

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA Y
ANÁLISIS CONTINUO A UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE AVIONES
FAMILIA A320**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTADA POR
CARLOS ESTEBAN VALENZUELA LIZARME**

PROMOCIÓN 2013-II

LIMA-PERÚ

2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, entre ellos a mi Esposa quien ha sido un apoyo constante en todo el tiempo de elaboración de mi informe y de mi vida profesional. También a mi hijito Esteban que ha sido una de mis más grandes motivaciones para salir adelante como profesional, ingeniero, gestor y líder en todas las áreas de trabajo donde he estado. También deseo mencionar y reconocer el esfuerzo de mis padres que a pesar de estar lejos de mí por más de 5 años, han sabido apoyarme, aconsejarme, guiarme con preocupación, amor, constancia y empeño.

A todos ustedes, los antes mencionados, dedico este esfuerzo y logro en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero brindar un agradecimiento especial a la Empresa TRANS AMERICAN AIRLINES SA quien me dio la oportunidad de aplicar mis conocimientos aprendidos en mi vida universitaria, me capacitó en técnicas de mejora y mantenimiento, me brindó las herramientas y las oportunidades de mejora y la suficiente información para elaborar el presente informe. En especial, quiero reconocer el apoyo del Ing. Hurtado, Jefe de Control de Calidad, quien me capacitó, brindó información y me guio en el proceso de elaboración del presente informe.

También quiero agradecer a mi familia, a mi esposa Claudia por su apoyo incondicional en todo momento. Por alentarme en las dificultades y por saber comprenderme y tenerme paciencia. Sinceramente, sin el apoyo de ustedes, no hubiese logrado preparar el siguiente informe.

INDICE

	Página
Prólogo	1
Capítulo 1	2
Introducción	
1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivo General.....	3
1.3 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificación	4
1.5 Alcances	4
1.6 Recursos Empleados.....	6
Capítulo 2	7
Descripción del Programa de Mantenimiento y la Operación	
2.1 Descripción del Programa de Mantenimiento.....	7
2.1.1 Desarrollo del Programa.....	7
2.1.1.1 Mantenimiento Orientado en Procesos	8
2.1.1.2 Mantenimiento Orientado en Tareas.....	12
2.1.1.3 Proceso Actual de Mantenimiento MSG-3	13
2.1.1.4 Mantenimiento en Intervalos Definidos.....	16
2.2 Requisitos de un Programa de Mantenimiento.....	18
2.2.1 Objetivos de un Programa de Mantenimiento	18
2.2.2 Requisitos de un Programa de Mantenimiento.....	19
2.2.3 Organización de Mantenimiento.....	23
2.3 Descripción del Producto: Sistema de Vigilancia y Análisis Continuo.....	31

2.3.1	Análisis de Riesgos en CASS.....	32
2.3.2	Verificación de la Performance del Programa de Mantenimiento....	33
2.3.3	Verificación de la Efectividad del Programa de Mantenimiento.....	36
2.3.4	RCA Final y Acción Correctiva.....	38
2.3.5	Seguimiento.....	40
2.4	Capítulos ATA.....	40
2.4.1	ATA 25, Equipos y Muebles.....	40
2.4.2	ATA 33, Sistema de Luces.....	44
2.4.3	ATA 32, Trenes de Aterrizaje.....	47
2.4.4	ATA 21, Sistemas de Aire Acondicionado.....	51
2.4.5	ATA 70, Sistema de Propulsión, Motores.....	58
Capítulo 3	67
Identificación del Problema y Planteamiento de la Hipótesis de Trabajo		
3.1	Identificación del Problema.....	67
3.1.1	Evaluación del Desempeño.....	67
3.1.2	Evaluación de la Efectividad.....	67
3.1.3	Fomulación de Acciones Correctivas.....	67
3.1.4	Seguimiento.....	68
3.2	Planteamiento de la Hipótesis de Trabajo.....	68
3.2.1	Análisis y Evaluación del Desempeño.....	68
3.2.2	Análisis y Evaluación de la Efectividad.....	68
3.2.3	Fomulación de Acciones Correctivas.....	69
3.2.4	Seguimiento.....	69

Capítulo 4	71
Marco Teórico	
4.1 Gestión de Calidad	71
4.1.1 Análisis de Causa Raíz	71
4.1.2 Herramientas de Calidad	73
4.2 Gestión de Mantenimiento	77
4.2.1 Mantenimiento Proactivo	77
4.2.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	77
4.3 Gestión de Proyectos	78
4.3.1 Gestión del Alcance	78
4.3.2 Gestión de Comunicaciones	79
4.3.3 Gestión de Riesgos	79
Capítulo 5	84
Solución del Problema	
5.1 Análisis del Desempeño	84
5.1.1 Levantamiento de Data del Desempeño	84
5.1.2 Análisis y Evaluación de Riesgos	90
5.2 Análisis de la Efectividad	100
5.2.1 Levantamiento de Data de la Efectividad	100
5.2.2 Análisis y Evaluación de Riesgos	105
5.3 Formulación de Acciones Correctivas	113
5.3.1 Análisis de Causa Raíz a los Reportes de Alto Riesgo	113
5.3.2 Análisis de Causa Raíz a los Eventos de Alto Riesgo	124
5.3.3 Identificación de Interconexión entre Procesos	131
5.3.4 Formulación de Acciones Correctivas	131

5.4 Seguimiento.....	133
5.4.1 Seguimiento a Reportes de Auditorías.....	133
5.4.1.1 Auditorías Internas	133
5.4.1.2 Auditorías Externas	134
5.4.2 Seguimiento a Eventos Operacionales.....	136
5.4.2.1 Informe Operativo de Aeronaves.....	136
5.4.2.2 Informe de Eventos No Programados	140
5.4.2.3 Componentes Repetitivos.....	142
5.4.2.4 Estadística de Eventos Especiales.....	143
5.4.3 Seguimiento a Acciones Correctivas.....	144
Conclusiones.....	146
Recomendaciones.....	148
Bibliografía.....	150
Anexos.....	151

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1: 4 Funciones de un CASS

Tabla 4.1: Criterios para Evaluación de Impacto o Severidad

Tabla 4.2: Criterios para Evaluación de Probabilidad

Tabla 4.3: Matriz de Ponderación de Riesgos

Tabla 5.1: Indicadores de Estado de Reportes Internos por áreas

Tabla 5.2: Frecuencias de Auditorías Externas

Tabla 5.3: Indicadores de Estado de Reportes Externos por áreas

Tabla 5.4: Componentes Repetitivos cambiados en Reparaciones no Programadas

Tabla 5.5: Distribución de Banco de Vuelos más Crítica.

Tabla 5.6: Cronograma de Asistencia a Entrenamientos

Tabla 5.7: Cuadro de Asistencia a Cursos por Parte de Mantenimiento

Tabla 5.8: AMEF de Fallas en el Sistema de Combustible del Motor ATA 73

Tabla 5.9: Ponderación de Eventos AMEF ATA 73

Tabla 5.10: Plan de Acción a Eventos AMEF ATA 73

Tabla 5.11: Cuadro de Asignaciones de Comité CASS

Tabla 5.12: Indicadores de Estado de Reportes Externos por áreas 2014

Tabla 5.13: Componentes Repetitivos Cambiados en Reparaciones no Programadas

Tabla 5.14: Cuadro de Estado de Asignaciones de Comité CASS

Tabla A.1: Tabla de Códigos de Reportes de Auditorías

Tabla A.2: Tablas de Criticidad por Modos de Fallas

LISTADO DE ILUSTRACIONES

- Gráfico 2.1: Programa MSG – 3 Parte 1**
- Gráfico 2.2: Programa MSG – 3 Parte 2, Fallas Evidentes**
- Gráfico 2.3: Programa MSG – 3 Parte 3, Fallas Ocultas**
- Gráfico 2.4: Estructura de una Organización de Mantenimiento**
- Gráfico 2.5: Procedimiento para Evaluación de Riesgos por CASS**
- Gráfico 2.6: Compartimientos en la Aeronave**
- Gráfico 2.7: Sillas dentro de un Cockpit**
- Gráfico 2.8: Tipos de Sillas en la Cabina**
- Gráfico 2.9: Compartimientos de Carga**
- Gráfico 2.10: Sistemas de luces**
- Gráfico 2.11: Luces de cabina**
- Gráfico 2.12: Sistema de luces de emergencia**
- Gráfico 2.13: Luces Exteriores**
- Gráfico 2.14: Trenes de Aterrizaje Principales y de Nariz**
- Gráfico 2.15: Ruedas de Trenes Principales y de Nariz**
- Gráfico 2.16: Extensión y Retracción de los Trenes de Aterrizaje**
- Gráfico 2.17: Frenado**
- Gráfico 2.18: Dirección**
- Gráfico 2.19: Aire Acondicionado, Ventilación y Presurización**
- Gráfico 2.20: Sistema Básico del Aire Acondicionado**
- Gráfico 2.21: Packs**
- Gráfico 2.22: Regulación de Temperaturas por Zonas**
- Gráfico 2.23: Ventilación de Aviónica**
- Gráfico 2.24: Ventilación de Lavatorios y Cocinas**

Gráfico 2.25: Ventilación en compartimiento de carga

Gráfica 2.26: Sistema de Presurización

Gráfico 2.27: Motores CFM-56

Gráfico 2.28: Instalación de un motor

Gráfico 2.29: Módulos del Motor

Gráfico 2.30: Rotor de Baja Presión (LP)

Gráfico 2.31: Rotor de Alta Presión

Gráfico 2.32: Cajas de Transmisión y Accesorios

Gráfico 2.33: FADEC

Gráfico 2.34: EIU / EVMU

Gráfico 2.35: Reversa del Motor

Gráfico 3.1: Estructura de Desglose de Trabajo

Gráfico 4.1: Método de los 5 por qué

Gráfico 4.2: Método de Ishikawa

Gráfico 4.3: Diagrama de Flujo

Gráfico 4.4: Diagrama de Pareto

Gráfico 4.5: Gráfica de Control

Gráfico 4.6: Patrones de Falla y Componentes

Gráfico 5.1: Reportes de Auditorías Internas a TPU por áreas

Gráfico 5.2: Pareto de Reportes Internos por áreas

Gráfico 5.3: Estado de Reportes de Auditorías Internas 2013

Gráfico 5.4: Reportes de Auditorías Externas por Áreas 2013

Gráfico 5.5: Estado de Reportes de Auditorías Externas 2013

Gráfico 5.6: Pareto de Reporte de Auditorías Internas del 2013 por Categorías

Gráfico 5.7: Clasificación de los 100 Reportes de Mantenimiento de Línea por Probabilidad e Impacto

Gráfico 5.8: Clasificación de los 73 Reportes de Control de Calidad por Probabilidad e Impacto

Gráfico 5.9: Clasificación de los 30 Reportes de Entrenamiento por Probabilidad e Impacto

Gráfico 5.10: Clasificación de los 23 Reportes de Planeamiento por Probabilidad e Impacto

Gráfico 5.11: Clasificación de los 23 Reportes de Almacén por Probabilidad e Impacto

Gráfico 5.12: Reportes de Auditorías Externas 2013 por Categorías

Gráfico 5.13: Clasificación de los Reportes de Auditorías Externas por Áreas

Gráfico 5.14: Informe Operativo del N521TA (A319)

Gráfico 5.15: Informe Operativo del N491TA (A320)

Gráfico 5.16: Informe Operativo del N568TA (A321)

Gráfico 5.17: Reportes de Flota por ATA

Gráfico 5.18: Reportes de Motores por ATA

Gráfico 5.19: Estadística de Eventos Especiales

Gráfico 5.20: Reportes de ATA 25, 23, 33 y 32

Gráfico 5.21: Reportes de ATA 21, 35, 38, 22 y 27

Gráfico 5.22: Reportes de ATA 34, 28, 29, 30, 36

Gráfico 5.23: Reportes por ATA 52, 24, 26, 5, 56, 49, 53 y 20

Gráfico 5.24: Reportes de ATA de Motor 73, 77, 78, 74, 71 y 72

Gráfico 5.25: Evaluación de Riesgos de Eventos

Gráfico 5.26: Evaluación de Riesgos de Eventos de Motores

Gráfico 5.27: Evaluación de Riesgos de Eventos Especiales

Gráfico 5.28: Ishikawa – Falta de Diligenciamiento de Logbook

Gráfico 5.29: Ishikawa – Roster Desactualizados

Gráfico 5.30: Creación de Roster y Authority Delegation

Gráfico 5.31: Ishikawa por Desactualización de Manuales

Gráfico 5.32: Ishikawa - No hay Control del ESD

Gráfico 5.33: Ishikawa – Confusión de Procedimientos

Gráfico 5.34: Ishikawa – Falta de Cumplimiento en Rotación de Ruedas

Gráfico 5.35: Recomendaciones para almacenaje de ruedas

Gráfico 5.36: Cafetera con Quemaduras

Gráfico 5.37: TSM de alta temperatura en tanque de combustible

Gráfico 5.38: Delaminación del Translating Sleeve de la Reversa

Gráfico 5.39: Reporte de Auditorías Internas 2013 vs 2014

Gráfico 5.40: Evolución de Reportes de Auditorías Externas 2013 vs 2014

Gráfico 5.41: Informe Operativo del N521TA (A319) 2013 vs 2014

Gráfico 5.42: Informe Operativo del N491TA (A320) 2013 vs 2014

Gráfico 5.43: Informe Operativo del N568TA (A321) 2013 vs 2014

Gráfico 5.44: Reportes de Flota por ATA 2014

Gráfico 5.45: Reportes de Flota por ATA 2013 vs 2014

Gráfico 5.46: Reportes de Motores por ATA 2013 vs 2014

Gráfico 5.47: Estadística de Eventos 2013 vs 2014

Gráfico A.1: Procedimiento para Evaluación de Eventos Especiales

PRÓLOGO

Este informe tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de vigilancia y análisis continuo de un programa de mantenimiento de una flota de aviones familia A320 de la empresa Taca Perú con la finalidad de medir el desempeño y efectividad del mismo. Siendo la industria de la aviación una de las más reguladas y seguras del mundo, se exige altos estándares de cumplimiento, calidad e ingeniería para una operación segura y eficaz. Para cumplir con lo antedicho, los operadores aéreos están en la constante búsqueda de la mejora continua de todos sus procesos y procedimientos de mantenimiento. Al existir una amplia variedad de recursos y áreas de conocimiento en el mantenimiento de la aviación comercial, se ve la necesidad de una metodología que satisfaga estas altas exigencias de nivel mundial.

