico. El 100% de perfección está al tope del eje vertical. El eje horizontal representa el tiempo. No hay números en las escalas de los ejes ya que los valores reales no tienen significado en esta discusión teórica. El terminal izquierdo de la curva muestra el nivel de perfección alcanzado por los diseñadores de nuestro sistema real existente. Notar que la curva empieza a curvarse hacia abajo con el tiempo. Esta es una representación natural del incremento de la entropía del sistema (la deterioración natural del sistema) en el tiempo. Cuando el sistema se deteriora a un nivel más bajo de perfección (elegido arbitrariamente), se ejecuta algunas acciones correctivas al ajustar, dar servicio o hacer alguna otra forma de mantenimiento para restaurar el sistema a su nivel de perfección diseñado. Esto quiere decir que se reduce la entropía a su nivel inicial. Esto es llamado "mantenimiento preventivo" y se realiza normalmente a intervalos regulares. Se usa esto para evitar la deterioración del sistema a un nivel inutilizable y para mantener la condición operacional. Algunas veces se refiere a esto como "mantenimiento programado". Este intervalo puede ser diario, cada vuelo, cada 200 horas de vuelo o cada 100 ciclos (un ciclo es un despegue y aterrizaje).

GRAFICO N° 12: La diferencia entre la teoría y la práctica



FUENTE: Harry A. Kinnison. Aviation Maintenance Management.

Hay ocasiones que el deterioro del sistema sucede rápidamente en servicio a niveles más bajos de perfección y en otras ocasiones el sistema se malogra por completo. En estos casos las acciones de mantenimiento necesarias para restaurar el sistema son más definitivos, frecuentemente requieren pruebas extensivas, caza fallas, ajuste y muy frecuentemente reemplazo, restauración o un overhaul completo de las partes o subsistemas. Debido a que estas fallas ocurren a intervalos impredecibles, las acciones de mantenimiento usadas para corregir el problema se denominan “mantenimiento no programado”.

### 2.2.5 CONFIABILIDAD

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñada, para un periodo de tiempo específico y bajo condiciones normales de de operación, ambientales y del entorno. También se puede referir al nivel de perfección mencionado en la sección 2.2.4 como la confiabilidad del sistema, el nivel de perfección al que fue diseñado es conocido como la confiabilidad inherente del sistema. Este es tan bueno como el sistema alcanza durante de la operación en el mundo real.

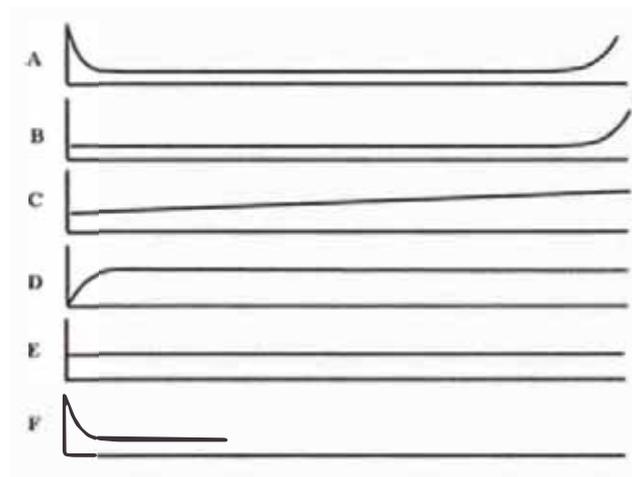
No hay cantidad de mantenimiento que se pueda hacer para superar el nivel de la confiabilidad inherente. Sin embargo, es deseable para el operador mantener este nivel de confiabilidad (o este nivel de perfección) todas las veces.

## 2.2.6 PATRONES DE FRECUENCIA DE FALLA

El mantenimiento no es tan simple como se podría concluir de la discusión de entropía en la sección 2.2.4. Hay un factor importante que se debe considerar: no todos los sistemas o componentes fallan a la misma velocidad ni todos ellos exhiben el mismo patrón de uso o falla. Como se puede esperar, la naturaleza de mantenimiento de estos componentes y sistemas está relacionada a esas velocidades de falla y patrones de falla.

United Airlines hizo algunos estudios del índice de fallas en el curso de la vida y encontró básicamente 6 patrones básicos que se muestran en la siguiente tabla:

GRAFICO N° 13: Patrones de porcentaje de falla.



FUENTE: Harry A. Kinnison. Aviation Maintenance Management.

El modelo A es conocido como la curva de la bañera. Comienza con un período de mortalidad infantil (falla de infancia) que tiene una incidencia de falla alta que va decreciendo a medida que transcurre el tiempo, la

frecuencia de falla disminuye hasta llegar a estabilizarse en un índice aproximadamente constante. Luego comienza el período de operación normal (falla aleatoria) donde el índice de fallas permanece aproximadamente constante y éstas pueden ocurrir en cualquier edad. Por último ocurre el período de desgaste (falla por edad) que se caracteriza porque el índice de fallas aumenta a medida que transcurre el tiempo.

El modelo B es la llamada curva de la falla tradicional, donde el índice de fallas aumenta a medida que transcurre el tiempo.

El modelo C se diferencia de los modelos A y B en que registra un deterioro constante desde el principio, con una probabilidad de falla que aumenta con el uso.

El modelo D corresponde a un elemento cuya probabilidad de falla es baja cuando es nuevo, luego ocurre un incremento rápido de falla seguido de un comportamiento aleatorio.

El modelo E representa un elemento que tiene la misma probabilidad de falla en cualquier momento y muestra que no hay relación entre la edad funcional de los equipos y la probabilidad de que fallen.

El modelo F es la llamada curva de la "J invertida", y combina la mortalidad infantil muy alta con nivel constante de falla luego de esta dificultad inicial.

Los estudios de United Airlines mostraron que sólo 11% de estos ítems incluidos en el experimento (los mostrados en las curvas A, B y C del gráfico N° 12) se beneficiarían del establecimiento de límites de operación o de la aplicación de revisiones periódicas de condiciones de uso, por ello se concluye que el mejor mantenimiento es el preventivo. El 89% restante (representados por las curvas D, E y F del gráfico N° 09) requerirán de otros enfoques, al ser no predictivo requerirá de mantenimiento no programado, para contrarrestar este efecto, la industria aeronáutica ha desarrollado otras técnicas:

- Redundancia de equipamiento

- Unidades de reemplazo en línea
- Requerimientos mínimos de despacho de aeronave.

Estas tres últimas técnicas son empleadas hasta la actualidad en las aeronaves más modernas.

### 2.2.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El Reliability Centered Maintenance - RCM - o mantenimiento centrado en la confiabilidad, se define como el proceso que se debe seguir para determinar lo que se debe hacer para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios deseen que realice durante su producción normal actual.

Es una filosofía que se fundamenta en:

- Evaluar los componentes de los equipos, su estado y su función.
- Identificar los componentes críticos.
- Aplicar técnicas de mantenimiento proactivas y predictivas.
- Chequear en sitio y en operación el estado físico y funcional de los elementos mediante revisión y análisis permanente.

Sus principales ventajas son el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria o equipo.

El RCM tuvo su origen en la industria aeronáutica cuando el Maintenance Steering Group (MSG) desarrolló el programa de mantenimiento para los aviones Boeing 747 que fue bautizado como MSG-1. Unos años después el programa mostró tal eficiencia que fue adaptado para desarrollar el programa de otros modelos de aeronave y así nació MSG-2. Finalmente a finales de los ochenta, tras algunos aportes nuevos como cambiar el enfoque de mantenimiento basado en procesos (centrados en componentes) al modelo basado en tareas (funciones del sistema), nació el MSG-3 que dio origen al RCM. Posteriormente la adaptación de este sistema tan sofisticado y novedoso de mantenimiento fue adaptado a otras industrias diferentes a la

aeronáutica denominándose así RCM-II.

## 2.2.8 INTEGRACION DE LA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO

En los mercados competitivos de hoy en día, las empresas deben investigar todas las oportunidades de negocio potenciales que podrían convertirse en una ventaja competitiva.

Las empresas que se hacen de la mayor parte de las herramientas que utilizan para hacer negocios son dominantes en sus respectivos mercados. Un conjunto de herramientas que conlleva a un examen minucioso son los sistemas de información, las herramientas informáticas que utilizan las empresas para ayudar a supervisar y controlar sus negocios.

En los siguientes párrafos se abarca únicamente a describir ciertos sistemas de información comunes y sus usos efectivos.

## 2.2.9 SISTEMAS TÍPICOS.

Los sistemas más comunes usados en los negocios de hoy en día incluyen lo siguiente:

### 2.2.9.1 MRP II y MES SYSTEMS

MES es el acrónimo inglés de Manufacturing Execution System, al español Sistema de Ejecución de Manufactura. Los MES dirigen y monitorizan los procesos de producción en la planta, incluyendo el trabajo manual o automático de informes, así como preguntas on-line y enlaces a las tareas que tienen lugar en la planta de producción. MES puede incluir uno o más enlaces a órdenes de trabajo, recepción de mercancías, transporte, control de calidad, mantenimiento, programación y otras tareas relacionadas.

Los sistemas MRPII y MES ayudan a las empresas gestionar los recursos financieros, de fabricación, y los aspectos de su negocio de distribución. Los sistemas de planificación de recursos de fabricación (MRPII) se están convirtiendo en los sistemas de ejecución de fabricación (MES).

Actualmente, los sistemas MES han evolucionado en los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), la integración de todos los aspectos de un negocio en un sistema único e integral.

#### 2.2.9.2 CMMS y EAM

CMMS (sistema de gestión de mantenimiento) y EAM (Enterprise Asset Management Systems) ayudan a las empresas a gestionar el estado de los bienes de equipo que utilizan para producir bienes o prestar servicios. Estos sistemas pueden seguir la información sobre los equipos y programar el mantenimiento rutinario y preventivo. Utilizando la información de mantenimiento, las empresas pueden tomar decisiones objetivas de reparar o sustituir y en última instancia, seguimiento de los costos de ciclo de vida total de los activos de capital.

#### 2.2.10 EFECTIVIDAD EN EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Una medida de la eficacia de un sistema de información es la cantidad de datos a la que se pueden acceder y utilizar por las personas que necesitan los datos. Cuanto más eficaz es el uso de estos sistemas, mayores son los beneficios, el rendimiento de las inversiones, y en última instancia la competitividad de una empresa. En la práctica, cualquiera de estos sistemas puede funcionar en una de cuatro maneras:

- Como un sistema autónomo.
- Para transferir por lotes y recibir datos desde otro sistema u otros sistemas.
- Como un sistema de interfaz con otros sistemas.
- Como un sistema integrado con otros sistemas.

#### 2.2.11 INTEGRACION DEL MANTENIMIENTO EN EL PLAN DE NEGOCIOS

Las empresas deben sacar mayor provecho a los sistemas de información para sacar ventajas competitivas en el futuro y si no se les da la misma prioridad a los sistemas de mantenimiento en la empresa que a otros sistemas empresariales, los datos nunca serán lo suficientemente precisos.

Para fabricar los productos una empresa necesita equipos y para trabajar en una organización de manufactura de clase mundial, se necesita equipos automáticos. Para utilizar un equipo automatizado, se necesitan sistemas de control automatizados. Para asegurarse de que los sistemas de control automatizado y los sistemas automatizados funcionen, se necesita una mejor práctica u organización de mantenimiento de primer nivel. Si el mantenimiento no está incluido en un plan de negocios para la producción automatizada, el plan no tendrá éxito en el largo plazo. Aunque esta última afirmación es cierta, algunas empresas apuntan a una nueva planta o instalación, y sugieren que el mantenimiento no es necesario, la planta o instalación funciona relativamente libre de mantenimiento.

Dependiendo del proceso y cargas puestas en el equipo, la condición se deteriora en tres a cinco años. Las tasas de averías suben, mientras que las tasas de utilización bajan. Algunas compañías disminuyen el rendimiento del equipo para compensar la cantidad de tiempo muerto relativo al mantenimiento del equipo. No importa cómo las empresas traten de encubrir el hecho, el mantenimiento es una parte importante y necesaria de cualquier organización de manufactura de clase mundial.

#### 2.2.12 MANTENIMIENTO Y MRP

Los MRP utilizan el programa maestro de producción y la lista de materiales para determinar qué equipo será requerido, qué partes son necesarias y qué mano de obra se necesita para producir un producto. El plan maestro de producción tiene todas las previsiones de ventas, permitiendo que las salidas de la empresa sean conocidas. La lista de materiales ayuda a determinar qué parte del total de materiales será atendida del almacén. El planificador de producción sabe cuánto tiempo se toma en producir un ítem en cada parte del equipo, permitiendo que los recursos de mano de obra se determinen. Este proceso parece bastante simple y puede ser muy precisa. Sin embargo, la inexactitud en el sistema se desarrolla cuando se hace la

suposición de que el equipo estará disponible cuando sea necesario para producir el producto.

Si el cronograma requiere que el equipo funcione durante 16 horas al día durante 5 días a la semana, el equipo debe funcionar a velocidades de operación estándar, el equipo debe correr a una velocidad estándar de operación, produciendo un producto de calidad durante 80 horas. Al suponer que el equipo se descompone, deteniendo la producción durante 4 horas en tres turnos distintos, o 12 horas en total. Además, durante otras 8 horas, el sistema hidráulico (una parte del sistema de equipos) no desarrollará presión suficiente para permitir velocidades de funcionamiento normales y el equipo tiene que correr a una velocidad de 50%, añadiendo otras 4 horas (8 x 50%) de pérdida de producción. Por lo tanto, hay un total de 16 horas de producción perdida.

Para arreglar esta pérdida de producción hay dos opciones: correr dos turnos extra en el sexto día, o empujar la demanda agregada en el horario de la próxima semana. Empujar las órdenes de nuevo a la próxima semana no es una solución aceptable para un ambiente de justo a tiempo o "just in time" (JIT) por sus siglas en Inglés. Esto retrasaría la orden, posiblemente, no permitiendo llegar a las instalaciones del cliente a tiempo para sus necesidades. Tal retraso puede resultar en la pérdida de un cliente en el mercado competitivo de hoy en día. La única solución es aceptable para operar los dos turnos adicionales. Esta opción permite componer la producción con ningún retraso apreciable. Los costos involucrados de esta solución son:

- Las horas extras de trabajo de producción
- Las horas extras de trabajo de mantenimiento
- Materiales extra para correr equipos
- Tiempo extra para volver a hacer el programa de producción

- Tiempo adicional para informar que los pedidos de los clientes se pueden retrasar

Los costos de estos turnos adicionales se podrían haber evitado con un programa de mantenimiento eficaz. La mayoría de los expertos coinciden en que la única manera de que la mayoría de los nuevos métodos de producción funcionen es con un programa de mantenimiento preventivo rígido. En este último ejemplo, al suponer que un programa de mantenimiento preventivo había estado establecido. Si el programa de PM incluye las tecnologías más recientes, como el análisis de vibraciones, probablemente se hubiera detectado las causas de la avería antes de que ocurriera la ruptura. Las reparaciones pudieron entonces ser previstas para que el cambio fuera durante la semana, lo que elimina el retraso de la unidad de producción. El filtro obstruido, lo que redujo el flujo en el sistema hidráulico, con la consiguiente pérdida de presión, habría sido reemplazado durante un turno de fuera como parte de la rutina de servicio de mantenimiento para el sistema hidráulico. Sólo este paso habría eliminado el tiempo de producción perdido debido a la reducida velocidad de operación.

Aunque este ejemplo puede parecer simplista, esto ha ocurrido realmente en algunas plantas. Todas las empresas tienen historias similares que contar. Todas incluyen averías innecesarias que podrían haberse evitado con una estructura de gestión que le da importancia a la gestión de mantenimiento. La función de mantenimiento y su sistema de información se ajustan en la fábrica automatizada y el medio ambiente JIT a través de las cuatro opciones que se discutieron anteriormente: básico, lotes, interconectados e integrados.

#### La opción básica

Una solución autónoma básica se introduce manualmente en un programa de mantenimiento en el proceso de programación de la producción. El gerente de mantenimiento compara cronogramas con el gerente de producción en busca de cualquier conflicto entre el momento en el que

mantenimiento requiere el equipo para un servicio y el momento en el que las operaciones requieren el equipo para hacer el producto. Los conflictos pueden ser resueltos a nivel de caso por caso, permitiendo la decisión de hacer con el riesgo de un problema o corregirlo. El gerente de la planta debe resolver cualquier decisión que el mantenimiento y los gerentes de operaciones no pueden.

#### La opción en lote

Un sistema de carga discontinua se utiliza típicamente entre un sistema de mantenimiento y un sistema de inventario, especialmente cuando las dos funciones de la empresa (mantenimiento e inventario) no pueden ponerse de acuerdo sobre el uso del mismo sistema. Por lo tanto, cada uno utiliza su propio sistema. Luego, en un intervalo de tiempo especificado, las tiendas de las bases de datos del catálogo se sincronizan, lo que permite que los datos sean lo suficientemente preciso, excepto para los más exigentes de los entornos.

#### La opción de interfaz

Un sistema de interfaz se utiliza cuando los sistemas corporativos (planificación de la producción, finanzas, compras, etc) y la función de gestión de mantenimiento están informatizados. Los dos sistemas pueden funcionar de forma independiente el uno del otro, excepto cuando la información es cargada por lotes de uno a otro. El ejemplo más común se está cargando las exigencias de mantenimiento de tiempo para la parte de programación de la producción del sistema de planificación de la producción. El sistema de planificación de la producción trata a las demandas de mantenimiento de los equipos como si fueran demandas de productos, lo que permite una programación sin problemas del proceso. Si no hay conflictos, el horario puede ser producido y finalizado. Si hay conflictos, pueden ser manejados transfiriendo los recursos, la producción de la descarga a otros equipos, o por el aplazamiento de la solicitud de mantenimiento (si no es urgente) para la próxima semana. Los dos sistemas

pueden trabajar juntos, evitando el problema de "islas de automatización".

- La opción integrada

El sistema más avanzado, que recién ahora está empezando a ser utilizado, es un sistema integrado. Es diferente del sistema de interfaz, ya que es en tiempo real, no por lotes cargado. Este tipo de sistema se volverá aún más importante cuando el controlador lógico programable (PLC) en el taller está alimentando de nuevo la información en los sistemas de mantenimiento y programación de la producción en un entorno de tiempo real. Este entorno basado en la condición es que las organizaciones de mantenimiento tendrán que moverse en el futuro para que puedan contribuir a la rentabilidad de la empresa en una organización de clase mundial.

En esta organización, toda la información de producción se alimenta de nuevo en el sistema de programación de la producción para el control de cumplimiento contra el programa maestro de producción. Parte de la misma información (tiempos de ejecución, las tasas de producción, etc) también se introduce en el sistema de mantenimiento. Esta información, junto con los datos de vibración, temperatura o sensores sónicos, se utiliza para programar el mantenimiento Just-In-Time para evitar cortes de equipos o problemas de calidad. Será necesario que la empresa para lograr relaciones óptimas de coste-producto-servicio La relación sinérgica. Sólo mediante el logro de este tipo de cooperación cualquier empresa pueda seguir siendo competitiva en el mercado mundial. Si las empresas retrasan el agregar alimentos a su plan general para la mejora de la organización, el mercado del mundo pronto pasar por ellos.

### 2.2.13 GESTIÓN DE ACTIVOS EMPRESARIALES

Los proveedores de software han comenzado a llamar a sus productos sistemas de gestión de activos empresariales (EAM) en lugar de CMMS. Para entender la razón de este cambio, se debe tener en cuenta que muchas empresas utilizan sistemas de planificación de recursos

empresariales (ERP) para gestionar todos los recursos necesarios para producir un producto o prestar un servicio. Estos sistemas están conectados con los negocios de la entrada de pedidos a la orden cumplimiento.

Por el contrario, CMMS se utiliza por los departamentos de mantenimiento para gestionar la función de mantenimiento. Típicamente, un CMMS es independiente del sistema de negocios principal, lo que requiere la integración horario manual para evitar conflictos.

Cuando surgen conflictos entre los sistemas ERP y CMMS, son a menudo debido a la falta de dar suficiente importancia a la función de mantenimiento. En general, una empresa no puede planificar con éxito los recursos (activos) a nivel empresarial sin la gestión de activos en ese nivel. Los conflictos se desarrollan cuando, debido a la escasa disponibilidad de los equipos, el exceso de activos son adquiridos para garantizar la capacidad suficiente para satisfacer las demandas del mercado. Esta estrategia no está controlada, a menudo resulta en un mantenimiento excesivo, por reparación, y costos operativos, así como una menor utilización de activos. Activos en exceso (subutilizados) disminuye el rendimiento de todos los activos, lo que indica una mala inversión.

La solución es un paso más allá de la gestión de mantenimiento a EAM. Los sistemas EAM tratan de gestionar los activos de la empresa para optimizar su uso, lo que maximiza el retorno de la inversión en los activos. En otras palabras, el EAM toma un enfoque de procesos de la empresa o una visión centrada en los activos de la empresa, en lugar de una visión centrada en el producto.

En resumen, los sistemas ERP implican la planificación basada en la capacidad. EAM permite o entrega esa capacidad. Por lo tanto, EAM es más que gestión de mantenimiento, y el software EAM pretende ser algo más que un software de gestión de mantenimiento.

## CAPÍTULO III

### PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

#### 3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El presente informe pretende encontrar la relación que existe entre un sistema de actualización de documentos de mantenimiento y la efectividad que tiene el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica por lo que el objetivo de este trabajo es dar respuesta a la siguiente pregunta:

“¿De qué manera el sistema de actualización de documentos de mantenimiento mejora la efectividad del área de mantenimiento en una empresa aeronáutica?”

Como objetivos secundarios se dará respuesta a las siguientes preguntas:

¿De qué manera las órdenes de trabajo mejoran la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica?

¿De qué manera los procedimientos mejoran la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica?

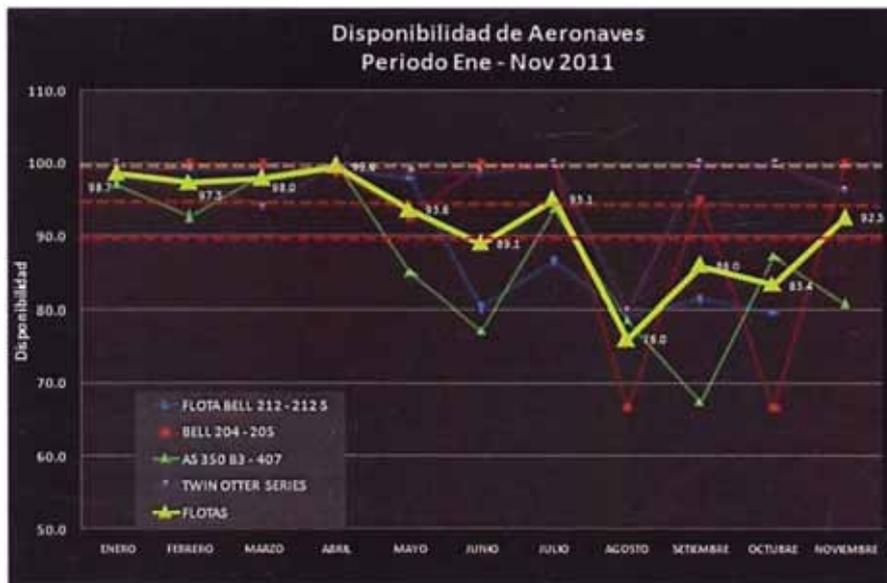
Una forma de entender el impacto que se logra al mejorar la efectividad del área de mantenimiento es mediante los indicadores mundiales de mantenimiento de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, en las siguientes figuras de los gráficos 13, 14 y 15 se muestran el indicador de disponibilidad en la compañía en el año 2010, 2011 y 2012:

GRAFICO N° 14: Disponibilidad de las flotas en el periodo 2010.



FUENTE: Informe anual de indicadores de la compañía 2010.

GRAFICO N° 15: Disponibilidad de las flotas en el periodo enero-noviembre 2011.



FUENTE: Informe anual de indicadores de la compañía 2011.

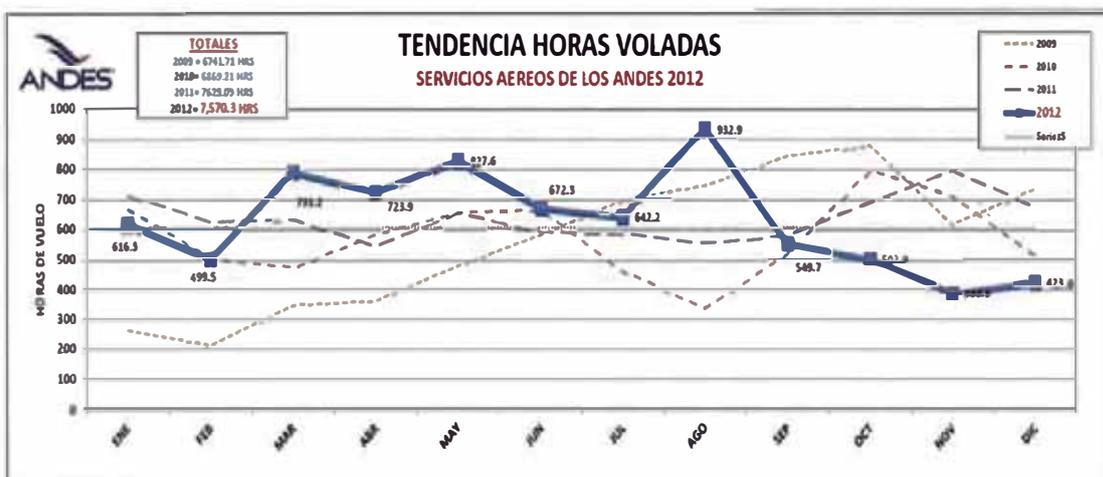
GRAFICO N° 16: Disponibilidad de las flotas en el periodo 2012.



FUENTE: Informe anual de indicadores de la compañía 2012.

Al comparar la disponibilidad de todas las flotas en general de la compañía se puede apreciar que entre los meses de junio y octubre (periodos 2010 y 2011) este indicador se reduce por debajo del 90 % y estos son los meses en los que la compañía acumula mayores horas de vuelo como lo muestra la gráfica 16:

GRAFICO N° 17: Horas de vuelo de todas las flotas periodo ene – nov 2011.



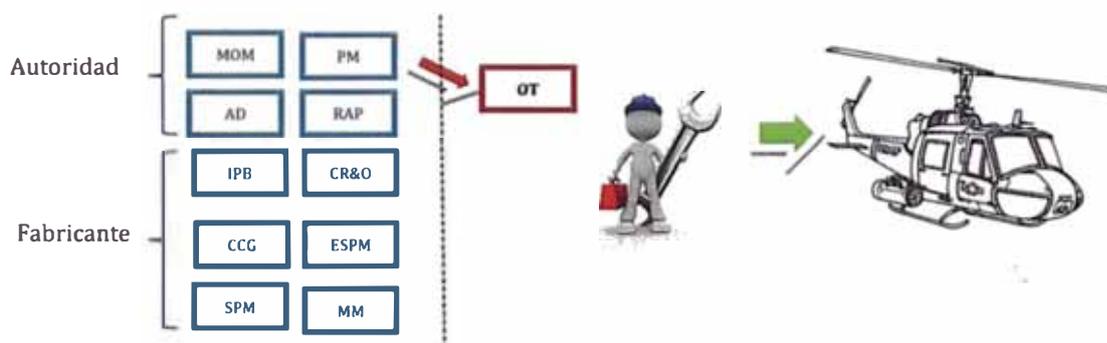
FUENTE: Informe anual de indicadores de la compañía 2012.

Al analizarla primera parte del año 2011 se puede apreciar que mientras se va reduciendo el número de horas de vuelo la disponibilidad aumenta y cuando el número de horas voladas se incrementa disminuye la disponibilidad de las flotas en su conjunto. Llama la atención que cuando se incrementan en las horas de vuelo el indicador baja bruscamente mientras que cuando pasa lo contrario el indicador se incrementa poco menos del 2.5 %. En el 2012 se cambia esta tendencia porque entre los meses de agosto y diciembre de ese año disminuyó bruscamente el uso de las aeronaves al quedar suspendidas 2 operaciones importantes para la compañía.

Para poder analizar las causas de la tendencia a disminuir la tendencia a bajar la disponibilidad con el incremento de la operación es importante que la compañía se asegure de contar siempre con la data necesaria para cumplir los trabajos de mantenimiento y estos se ejecuten conforme al estándar avalado por el fabricante.

En el siguiente gráfico se ilustra la cantidad de documentos que los técnicos requieren para poder cumplir los trabajos de mantenimiento:

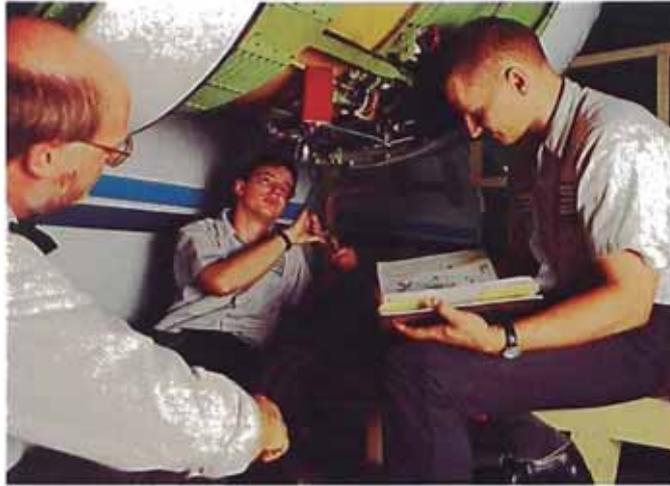
GRAFICO N° 18: Documentos requeridos para el mantenimiento para un tipo de aeronave.



FUENTE: Elaboración propia.

Los registros de cumplimiento de los trabajos están plasmados básicamente en la orden de trabajo y a partir de ellos se elaboran los demás registros de mantenimiento que una aeronave o un componente deben tener.

GRAFICO N° 19: Aeronave en mantenimiento y el uso de manual técnico.



FUENTE: Internet.

Como se puede apreciar hay una cantidad importante de documentos que se deben emplear durante un trabajo de mantenimiento en una aeronave que conlleva a una demora importante de tiempo mientras se localiza la información adecuada y principalmente puede llevar a no cumplir con todos los estándares de calidad requeridos para un mantenimiento generando así malos mantenimientos preventivos y aumentando la cantidad de mantenimientos correctivos que paran las máquinas.

En el gráfico Nro. 19 se aprecia la cantidad de documentos de fabricante de una de las flotas de la empresa Servicios Aéreos de los Andes debe tener durante la ejecución de una parada de mantenimiento.

GRAFICO N° 20: Documentos de mantenimiento de una flota para su mantenimiento.



FUENTE: Biblioteca técnica de la compañía.

Finalmente es importante saber que toda la información empleada para dejar la aeronave en servicio luego de un mantenimiento debe ser transcrita en las órdenes de trabajo y firmadas por los técnicos que realizaron el trabajo y los inspectores de control de calidad asignados. Esta información denominada información de cumplimientos es constantemente auditada y debe estar resguardada por la compañía al menos por un período de 2 años los cuales para el estándar de calidad de la compañía le pone como limitación adicional hasta que se realice nuevamente un trabajo igual en los casos en los que se exceda de los dos años requeridos por la DGAC Perú.

### 3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo se basa en la necesidad que tienen las empresas aeronáuticas de contar con un sistema de documentos que se puedan actualizar de manera rápida para poder continuar con la planificación de los siguientes mantenimientos. La buena planificación incide directamente en una gestión eficiente de mantenimiento, por tanto es crucial para una organización de mantenimiento aeronáutica contar con un sistema de actualización de

documentos que además se integre con todos los demás procesos de mantenimiento.