En los capítulos del presente informe se desarrollará la implementación del desempeño del programa de mantenimiento. Se verificará la efectividad del mismo analizando indicadores y realizando la identificación de riesgos respectivos. Se explicará la metodología tanto como para encontrar la causa raíz a debilidades del programa de mantenimiento como también para brindar un correcto seguimiento de las mejoras formuladas.

El analizar la data y las acciones de manera reactiva nos permitirá trabajar de una manera proactiva, identificando riesgos en la operación, oportunidades de mejora en el sistema, vacíos en los procesos y el ahorro de trabajo respectivo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Debido al alto grado de confiabilidad requerido por las autoridades nacionales a las empresas de aviación comercial, se ha encontrado la necesidad de demostrar metodológica y experimentalmente la optimización y vigilancia de los programas de mantenimiento de las aeronaves.

Para ello será necesario implementar un sistema de vigilancia que contribuya a la reducción de los reportes por las autoridades (99 reportes externos y 245 reportes internos el 2013), reducción de tiempo de respuesta a reportes (3 meses promedio 2013) y reducción de cantidad de eventos reportables (10 el año 2013) mediante un análisis a las debilidades del programa de mantenimiento efectuado a la flota.

Al implementar un sistema en la compañía, se logrará:

- 1) Desarrollar un equipo humano interdependiente capaz de advertir la amenaza o falla del programa de mantenimiento.
- 2) Advertir fallas o recurrencia de errores en la flota antes que sucedan (contingencia proactiva).
- 3) Establecer una comunicación estrecha operador – proveedor para atender los problemas de mantenimiento de la flota.
- 4) Establecer y mantener la confianza de las autoridades.

Con la implementación se espera contribuir con ahorros, reducción de multas, imposiciones, penalidades por el no cumplimiento de la operación sin considerar la pérdida de confianza en los pasajeros cuyo efecto repercute en el tiempo.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Reducir la generación de reportes de auditorías y eventos operacionales en un 20% mediante la implementación de un sistema de vigilancia y análisis continuo al programa de mantenimiento de una flota de aviones Airbus Familia 320.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para la implementación del sistema de vigilancia y análisis continuo será necesario seguir con los siguientes pasos:

- 1) Identificar los puntos débiles del programa de mantenimiento mediante un análisis de los reportes de auditorías internas y externas para solucionar los problemas críticos encontrados.
- 2) Evaluar las causas raíces de las debilidades encontradas monitoreando la lista de vigilancia de riesgo para la formulación e implementación de las acciones correctivas para lo cual se hará la presentación del sistema de seguimiento para medir la eficacia de las acciones tomadas.

- 3) Verificar la confiabilidad de la flota de la familia A320, ubicando los problemas críticos y comunes para identificar las variables críticas que deben ser monitoreadas.

- 4) Implementar el sistema de vigilancia de la efectividad observando las tendencias de las variables críticas, evaluando las causas raíces de los eventos más significativos de la flota, para lo cual se implementará el sistema de vigilancia de las acciones correctivas para medir su efectividad.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Se ve la necesidad de demostrar el método científico para la evaluación del programa de mantenimiento haciendo uso de la gestión de riesgos, análisis de causa raíz, implementación de acciones correctivas y preventivas que mitiguen o eliminen los riesgos involucrados para establecer las bases para una futura implementación de un sistema ISO.

El beneficio del sistema es la reducción del costo de operación disminuyendo las penalidades de retrasos de vuelos, multas por incumplimiento a las autoridades, ahorros sustanciales en gastos de mantenimiento y fidelización de los clientes por medio de ofrecer un servicio a tiempo y seguro.

1.5 ALCANCES

Se comprobará los resultados obtenidos en el presente año contrastados con el año analizado anterior considerando las siguientes variables:

- 1) Tasa de Reportes

- 2) Indicador de tiempo de respuesta
- 3) Tasa de Eventos
- 4) Indicador de repetividad de eventos

Para este informe se han considerado evaluar todos los reportes e incidentes relacionados con la flota Familia Airbus 320 de TPU, estos son las siguientes aeronaves: N521TA (A319), N491TA (A320) y N568TA (A321) y su operación en Perú (Estaciones de Lima, Cusco, Arequipa, Trujillo, Piura, Tarapoto, Juliaca y Chiclayo) y en estaciones internacionales. Su alcance está limitado a Operador de Aerolínea.

Entre los estándares que se considerarán serán los siguientes:

- 1) Las regulaciones FAR (Federal Aviation Regulations) 121 (Operador) y 145 (Estación Reparadora).
- 2) El AC (Advisory Circular 120-79A).
- 3) La Gestión de Proyectos (PMBOK).
- 4) Sistema de Calidad ISO.

La obtención de datos se ha realizado de la siguiente manera:

- 1) Reportes de auditorías, se ha recopilado los datos directamente de los entes supervisores de Aseguramiento de la Calidad (QA) e inspectores de autoridades reguladoras (FAA, DGAC Perú, IOSA, etc.).

- 2) Eventos, se ha tomado la información recopilada por el departamento de Confiabilidad de la flota.

Actualmente tenemos como indicadores:

- Tasa de Reportes: 99 reportes externos y 245 reportes.
- Indicador de Eventos: 10 eventos al año.

1.6 RECURSOS EMPLEADOS

Entre los Recursos Humanos empleados, se ha visto necesario coordinar las actividades del CASS (Sistema de Vigilancia y Análisis Continuo) con las siguientes jefaturas:

- Gerente de Mantenimiento.
- Jefe de Control de Calidad
- Jefe de Aseguramiento de la Calidad
- Jefe de Talleres
- Jefe de Mantenimiento
- Jefe de Ingeniería
- Jefe de Planeamiento
- Jefe de Almacén
- Administrador de Seguridad

Entre las normas técnicas que se han utilizado:

- 1) El manual de Mantenimiento de las aeronaves de Airbus (Aircraft Maintenance Manual AMM).
- 2) Los manuales de los proveedores de partes.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y LA OPERACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

2.1.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA

Los programas de mantenimiento de las aeronaves son definidos mediante 2 enfoques: el enfoque orientado en procesos (Process-oriented approach) y el enfoque orientado en tareas (Task-oriented approach). La diferencia entre estos 2 métodos es cómo las acciones son asignadas y determinadas a componentes. Mientras que la industria de la aviación moderna ha optado por el enfoque basado en tareas, muchos de sus fundamentos son basados en el enfoque basado en procesos.

El mantenimiento orientado en procesos usa los 3 procesos primarios de mantenimiento para establecer una programación de las actividades de mantenimiento:

- 1) Filosofía Hard Time (HT)
- 2) Filosofía On Condition (OC)
- 3) Filosofía Condition Monitoring (CM)

Por otro lado, el mantenimiento orientado en tareas se basa en tareas predeterminadas para evitar fallas en servicio. Este mantenimiento permite que fallas ocurran durante la operación mientras que estas no afecten la seguridad ni la aeronavegabilidad de la aeronave.

2.1.1.1 Mantenimiento Orientado en Procesos

El mantenimiento orientado en procesos fue desarrollado por la Asociación de Transporte Aéreo (Air Transportation Association ATA). Se enfoca en que cada sistema, unidad, componente o aplicación en la aeronave es analizada y asignada a uno de los procesos de mantenimiento primario: Hard Time (HT), On Condition (OC) o Condition Monitoring (CM).

En resumen, HT significa una remoción de un ítem en un intervalo predeterminado de tiempo, generalmente expresado en horas de vuelo (Flight Hours FH) o en ciclos de vuelo. En algunas oportunidades HT también estará definido por fechas de calendario. OC significa que un ítem debe ser inspeccionado por cada ciertos intervalos de tiempo (horas, ciclos o calendario) similar a los chequeos médicos anuales que una persona se hace para descartar enfermedades. Finalmente, CM significa un monitoreo de los intervalos de falla, intervalos de remoción o cambio, etc.

1) Proceso Hard Time (HT)

HT es un proceso preventivo de fallas que requiere que los ítems sean removidos o entren en overhaul (restauración) completo o parcial antes de un determinado intervalo específico. Ejemplos de intervalos son: horas de vuelo (FC) o tiempos calendario.

Cuando se especifica un HT, los componentes serán removidos, restaurados o descartados cuando sea apropiado antes del cumplimiento del tiempo o intervalo especificado. La remoción de estos componentes es justamente para asegurar de alguna manera la restauración de las funciones y operación de los componentes y que no falle durante servicio.

Generalmente, se asigna Hard Time a componentes que tienen un efecto directo en la seguridad del vuelo o a ítems sujetos a la degradación con el tiempo sin tener la posibilidad de tener un check para verificar el estado de ese componente. Por ejemplo: Inspecciones estructurales, overhaul de trenes de aterrizaje, reemplazo de partes de motor con límite de edad son HT. Frecuentemente, goteos de aceite mecánicos y actuadores, bombas hidráulicas y motores, motores eléctricos y generadores e ítems similares son definidos como HT. Para ítems que tienen un periodo de tiempo de desgaste definido se les puede considerar como HT.

2) Proceso On-Condition (OC)

OC es un proceso de prevención de fallas que requiere que un ítem sea inspeccionado o testeado periódicamente bajo un estándar físico apropiado (límite de deterioro o desgaste establecido) para si el ítem

puede continuar en servicio o no. Si el ítem no aprueba los estándares de la inspección, se debe programar el mantenimiento para que se le restaure a los límites de operación óptimos. Si un ítem no puede ser restaurado a una condición que asegure la operación, entonces debe ser desechado y cambiado.

OC debe ser realizado en componentes donde se puede evaluar, inspeccionar y testear sin que haya necesidad de separar o retirarlo de sus sistemas correspondientes. Los chequeos de condición (OC checks) son realizados en intervalos de tiempo definidos análogamente al HT.

Los chequeos periódicos de condición constituyen un determinante significativo de una operación continua. Si los chequeos proporcionan suficiente información de la condición y resistencia a fallas de los componentes, entonces pueden ser considerados On Condition (OC). Debido a ello, los chequeos de condición procesan data que revelan la condición de los componentes y sistemas en la aeronave o motor con el fin de anticipar fallas y programar cambios. Por ejemplo: los chequeos de la banda de las llantas o límites de frenos, las boroscopías que se hacen a los motores, el análisis de aceites, el análisis de la performance de los motores en vuelo

(Engine Condition Monitoring ECM). Es necesario comparar las tendencias de nuestra data con estándares para poder determinar la situación en la que nos encontramos.

Ejemplos de componentes OC: Indicador de pines de desgaste de los frenos, cables de control y finalmente: goteos, barras de control, poleas, gatas.

3) Proceso Condition Monitoring (CM)

Se aplica cuando no se puede aplicar ni HT ni OC. Este proceso implica monitorear los ratios de falla de componentes, intervalos de cambio, etc de componentes individuales o de sistemas que no tienen un tiempo de desgaste definitivo. CM no es un proceso preventivo contra fallas, no existen intervalos ni estándares de comparación para determinar desgaste, por lo tanto CM son utilizados hasta la falla.

Debido a ello, la ATA, sugiere lo siguiente:

- a) Un ítem CM no tiene efecto directo no adverso en la seguridad cuando falla.
- b) Un ítem CM no tiene una función oculta cuya falla tenga efectos adversos contra la seguridad.

- c) Un ítem CM debe estar incluido en la condición de monitoreo del operador o de su programa de confiabilidad.

Recordemos que CM no tiene una relación directa entre edad y confiabilidad.

2.1.1.2 Mantenimiento Orientado en Tareas

Los programas de mantenimiento orientados en tareas son creados por aviación analizando las consecuencias de las fallas. Existen 3 categorías:

- Tareas del sistema de fuselaje.
- Tareas de ítems estructurales.
- Tareas zonales.

1) Tareas del sistema de fuselaje:

- Lubricación, uso de aceites y grasas.
- Servicio, atender las necesidades de las partes
- Inspección, examinar un ítem en comparación a un patrón.
- Chequeo Funcional, un chequeo cuantitativo para verificar si la función de un ítem está dentro de sus límites de trabajo.
- Chequeo Operacional, verificación si un ítem está cumpliendo con su propósito de diseño.

- Chequeo Visual, es un chequeo funcional hecho con la vista.
- Restauración, el trabajo necesario para devolverle a un ítem un estándar específico.
- Descarte, retirar de servicio.

2) Tareas para ítems estructurales:

- Inspección Visual General, es un examen visual que determinará las condiciones, limitaciones y discrepancias obvias.
- Inspección Detallada, es una inspección visual extensiva con el uso de herramientas.
- Inspección detallada especial.

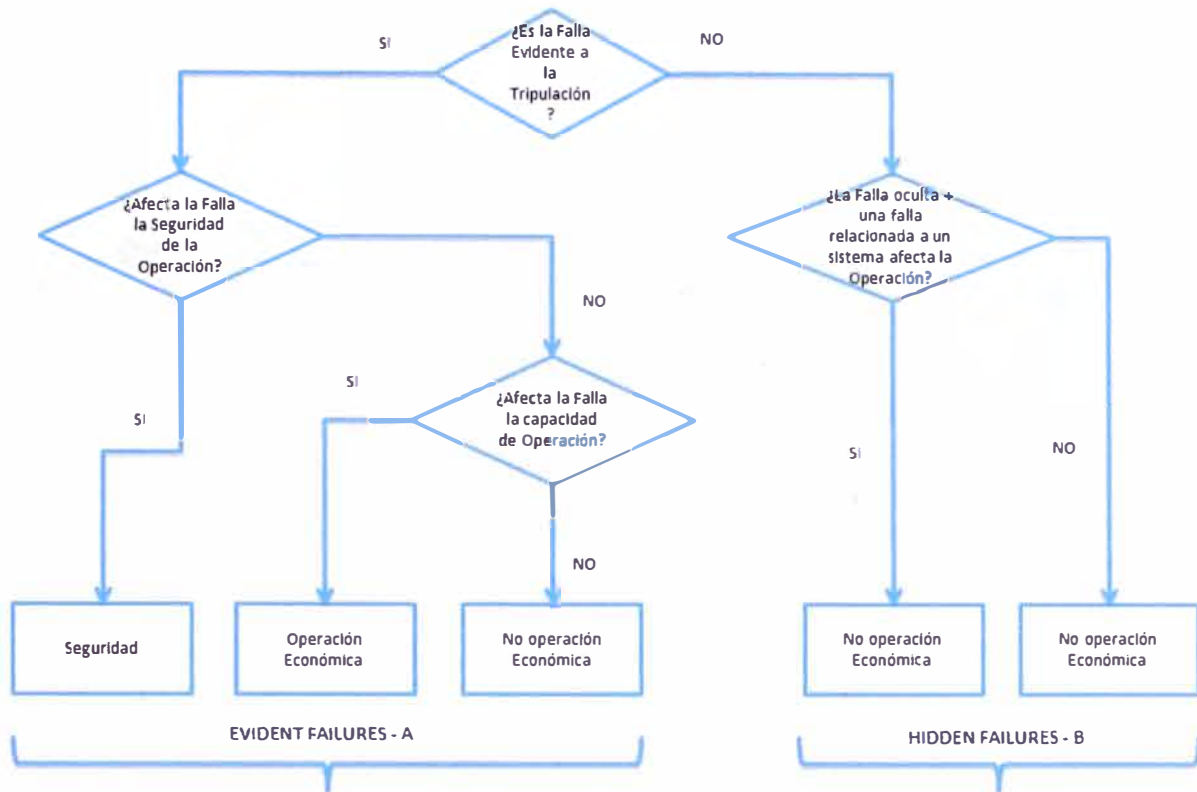
3) Tareas en Zonas:

- Se aseguran que los componentes, instalaciones y partes estén operativos y funcionales.

2.1.1.3 Proceso Actual de Mantenimiento MSG – 3

Basado en ambas filosofías anteriormente descritas y en base a un programa de confiabilidad validado por 10 años se desarrolló el proceso mostrado en el gráfico 2.1.

Gráfico 2.1: Programa MSG – 3 Parte 1



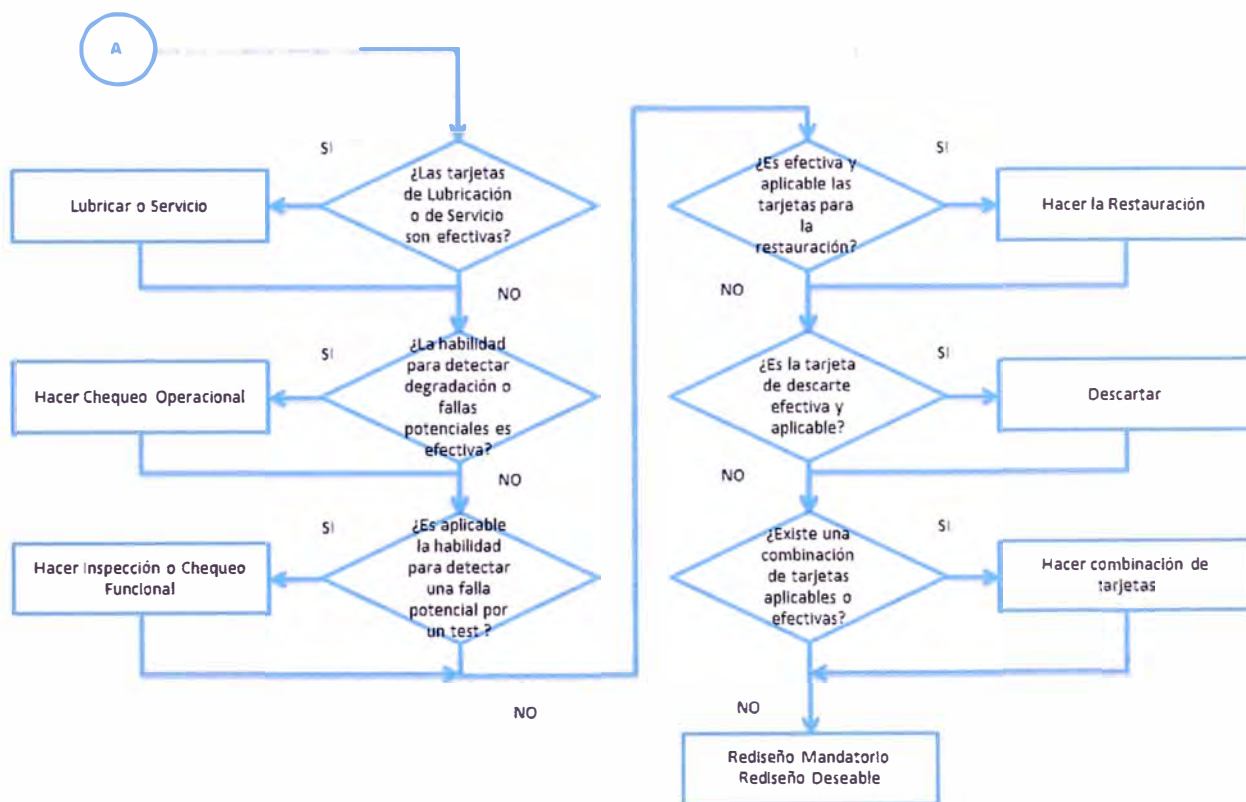
MSG – 3 (Maintenance Steering Group), Procedimiento desarrollado por Boeing para el desarrollo de programas de mantenimiento de aeronaves.

Este programa MSG-3 se ajusta a la lógica de toma de decisiones para proveer una secuencia lógica en el enfoque de la falla. En otras palabras el proceso MSG-3 busca analizar cómo afecta la falla a la operación sin importar que sistema, subsistema o componente falle o se deteriore.

Las Tareas resultantes de este proceso pueden ser basadas en filosofía HT, OC o CM.

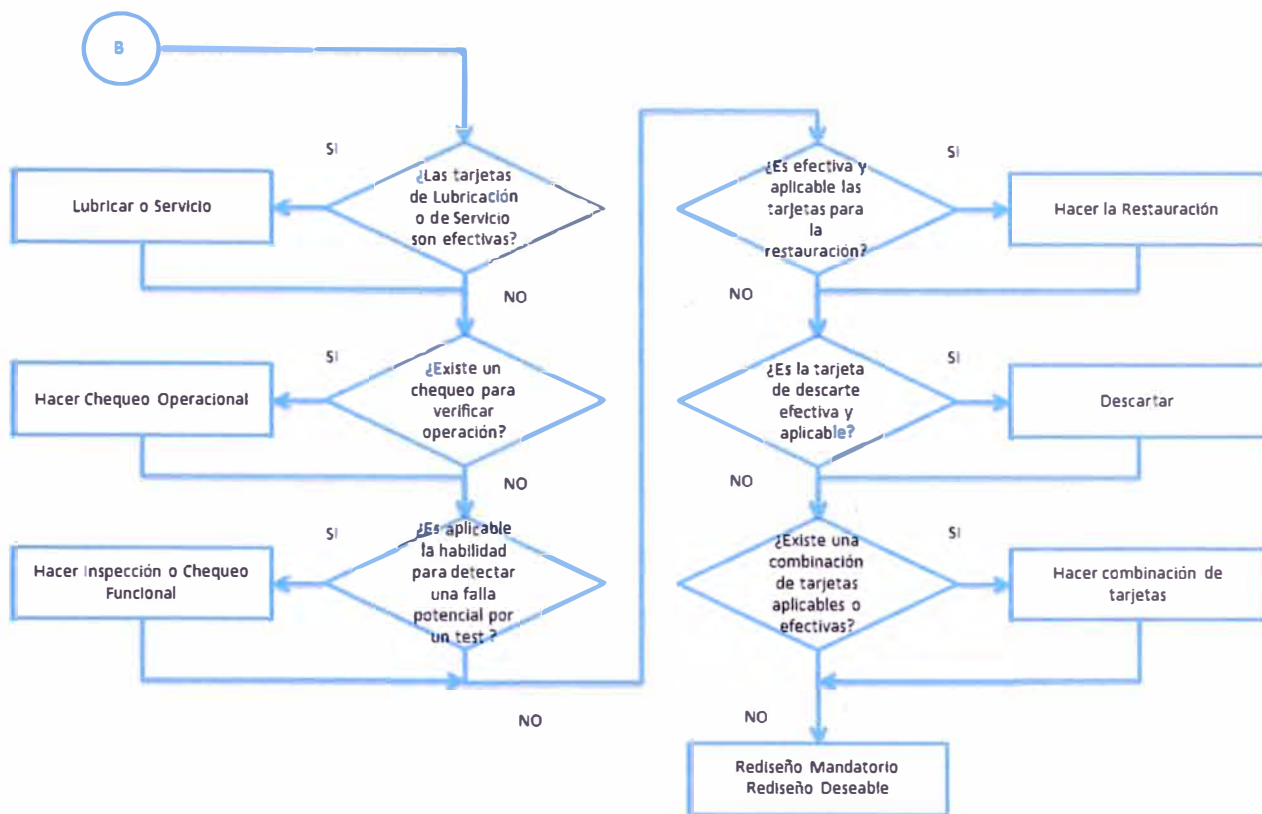
Las tareas tienen 2 niveles de análisis según lo evidente que es la falla a la tripulación, ver gráfico 2.2 para Fallas Evidentes y gráfico 2.3 para Fallas Ocultas. Se debe tener presente que a pesar de que las tareas te manden a una acción, esta acción te devuelve a una pregunta formulándose así el caza fallas (troubleshooting).

Gráfico 2.2: Programa MSG – 3 Parte 2, Fallas Evidentes



Se analizan las fallas evidentes en los 6 ámbitos

Gráfico 2.3: Programa MSG – 3 Parte 3, Fallas Ocultas



Se analizan las fallas evidentes en los 6 ámbitos

2.1.1.4 Mantenimiento de Intervalos Definidos.

Gracias al proceso MSG-3, muchos chequeos se han convertido en estándares. Entre los aprobados por la Federal Aviation Administration (FAA) tenemos:

- 1) Chequeos de Tránsito (Transit Checks), se realiza este chequeo después de cada aterrizaje y antes de cada despegue. El Tránsito consiste en un chequeo del nivel de aceite, completar lista de chequeo y una inspección general visual de toda la aeronave, llamado walk-around, con el propósito de revisar fugas de fluidos,

paneles abiertos o cerrados, daños en las superficies de control o antenas. Si se encuentra un problema, se programa un mantenimiento no programado o en todo caso se difiere. Este chequeo lo hace el personal de mantenimiento y la tripulación en conjunto. Se debe recordar que la medición de aceite se debe hacer entre 5 a 30 min después de que los motores han sido apagados, esto solo se hace después de aterrizar.

- 2) Chequeo de 48 horas (48 hours check), en algunas aerolíneas se le conoce como el diario (daily). Este chequeo se hace cada 48 horas, tiene trabajos de inspección más detallados que el tránsito. Por ejemplo: ítems como ruedas o frenos o como ciertos fluidos en el Auxiliary Power Unit (APU) o el Integrated Drive Generator (IDG) o también el fluido hidráulico de la aeronave.
- 3) Chequeos Limitados por Chequeos (Hourly Limit Check), muchos chequeos son asignados según la cantidad de horas que las partes están operando. Este enfoque se usa en los motores, en los controles de vuelo de la aeronave y otros sistemas que operan de manera continua durante el vuelo o mientras la aeronave permanezca en tierra.

4) Chequeos de operación por ciclos (Operating Cycle Limit Checks), otra forma de realizar los chequeos es en función a los ciclos de vuelo que tienen las partes, tales como ruedas, frenos. Las estructuras de la aeronave también está sujeta a esfuerzos, ellas también entran en esta categoría.

5) Chequeos de Letra (Letter Checks), Son los chequeos A, B, C y D que son programados según el tiempo.

2.2 REQUISITOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

2.2.1 Objetivos de un Programa de Mantenimiento

La definición de Mantenimiento en términos aeronáuticos es la siguiente según el libro *Aircraft Maintenance Management*:

“Mantenimiento es el proceso de asegurar que un sistema cumpla de manera continua su función programada a un nivel de diseño de confiabilidad y seguridad.”

Para el logro de ello se basa en los siguientes pasos:

- 1) Asegurar el cumplimiento de los niveles inherentes de la seguridad y confiabilidad de los equipos.
- 2) Restaurar la seguridad y confiabilidad de los equipos a niveles inherentes cuando ocurra algún deterioro.

- 3) Obtener información necesaria para ajustar y optimizar el programa de mantenimiento cuando no se cumplan los niveles de seguridad y confiabilidad.
- 4) Obtener información necesaria para el diseño de la mejora de equipos cuya seguridad y confiabilidad no alcancen los niveles adecuados.
- 5) Cumplir con los objetivos previstos con el costo mínimo total, incluyendo los costos de mantenimiento y el costo de las fallas residuales.

2.2.2 Requisitos de un Programa de Mantenimiento

Según la Federal Aviation Administration (FAA), tomando en cuenta el AC 120-16D, considera los siguientes puntos como esenciales para todo programa de mantenimiento de aeronaves:

- 1) Responsabilidad sobre la Aeronavegabilidad, bajo la regulación de la FAA, cada operador o transportador aéreo es responsable de todo el mantenimiento o alteraciones que la aeronave de la aerolínea. Cada aerolínea debe tener unas especificaciones de operación con las que determina el mantenimiento que se le puede hacer a una aeronave y este documento debe ser aprobado por la FAA. La responsabilidad sobre la Aeronavegabilidad implica que cada operador debe desarrollar sus propios procedimientos tanto como para mantenimiento y para la inspección.

- 2) **Manual de Mantenimiento**, este manual es una combinación de los manuales de mantenimiento de la aeronave propuesta por los mismos proveedores junto con la parte de los manuales que explica cómo se hará la gestión del mantenimiento por la compañía. Debido a ello es que estos manuales también tienen los procedimientos que se deben seguir dentro de la organización. (Procedimientos de inspección, mantenimiento, auditorías, etc.)

- 3) **Organización de Mantenimiento**, la FAA afirma que la aerolínea debe tener una organización de mantenimiento que sea "capaz de cumplir, supervisar, administrar, corregir su programa de mantenimiento y guiar al personal de mantenimiento y proveerles la dirección necesaria para cumplir con los objetivos del mantenimiento. La descripción de la organización de mantenimiento se hará más adelante.

- 4) **Programación del Mantenimiento**, la FAA requiere que todo programa de mantenimiento tenga identificado que mantenimiento se debe hacer, cómo debe hacerse y cuándo debe realizarse (con qué frecuencia). Los trabajos o tarjetas del programa de mantenimiento se programan considerando los intervalos definidos por horas de vuelo, ciclos de vuelo y tiempo calendario.

- 5) **Sistema de Registros de Mantenimiento**, la aerolínea tiene la responsabilidad de mantener la aeronave en una condición aeronavegable. Para demostrar esta condición ante las autoridades, el operador debe mantener los registros que muestren sustento de ello ya que el no cumplir con esto implica multas o penalidades llegando a significar la pérdida de la certificación. Existen también otros registros que permiten que se lleve a cabo las actividades de mantenimiento con éxito, como por ejemplo el libro de vuelo (logbook). Este libro se mantiene en la aeronave con el fin de informar sobre todo las acciones que se han hecho a la aeronave. Otros registros son los reportes de ciertos problemas de mantenimiento.