Como se describió en la sección 2.2.9 de antecedentes bibliográficos de este trabajo, la efectividad en el uso de un sistema de información depende de la cantidad de información a la que el usuario puede acceder y dado que las órdenes de trabajo son los documento básico que demuestra el cumplimiento de un trabajo es importante encontrar la forma de medir su gestión así como los procedimientos ligados a este.

Dado estos antecedentes se estima que la actualización de documentos de mantenimiento podrían reducirse de 5 a 7 días que toma actualmente a 1 a 2 días, para esto se hará uso de un sistema moderno de administración de activos (EAM) que presenta un enfoque moderno de ver la Gestión de los activos y pueden integrar los diversos procesos de la empresa.

### 3.3 HIPÓTESIS

#### 3.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

“El sistema de actualización de documentos de mantenimiento influye en la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica”.

#### 3.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

“Las órdenes de trabajo influyen en la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica”.

“Los procedimientos influyen en la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica”.

### 3.4 METODOLOGÍA

#### 3.4.1 DISEÑO

El presente trabajo usará un tipo de diseño experimental.

### 3.4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para la recolección de datos se emplearán las siguientes técnicas:

- Entrevistas con los miembros encargados de los procesos por los que atraviesan las órdenes de trabajo.
- Investigación bibliográfica de temas de mantenimiento, aviación y sistemas de mantenimiento y su utilidad en la mejora de procesos.
- Contrastación de hipótesis.

### 3.5 INDICADORES

Los indicadores de medición de eficiencia de mantenimiento que emplearemos para el siguiente trabajo serán la tasa de planificación y tasa de mantenimiento programado.

#### 3.5.1 TASA DE PLANIFICACIÓN

Se define este indicador como el porcentaje que representan el total de horas previstas para órdenes de trabajo planificadas entre el total de horas disponibles:

$$\text{Tasa Planificación} = \frac{\text{Horas previstas para O.T. planificadas}}{\text{Total horas disponibles}}$$

#### 3.5.2 TASA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Se define como el porcentaje de número de trabajos no planificados (sin OT) entre el total de trabajos de mantenimiento realizados

$$\text{Tasa de mant. Prog.} = \frac{\text{Número de trabajos no planificados}}{\text{Total de trabajos realizados}}$$

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y PROCESO DE TOMA DE DECISIONES**

#### **4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Dado los antecedentes de los capítulos anteriores mediante este trabajo se da respuesta a la siguiente pregunta:

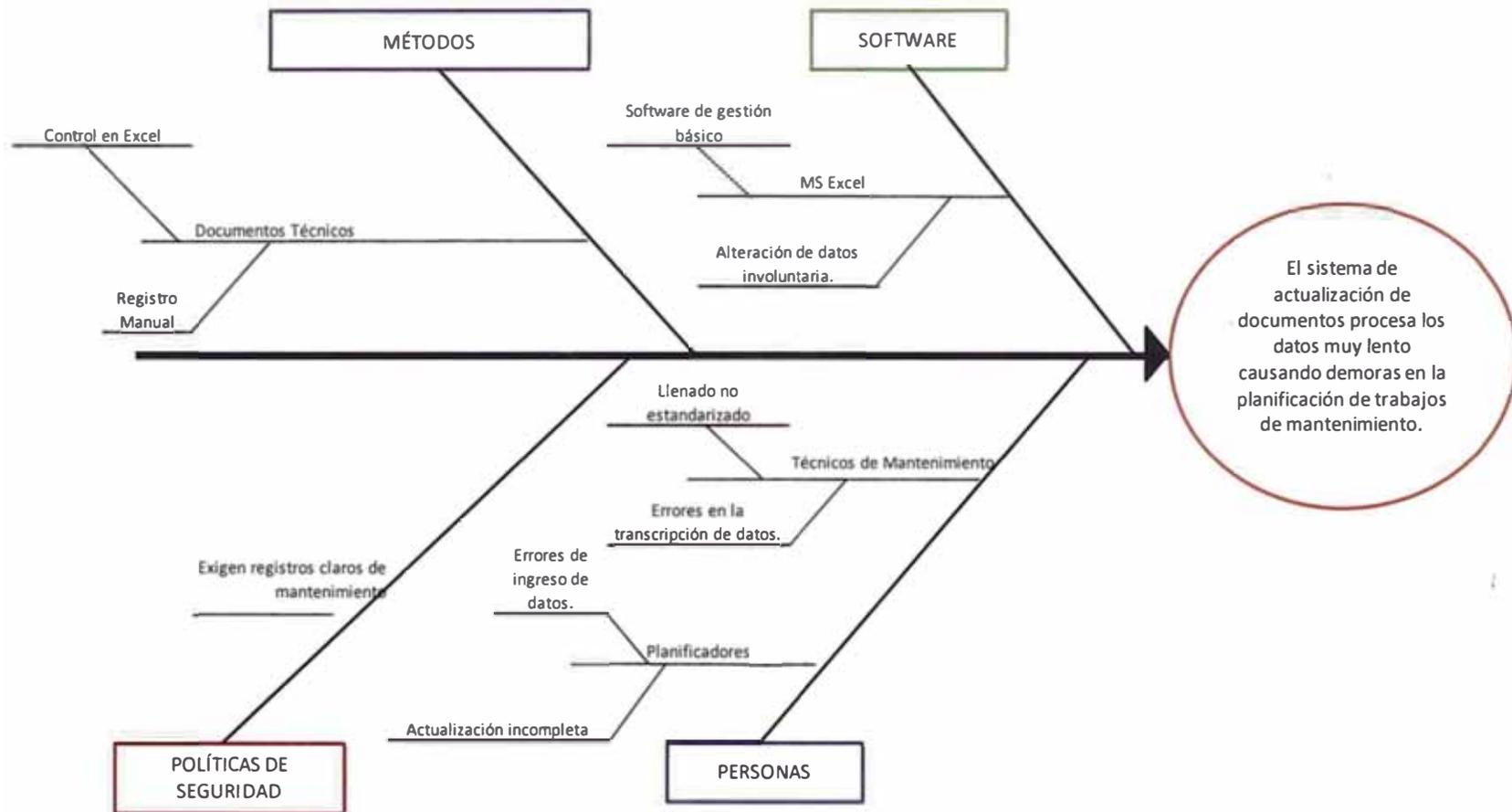
“¿De qué manera un sistema gestión de documentos mejora la eficiencia del mantenimiento”?

Analizando más este problema se ve cómo se automatiza la parte de control de documentos con el sistema de gestión de mantenimiento.

#### **4.2 CAUSAS Y EFECTOS / DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

Para el presente trabajo se utiliza la herramienta de identificación de problemas de Ishikawa, también conocida como diagrama de espina de pescado.

GRAFICO N° 21: Diagrama de Ishikawa



FUENTE: Elaboración propia.

### 4.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL

El control de la documentación del mantenimiento de las aeronaves inicia desde que se hace la planificación de los trabajos, un proceso crítico es el manejo de los registros de estos trabajos ya que son la única evidencia de que el mantenimiento se haya llevado correctamente. La manera en que se lleva el manejo de estos documentos es una forma de ver que tan eficiente y formal se maneja una organización de mantenimiento aeronáutico. No es viable en estos tiempos gestionar el mantenimiento de una empresa aérea sin un sistema integrador y que cubra las necesidades de trazabilidad de los trabajos que son requeridos por ley.

### 4.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Las alternativas de solución para este caso derivan de la identificación del problema mostrado en la sección 4.1. Para el sistema de actualización de mantenimiento se elige implementar un sistema de mantenimiento actual que sea integrador, no se recurre a una solución al tamaño pues al mantener estándares mundiales de aviación, se requiere un sistema con un enfoque más integrador, tampoco se recurre a una solución tan especializada como un MRO pues estas soluciones son para organizaciones grandes y con un nivel de mantenimiento superior al que hace una organización de mantenimiento aeronáutico en el Perú.

#### **4.4.1 ALTERNATIVA "A": IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO EN AERONÁUTICA**

La primera alternativa que se evaluó en la compañía fue la implementación del AMS (AIRCRAFT MAINTENANCE SYSTEM) de AMS RD Inc. La cuál es una compañía canadiense que desarrolla el sistema AMS y es empleado por compañías de aviación en Norte América, Europa, Asia y África. Ofrece una alternativa basada en el cumplimiento de requerimientos de regulaciones aeronáuticas de EEUU, UE y Canadá.

#### 4.4.2 ALTERNATIVA "B": IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS RELACIONADO A UN MRO.

MÁXIMO de IBM Las soluciones de IBM Maximo Asset Management proporcionan un punto de control único para todos los tipos de activos: producción, infraestructura, instalaciones, transporte y comunicaciones, al gestionarlos desde una plataforma común. Esta plataforma permite compartir y aplicar las mejores prácticas, inventario, recursos y personal. Con esto se puede optimizar el rendimiento de sus activos y maximizar la rentabilidad de la inversión.

Maximo Asset Management incluye seis módulos de gestión en una arquitectura orientada a servicios mejorada: gestión de activos, gestión de trabajo, gestión de servicios, gestión de contratos, gestión de inventario y gestión del aprovisionamiento.

GRAFICO N° 22: Módulos de gestión de maximo IBM.



FUENTE: Internet.

#### 4.4.3 ALTERNATIVA "C": IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL PARA ADAPTARLO AL SECTOR AERONÁUTICO

MP es un software profesional para control y administración del mantenimiento o CMMS, de sus siglas en inglés Computerized Maintenance Managment System.

El objetivo principal del MP es ayudarle a administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente, manteniendo toda la información de su departamento de mantenimiento documentada y organizada.

#### 4.5 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN

Los criterios de evaluación que se escogieron se basan tanto en criterios técnicos como subjetivos brindados por los gerentes de la compañía.

##### 4.5.1 REQUISITOS TÉCNICOS

Estos incluyen los requisitos que tendrá la compañía para elegir el sistema:

- Sistema operativo, que es el sistema operativo con el que cuenta la empresa y el sistema a instalar deberá poder soportar.
- Base de datos, La base de datos con la que cuenta la empresa es el SQL.
- Equipos / instalaciones, la forma en el que sistema organiza los activos de la compañía, debe tener una estructura jerárquica.
- Ordenes de trabajo, Es importante que se haga una buena gestión de las órdenes de trabajo de mantenimiento de cada una de las aeronaves.
- Mantenimiento preventivo, La mayor parte de mantenimiento en una empresa aeronáutica es preventivo, por tanto es importante que el sistema a implantar tenga muy bien definido este tipo de mantenimiento.

- Mantenimiento correctivo, también se debe controlar este tipo de mantenimiento y con ciertos criterios también puede ser planificado.
- Mantenimiento predictivo, Este tipo de mantenimiento se basa en pruebas que se hacen con ciertas frecuencias para poder predecir cuándo ocurrirá una falla y está incluido en los programas de mantenimiento de las aeronaves.
- Control de existencias, Es muy importante el control de repuestos, así como de los demás materiales necesarios para poder cumplir los trabajos de mantenimiento. En ciertos casos es indispensable que se pueda trazar ciertos suministros como aceites y grasas.
- Mano de obra, el control de mano de obra es fundamental pues son personas las que ejecutan las operaciones de mantenimiento y son personas altamente calificadas. Debido a ello es primordial optimizar su trabajo y controlar sus capacitaciones, la Regulación Aeronáutica Peruana contempla el control del tiempo de trabajo así como el nivel de especialización que se requiere para cada trabajo.  
Otras funciones, incluye funciones de uso de gráficas y de documentos.

#### 4.5.2 CRITERIOS SUBJETIVOS

En la siguiente matriz de evaluación se muestran los criterios y subcriterios a evaluar del sistema a ser elegido:

##### 4.5.2.1 Soporte técnico

Es importante que la compañía cuente con un soporte técnico luego de la implementación.

##### 4.5.2.2 Experiencia en aviación

Fundamental que el sistema implementado conozca del sector aéreo y de las necesidades que este presenta.

#### 4.5.2.3 Tiempo de implementación

Se desea que el tiempo de implementación no exceda más de un año.

#### 4.5.2.4 Costo de la solución

El presupuesto de la compañía bordea los US\$ 200,000 por lo que la implementación no deberá costar más.

### 4.5.3 MATRIZ DE CONFRONTACIÓN

Se hace empleo de la matriz de confrontación para enfrentar los siguientes criterios:

TABLA 02: Matriz de confrontación.

Criterio	RT	ST	EA	TI	CS	$\Sigma$	%	Ponderación
RT	X	0	0	1	0	1	10%	0.1
ST	1	X	1	1	0	3	30%	0.3
EA	1	0	X	1	0	2	20%	0.2
TI	0	0	0	X	1	1	10%	0.1
CS	1	1	1	0	X	3	30%	0.3
TOTAL						10	100%	

Leyenda:

- RT: Requisitos técnicos
- ST: Soporte técnico
- EA: Experiencia en aviación
- TI: Tiempo de implementación
- CS: Costo de la solución

FUENTE: Elaboración de la compañía.

#### 4.5.4 CRITERIOS DE VALORACIÓN SUBJETIVA

Los criterios de valoración subjetiva se muestran en la tabla N° 3:

TABLA N°3: Valores de valuación:

VALOR	SIGNIFICADO
1	Pésimo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

FUENTE: La compañía.

#### 4.5.5 MATRIZ DE EVALUACIÓN

La ponderación de las alternativas de la tabla N°03 y el valor de los criterios subjetivos se juntan en una sola matriz para poder ponderar las alternativas de solución, con esto se obtiene la matriz de evaluación que se muestra en la tabla N°04.

TABLA N°4: Matriz de evaluación

Criterio	Ponderación	Puntuación			Puntaje Ponderado		
		Alternativa "A"	Alternativa "B"	Alternativa "C"	Alternativa "A"	Alternativa "B"	Alternativa "C"
Requisitos técnicos	0.1	2	3	3	0.2	0.3	0.3
Soporte Técnico	0.3	1	4	4	0.3	1.2	1.2
Experiencia en aviación	0.2	5	4	2	1	0.8	0.4
Tiempo de implementación	0.1	4	3	4	0.4	0.3	0.4
Costo de solución	0.3	5	3	3	1.5	0.9	0.9
	1			Total:	3.4	3.5	3.2

FUENTE: Evaluación de la compañía.

#### 4.6 ESTRATEGIAS ADOPTADAS PARA DESARROLLAR LA SOLUCION SELECCIONADA

Durante la evaluación de las alternativas se optó por estrategias de corto, y mediano plazo.

##### LA ESTRATEGIA DE CORTO PLAZO:

Estandarización del control de mantenimiento de las aeronaves el cuál duro cerca de un año.

## LA ESTRATEGIA DE MEDIANO PLAZO:

Consiste en la implementación de la herramienta de gestión máximo IBM, para ello se desarrolló dos sub-estrategias:

- Contratar a la empresa IT Consol (representante de IBM en el Perú) para implementar el software a nivel informático.
- La segunda estrategia fue organizar un equipo de implementación en el área de mantenimiento para incluir todos los requisitos del mantenimiento de las aeronaves en el sistema.