- 6) **Cumplimiento y Aprobación del Mantenimiento y Alteraciones**, el programa de mantenimiento de la aerolínea debe incluir instrucciones para conducir el mantenimiento en la aeronave, motores, partes y sistemas. Esto implica mantenimiento programado y no programado.

- 7) **Mantenimiento Contratado**, a pesar que la aerolínea tenga la responsabilidad del mantenimiento de sus aeronaves, ella misma no realiza todo el mantenimiento a ellas mismas. En algunos casos otras organizaciones de mantenimiento son los que realizan el mantenimiento a las aeronaves. En los casos en que se tenga que trabajar con un proveedor, el programa de

mantenimiento debe incluir procedimientos para asegurar de que el trabajo se realiza de manera apropiada.

- 8) Sistema de Vigilancia y Análisis Continuo (CASS), en la regulación 121.373 de las Federal Aviation Regulation (FAR) se indica la necesidad del monitoreo de las actividades de la aerolínea para asegurar que los programas de mantenimiento e inspección descritos en las Especificaciones de Operación son efectivas. Algunas aerolíneas lo interpretan como la implementación de un programa de Aseguramiento de la Calidad y Confiabilidad. Esencialmente, el Sistema de Vigilancia y Análisis Continuo (Continuing Analysis and Surveillance System, CASS) es un programa para detectar y corregir deficiencias en el desempeño y efectividad del programa de mantenimiento. El sistema identifica áreas con problemas, determina la acción requerida, hace seguimiento a la actividad para determinar la efectividad de la implementación. Esto se logra gracias a la recolección de data, análisis, monitoreo de las actividades de todas las actividades de mantenimiento en la aerolínea, proveedores y contratistas.
- 9) Entrenamiento del Personal, las FAR exigen que las aerolíneas tengan un programa de entrenamiento que asegure que cada persona (incluyendo al personal de inspección) que determina si un trabajo está bien hecho, está completamente capacitado en información, técnicas, procedimientos y el uso de nuevos

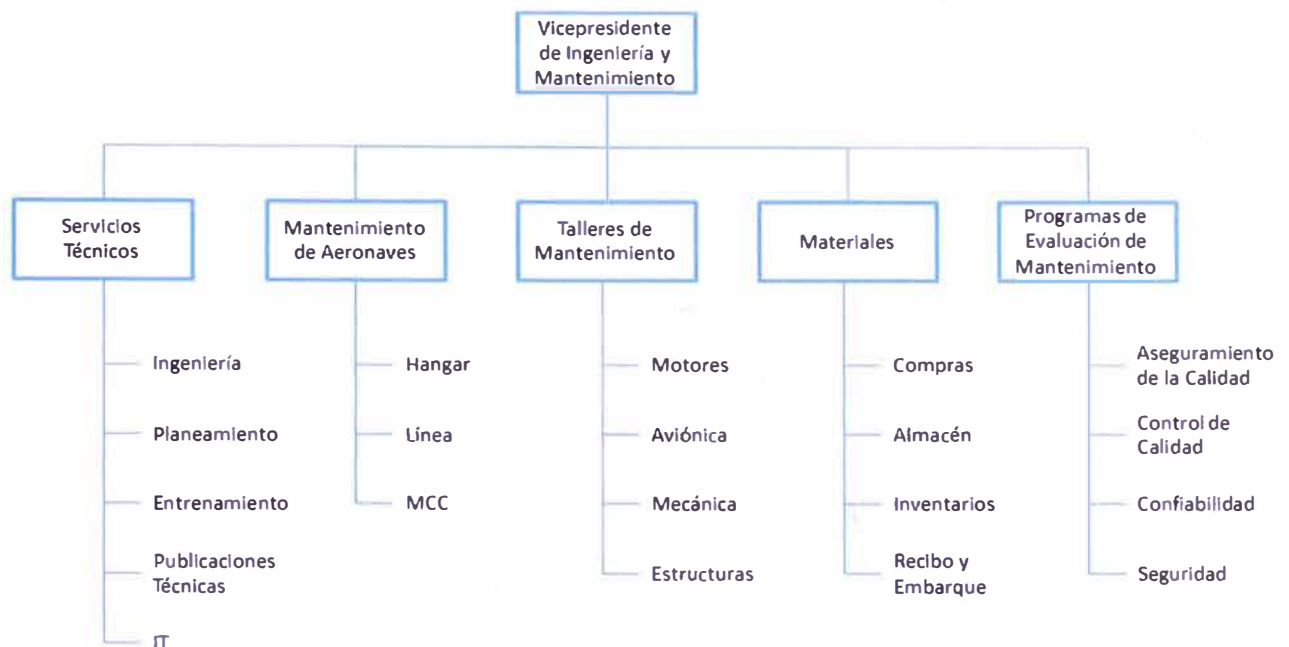
equipos con el fin de ser competente para desarrollar las actividades de mantenimiento asignadas. Siempre que exista un cambio en el programa de mantenimiento, se requiere de un entrenamiento.

10) Mercancías Peligrosas, algunos componentes y consumibles de las aeronaves son considerados como mercancías peligrosas, los cuales son peligros que atentan contra la salud, medio ambiente y la seguridad del vuelo o componentes de una aeronave. Algunas de estas sustancias son peligrosas a los ojos, piel o partes de las aeronaves. Existen sustancias con emisiones radioactivas, inflamables o sensibles a la luz o el sonido. Cada aerolínea debe ser capaz de identificar las condiciones de peligro y proveer el entrenamiento necesario y las herramientas necesarias para el respectivo manipuleo de estos materiales.

2.2.3 Organización de Mantenimiento.

La estructura de una organización de mantenimiento varía según flota y regiones de operaciones. Por ejemplo: el gráfico 2.4 muestra una organización mediana de mantenimiento.

Gráfico 2.4: Estructura de una Organización de Mantenimiento



Estructura Estándar para una Organización Mediana (Flota entre 15 a 30 Aeronaves)

- 1) Vicepresidente de Ingeniería y Mantenimiento, es la cabeza de la organización de mantenimiento y de ingeniería en la aerolínea. Mientras que el departamento de Operaciones es responsable de conducir las operaciones de transporte aéreo, el departamento de mantenimiento es responsable de entregar aeronaves aeronavegables. La organización de mantenimiento coordina con operaciones la debida operación y programa tiempos de parada para actividades de mantenimiento.

- 2) Ingeniería, el gerente de Ingeniería es responsable de todas las funciones de ingeniería en la organización de mantenimiento:

- a) Desarrollo inicial de programas de mantenimiento (tareas, intervalos, programación, etc.).
- b) Evaluación de los Service Bulletins (SBs) y Service Letters (SLs) para posibles inclusiones dentro de los equipos de la aerolínea.
- c) Supervisión de la incorporación de estos SBs y SLs.
- d) Supervisión de Directivas de Aeronavegabilidad (ADs).
- e) la evaluación de problemas en mantenimiento determinados por el programa de confiabilidad y/o cualquier problema.
- f) Establecer las políticas y procedimientos del programa de mantenimiento.

También se incluye a ingeniería en el planeamiento de construcción de nuevas facilidades (hangares nuevos, nuevo equipos a comprar). Ingeniería coordinará y trabajará de la mano con el departamento de ingeniería del proveedor de la aeronave para atender consultas.

- 3) Planeamiento y Control de la Producción, el gerente de planeamiento y control de la producción es responsable de la programación del mantenimiento y su planeamiento. Esto implica programar mano de obra, facilidades, herramientas, repuestos y cualquier asistencia especial que se requiera. Entre las funciones están:

- a) Planear todas las actividades relacionadas con mantenimiento a corto, mediano y largo plazo.

- b) Establecer los estándares de horas hombre, material, facilidades, equipos, herramientas.
 - c) Programar el trabajo.
 - d) Control de hangares.
 - e) Mantenimiento en Línea.
 - f) Monitoreo del progreso del trabajo en talleres de apoyo.
- 4) Entrenamiento, el gerente de entrenamiento técnico es responsable de la currícula, desarrollo de cursos, administración y registros de entrenamiento de todos los trabajadores de la compañía. También, coordina cualquier entrenamiento externo. Desarrolla cursos de tal manera que satisfagan los requerimientos de la aerolínea.
- 5) Publicaciones Técnicas, el gerente de publicaciones técnicas es responsable de toda la información técnica usada en la aerolínea. Mantiene una lista de la documentación recibida por los proveedores de las aeronaves y por la información desarrollada por la propia aerolínea. Publicaciones técnicas se encarga de distribuir esta información a todas las áreas de la manera apropiada (Read & Sign, CD, Páginas Web, etc.). También se asegura de mantener las últimas revisiones de los mismos. Adicionalmente, Publicaciones Técnicas mantiene la biblioteca técnica donde se tiene toda la documentación requerida para uso en mantenimiento, tanto de una biblioteca central o una satélite (fuera de la central).

- 6) IT, el gerente de IT es responsable de sistema de control de mantenimiento (Software) para el registro, manejo y control de las actividades de mantenimiento. Siendo sus funciones:
- a) Seleccionar el software o hardware que se usarán.
 - b) Entrenar al personal de mantenimiento, inspección y administrativos en el uso de los sistemas.
 - c) Brindar el soporte continuo correspondiente.
- 7) Mantenimiento en Hangar, el gerente de Mantenimiento en Hangares es responsable de todos los trabajos que se realicen en el Hangar: modificaciones, cambio de motores, chequeos "C", control de corrosión, pintura, etc. También incluye funciones de talleres de apoyo como soldadura, fabricación de asientos y/o interiores, etc.) y de Equipos de Apoyo Terrestre (GSE).
- 8) Mantenimiento de Línea, el gerente de Mantenimiento de Línea es responsable del cumplimiento de la política y procedimientos de la aerolínea durante los trabajos que son hechos cuando la aeronave está en la línea de vuelo. Estas actividades incluyen: mantenimiento de "walk-around", chequeos "daily" y de los chequeos cortos ("A").
- 9) Centro de Control de Mantenimiento, su principal función es de hacer seguimiento de todas las aeronaves en vuelo. Todas las necesidades de mantenimiento son coordinadas por medio de CCM. También CCM la programación con el área de operaciones. También coordina las actividades no programadas en las aeronaves.

- 10) Taller de Motores, el gerente de restauración de motores es responsable de la reparación de todos los motores de las aeronaves y de los Auxiliary power units (APUs).

- 11) Talleres Eléctricos y Electrónicos (Aviónica), el gerente de los talleres de aviónica es el responsable de todo el mantenimiento fuera de las aeronaves de componentes y sistemas eléctricos y electrónicos. Existen una variedad de componentes y sistemas usados en el campo con una amplia variedad de equipos y habilidades necesarias para repararlos. Entre ellos están las radios, sistemas de navegación, comunicaciones, computadores, motores eléctricos, etc.)

- 12) Talleres Mecánicos, el gerente de los talleres mecánicos tiene la responsabilidad del mantenimiento fuera de las aeronaves de componentes y sistemas mecánicos, hidráulicos y neumáticos (actuadores, sistemas hidráulicos y componentes de la superficie de la aeronave (flaps, slats, spoilers), sistemas de combustible, oxígeno, etc.

- 13) Talleres de Estructuras, los talleres de estructuras son responsables de la reparación de componentes estructurales como materiales compuestos y componentes estructurales.

- 14) Compras, el gerente de compras es responsable de la compra de partes y unidades y del seguimiento de las órdenes de compra en el

sistema. Empieza con la solicitud inicial de partes cuando una aeronave nueva es adquirida. Compras administra la garantía de partes, reclamos y contratos de reparaciones.

- 15) Almacenes, el gerente de almacenes tiene responsabilidad de almacenar, manipular y distribuir las partes y componentes usadas por el personal de mantenimiento en el hangar, línea y talleres.
- 16) Control de Inventario, el gerente de control de inventario es responsable del asegurar que las partes y suministros en mano son suficientes para el uso normal de la operación, controlando los ítems sin rotación y manteniendo un nivel adecuado de stock para no tener falta de partes.
- 17) Recibo y Embarque, el gerente de recibo y embarque es responsable del empaque, preparación de parte, seguros o garantías, aduanas, etc. De todo material que sale y de la limpieza, desempaque, inspección de recibo, etiquetado, etc. De todo material que ingresa.
- 18) Aseguramiento de la Calidad (QA), el gerente de aseguramiento de la calidad es la responsable de asegurar que todas las unidades de mantenimiento se peguen a las políticas y procedimientos de la compañía así como a los requisitos de la FAA. Los auditores de Aseguramiento de la Calidad revisan que se cumplan con los estándares a través de auditorías programadas. Aseguramiento de la

Calidad también es responsable de auditar a proveedores externos de servicios y suministros.

19) Control de Calidad (QC), el gerente de Control de Calidad es responsable de conducir las inspecciones de rutina de mantenimiento y del trabajo de reparación, certificando el mantenimiento y al personal de inspección. También administra el programa de Ítems que requieren de inspección (RII). Esta función incluye la identificación de RIIs, certificación de personal que inspeccionará y que dará visto final al trabajo. La organización de QC es responsable de la calibración de las herramientas y equipos de testeo.

20) Confiabilidad, el gerente de confiabilidad es responsable de conducir el programa de confiabilidad de la organización y de asegurar que cualquier problema sea direccionado adecuadamente con tiempo. Esto incluye la recolección de data, análisis, identificación de posibles problemas e implementación de las acciones correctivas.

21) Sistema de Administración de la Seguridad (SMS), la organización es responsable del desarrollo, implementación y administración de la seguridad e integridad ocupacional en las actividades de mantenimiento de la aerolínea. Administra los reportes y las acciones correctivas.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: SISTEMA DE VIGILANCIA Y ANÁLISIS CONTINUO (CASS)

El sistema de vigilancia y análisis continuo del programa de mantenimiento cumple con los requisitos anteriormente dichos (AC 120-16D y AC 120-79A). Se encarga de tomar información sobre los sistemas de vigilancia y supervisión los cuales son Aseguramiento de la Calidad (QA), Control de Calidad (QC), Confiabilidad (Reliability) y Sistema de Administración de la Seguridad (SMS).

Las 4 principales actividades de un CASS son:

- 1) Vigilancia
- 2) Análisis
- 3) Acción Correctiva
- 4) Seguimiento

Las 4 Principales Actividades Básicas del CASS: Vigilancia, Análisis, Acción Correctiva y Seguimiento se describen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: 4 Funciones de un CASS

Verificar el Desempeño del Programa de Mantenimiento	Verificar la Efectividad del Programa de Mantenimiento
<p>1era. Vigilancia: Proceso de Auditoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Crear un plan de auditorías basado en la evaluación de riesgos. - Realizar auditorías de trabajo en progreso. - Realizar auditorías de transacciones. - Realizar auditorías de sistemas. - Identificar Peligros 	<p>1era. Vigilancia: Proceso de recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar set de data. - Recolectar data operacional. - Recolectar data de fallas. - Identificar tendencias, anomalías y peligros potenciales.
<p>2do. Análisis: Identificar peligros y realizar análisis y evaluación de riesgos.</p>	<p>2do. Análisis: Identificar peligros, investigar indicadores adversos y realizar análisis y evaluación de riesgos.</p>
<p>3ero. Acción Correctiva: Realizar un Análisis de Causa Raíz (RCA); desarrollar, implementar y monitorear un plan de acción correctiva de manera apropiada.</p>	
<p>4to. Seguimiento (Realizar Mediciones): Verificar si las acciones correctivas son efectivas, y si el análisis de riesgos inicial fue la adecuada.</p>	

2.3.1 Análisis de Riesgos en CASS

El análisis de riesgos de CASS permite priorizar las actividades que se requieran para el monitoreo de reportes. Tiene como objetivo enfocarse directamente en puntos que amenacen o atenten contra la seguridad y esencialmente establecer una metodología para la priorización y control de reportes.

La metodología sigue el proceso descrito en el gráfico 2.5

Gráfico 2.5: Procedimiento para Evaluación de Riesgos por CASS



Procedimiento sugerido por el Advisory Circular 120A aprobado por la FAA

2.3.2 Verificación de la Performance del Programa de Mantenimiento.

La vigilancia a la Performance del Programa de Mantenimiento se hace por medio del sistema de auditorías las cuales son es su sistema principal ya que evalúa si efectivamente se está cumpliendo y ejecutando los procedimientos de mantenimiento. Estas auditorías se basan tanto en las regulaciones aeronáuticas y/o en los manuales de la aerolínea. Las auditorías también evalúan al personal de mantenimiento y a proveedores de mantenimiento de acuerdo con los manuales de la aerolínea y otros requisitos.

El CASS debe trabajar con la programación de las auditorías ya que el CASS direcciona tanto las auditorías externas e internas.

El objetivo de priorizar los reportes de las auditorías se basa en el análisis y evaluación de riesgos. Se debe tener presente que las 4 principales y potenciales fuentes de peligros son:

- 1) Personal (contratación, capacidad, competencia, interacción y factores humanos)
- 2) Equipos (diseño, mantenimiento, logística y tecnología)
- 3) Ambiente de trabajo (medio ambiente, sanidad, amigable al usuario)
- 4) Organización (cultura de seguridad, autoridad, responsabilidad, estándares, procedimientos y controles)

Entre las áreas que requieren de auditorías están:

- a) Responsabilidad de aeronavegabilidad
- b) Manuales
- c) Organización de Mantenimiento
- d) Programación del Mantenimiento
- e) RII
- f) Proveedores de Mantenimiento
- g) Entrenamiento de Mantenimiento
- h) Cumplimiento y Aprobación de Mantenimiento
- i) Sistema de Registros de Mantenimiento
- j) CASS

Análisis de Auditorías:

- 1) **Análisis de Causa Raíz (Root Cause Analysis RCA).**
 - a) Tiene como objetivo identificar las deficiencias o potenciales deficiencias de algún elemento del programa de mantenimiento.
 - b) RCA trata los errores como defectos del sistema y no como defectos individuales.
 - c) Un RCA efectivo puede incluir los 5 por qué.
 - d) El RCA se reconsidera cuando hay recurrencia de eventos.
 - e) El CASS no puede tener desmotivaciones o trabajar con la cultura de culpa. Entre las Evidencias de cultura de culpa tenemos los siguientes comportamientos:
 - Se culpa a alguien y se sigue con el problema.
 - Se enfoca en quién cometió el error y en su castigo.
 - No se identifican los problemas de fondo, problemas sistemáticos o causas raíces.
 - Nunca se solucionan los problemas.
 - Los problemas vuelven a ocurrir.
 - f) RCA permite utilizar otros métodos para encontrar las causas raíces como Ishikawa, análisis de modo y falla, etc.

- 2) **Objetivo del Análisis a las Auditorías.**
 - a) Análisis de Procesos.
 - b) Determinación de Deficiencias del Sistema.

3) Administración de la Data del Análisis de Auditorías.

2.3.3 Verificación de la Efectividad del Programa de Mantenimiento.

La vigilancia a la efectividad del programa de mantenimiento se realiza primero con la recolección de la data operacional ya que representa la herramienta principal para determinar si el programa de mantenimiento es efectivo o no.

La FAA no indica qué datos son los que tienen que estar en constante monitoreo, pero cada aerolínea debe tener un programa donde indique que se lleva un control de los mismos. Entre los datos operacionales a recolectar se tienen:

a) Algunos ejemplos de data operacional de rutina:

- Hallazgos de programas de control y prevención de corrosión.
- Hallazgos de evaluaciones a reparaciones.
- Información del monitoreo de condición de motores (ECM).
- Hallazgos de inspecciones estructurales programadas.
- Reparaciones realizadas como resultado de hallazgos de inspecciones estructurales programadas.
- Información de proveedores de mantenimiento.
- Reportes de desmontaje de componentes.
- Rango de fallas de componentes individuales.

b) Algunos ejemplos de data operacional fuera de rutina.

- Reportes de Piloto, incluyendo mantenimiento diferido de acuerdo al Minimum Equipment List (MEL) / Configuration Deviation List (CDL).
- Reportes de sistemas crónicos que son repetitivos en un periodo de tiempo.
- Demoras en vuelos y cancelaciones relacionadas a temas de mantenimiento.
- Reportes de dificultad en servicios.
- Cambios de partes no programadas o mantenimiento no programado.

c) También se incluye data reactiva y respuestas a eventos no rutinarios.

- Accidentes o Incidentes.
- Eventos Importantes como Hard Landings, Turbulencia, etc.
- Separaciones de motores y propulsores en aire o fallas incontenibles en motores.
- Apagado de motores en vuelo.
- Impacto de Rayos.
- Aterrizajes no programados causados por dificultades mecánicas o disfunciones.
- Despegues rechazados por dificultades de mantenimiento o disfunciones.

Análisis de Data Operacional:

- 1) Los analistas deben comprender el significado potencial de cada reporte. Esto requiere un análisis estadístico y cualitativo.
- 2) Priorizar data operacional con tendencias negativas o anormales.
- 3) Definir los alcances de las responsabilidades del CASS y de otras áreas en cuanto al análisis de casos.

2.3.4 RCA Final y Acción Correctiva.

La vigilancia tanto del desempeño como de la efectividad identifica deficiencias en los programas de mantenimiento. Aun así se requiere un análisis de causa raíz mayor para determinar la relación que tienen tanto el desempeño como la efectividad en ambos casos.

a) RCA Final

1) Preparar el RCA

- i. Se requiere evaluar tanto desempeño mecánico, humano u otra data. En mejores casos es bueno comparar con un estándar.
- ii. Se debe considerar a todas las áreas involucradas, tanto como políticas, comunicaciones y procedimientos.

2) Aplicabilidad del RCA

No quedarse con soluciones de reentrenamiento o correcciones, debe ir más allá (comunicaciones, personal, programación, programa de entrenamiento)

- 3) Principios y Consideraciones del RCA (Análisis de Sistemas y Factores Humanos)
-
- b) Herramientas Analíticas y Procesos
 - 1) Administración de la Salud, Ingeniería y Seguridad.
 - 2) Sistema de Extensión de Mantenimiento de Clasificación de Accidentes por Factores Humanos.
-
- c) Opciones de Acciones Correctivas
 - 1) Determinar si se procede o no con una acción correctiva.
 - 2) Procedimientos de CASS para la determinación de causas raíces.
 - 3) Desarrollo de una propuesta de acción correctiva
 - 4) Tipos de Acciones Correctivas. (Resultados de la evaluación de riesgos)
-
- d) Procedimientos Escritos para el Desarrollo e Implementación de Acciones Correctivas
 - 1) Una detallada acción correctiva.
 - 2) Mantener los roles de auditores.
 - 3) Tener a un responsable que autorice las acciones correctivas.
-
- e) Evaluación de Riesgos de Acciones Correctivas
 - 1) Procedimientos de CASS para evaluación de riesgos.
 - 2) Personal responsable de la evaluación de riesgos.

- f) Plan de Acción Correctiva
 - 1) Incluir tiempo de respuesta, hitos.
 - 2) Aprobar los planes de acuerdo con el nivel de la compañía.

2.3.5 Seguimiento.

- a) Seguimiento a las Acciones Correctivas (Auditorías, comunicación regular, etc.)
- b) Apoyo de Proveedores.
- c) Seguimiento al Plan de Vigilancia.

2.4 CAPÍTULOS ATA

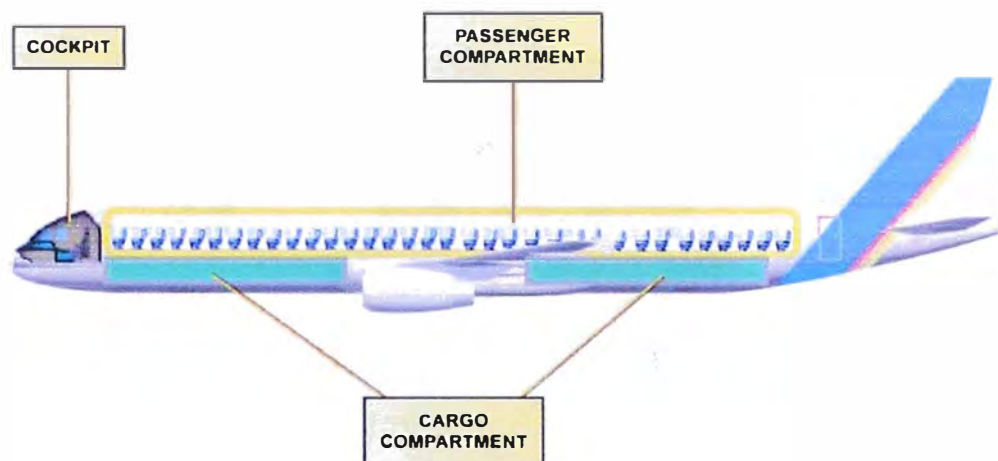
Los capítulos ATA son un estándar para toda la documentación de mantenimiento de aviación comercial. Permite a los pilotos, personal de mantenimiento e ingenieros tener un aprendizaje rápido de los sistemas del avión.

En el presente sólo se dará una breve descripción de las ATA con mayor incidencia de reportes en la operación, esto es: ATA 25, 23, 33, 32, 21 (ver los 5 primeros reportes del gráfico 5.25) y las ATA de Motor (70) (ver el gráfico 5.26).

2.4.1 ATA 25, Equipos y Muebles

Identifica a los sistemas que están incluidos en los en los 3 distintos compartimientos de la aeronave: Cockpit, compartimiento de pasajeros y compartimiento de carga tal cual se describe en el gráfico 2.6.

Gráfico 2.6: Compartimientos en la Aeronave



- 1) Cockpit, en el cockpit tenemos las sillas tanto para el capitán (CAP) como para el primer oficial (FO). Sus sillas son simétricas de operación similar, las cuales poder ser operadas manual o eléctricamente. Dentro del cockpit también se tiene 2 sillas más (plegables) en la parte trasera derecha e izquierda, ver gráfico 2.7.
- 2) Compartimiento de pasajeros, es el lugar donde se encuentran ubicados las sillas para los pasajeros las cuales pueden tener varias configuraciones. Las cabinas de pasajeros encontramos 2 tipos de sillas: las de pasajeros y las de tripulantes de cabina, ver gráfico 2.8.

Gráfico 2.7: Sillas dentro de un Cockpit

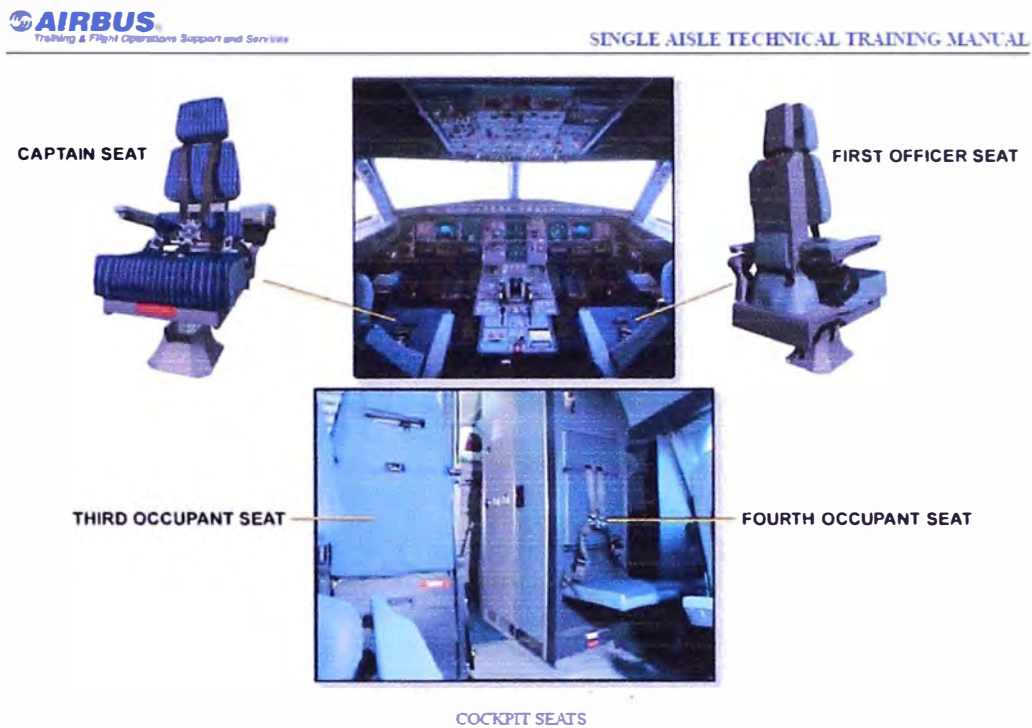


Gráfico 2.8: Tipos de Sillas en la Cabina



En esta ATA se describen también los Galleys, que son las cafeterías, los lavatorios, las cortinas y divisiones, puertas de emergencia de pasajeros, paneles de cabina y toboganes. Muchos de los sistemas están controlados desde el Panel de la Auxiliar de Vuelo (Flight Attendant Panel, FAP).