### 4.6.1 PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DE CONTROL DE MANTENIMIENTO.

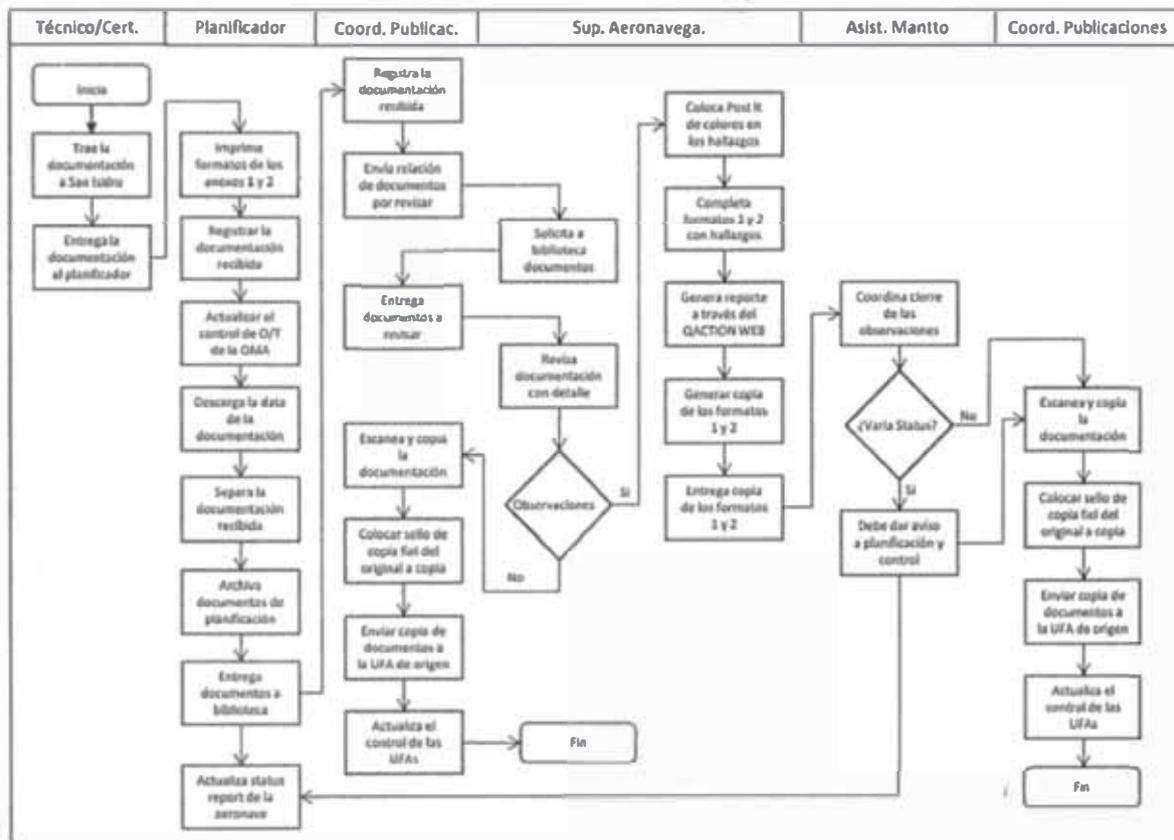
En esta etapa se identifican dos importantes cambios para el área de mantenimiento, el primero consistió en la creación de procedimientos que forman la base para la planificación y control del mantenimiento de todas las aeronaves y el segundo consistió en la estandarización del control informático en Excel de toda la flota.

#### 4.6.1.1 Elaboración de procesos de planificación y control de mantenimiento.

Para poder ordenar el mantenimiento dentro de la organización fue esencial crear procedimientos netos del área de planificación pues estos son los que lideran las acciones de mantenimiento. Dentro de los principales procedimientos elaborados se tuvieron los siguientes:

- Procedimiento de planificación de eventos de mantenimiento.
- Procedimiento de paradas de mantenimientos mayores.
- Procedimiento de actualización de los status report.
- Procedimiento de NRD.
- Procedimiento de recepción, revisión y descarga de data de RTV's, de OT's y demás registros.

GRAFICO N° 23: Procedimiento de recepción, revisión y descarga de data.



FUENTE: Manual de procedimientos internos de la compañía.

Procedimiento de actualización de directivas de aeronavegabilidad, boletines de servicio de aeronave, motor y hélice.

Procedimiento de actualización, control y distribución de las publicaciones técnicas.

Procedimiento de control de componentes de carga externa.

Procedimiento para la planificación de la aplicación de modificaciones y los certificados tipo suplementarios (STC).

4.6.1.2 Estandarización del sistema de control de mantenimiento en MS Excel.

Esta etapa consistió en una revisión total del control del estado de inspecciones de aeronave y motor, cumplimiento de directivas de aeronavegabilidad y boletines de servicio, cumplimiento de reemplazo de componentes por hard-time (overhaul o limite de vida), además del cumplimiento de otras tareas de mantenimientos mandatorios que no se encuentran especificadas en el programa de mantenimiento, parte diario de consumo de horas y ciclos.

Todas las revisiones de estos controles se convirtieron en formatos estándar y fueron incorporadas en el Manual de Organización de Mantenimiento de la empresa empleándose para llevar el control del mantenimiento de cada una de las aeronaves logrando así un estándar.

GRAFICO N° 24: Control de inspecciones de una aeronave (2010).

CONTROL DE INSPECCIONES DE AERONAVE OB-1				
AERONAVE		TURBOMOTORES		
MODELO	BELL 212	PT6T-3 P/N 3017400		
MATRICULA	OB-1910-P	MOTOR No. 1	MOTOR No. 2	
No. SERIE	30798	CP-PS 61581	CP-PS 60383	
OPERADOR	SADLA	No. de SERIE	15,298.6	8,586.3
	A. Benavides.	T. S. N.		
DIRECCION	N° 1131	T. S. O.	2,167.1	2,143.4
HORAS A/N.	16,491.1	CICLOS		
ATERRIZAJE	13,766	CARGA EXTERNA	2,468	
FECHA:	26-may-2011	PARTIDAS	2,609.0	2,470.0
TRUNNION	119,045		8,104.0	6,856.0
MASTIL	119,045	ATERRIZAJES INICIO	8,768	
SITUACION:	OPERATIVO			
UBICACION:	PUCALLPA			
TIPO DE INSPECCION PARTE A	ULTIMA INSP. EFECTUADA	PROXIMA INSP. A EFECTUAR	DISPONIBLES	
INSPECCION 100 HRS.	16,446.1	16,546.1	55.0	
6-12 MESES	02-feb-2011	02-feb-2012	773	
INSPECCION 1000 HRS.	16,148.0	17,148.0	656.9	
INSPECCION 3000 HRS.	16,148.0	19,148.0	2,656.9	

FUENTE: Control de mantenimiento de la compañía.

GRAFICO N° 25: Control de inspecciones de una aeronave Bell 212 (2012 - 2014).

LOGO EMPRESA AEREA  
SAC

**CONTROL DE INSPECCIONES**  
(FM-040, Rev. Original)  
Por AER e JAR del 2013

AERONAVE				TURBOMOTORES			HELICES		
MORSA	BELL 212	MORSA	BELL 212	TURBOMOTORES	No. 1	No. 2	HELICES	No. 1	No. 2
MATRICULA	OB-1 210-P	OPERADOR	OPERADOR	PTAT-3	PTAT-3	PTAT-3	N/A	N/A	N/A
REGISTRO	30 758	AÑO DE FAB.	1978	No de SERIE	CP-PS 6151	CP-PS 6033	No de SERIE	N/A	N/A
HORA A.H.	15.884,7	TOLANON	128.580	F.H.S.	3.130,7	2.817,8	F.H.S.	N/A	N/A
PARTIDAS	6.462	MUEL	142.823	F.K.H.	16.282,2	8.300,7	F.K.H.	N/A	N/A
PIERDIDAS	12.135	UNIDAD EXTERNA	217	S.B.E.	3.405	3.138	S.B.E.	N/A	N/A
RECAL	0,00000000			S.M.	9.000	8.828	S.M.	N/A	N/A
SITUACION	OPERATIVO			P.H.S.	10.914	10.328	P.H.S.	N/A	N/A
REVISIONES	REEMPLAZOS/REVIS			F.H.	25.343	18.598	F.H.	N/A	N/A

No. C. PM Rev. 6	INSPECCION	COMPONENTE AFECTADO	REFERENCIA FABRICANTE	FRECUENCIA		ULTIMO CUMPLIMIENTO		PROXIMO CUMPLIMIENTO		REMANENTE		REGISTRO ULTIMO CUMPLIMIENTO	OBSERVACION
				INTERVALO	CRITERIO	DATE	CRITERIO	VEHICULO	CRITERIO				
<b>1) INSPECCIONES PROGRAMADAS DE AERONAVE</b>													
6.3.2	100 HORAS/10 MESES - Part A	AERONAVE	BH-212-486-1, 8-0	100.0	Horas	17644.8	Horas	17544.8	24.8	Horas	EJ72		
	CADA 3ra de 100 HORAS/12 MESES Part A			300.0	Dias	23-dic-13	Dias	23-dic-14	300.0	Horas	EJ72		
				300.0	Horas	17644.8	Horas	17744.8	300.0	Horas	EJ72		
				305.0	Dias	23-dic-13	Dias	23-dic-14	280.0	Dias	RTV N° 284		
				800.0	Horas	17148.0	Horas	17748.0	283.3	Horas	OT 00252		
6.3.2.1	100 HORAS/10 MESES - STC	STC	OT	305.0	Dias	24-dic-13	Dias	24-dic-14	283.3	Horas	EJ04	Cada vez que se programa la 3ra de 100 se programa la 1ra de 100	
6.3.3	100 OPH/12 MESES - Operador de carga	AERONAVE	BH-212-89-6	100.0	Horas	17644.8	Horas	17544.8	100.0	Horas	OT N° 284	Cuando opera con linea larga por conveniencia se	
6.3.3.1	100 OPH/12 MESES - Operador de carga Book with 048	STC	Outboard Owner's Manual N° 120-086-01	100.0	Horas	17644.8	Horas	100.0	100.0	Horas	EJ72	OT 00251	
				305.0	Dias	23/11/2013	Dias	23/11/2014	250	Dias	RTV N° 284	OT 00251	

FUENTE: Control de mantenimiento de la compañía.

Los siguientes son los formatos creados durante la estandarización:

- ✓ Formato de control de inspecciones

Formato empleado para llevar el control de inspecciones programadas de aeronaves, motores, hélices y APU de las aeronaves.

En el gráfico 25 se muestra este formato incorporado en el MOM:



- ✓ Formato de control de directivas de aeronavegabilidad y boletines técnicos.

Este formato es empleado para llevar el control de las directivas de aeronavegabilidad emitidas por las autoridades aeronáuticas que certifican el diseño de las aeronaves y los boletines de servicio de los fabricantes que advierten de alguna novedad encontrada en los operadores de todo el mundo, en la figura 27 se muestra este formato:

GRAFICO N° 28: Formato de control de directivas de aeronavegabilidad y boletines de servicio.

The image shows a screenshot of a control form titled "CONTROL DE DIRECTIVAS DE AERONAVEGABILIDAD (AD/ALERT SERVICE BULLETIN (ASB)/SERVICE BULLETIN (SB)/COMMERCIAL ENGINE BULLETIN (CEB)/APPLICACIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (NTC) DE AERONAVES, MOTOS, HELICOPTEROS Y COMPONENTES (MMA-B))". The form features the ANDES logo and a legend with four colored boxes: yellow for "Por crear", green for "En uso", orange for "Dispositivo en mantenimiento", and white for "No aplica". Below the legend is a large grid with multiple columns and rows, designed for tracking the status and implementation of various directives and service bulletins.

FUENTE: MOM de la compañía.

Luego de terminar la estandarización del control de las aeronaves se logró mayor orden para poder programar los trabajos y responder a las auditorias de las autoridades y diversos clientes. Sin embargo, la empresa decidió aún ir más allá e implementar el sistema maximo para poder automatizar lo ya logrado y ser más eficiente.

## 4.6.2 ESTRATEGIA IT CONSOL (IBM)

A continuación se señala a modo general los pasos seguidos por parte de la consultora para el proceso de implementación que se basó en la guía de implementación de máximo de IBM y que señala los siguientes pasos para la implementación:

- Planificación del proyecto
- Ambiente de solución
- Instalación
- Configuración

### 4.6.2.1 Planificación del Proyecto (IBM)

Durante la planificación de un proyecto de implementación máximo se debe considerar que todo cliente es único y que la forma de hacer variará de acuerdo a la organización en la que se implemente, típicos problemas son la selección de infraestructura (sistema operativo, base de datos, servidor de aplicaciones), integración con otros sistemas terceros, data existente para migrarla al sistema, herramientas de guía a través del proceso de implementación.

El proyecto contó con las siguientes fases:

- Fase 01: Análisis y reunión de requerimientos.
- Fase 02: Diseño de solución.
- Fase 03: Despliegue.
- Fase 04: Pruebas y entrada en funcionamiento
- Fase 05: Soporte

### 4.6.2.2 Ambiente de Solución

En esta etapa se definen todos los requerimientos técnicos de implementación, los requisitos de base de datos, servidores, páginas web, entre otros.

#### 4.6.2.3 Instalación

Que a su vez considera las siguientes sub etapas:

- Lista de verificación de requisitos (Pre instalación)
- Diagrama de flujo de la instalación.
- Instalación del Middleware.
- Instalación de los componentes madre de maximo.
- Instalación del paquete de procesos solución.
- Tareas de post-instalación.
- Configuración del sistema y el registro de propiedades.

#### 4.6.2.4 Configuración

Son los pasos que se deben seguir antes de dar acceso a los usuarios al sistema y que se inician luego de la instalación.

### 4.6.3 ESTRATEGIA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

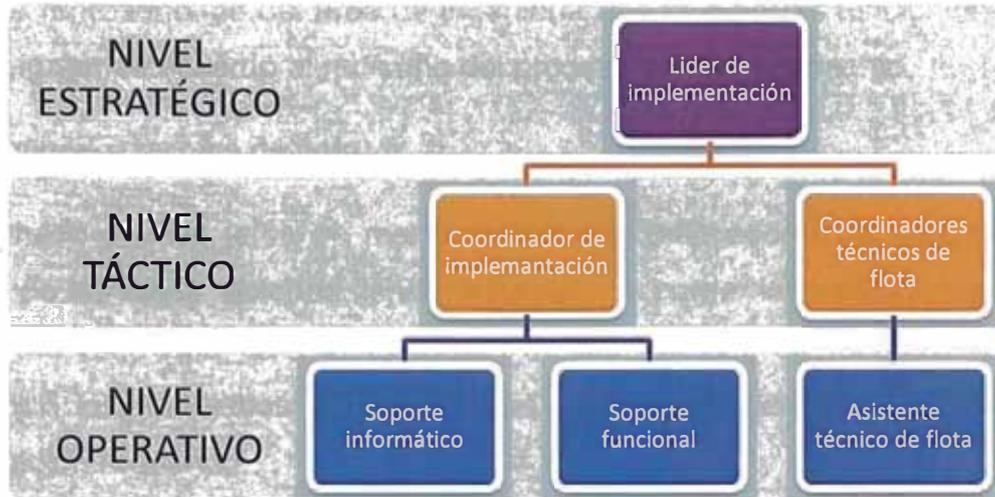
Paralelamente a la empresa representante de IBM que realiza la parte de la implementación del sistema máximo a nivel técnico – informático, el área de mantenimiento se organizó para el proyecto de implementación y se definió lo siguiente:

- Organización del equipo de implementación
- Cronograma de actividades
- Determinación de especificaciones funcionales
- Reuniones periódicas

#### 4.6.3.1 Organización de mantenimiento para la implementación del sistema

El equipo de implementación se organiza en tres niveles que se muestran en el gráfico 28:

GRAFICO N° 29: Organización del área de mantenimiento para la implementación



FUENTE: Elaboración propia.

A continuación una breve descripción de cada uno de los roles:

a. Líder de implementación

Encargado a la sub gerencia de mantenimiento quien se encarga de comunicar los avances a la alta dirección así como proponer y llevar a cabo los acuerdos de los nuevos cambios funcionales por el impacto que tiene el proyecto en la forma que se lleva el mantenimiento dentro de la compañía.

b. Coordinador de implementación

Designado por el líder del proyecto, tiene a su cargo cumplir con los plazos establecidos para la implementación del sistema, coordina a con los coordinadores técnicos de flota la implementación de los requerimientos técnicos requeridos por el sistema. Tiene a su cargo las siguientes personas:

c. Soporte informático

Desarrollado por personas asignadas de la consultora representante de IBM y por ingenieros encargados de la carga de datos en el sistema que pasar a formar parte de la organización en cuanto se termine la implementación.

d. Soporte funcional

Persona representante del área de ingeniería que cumple las funciones que se le asignan de acuerdo al rediseño del proceso de mantenimiento.

e. Coordinador técnico de flota

Conformado por los jefes de mantenimiento y certificadores de control de calidad de las flotas quienes tienen la función de cargar información técnica al sistema requerida para la ejecución de los trabajos de mantenimiento como son los materiales y herramientas necesarios, personal y nivel de capacitación requerido.

f. Asistente técnico de flota

Conformado por técnicos especialistas en la flota de implementación.