- 3) Compartimiento de Carga, está compuesto de 3 compartimientos: delantero, trasero y bulk, ver gráfico 2.9.

Gráfico 2.9: Compartimientos de Carga



En este capítulo también se describen los equipos de emergencia los cuales son:

- Equipos de emergencia del Cockpit: Linterna, extintores, chaleco salvavidas, equipo respiratorio de protección, hacha y guantes a prueba de fuego.

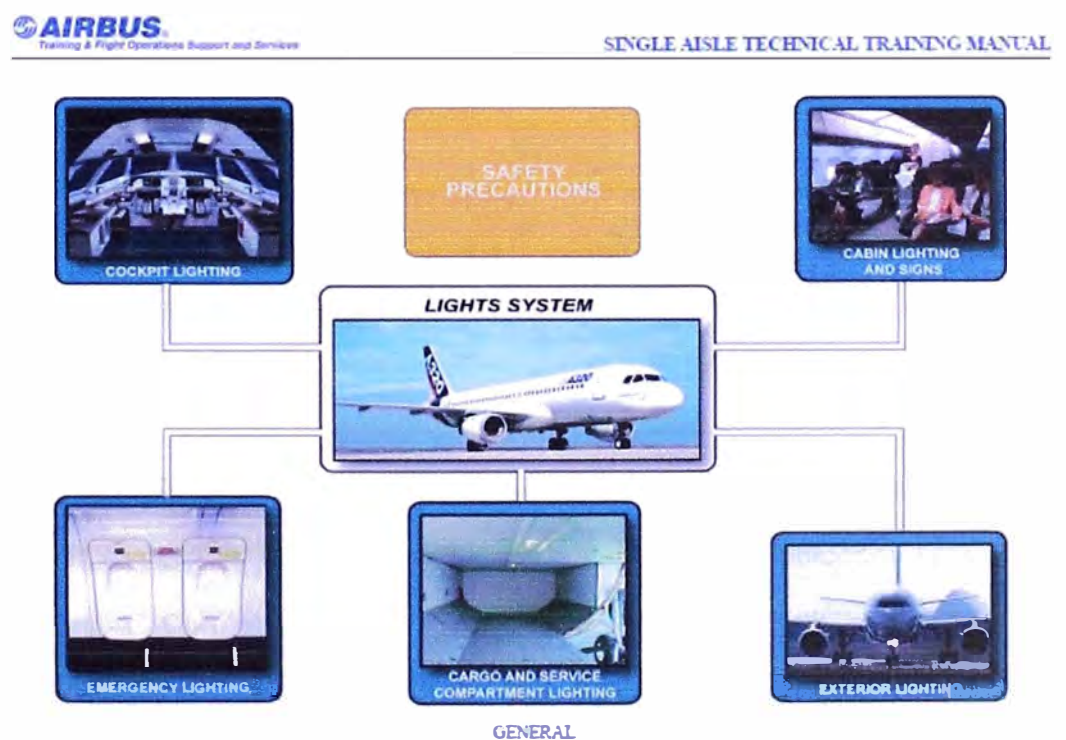
- Equipos de emergencia de la cabina de pasajeros: extintores, cilindro de oxígeno portable y máscara de oxígeno, equipo respiratorio de protección, kit de primeros auxilios, megáfono, equipo de supervivencia, linternas, chalecos salvavidas para tripulación, pasajeros, niños y de repuesto.

2.4.2 ATA 33, Sistema de Luces

Este sistema incluye los sistemas de luces del cockpit, de cabina, de emergencia, de compartimiento de cargo y servicios y luces exteriores.

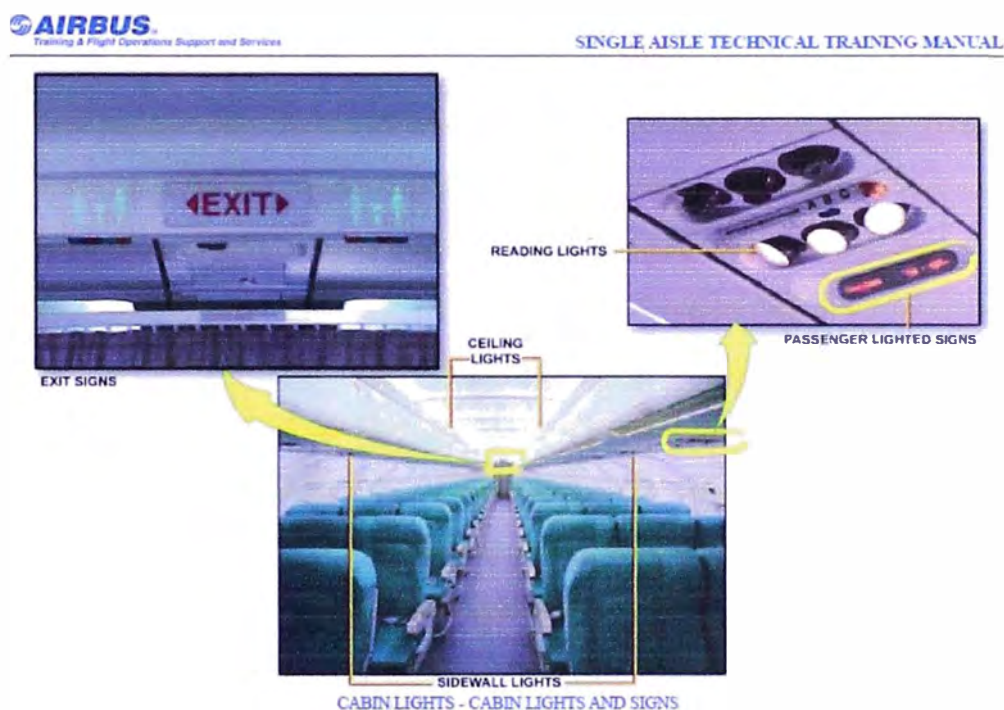
Ver gráfico 2.10.

Gráfico 2.10: Sistemas de luces



- 1) Luces del Cockpit, en este sistema tenemos las luces del panel de instrumentos, las luces generales del cockpit (luces de lectura) y luces de ambiente (luces de domo).
- 2) Luces de la cabina, son las luces de cabina, luces de lectura y luces de señales al pasajero. Ver gráfico 2.11.

Gráfico 2.11: Luces de cabina



- 3) Luces de emergencia, son las que están instaladas en la cabina y en el fuselaje exterior. Las luces de cabina están ubicadas en el techo. Con el fin de proporcionar suficiente luz en casos de emergencia, existen luces de emergencia instaladas en sillas y además iluminación de las puertas de emergencia, ver gráfico 2.12.

- 4) Luces de compartimento de cargo y servicios, son las que iluminan respectivos lugares.
- 5) Luces exteriores, tenemos 3 subsistemas: luces de taxi y apagado, luces de navegación y luces de despegue y aterrizaje. Ver gráfico 2.13.

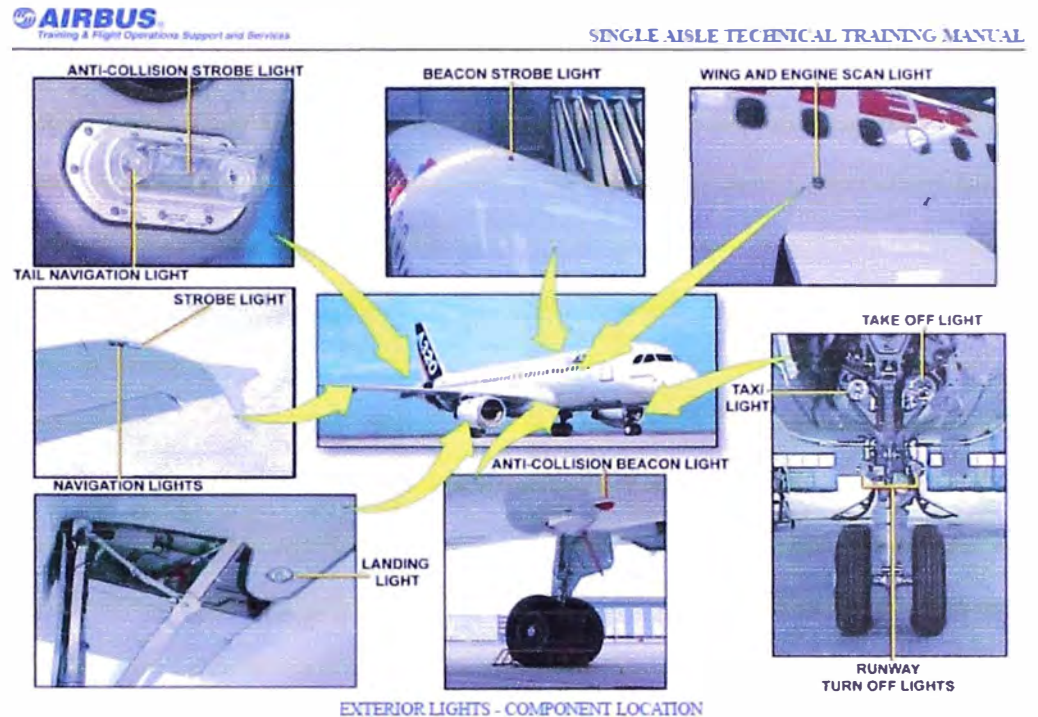
Gráfico 2.12: Sistema de luces de emergencia



EMERGENCY LIGHTS - COMPONENT LOCATION



Gráfico 2.13: Luces Exteriores



2.4.3 ATA 32, Trenes de Aterrizaje

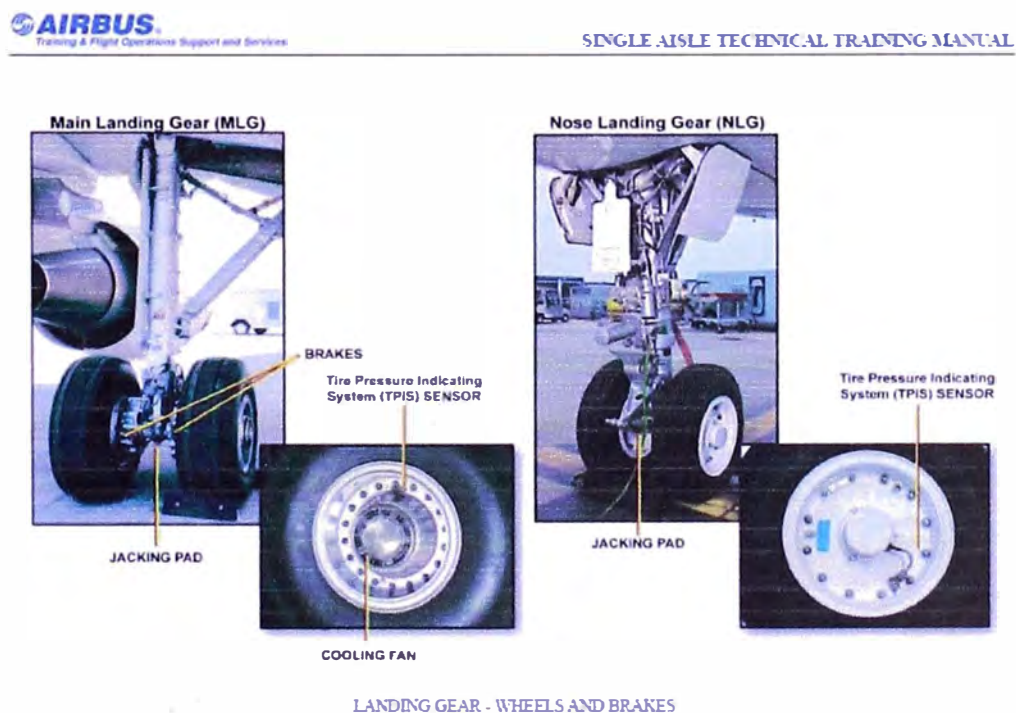
La familia A320 tiene 2 trenes de 2 ruedas cada una y un tren de nariz con 2 ruedas, ver gráfico 2.14.

Las puertas de los trenes son operadas hidráulicamente y controladas eléctricamente. Cada rueda del tren principal tiene: frenos de carbono, ventiladores de frenos, sensores indicadores de presión neumática, punto de elevación para cambio de ruedas. Por otro lado las ruedas del tren de nariz tienen: sistema de dirección de nariz, punto de elevación para cambio de rueda y sensor indicador de presión neumática. Ver gráfico 2.15.

Gráfico 2.14: Trenes de Aterrizaje Principales y de Nariz



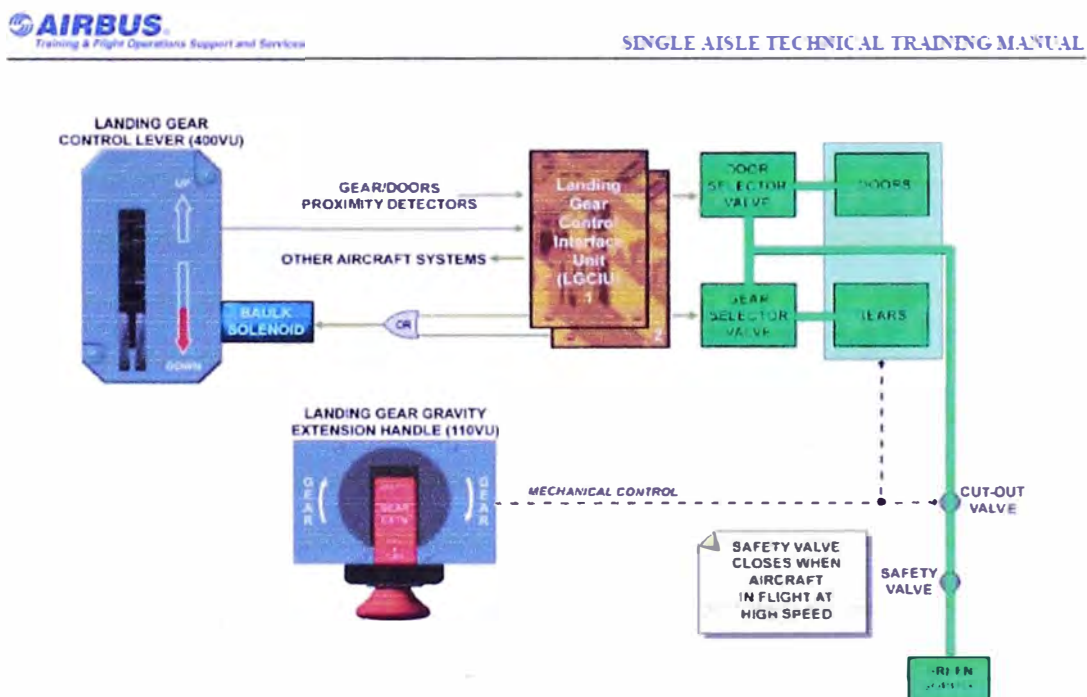
Gráfico 2.15: Ruedas de Trenes Principales y de Nariz



La extensión y retracción es controlada desde el cockpit por un controlador de elevación. El accionamiento es controlado por 2 computadoras llamadas Landing Gear Control and Interface Unit (LGCIU), una de ellas activa y otra de soporte. Las posiciones de los trenes y las puertas son monitoreadas y controladas por sensores de proximidad. Un mecanismo de traba previene que el sistema se retracte de manera insegura cuando el shock absorber se extiende.