#### 4.6.3.2 Cronograma de actividades

Una actividad que se hizo previo a la implementación del sistema en cualquier flota fue:

- Definición de especificaciones funcionales (EF) de acuerdo a OMA

Posteriormente se definieron las siguientes actividades para cada una de las flotas:

- Aprobación de EF por parte de calidad OMA + aeronavegabilidad (operador).
- Cambios en las EF por parte de equipo MAXIMO.
- Cambio de EF en MAXIMO (SOFTWARE).
- Prueba de las EF en ambiente de prueba.
- Definición y elaboración del reporte de status report y reportes a propietarios.
- Actualizar estructura de la flota.
- Creación de MP, JP y medidores a los activos de la flota.
- Carga de recursos a JP - Flota.

- Definición de formato de carga de medidores de la flota.
- Entrenamiento en carga de medidores a los digitadores.
- Ajuste posible a los MP, JP y medidores cargados por ingeniería.
- Preparación para inicialización de las aeronaves de la flota.
- Inicialización de las aeronaves.
- Carga de medidores y actualización de status en Lima.
- Elaboración del material para entrenamiento en campo.
- Entrenamiento al jefe de flota + planificador + ingeniero + CCM.
- Entrenamiento en Iquitos.
- Entrenamiento en Cuzco.
- Pase a producción.

En el siguiente gráfico se muestra el cronograma de implementación con el que trabajó el área de mantenimiento:



#### 4.6.3.3 Determinación de especificaciones funcionales

Un requisito que se debe cumplir para la implementación del sistema es repasar y redefinir en caso sea necesario los flujos de trabajo de mantenimiento, con esto quedan redefinidos los procesos de mantenimiento a nivel operativo con el sistema implementado como principal herramienta de gestión.

Las especificaciones funcionales en el sistema máximo son los flujos de proceso los cuales están determinados en el área de mantenimiento de la siguiente manera:

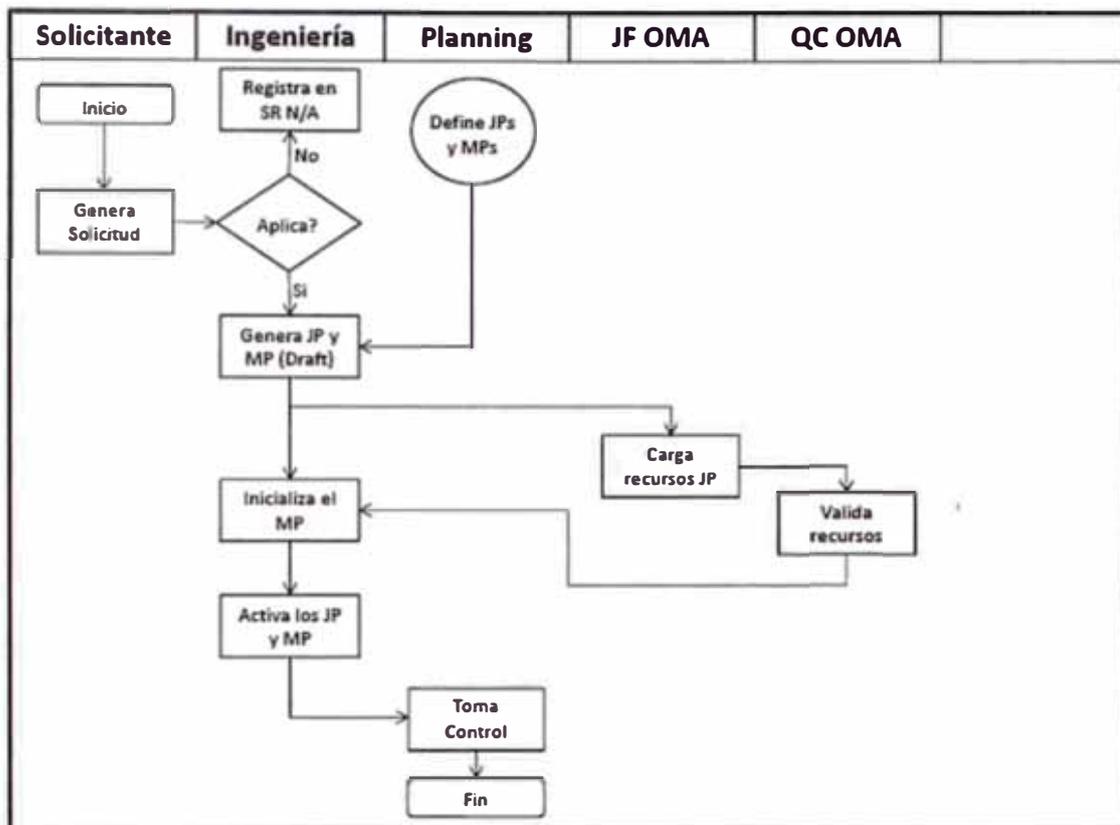
- Flujo MP
- Flujo de afectaciones por cambio de componente
- Flujo de órdenes de trabajo
- Flujo de las no rutinas diferidas (back-logs):
- Flujo de cierre de órdenes de trabajo:
- Flujo de diferidos MEL

De la página 68 hasta la 74 se da una breve descripción de estos flujos de procesos.

a. Flujo de planes de trabajo (MP):

Este flujo comprende la definición de un mantenimiento planificado que incluye los mantenimientos preventivos (MP) y planes de trabajo (JP). En el gráfico 30 se muestra el flujo para esta especificación funcional:

GRAFICO N° 31: Flujo MP

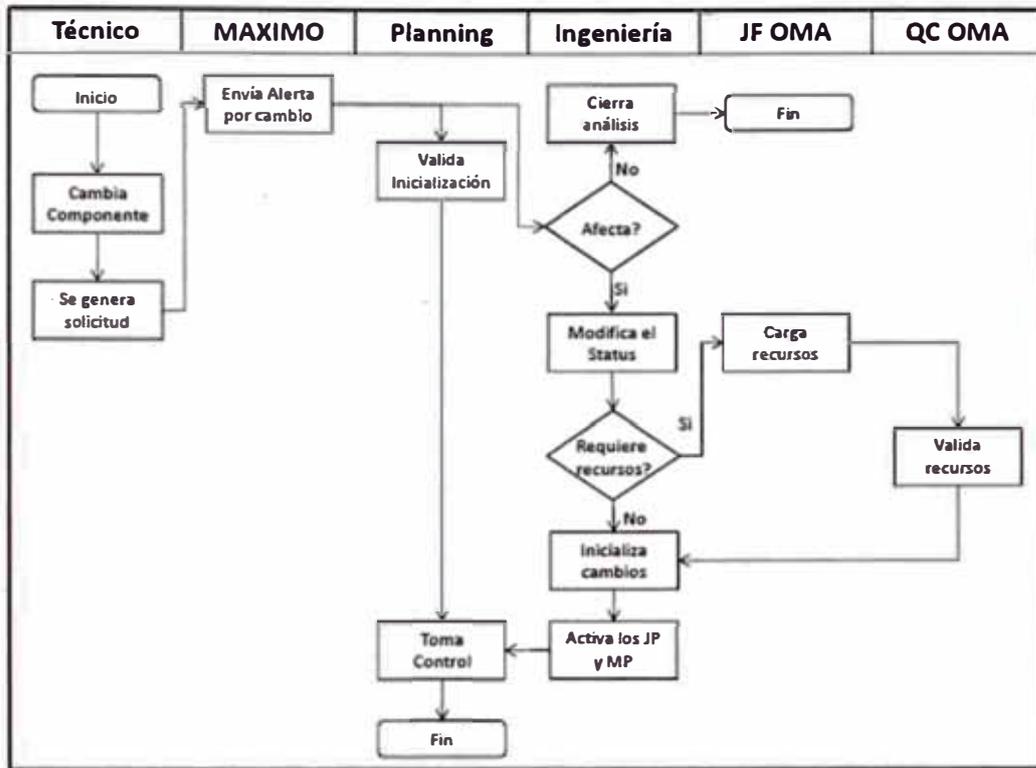


FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

b. Flujo de afectaciones por cambio de componentes:

Este flujo se da cada vez que se reemplaza un componente controlado o un componente principal cuyo reemplazo involucre un cambio en el programa de mantenimiento de la aeronave. El gráfico 31 ilustra este flujo:

GRAFICO N° 32: Flujo de afectaciones por cambio de componentes

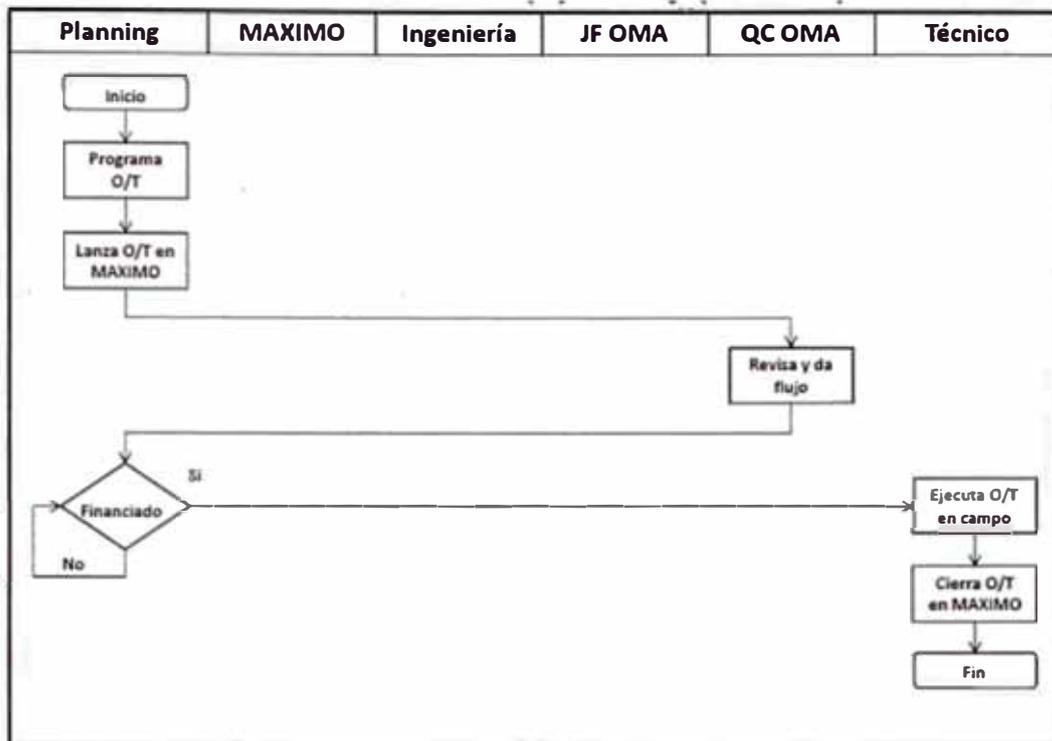


FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

c. Flujo de órdenes de trabajo:

Este es uno de los principales flujos de mantenimiento pues las órdenes de trabajo son la parte principal del sistema que ayuda a gestionar todo el proceso de mantenimiento. El gráfico 32 ilustra este flujo que es análogo para cualquier tipo de trabajo programado que existe en la compañía:

GRAFICO N° 33: Flujo de órdenes de trabajo.

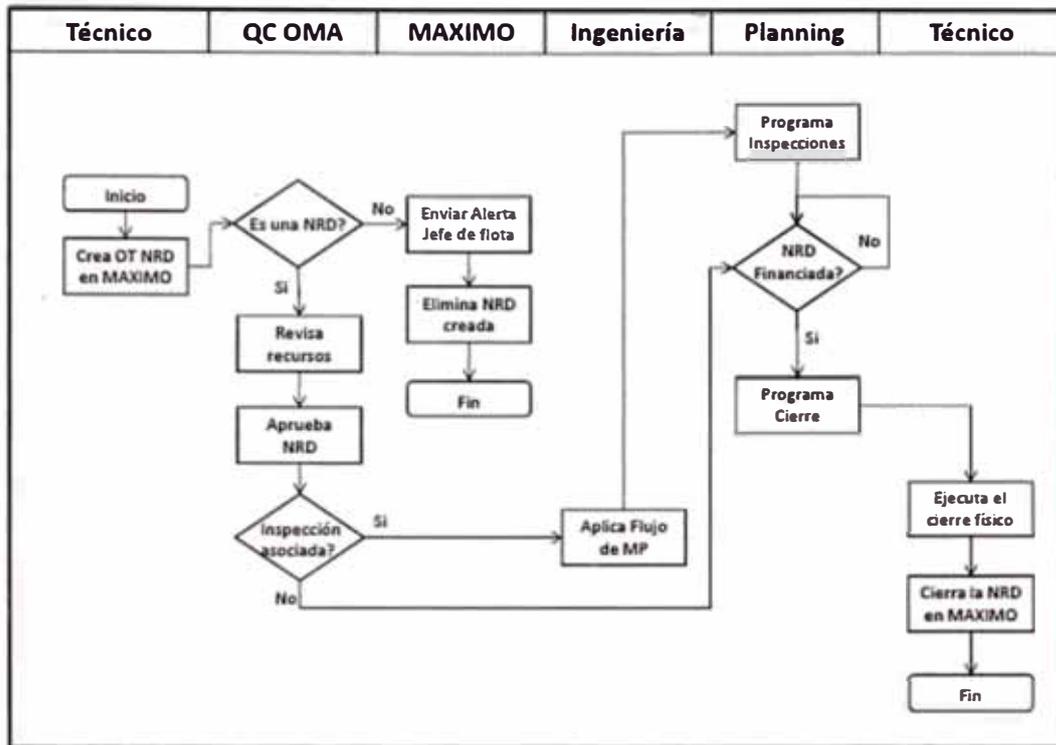


FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

d. Flujo de las no rutinas diferidas (back-logs):

Este flujo es un flujo de un tipo especial de orden de trabajo pues a diferencia de otras industrias en las empresas aéreas no se tiene la facultad de dejar un mantenimiento correctivo a ser ejecutado a conveniencia de la compañía, todo debe estar fundamentado en los límites permisibles por los fabricantes y las políticas de la compañía que sean afectadas por la autoridad aérea local (DGAC). Este flujo se muestra en el gráfico 33:

GRAFICO N° 34: Flujo de las no rutinas diferidas (back-logs).

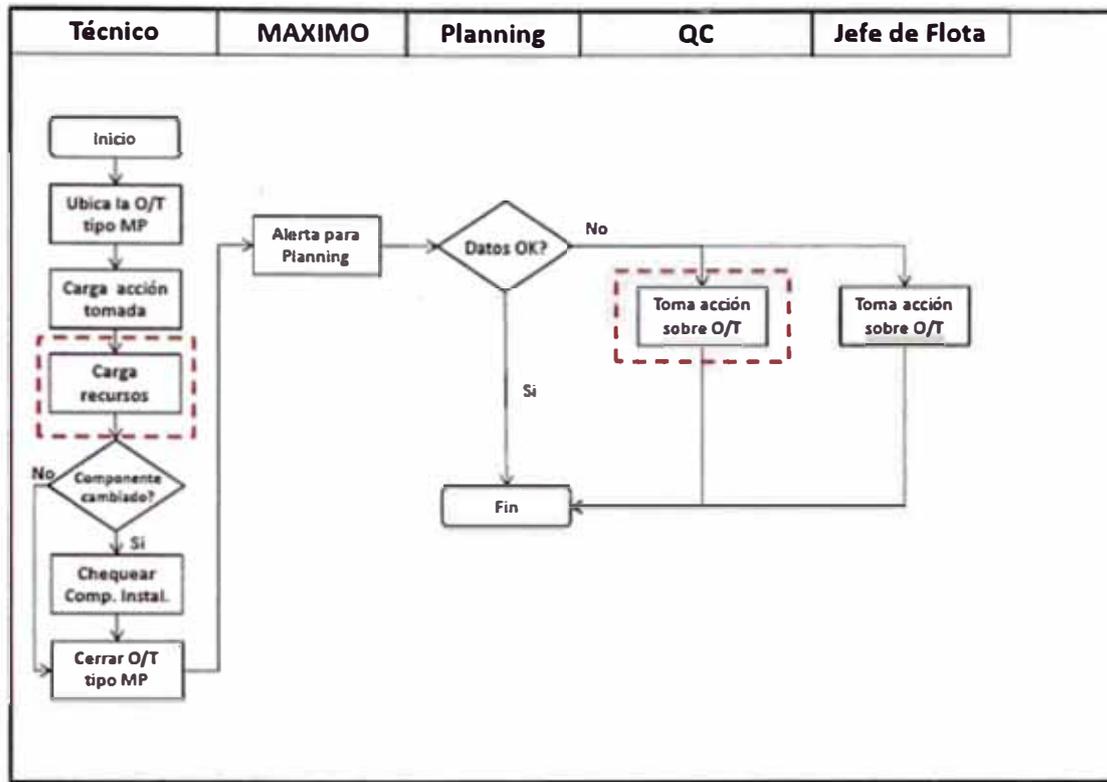


FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

e. Flujo de cierre de órdenes de trabajo:

Hasta ahora los flujos descritos son para planificar los mantenimientos preventivos y correctivos, este flujo de cierre de órdenes de trabajo nos indica cómo se completa el ciclo de la orden de trabajo en el sistema. La gráfica 34 ilustra este flujo:

GRAFICO N° 35: Flujo de cierre de órdenes de trabajo.