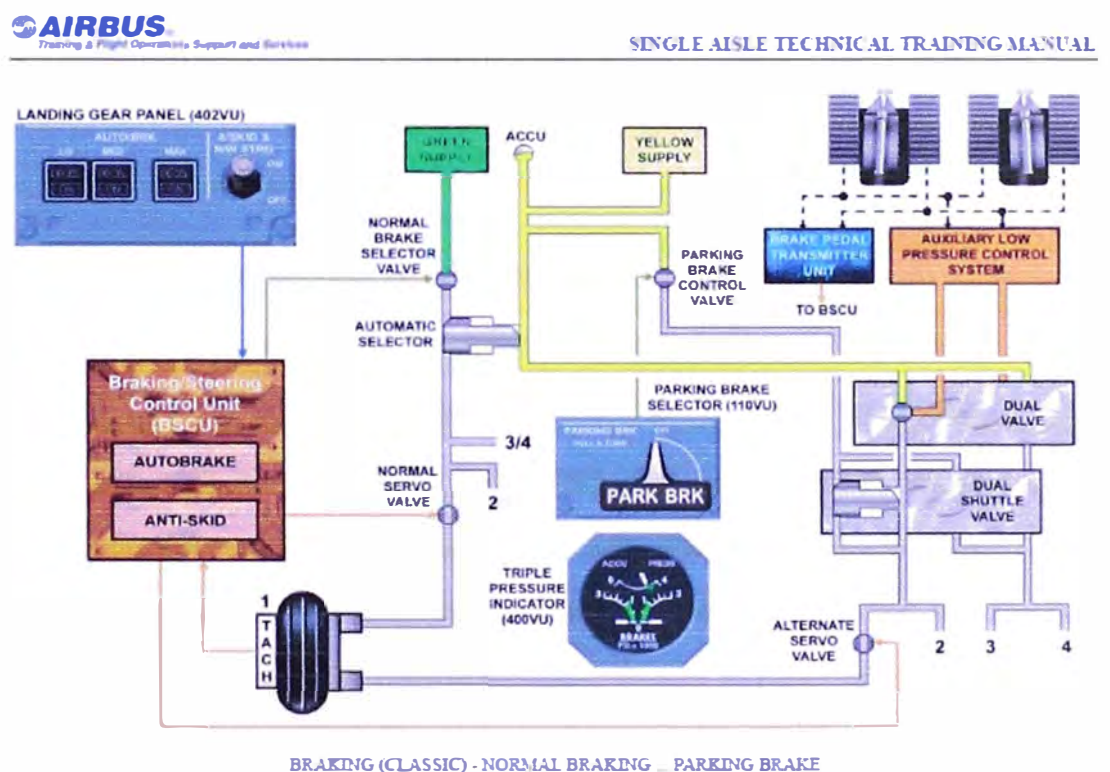
Los trenes son accionados por el sistema hidráulico verde, en casos de falla se puede accionar manualmente desde el cockpit, ver gráfico 2.16.

Gráfico 2.16: Extensión y Retracción de los Trenes de Aterrizaje



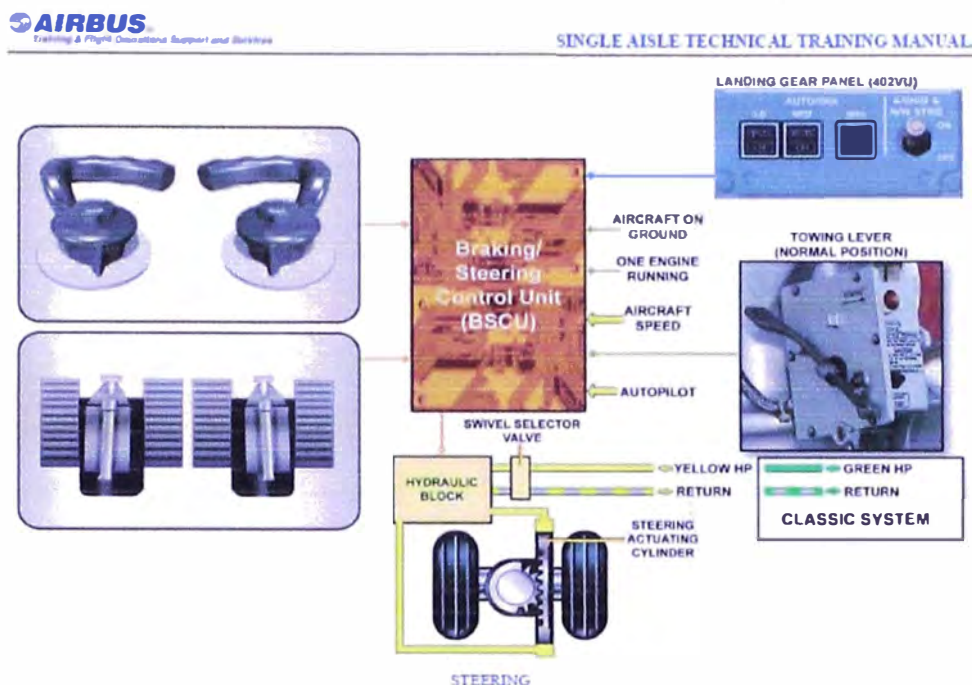
Para frenar los trenes, existen 2 modos: Frenado Normal (accionado por el sistema hidráulico verde) y Frenado Alternativo (accionado por el sistema hidráulico amarillo y tiene de soporte un acumulador). Las funciones de frenado son controladas por el Braking Steering Control Unit (BSCU) el cual tiene las funciones de frenado normal, alternativo, control anti patinaje, auto frenado e indicador de temperatura. Ver gráfico 2.17.

Gráfico 2.17: Frenado



La dirección es accionada a través del sistema hidráulico amarillo para operar el actuador de la dirección. La dirección es controlada por el BSCU el cual recibe órdenes de: la dirección manual, pedales y del piloto automático, ver gráfico 2.18.

Gráfico 2.18: Dirección

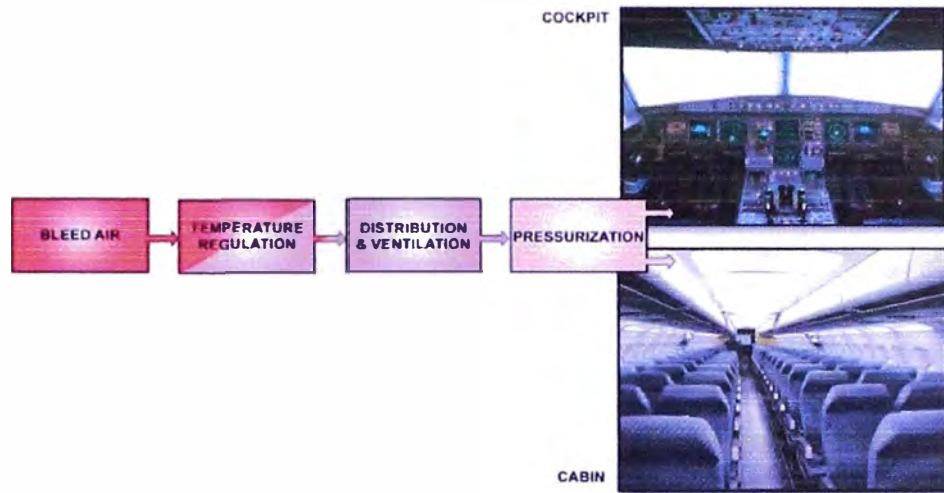


2.4.4 ATA 21, Sistemas de Aire Acondicionado

Es el sistema encargado de suministrar aire regulado a la cabina y a sistemas de aviónica, ver gráfico 2.19. El sistema neumático suministra aire a cada pack, los cuales son responsables de la regulación básica de la temperatura. Los pack de temperatura regulada descargan aire al mixer en el cual aire es mezclado con aire recirculado con aire de la cabina principal. Desde el mixer el aire es distribuido al cockpit y a toda la cabina, ver gráfico 2.19.

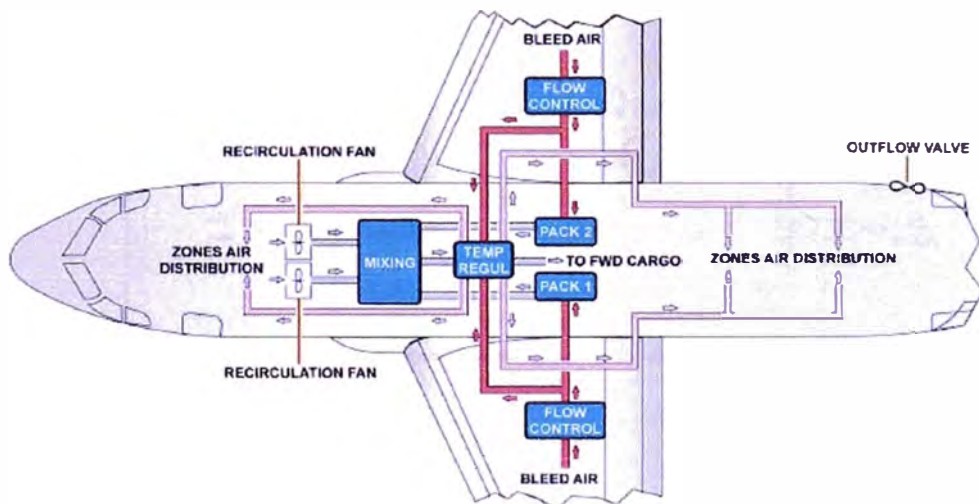
Cada aeronave tiene 2 packs localizados en la raíz de las alas delante del compartimiento de los trenes de aterrizaje principal. Los packs suministran aire acondicionado seco a la cabina, ventilación y presurización.

Gráfico 2.19: Aire Acondicionado, Ventilación y Presurización



AIR CONDITIONING, VENTILATION AND PRESSURIZATION INTRODUCTION

Gráfico 2.20: Sistema Básico del Aire Acondicionado



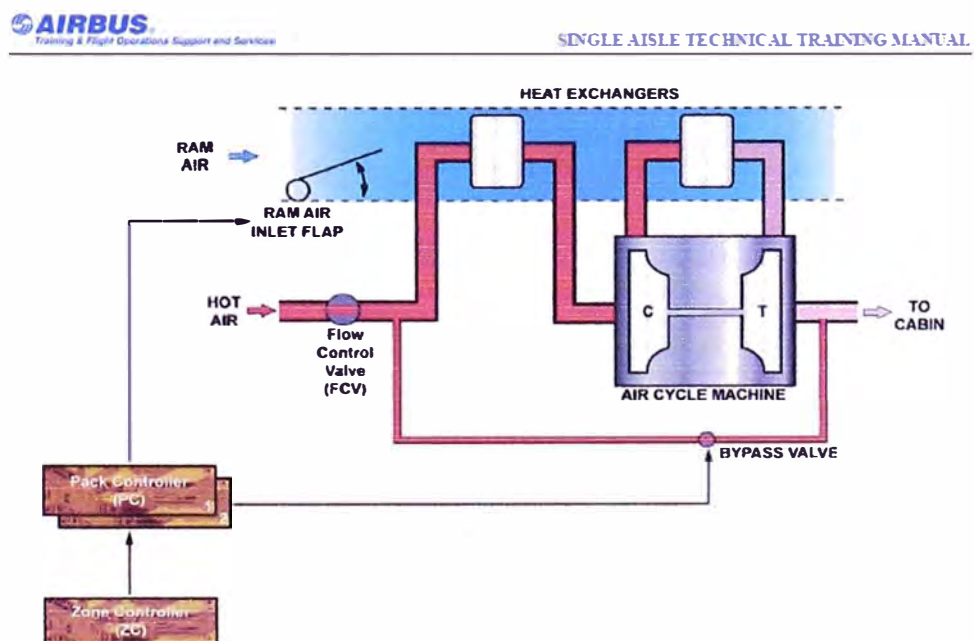
BASIC AIR CONDITIONING SYSTEM INTRODUCTION

El principal componente de cada pack es el Air Cycle Machine. El aire caliente proveniente del sistema neumático es suministrado a los packs a través de unas válvulas llamadas Flow Control Valve (FCV). Estas válvulas el rango de flujo de los packs.

El sistema de control de temperatura funciona gracias a 2 packs controllers (PC). Cada PC controla un pack y tiene 2 computadoras.

Durante la operación, en el controlador de zonas, Zone Controller (ZC), se ingresan los valores de la temperatura deseada. Para controlar la temperatura de salida, los PC modulan las válvulas de bypass y la apertura del ingreso de aire. Para un máximo enfriamiento, las puertas de ingreso de aire están en posición totalmente abierta. Ver gráfico 2.21.