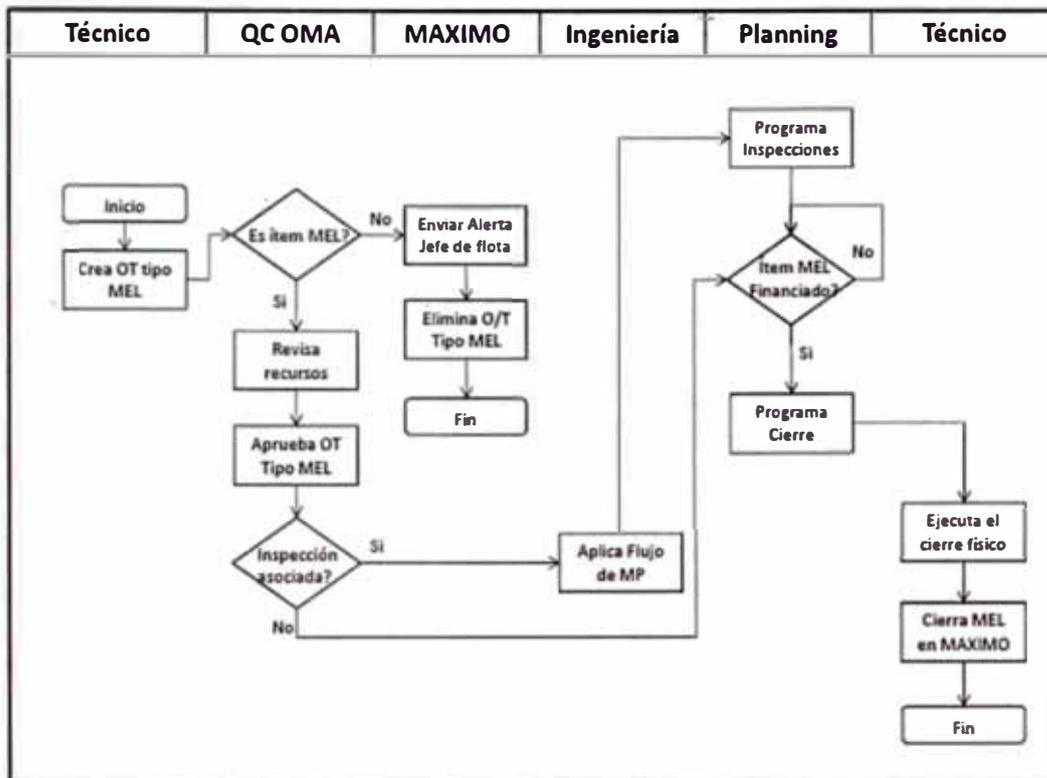


FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

f. Flujo de diferidos MEL

Este es otro tipo de flujo especial pues aquí se controla el mantenimiento correctivo de la compañía de equipos que no son necesarios por la aeronave pero limitadas a un determinado tiempo.

GRAFICO N° 36: Flujo de diferidos MEL.



FUENTE: Manual de especificaciones funcionales Cia.

#### 4.6.4 TOMA DE DECISIONES

Considerando los pesos resultantes de la matriz de confrontación y de la evaluación de criterios subjetivos se llegó a la conclusión de que la alternativa “B”, maximo de IBM, sería la alternativa más adecuada de implementar en la compañía. El proyecto de implementación no deberá tomar más de 1 año con un presupuesto estimado de US\$ 250,000 y las áreas afectas serán logística, operaciones, mantenimiento y finanzas.

## **CAPÍTULO V**

### **ANALISIS BENEFICIO COSTO**

#### **5.1 SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

Para poder hacer una evaluación rápida de los criterios de evaluación tendremos que hacer un análisis de Beneficio / Costo que nos dé una idea del impacto que tendrá este sistema en la rentabilidad del negocio.

Para evaluar los beneficios de la implementación del sistema consideramos los siguientes criterios:

- Disponibilidad de la máquina
- Costos de oportunidad de mantenimiento

##### **5.1.1 DISPONIBILIDAD DE LA MÁQUINA**

La disponibilidad de la máquina es un indicador de mantenimiento que nos brinda una idea del tiempo disponible que tiene una aeronave para poder operar. Una demora en la actualización de documentos de mantenimiento conlleva a demoras en las entregas de repuesto y en consecuencia alarga el tiempo de mantenimiento de las máquinas.

Con las mejoras logradas con la implementación del sistema se espera alcanzar una disponibilidad de 16 horas adicionales al año por cada aeronave en la compañía.

## 5.1.2 COSTO DE OPORTUNIDAD DE MANTENIMIENTO

Involucra los ingresos que no puedo obtener al hacer mantenimiento.

## 5.2 INFORMACION DE LA SITUACIÓN ECONÓMICA ACTUAL

El mantenimiento representa dentro de la estructura del presupuesto una parte muy importante, como muestra veamos la estructura de costo de los mantenimientos llevados a cabo en la base de mantenimiento de Iquitos en el mes de febrero de 2012:

TABLA N°5: Estructura de costos de mantenimiento de la base Iquitos Feb. 2012

<b>COSTO PRIMO (COSTOS DIRECTOS)</b>			
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>OT 310</b>	<b>OT 312</b>	<b>OT 314</b>
MOD	S/. 6,039.0	6,039.0	6,039.0
REPUESTOS	29,026.3	100,818.4	71,723.5
CONSUMIBLES	2,447.4	1,193.0	1,093.8
SERVICIOS DIRECTOS	0.0	0.0	1,932.5
<b>TOTAL CD</b>	<b>37,512.6</b>	<b>108,050.4</b>	<b>80,788.8</b>
<b>COSTO DE ACTIVIDADES (DE RECURSO INDIRECTOS)</b>			
<b>COSTO DE ACTIVIDADES</b>	<b>16,890.0</b>	<b>17,887.5</b>	<b>17,537.4</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>S/. 54,402.58</b>	<b>S/. 125,937.84</b>	<b>S/. 98,326.13</b>

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de la compañía.

De la tabla se saca que el gasto de mantenimiento de tres órdenes de trabajo para tres aeronaves en una sola estación representó un total de S/ 278,126.6.

El costo de oportunidad para este caso se representa por los posibles ingresos que no se percibieron se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N°6: Costo de oportunidad de mantenimiento

<b>N° de OT</b>	<b>Horas ocupadas</b>	<b>Ingresos totales</b>
OT 0310	24	190,800.0
OT 0312	24	190,800.0
OT 0314	24	190,800.0
	<b>Total S/</b>	<b>572,400.0</b>

FUENTE: Elaboración propia

### 5.3 RESULTADO

Con la implementación del sistema de mantenimiento se estima mejorar la actualización de los documentos y permitir planificar de mejor manera los siguientes trabajos programados, con esto se logra un estimado de 8 horas al año adicionales para operar sin dejar de hacer mantenimiento, hablando en términos de dineros tendríamos el siguiente resultado total en ingresos adicionales como se muestra en la tabla7:

TABLA N°7: Ingresos adicionales estimados luego de la implementación.

Ingreso adicional / Hora	Horas adicionales	N° de aeronaves	Ingresos totales S/
7,950.0	16	17	2,162,400.0

FUENTE: Elaboración propia

La inversión en la implementación de este sistema es de US\$ 250.000 que convertidos a S/ equivale a 662,500 nuevos soles.

Con esto tenemos una razón B/C como sigue:

$$B/C = \frac{2,162,400}{662,500} = 3.264$$

$$662,500$$

Con esto se justifica la inversión en este sistema que marcará la mejora del sistema de mantenimiento haciendo más eficiente.

Haciendo un prorrateo mensual de los ingresos y egresos por la implementación de la compañía tendremos lo siguiente:

TABLA N°8: Flujo de caja estimado.

	Período												
Flujo S/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	662,500.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingreso	0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0
Flujo Total	-662500	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0	180,200.0
TIR	25%												
VPN	S/. 453,726.24												

FUENTE: Elaboración propia

La tasa de renta de la compañía es de 12%, Con esta tasa y los flujos del proyecto se tiene un valor presente neto de S/ 453,726.24 y una tasa interna de retorno de 25 %.

## CAPITULO VI

### EVALUACIÓN DE RESULTADO

#### 6.1 RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

Con la implementación del sistema maximo de IBM se consigue las siguientes mejoras a nivel general:

Maximo permite tener una estructura (nivel) de los activos de la compañía así como de sus subestructuras (subniveles), esto permite a la empresa contabilizar todo aquello que permite que se pueda cumplir la operación y que debe ser monitoreado por las diversas áreas ligadas a la gestión de los activos.

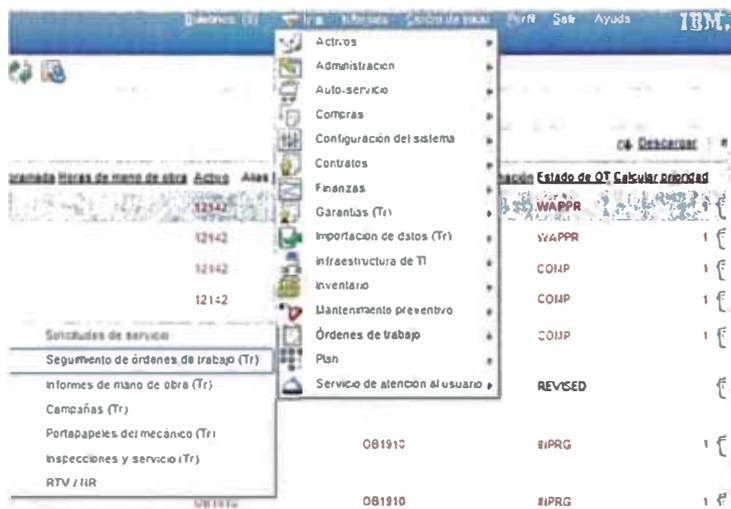
GRAFICO N° 37: Lista de activos en el sistema

ID	DESCRIPCION	CODIGO DE PARTE	AREA	EDAD	UBICACION	ESTADO	CODIGO DE UBICACION
10001	Air Frame ( 1910						OB1910
10003	FIRST AID KIT	35-001878-VB					OB1910
10004	BELT	433-6281					OB1910
10005	ELT BATTERY	852-0133					OB1910
10006	HELIRAPPEL KIT 600 LBS FITS LHRH	D206-823-013					OB1910
10007	SUSPENSION ASSY	204-072-815-025					OB2026
10008	CARGO HOOK	SP7109-128					OB2026
10009	FIRE EXTINGUISHER CONTAINER	209-002-908-001					OB1910
10010	SQUABB	M30900400					OB1910
10011	SQUABB	M13013-5					OB1910

FUENTE: La compañía.

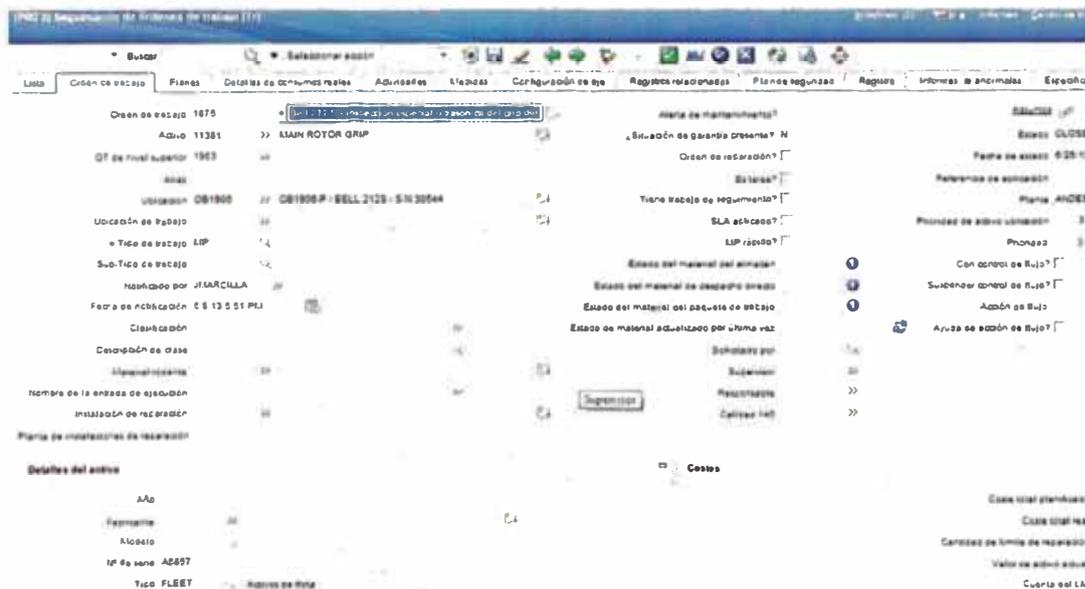
Una mejor gestión en cuanto a la generación, control y seguimiento de las órdenes de trabajo. Esto gracias a las aplicaciones que cuenta máximo para la administración de asignaciones, informe de mano de obra, solicitudes de servicios y seguimiento de órdenes de trabajo dentro del módulo “trabajo” de maximo.

**GRAFICO N° 38:** Menú de aplicaciones para las órdenes de trabajo.



FUENTE: La compañía.

**GRAFICO N° 39:** Seguimiento de una orden de trabajo.



FUENTE: La compañía.

- Maximo permite incorporar todas las cartas de trabajo que forman parte de los programas de mantenimiento de las diferentes flotas de la compañía dentro de dos componentes principales de las órdenes de trabajo: los planes de trabajo (job plans) y los planes de mantenimiento (maintenance plans).

Los planes de trabajo contienen todos los recursos que se requieren para cumplir los trabajos de mantenimiento como son mano de obra (que a su vez carga el uso de HH empleados) por especialización, materiales, herramientas y servicios especializados requeridos para el cumplimiento del trabajo que son actividades que la compañía no puede hacer por sí misma.

**GRAFICO N° 40:** Listado de planes de trabajo (JP).

Plan de trabajo	Descripción	Estado	Duración	Substancias	Estado
AIBZ05E0600H12M	BelH 205 - cada 600 horas o 12 meses de operación de componente, LO QUE OCURRA PRIMERO - INSPECCIONES ESPECIALES	8	0.00		ACTIVE
ANB21200CNEI	BelH 212 - Inspección especial 600 horas 6 meses de operación de ensamblaje de ejes impulsoras del rotor de bola BelH 212 - Inspección especial 600	8	24.00		ACTIVE

FUENTE: La compañía.

**GRAFICO N° 41:** Asignación de mano de obra en un plan de trabajo.

Tarea	Especialidad	Cantidad	Uso de horas	Costo	Tiempo
10	MACHO	1	0.12	0.00	
20	MACHO	1	0.00	0.00	
30	MACHO	1	0.00	0.00	

FUENTE: La compañía.

GRAFICO N° 42: Asignación de materiales en un plan de trabajo.

Fecha	Artículo	Descripción	Cantidad	Cantidad de actividad	Unidad de Medida	Costo unitario	Costo de línea
	MOTORPS	MOTOR PRESURE	1.00	1.00	EA	0.00	0.00
	TRAPU	TRAPU INDUSTRIAL	0.00	0.00	AB	0.00	0.00
	ALCOHOL	ALCOHOL ISOPROPILICO	0.00	0.00	HAL	0.00	0.00

FUENTE: La compañía.

GRAFICO N° 43: Asignación de herramientas en un plan de trabajo.

Fecha	Artículo	Descripción	Cantidad de herramienta	Unidad de herramienta	Costo
	101220-10	MALETIN HERRAMIENTAS STANDARD	1.00		0.00
	UM11LT	ESPEJO DE INSPECCION LED TELESCOPICO 10X/10CM	1.00		0.00
	0P-C000A	SCOPE VIDEO INSPECCION 25X/10CM	1.00		0.00
	10096A-10	TORQUEMETRO, 0-300 lb/ft-lb	1.00		0.00

FUENTE: La compañía.

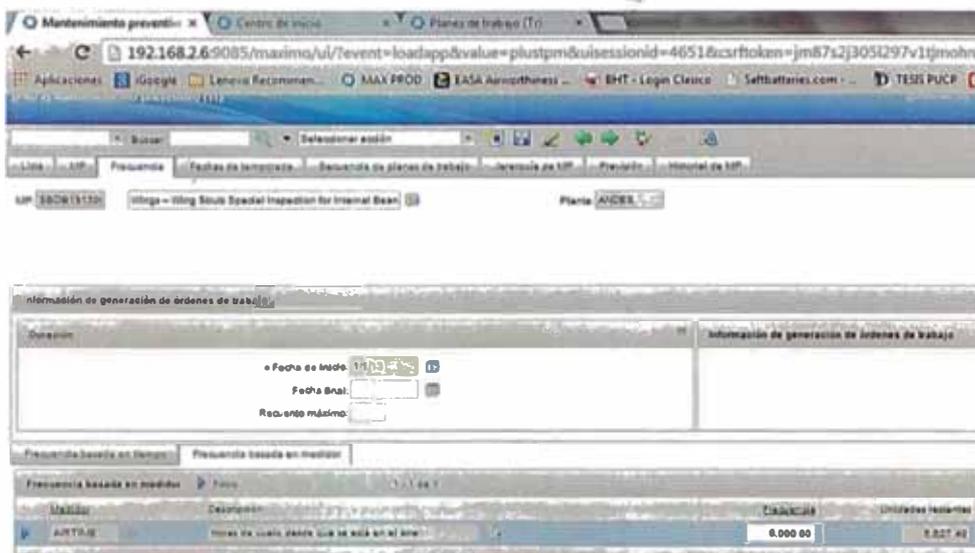
Los planes de mantenimiento contienen las frecuencias con las que debe de hacerse un trabajo, con esto se garantiza poder cumplir el trabajo de mantenimiento sin excederse del máximo número de horas, ciclos o días permitidos por el fabricante.

GRAFICO N° 44: Listado de planes de mantenimiento.

MP	Descripción	Fecha	Asignave	Estado	Alias
ST10972001	OB1865-Inspección Baroscópica de Compresor de Motor II* 2 S/JI: CP-PS-TB0082	10972	OB1865	INACTIVE	
ST10952001	OB1865-Inspección Baroscópica de Compresor de Motor II* 1 S/R: CP-PS-TB0056	10952	OB1854	INACTIVE	
SBOB1937008	TIME LIMITS - MAINTENANCE CHECKS - Inspection of the longitudinal bulkheads	OB1937	OB1937	INACTIVE	
SBOB1937002	HYDRAULIC POWER - Replacement of the Hydraulic Hoses	OB1937	OB1937	INACTIVE	
SBOB1937001	FUSELAGE - Visual Check for Cracks in the Lower Crossbeams of the Yaw Control Bellows Support	OB1937	OB1937	INACTIVE	

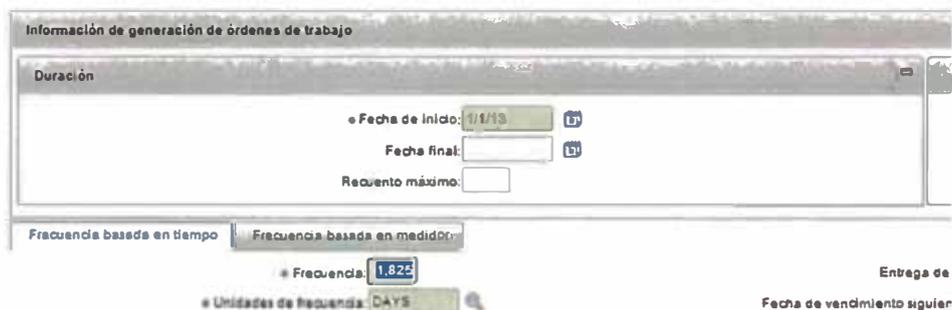
FUENTE: La compañía.

GRAFICO N° 45: Frecuencia basada en un medidor.



FUENTE: La compañía.

GRAFICO N° 46: Frecuencia basada en el tiempo (días).



FUENTE: La compañía.

Se brinda al departamento de logística a través de los MP's información de concerniente a los materiales a ser usado en el mantenimiento como el estimado de la fecha en la que se ejecutará el trabajo así como el lugar donde se debe entregar los materiales así como la clasificación del tipo de trabajo para que le den la prioridad de atención según sea el caso.

GRAFICO N° 47: Estructura de un plan de mantenimiento.

FUENTE: La compañía.

Tanto los planes de mantenimientos (MP) como los planes de trabajo forman parte de los detalles de la orden de trabajo:

GRAFICO N° 48: Detalles de una orden de trabajo.

FUENTE: La compañía.

Facilita las proyecciones de todos los recursos (materiales, herramientas, repuestos y servicios) que serán necesarios para el mantenimiento de las aeronaves con un horizonte a largo plazo,

simplificando así la labor de proyecciones que actualmente lo tiene asignado una persona.

- Al tener el sistema de mantenimiento un control automatizado de mantenimiento facilita la ubicación de los documentos necesarios para programar un trabajo y luego cuando los trabajos ya sean ejecutados se contará con una base de datos histórica que permite trazar todas las órdenes de trabajo comenzando desde la ubicación, la descripción, los materiales y herramientas utilizados y las personas que desarrollaron los trabajos.
- Permite una mejor gestión de las denominadas no rutinas diferidas o más conocidas en el mantenimiento industrial como back-logs logrando así una programación efectiva de órdenes de trabajo.

GRAFICO N° 49: Lista de NRD's (back-logs).

Orden de trabajo	Descripción	Acción	OT de nivel superior	Tipo de trabajo	Prioridad	Ubicación	Estado
6220	GOTEO DE ACEITE POR SELLO DEL ARRANCADOR/GENERADOR MOTOR N°2 DENTRO DEL OS LMITES (1.5 cc / HORA)	OB1965		NRD	2	OB1965	APPR
6218	TRIM ACTUADOR DEL GOBERNADOR MOTOR N° 2 DEFECTUOSO (NO ACTUA POR MOMENTOS)	OB1966		NRD	2	OB1965	APPR
6211	ACCOMPLISHMENT OF RDB-4-57-2381 RH WING BOTTOM SKIN CORROSION ON OB-2076-P	OB2076		NRD	2	OB2076	SCHED
6209	PARA REPARACION DE LAS PALAS DEL ROTOR DE COLA	OB1937		NRD	2	OB1937	DEFINED
6205	INDICACION DE CABECEO PARALIZADA EN 25 GRADOS. ADI COPILOTO DEFECTUOSA	OB1958		NRD	3	OB1958	WAPPR
6204	CURTAIN OF FWD DOOR ON BAD CONDITION	OB2076		NRD	2	OB2076	DEFINED
6195	SUPPORT SEAT PILOT AND COPILOT PRESENTA CABLE ASSY Y SU MECANISMO DETERIORADO	OB1897		NRD	1	OB1897	APPR

FUENTE: La compañía

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- 7.1.1 El proceso de implementación del software maximo de IBM constituye un importante avance en la gestión de mantenimiento para la compañía.
- 7.1.2 Con maximo de IBM implementado la empresa logrará tener los documentos de mantenimiento actualizados y bien controlados,
- 7.1.3 Las personas con experiencia y con una mentalidad abierta al cambio juegan un papel importante para poder implementar el sistema de gestión de activos.
- 7.1.4 Con el sistema completamente implementado se reducirá la labor administrativa de mantenimiento de 9 a 4 personas.
- 7.1.5 Con una mejor planificación la implementación de este proyecto pudo reducirse significativamente.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- 7.2.1 Al elegir implementar un sistema es muy importante conocer la versatilidad del sistema elegido y los requerimientos de la compañía que este debe cumplir.
- 7.2.2 Antes de automatizar el proceso de administración de documentos es necesario estandarizar el control y registro de ellos, sobre todo cuando de manejan diferentes activos importantes, para esto deben existir procedimientos claros basados en las regulaciones aeronáuticas.
- 7.2.3 Designar una persona con experiencia y que dedique un 80 % de su tiempo a la implementación del sistema por cada área afectada.

- 7.2.4 Tener presente los indicadores de eficacia de mantenimiento aeronáutico para evaluar cómo afectarán estos el sistema de gestión de mantenimiento.
- 7.2.5 Los dueños de procesos deben estar presentes durante la planificación, ejecución y cierre del proyecto de implementación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 AVERS, KATRINA; JHONSON BILL; BANKS, JOY; WENZEL, BRENDA  
“Technical Documentation Challenges in Aviation Maintenance: A proceeding Report”  
Civil Aerospace Medical Institute, Federal Aviation Administration, Oklahoma City, OK 73125
- 2 GONZÁLES FERNADEZ, FRANCISCO JAVIER  
“Teoría y Práctica del Mantenimiento industrial avanzado”  
Editorial FC, cuarta edición 2011, Madrid – España.
- 3 KINNISON A., HARRY  
“Aviation Maintenance Management”  
Editorial McGraw-Hill, segunda edición 2013, Estados Unidos de América.
- 4 MORA GUTIERREZ, ALBERTO  
“Mantenimiento, planeación, ejecución y control”  
Editorial Alfaomega, primera edición 2009, México DF - México.
- 5 WIREMAN, TERRY  
“Benchmarking BEST Practices in Maintenance Management”  
Editorial Industrial Press Inc., segunda edición 2010, New York, Estados Unidos de América.
- 6 ZARATE OTAROLA, BENITO  
“Guía de asesoramiento de tesis”  
Universidad Nacional de Ingeniería, FIIS, 2012, Lima – Perú.

## **ANEXOS**

## **Página**

<u>ANEXO N<sup>o</sup> 01</u> : Matriz de consistencia	91
<u>ANEXO N<sup>o</sup> 02</u> : Antiguo control de órdenes de trabajo de la compañía.	92
<u>ANEXO N<sup>o</sup> 03</u> : Reporte actual de órdenes de trabajo de la compañía	93
<u>ANEXO N<sup>o</sup> 04</u> : Regulación Aeronáutica Peruana 121.	94
<u>ANEXO N<sup>o</sup> 05</u> : Glosario.	101

ANEXO N°1: Matriz de consistencia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

MATRIZ DE CONSISTENCIA: "EL SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS DE MANTENIMIENTO Y LA MEJORA DE EFECTIVIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA AERONÁUTICA."

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>PROBLEMA GENERAL</b>  ¿De qué manera el sistema de actualización de documentos de mantenimiento mejora la efectividad del área de mantenimiento en una empresa aeronáutica?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>  Conocer la influencia del sistema de actualización de documentos de mantenimiento en la efectividad del área de mantenimiento en una empresa aeronáutica.	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>  El sistema de actualización de documentos de mantenimiento influye en la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  El sistema de actualización de documentos de mantenimiento.	  ❖ Órdenes de trabajo.  ❖ Procedimientos	  - N° de Órdenes de Trabajo generadas.  - N° de Órdenes de Trabajo procesadas.	<b>Tipo:</b> Aplicado  <b>Diseño:</b> Experimental  <b>Nivel :</b> Contrastación de hipótesis.
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>  1. ¿De qué manera las órdenes de trabajo mejoran la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica?  2. ¿De qué manera los procedimientos mejoran la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica?	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>  1. Conocer la influencia de las órdenes de trabajo en la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica.  2. Conocer la influencia de los procedimientos en la efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica.	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>  1. Las órdenes de trabajo influyen en la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica.  2. Los procedimientos influyen en la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa aeronáutica.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Efectividad del área de mantenimiento de una empresa aeronáutica	  ❖ Eficiencia  ❖ Eficacia	  - Tasa de Planificación  - Tasa de Mantenimiento programado.	

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO N°2: Antigo control de órdenes de trabajo de la compañía.

Cuadro de control de OT - OMA ANDES - Microsoft Excel

TS	NUMFR O	TIP	CLASIF	FECHA DE CREACION	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	LUGAR DE EJECUCION	ESTATUS DE LA O.T	CLIENTE	ACTIVO	CONAVE(SI/NO)	ICA	DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS
666	00644	MP	LINEA	24/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA Grupo 42-Iquitos	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1813-P	30811	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
667	00645	MP	LINEA	24/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA Grupo 42-Iquitos	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1910-P	30798	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
668	00646	MP	LINEA	24/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA Malvinas	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1965-P	30615	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
669	00647	MP	LINEA	24/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA Malvinas	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2026-P	31123	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
670	00648	MP	MANTTO	24/10/2013			Nanau	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1897-P	521	Balace dinámico - Propeller
671	00649	MP	MANTTO	24/10/2013			UFA GRUPO 42-IQUITOS	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1813-P	30811	VERIFICACION DE SIN DE EQUIPOS DE AVIONICA
672	00650	MP	MANTTO	24/10/2013			UFA GRUPO 42-IQUITOS	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1910-P	30798	VERIFICACION DE SIN DE EQUIPOS DE AVIONICA
673	00651	MP	MANTTO	24/10/2013			UFA MALVINAS	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1965-P	30615	VERIFICACION DE SIN DE EQUIPOS DE AVIONICA
674	00652	MP	LINEA	25/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA CUZCO	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1835-P	2010	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
675	00653	MP	LINEA	25/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	UFA CUZCO	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1835-P	2010	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
676	00654	MP	LINEA	25/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	ESTACION QUILABAMBA	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1508-P	30544	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
677	00655	MP	LINEA	25/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	ESTACION CURARAY	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1958-P	36065	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
678	00656	MP	LINEA	25/10/2013	26/10/2013	25/11/2013	ESTACION CURARAY	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2047-P	36255	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
679	00657	MP	MANTTO	25/10/2013				ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2047-P	36255	VERIFICACION DE SIN DE EQUIPOS DE AVIONICA
680	00658	MP	MANTTO	25/10/2013			UFA MALVINAS	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2026-P	31123	VERIFICACION DE SIN DE EQUIPOS DE AVIONICA
681	00659	MP	MANTTO	25/10/2013				ABERTA	SADLA	COMPONENTE			POR COMPLETAR POR CARLOS AVILA PARA COMPONENTE DE CARGA EXTERNA
682	00660	MP	MANTTO	25/10/2013			GRUPO 03	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2085-P	2030	INSPECCIONES E TORRES
683	00661	MP	MANTTO	28/10/2013	28/10/2013	25/11/2013	GRUPO 03	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-2085-P	2030	TRABAJO DE LINEA CUMPLIMIENTO DE AD, ASB, SB, VISUALES, ETC. (del 26/10/2013 al 25/11/2013)
684	00662	MP	MANTTO	28/10/2013			UFA GRUPO 42-IQUITOS	ABERTA	SADLA	AERONAVE	OB-1813-P	30811	REEMPLAZO DE FIRE EXTINGUISHER CONTAINER RH
685													
686													
687													
688													
689													
690													
691													
692													
693													
694													
695													
696													
697													

NTE: Control de la compañía.

ANEXO N°3: Reporte actual de OT's de la compañía

Visor de informes BIRT - Google Chrome

192.168.2.6:9085/maximo/report?\_report=PLUSTWO\_GORDONEZ\_1369749249.rptdesign&appname=PLUSTWO&\_requestid=1383004890186

Informes IBM.

Página 1 de 3

Tivoli software IBM.

**OTs WORK FLOW**

Orden de trabajo	Descripción	Activo	OT de nivel superior	Tipo de trabajo	Ubicación	Estado	Inicio previsto		Notificado por	Planta
2011	REEMPLAZO X OVERHAUL SUSPENSION ASSY	10203		MP	OB1813	APPR	5/17/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2031	REEMPLAZO X LIMITE VIDA SWASHPLATE SUPPORT	11092		MP	OB1939	WMATL	7/15/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2113	REEMPLAZO X OVERHAUL TRANSMISSION	12824		MP	OB1958	WMATL	6/15/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2166	REEMPLAZO POR OTL DEL SWASHPLATE BEARING	12055		MP	OB1846	APPR	6/15/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2207	REEMPLAZO DEL OIL FILTER POR OTL	11747		MP	OB1937	APPR	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2209	REEMPLAZO POR OTL DEL HYDRAULIC PUMP, Belt	11744		MP	OB1937	APPR	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2212	REEMPLAZO POR LIMITE DE VIDA DEL PITCH HORN	11032		MP	OB1939	APPR	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2213	REEMPLAZO X LIMITE VIDA CONTROL SYSTEM BOLTS	11050		MP	OB1939	WAPPR	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2214	REEMPLAZO DEL T/R DRIVESHAFT HANGER ASSY POR OVERHAUL	11115		MP	OB1939	WMATL	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2215	REEMPLAZO DEL T/R DRIVESHAFT HANGER ASSY POR OVERHAUL	11117		MP	OB1939	WMATL	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES
2216	REEMPLAZO DEL T/R DRIVESHAFT HANGER ASSY POR	11119		MP	OB1939	WMATL	6/30/13	12:00:00 a.m.	GORDONEZ	ANDES

FUENTE: Reporte maximo IBM de la compañía.

## ANEXO N°4: Regulación Aeronáutica Peruana 121.

### CAPITULO I: CONTROL Y REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

#### 121.1105 Aplicación

Este capítulo prescribe los requisitos de mantenimiento y control de la aeronavegabilidad que un explotador debe cumplir para garantizar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves bajo su control.

#### 121.1110 Responsabilidad de la aeronavegabilidad

(a) Cada explotador es responsable de asegurarse de:

- (1) que cada aeronave y componentes de aeronaves operadas se mantengan en condiciones de aeronavegabilidad;
- (2) que se corrija cualquier defecto o daño que afecte la aeronavegabilidad de una aeronave o componente de aeronave;
- (3) que el mantenimiento sea ejecutado por una organización de mantenimiento aprobada de acuerdo a la RAP 145;
- (4) que se ejecute el mantenimiento a sus aeronaves en conformidad con el correspondiente programa de mantenimiento aprobado por la AAC del Estado de matrícula, el manual de control de mantenimiento y/o las instrucciones de aeronavegabilidad continua actualizadas;
- (5) el cumplimiento del análisis de la efectividad del programa de mantenimiento aprobado por la AAC del Estado de matrícula;
- (6) el cumplimiento de las directrices de aeronavegabilidad aplicables y cualquier otro requerimiento de aeronavegabilidad continua descrita como obligatorio por la AAC del Estado de matrícula; y
- (7) la validez y vigencia del certificado de aeronavegabilidad de cada una de sus aeronaves operadas.

#### 121.1115 Programa de mantenimiento

(a) El explotador debe disponer para cada aeronave de un programa de mantenimiento, para el uso y orientación del personal de mantenimiento y operaciones, aprobado por la DGAC o si la aeronave es de matrícula extranjera debe estar aprobado por la AAC del Estado de matrícula y aceptado por la DGAC, con la siguiente información:

- (1) las tareas de mantenimiento y los plazos correspondientes en que se realizarán, teniendo en cuenta la utilización prevista de la aeronave;
- (2) un programa de mantenimiento de integridad estructural, cuando corresponda;

- (3) procedimientos para cambiar o apartarse de lo estipulado en los Párrafos (a) (1) y (a) (2) de esta sección;
  - (4) descripciones del programa de vigilancia de la condición y confiabilidad de la aeronave y componentes de aeronave, cuando corresponda; y
  - (5) procedimientos para designación, realización y control de los ítems de inspección requeridas (RII).
- (b) El Programa de mantenimiento debe identificar las tareas y los plazos de mantenimiento que se hayan estipulado como obligatorios por el diseño de tipo.
  - (c) El programa de mantenimiento debe desarrollarse basándose en la información relativa al programa de mantenimiento que haya proporcionado el Estado de diseño o el organismo responsable del diseño de tipo y la experiencia del explotador.
  - (d) El explotador, en el diseño y aplicación de su programa de mantenimiento, debe observar los principios relativos a factores humanos, de conformidad con los textos de orientación de la AAC del Estado de matrícula.
  - (e) Se debe enviar copia de todas las enmiendas introducidas en el programa de mantenimiento a todos los organismos o personas que hayan recibido dicho programa.

#### 121.1120 Sistema de vigilancia continua del programa de mantenimiento.

- (a) El explotador debe establecer y mantener un programa de análisis y vigilancia continua de la ejecución y la eficacia de su programa de mantenimiento, para la corrección de cualquier deficiencia en dicho programa.
- (b) Siempre que la AAC del Estado de matrícula considere que el proceso indicado en el párrafo (a) de esta sección no contiene los procedimientos y estándares adecuados para cumplir con los requisitos de este capítulo, el explotador, después de ser notificado por la AAC, deberá realizar las modificaciones necesarias en el proceso, para cumplir dichos requerimientos.
- (c) El explotador puede solicitar a la AAC que reconsidere la notificación sobre las modificaciones solicitadas hasta 30 días después de recibir la notificación por escrito, excepto, en casos de emergencia que requieran una acción inmediata en interés del transporte aéreo, donde el pedido de reconsideración quedará suspendido hasta que la AAC tome una decisión final al respecto.

#### 121.1125 Gestión de la aeronavegabilidad continua.

- (a) Esta sección establece los requisitos que el explotador debe cumplir para disponer de un departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador, con el fin de efectuar adecuada y satisfactoriamente sus responsabilidades indicadas en la Sección 121.1110 y demás requerimientos establecidos en este capítulo.

(b) El departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe disponer de oficinas aceptables así como medios suficientes y apropiados, en lugares adecuados, para el personal que se especifica en el Párrafo (d) de esta sección.

(c) El gerente responsable del explotador debe nombrar a un responsable de la gestión y supervisión de las actividades de la aeronavegabilidad continua.

(d) El departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe disponer de suficiente personal debidamente cualificado para el trabajo previsto de gestión y supervisión de las actividades de aeronavegabilidad continua.

(e) El responsable de la gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe definir y controlar la competencia de su personal.

(f) El explotador a través de su departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua debe:

(1) definir y supervisar la efectividad de un programa de mantenimiento para cada aeronave;

(2) garantizar que las modificaciones y reparaciones mayores sean realizadas solamente de acuerdo a los datos aprobados por el Estado de matrícula;

(3) garantizar que todo el mantenimiento sea llevado a cabo de acuerdo con el programa de mantenimiento aprobado;

(4) garantizar que se cumplan todas las directrices de aeronavegabilidad que sean aplicables a sus aeronaves y componentes de aeronaves;

(5) garantizar que todos los defectos descubiertos durante el mantenimiento programado o que se hayan notificado sean corregidos por una organización de mantenimiento debidamente aprobada según la RAP 145 para el servicio requerido;

(6) controlar el cumplimiento del mantenimiento programado;

(7) controlar la sustitución de componentes de aeronaves con vida limitada;

(8) controlar y conservar todos los registros de mantenimiento de las aeronaves;

(9) asegurarse de que la declaración de masa y centrado (peso y balance) refleja el estado actual de la aeronave; y

(10) mantener y utilizar los datos de mantenimiento actuales que sean aplicables, para la realización de tareas de gestión de la aeronavegabilidad continua.

(g) El departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe asegurar que la aeronave sea mantenida por una organización de mantenimiento aprobada y habilitada según la RAP 145 para los servicios requeridos.

(h) El departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe asegurar que se realice un contrato entre la OMA y el explotador donde se defina claramente:

(1) los servicios de mantenimiento que están siendo contratados;

- (2) la disponibilidad de los datos de mantenimiento necesarios para los servicios; como las tarjetas de trabajo, órdenes de ingeniería, etc.;
- (3) la necesidad de supervisión por parte del explotador de los servicios que están siendo ejecutados; y
- (4) la responsabilidad del explotador de instruir a los certificadores de conformidad de mantenimiento de la OMA según RAP 145 de acuerdo a su MCM.

#### 121.1130 Manual de control de mantenimiento

- (a) El explotador debe elaborar, implementar y mantener actualizado un manual de control de mantenimiento para el uso y orientación del personal de mantenimiento y de gestión de la aeronavegabilidad continua, con los procedimientos e información de mantenimiento y de aeronavegabilidad continua aceptable para la DGAC y si la aeronave tiene matrícula extranjera debe ser aceptable para la AAC del Estado de matrícula y para la DGAC.
- (b) El manual de control de mantenimiento del explotador debe contener los procedimientos para asegurar el cumplimiento de los requisitos de este capítulo incluyendo:
  - (1) un organigrama de la estructura del departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua;
  - (2) los nombres y responsabilidades de las personas del departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua;
  - (3) una declaración firmada por el gerente responsable confirmando que la organización trabajará en todo momento conforme a esta regulación y a los procedimientos contenidos en el manual de control de mantenimiento;
  - (4) procedimientos que deben seguirse para cumplir con la responsabilidad de la aeronavegabilidad; (5) procedimientos para enmendar el manual de control de mantenimiento;
  - (6) una referencia al programa de mantenimiento;
  - (7) procedimientos para asegurar que la ejecución del mantenimiento se realice en base a un contrato con una OMA RAP 145;
  - (8) procedimientos para asegurar que el equipo de emergencia y operacional para cada vuelo se encuentre en servicio;
  - (9) procedimientos utilizados para llenar y conservar los registros de mantenimiento de sus aeronaves;
  - (10) procedimientos utilizados por el sistema de análisis y vigilancia continua;
  - (11) un listado con las marcas y modelos de sus aviones a los que les aplica este manual;

(12) un procedimiento para informar las fallas, malfuncionamientos, y defectos a la DGAC y si corresponde a la AAC del Estado de matrícula;

(c) Cada explotador debe proveer a la DGAC y a la AAC del Estado de matrícula de la aeronave, si es una aeronave de matrícula extranjera, una copia del manual de control de mantenimiento y las subsecuentes enmiendas.

(d) El explotador debe enviar copia de todas las enmiendas introducidas a su manual de control de mantenimiento a todos los organismos o personas que hayan recibido el manual.

(e) El manual de control de mantenimiento, y cualquier enmienda al mismo, deberá observar en su diseño los principios de factores humanos.

#### 121.1135 Sistema de registros de la aeronavegabilidad continua de las aeronaves

(a) El departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe asegurarse que se conserven los siguientes registros durante los plazos indicados en el Párrafo (b) de esta sección, con el siguiente contenido:

(1) el tiempo de servicio (horas, tiempo calendario y ciclos según corresponda) de la aeronave, de cada motor, y de cada hélice, si es aplicable, así como de todos los componentes de la aeronave, de vida limitada;

(2) el tiempo de servicio (horas, tiempo calendario y ciclos según corresponda) desde la última reparación general (overhaul) de los componentes de aeronave, instalados en la aeronave, que requieran una reparación general obligatoria a intervalos de tiempo de utilización definidos;

(3) estado actualizado del cumplimiento de cada Directriz de aeronavegabilidad aplicable a cada aeronave y componente de aeronave, en donde se indique el método de cumplimiento, el número de Directriz de aeronavegabilidad. Si la Directriz de aeronavegabilidad involucra una acción recurrente, debe especificarse el momento y la fecha de cuándo la próxima acción es requerida;

(4) registros y datos de mantenimiento aprobados de las modificaciones y reparaciones mayores realizadas en cada aeronave y componente de aeronave;

(5) estado actualizado de cada tipo de tarea de mantenimiento prevista en el programa de mantenimiento utilizado en la aeronave;

(6) cada certificación de conformidad de mantenimiento emitida para la aeronave o componente de aeronave, después de la realización de cualquier tarea de mantenimiento;

(7) registros detallados de los trabajos de mantenimiento para demostrar que se ha cumplido con todos los requisitos necesarios para la firma de la certificación de conformidad de mantenimiento; y

(8) un registro técnico de vuelo de la aeronave para registrar todas las dificultades, fallas o malfuncionamiento detectados durante la operación de la aeronave.

(b) Los registros indicados en los Párrafos (a) (1) hasta (a) (5) de esta sección se deberán conservar durante un período de 90 días después de retirado permanentemente de servicio el componente al que se refiere, los registros enumerados en los Párrafos (a) (6) y (a) (7) de esta sección se deberán conservar durante al menos un año a partir de la emisión del certificado de conformidad de mantenimiento o hasta que se repita o se reemplace por un trabajo o inspección equivalente en alcance y detalle y el registro enumerado en el Párrafo (a) (8) hasta dos años después de que la aeronave se haya retirado del servicio permanentemente.

(c) El explotador debe garantizar que se conserven los registros de forma segura para protegerlos de daños, alteraciones y robo.

#### 121.1140 Transferencia de registros de mantenimiento

(a) En caso de cambio temporal de explotador los registros de mantenimiento se deben poner a disposición del nuevo explotador.

(b) En caso de cambio permanente de explotador los registros de mantenimiento deben ser transferidos al nuevo explotador.

#### 121.1145 Certificado de conformidad de mantenimiento (CCM)

Un explotador no debe operar una aeronave después de la realización de cualquier mantenimiento, si no se ha realizado conforme a la RAP 43 y se ha emitido un CCM por una OMA según la RAP 145.

#### 121.1150 Informe de la condición de la aeronavegabilidad

(a) El explotador debe preparar periódicamente un informe de la condición de la aeronavegabilidad de cada aeronave.

(b) El informe indicado en el Párrafo (a) debe ser presentado en el plazo, formato y contenido, establecido por la AAC del Estado de matrícula o por la DGAC cuando ésta la requiera.

(c) Para preparar el informe requerido en (a) el departamento de gestión de la aeronavegabilidad continua del explotador debe realizar o hacer los arreglos para ejecutar una inspección física de la aeronave, mediante la cual se garantiza que:

(1) todas las marcas y rótulos requeridos están correctamente instalados;

(2) la configuración de la aeronave cumple la documentación aprobada;

(3) no se encuentran defectos evidentes; y

(4) no se encuentran discrepancias entre la aeronave y la revisión documentada de los registros de mantenimiento.

(d) El explotador no debe operar una aeronave si el informe no es concluyente o es insatisfactorio con respecto a la condición de aeronavegabilidad de la aeronave.

#### 121.1155 Requisitos de personal

(a) El explotador debe establecer y controlar la competencia de todo el personal involucrado en las actividades de gestión de la aeronavegabilidad continua, de acuerdo con un procedimiento aceptable para la DGAC, incluyendo un programa de instrucción inicial y continuo.

(b) El programa de instrucción debe incluir la instrucción sobre los procedimientos de la organización, incluyendo instrucción en conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana.

## ANEXO N°5: Glosario

OMA: Organización de Mantenimiento Aeronáutico

MOM: Manual de organización de mantenimiento.

DGAC: Dirección General de Aeronáutica Civil.

RAP: Regulación aeronáutica peruana.

MM: Manual de mantenimiento.

CPCP: Corrosion Prevention & Control Program

STC: Supplemental Type Certificate

MSG-3: Maintenance Steering Group – version 3.

MRO: Maintenance Repair and Overhaul.

MEL: Minimum Equipment List.