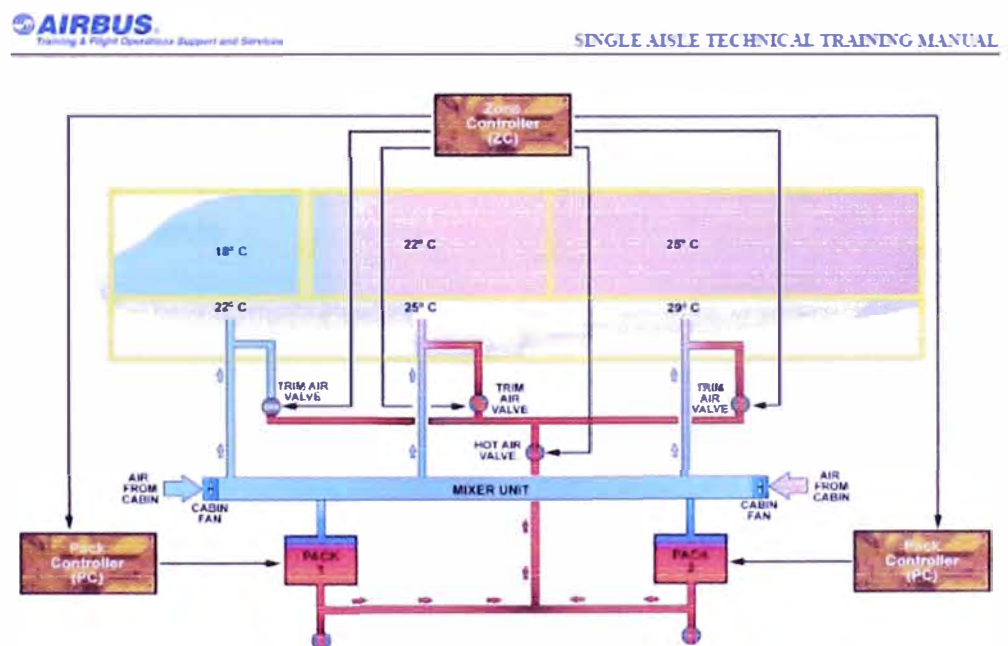
Gráfico 2.21: Packs



- 1) Sistema de Regulación de Temperatura por Zonas, los packs suministran a los mixers aire seco y luego a las 3 zonas: cockpit, cabina delantera y trasera. En la cabina se tienen 2 ventiladores de recirculación instalados para reducir la demanda de aire y ahorrar combustible, En operación normal, no hay indicaciones en el ECAM.

Los controladores por zonas monitorean el sistema de regulación de temperatura para las zonas de cabina. Por otro lado, en el panel la tripulación selecciona la temperatura, ver gráfico 2.22.

Gráfico 2.22: Regulación de Temperaturas por Zonas

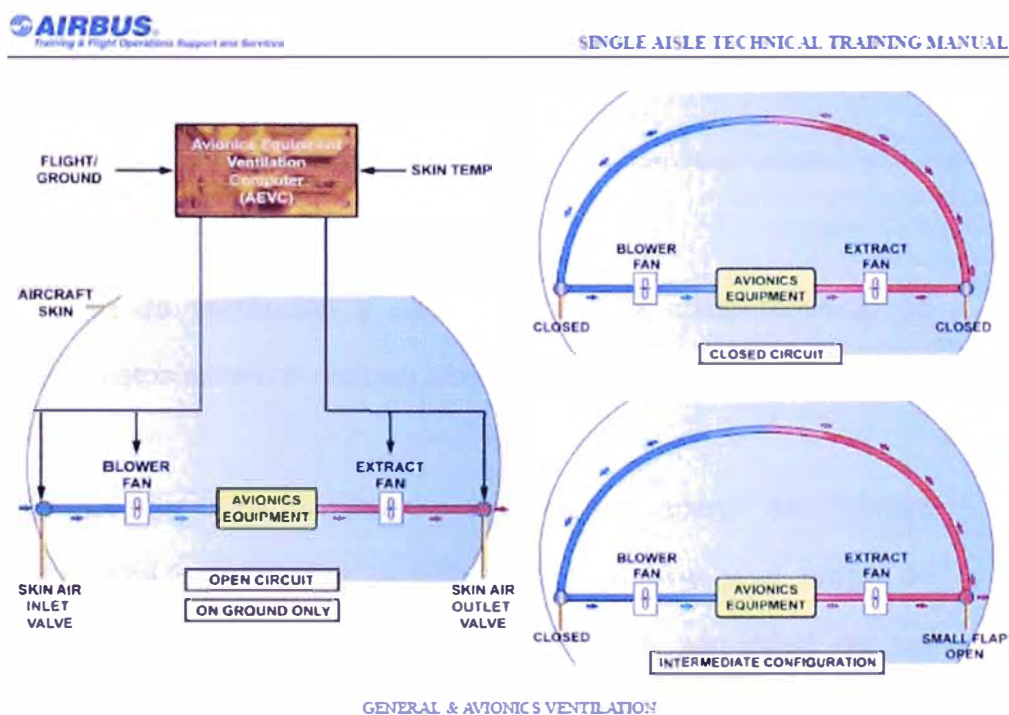


- 2) Sistemas de Ventilación, existen 2 sistemas de ventilación: para el compartimiento de aviónica y para los lavatorios y cocina.

La ventilación de aviónica es un sistema que complementa al aire acondicionado ya que suministra aire al compartimiento de aviónica, instrumentos de cabina de vuelo y paneles de los circuitos. Este compartimiento cuenta con un extractor y un ventilador.

La computadora de ventilación a equipos de aviónica (AEVC) controla los ventiladores y la configuración de ventilación. Ver gráfico 2.23.

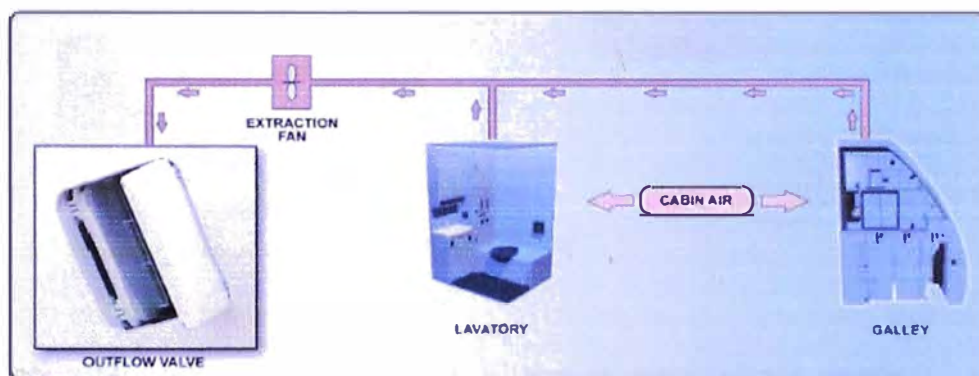
Gráfico 2.23: Ventilación de Aviónica



La ventilación de los lavatorios y cocina es completamente automática. El aire acondicionado de la cabina es suministrado a través de las áreas del lavatorio y cocina y es removido de esas

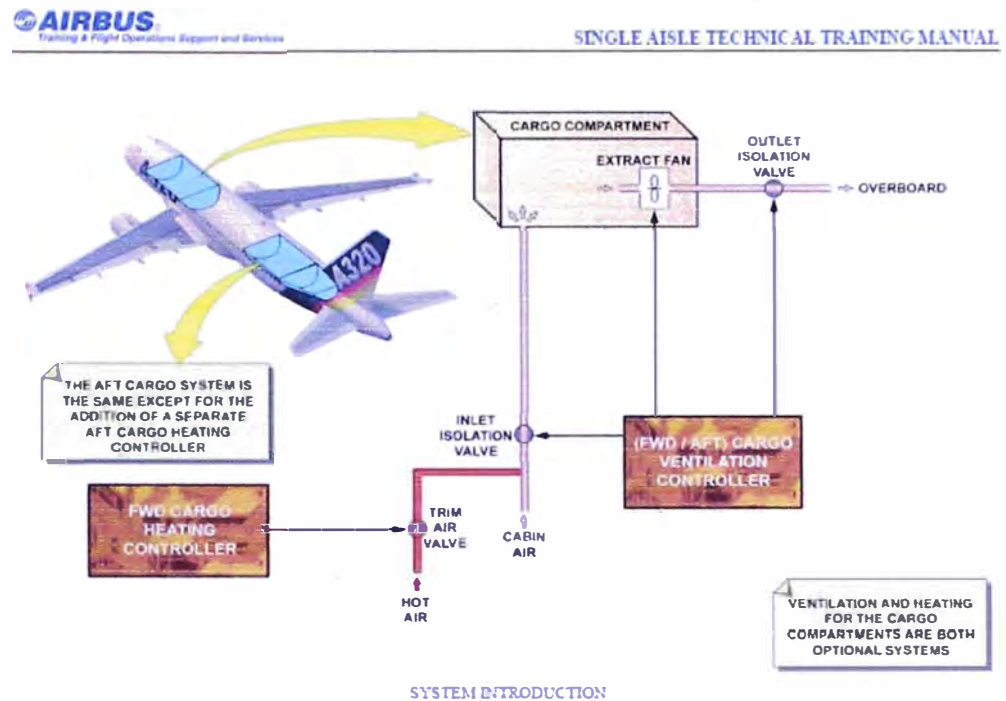
áreas por un extractor. El ventilador direcciona el aire hacia el techo a un extractor. Luego el aire es descargado fuera de borda por una válvula de salida (outflow valve). Ver gráfico 2.24.

Gráfico 2.24: Ventilación de Lavatorios y Cocinas



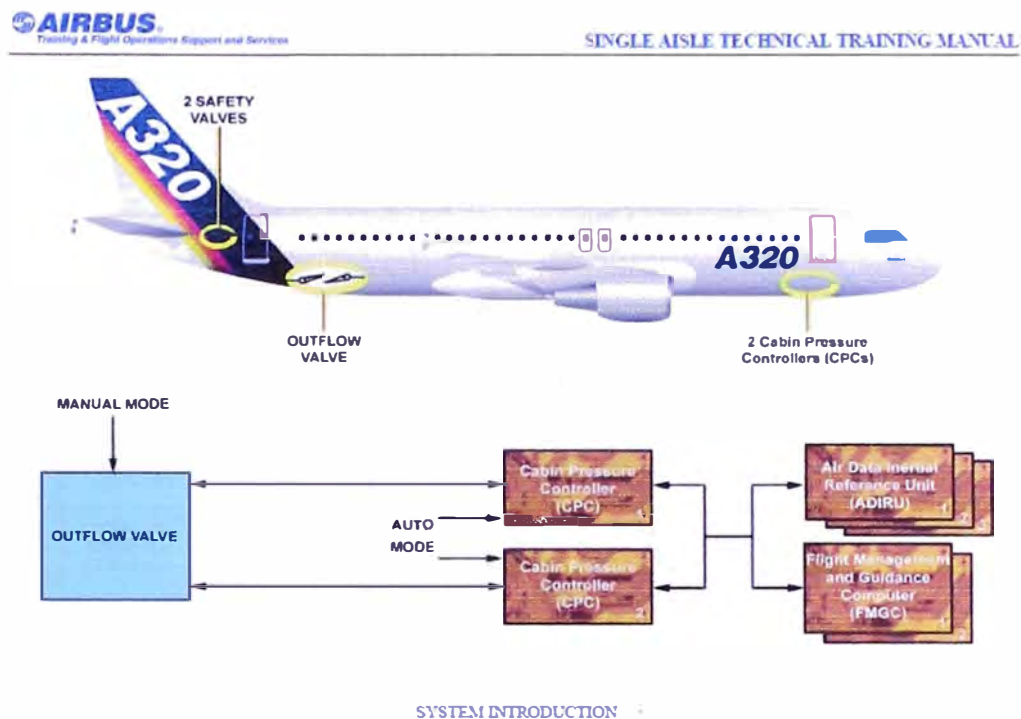
- 3) Sistema de ventilación y calentamiento del compartimiento de carga, estos sistemas reciben aire de la cabina. Ver gráfico 2.25.
- 4) Sistema de presurización, este sistema opera de manera automática para ajustar la altitud de la cabina y el rango de elevación asegurando el máximo confort y seguridad de los pasajeros. Entre las áreas presurizadas tenemos: cockpit, compartimiento de aviónica, cabina y compartimientos de carga.

Gráfico 2.25: Ventilación en Compartimiento de Carga



El concepto del sistema es simple. El aire es suministrado desde los packs de aire acondicionado a las áreas presurizadas. Se utilizan válvulas de salidas, outflow valve, para regular la cantidad de aire en las áreas presurizadas. El control automático de las válvulas está provisto de 2 Controladores de Presión de Cabina, Cabin Pressure Controllers (CPC). Cada CPC controla un motor eléctrico que acciona la válvula. La interface del CPC y otras computadoras de la aeronave optimizan la presurización. Para proteger el fuselaje contra la presión diferencial excesiva, se instalan válvulas de seguridad las cuales protegen de un diferencial negativo. Ver gráfica 2.26.

Gráfica 2.26: Sistema de Presurización



2.4.5 ATA 70, Sistema de Propulsión, Motores

En este caso presentaremos las características del motor CFM-56-5B. Este motor con rotor dual y estator variable con un turbo fan. Todos los motores son básicamente lo mismo. Un conector en la unidad de Control Electrónica (ECU) cambia el empuje variable, ver gráfico 2.27.

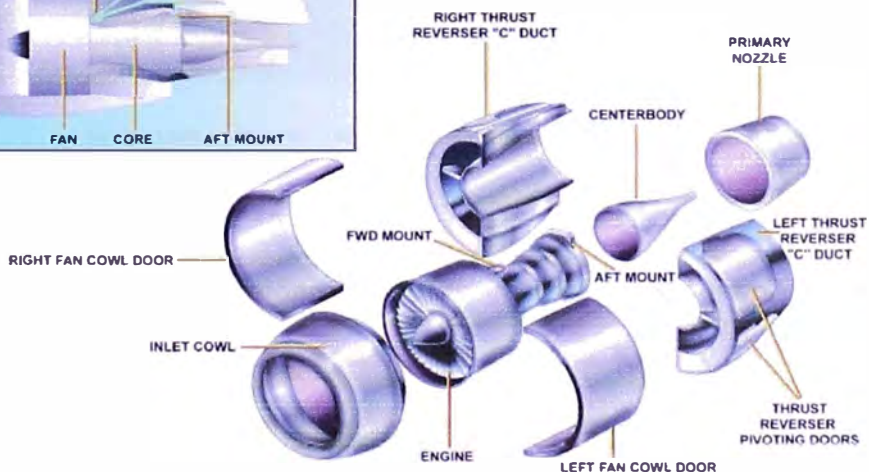
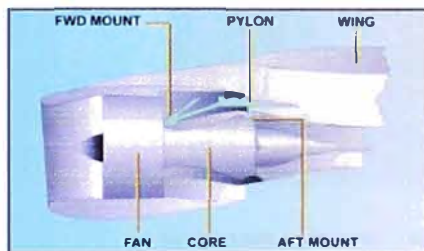
- 1) Instalación, la instalación del motor incluye: los inlet, exhaust, fan cowls (puertas del ventilador) y reverser (reversa). El pylon conecta al motor con la estructura del ala. El motor está unido al Pylon por un montaje delantero y trasero. Ver gráfico 2.28.

Gráfico 2.27: Motores CFM-56

A/C	ENGINE	THRUST (lbs)	THRUST (kg)
A318	CFM56-5B8	21,600 lbs	9,800 kg
	CFM56-5B9	23,300 lbs	10,570 kg
A319	CFM56-5B5	22,000 lbs	9,980 kg
	CFM56-5B6	23,500 lbs	10,660 kg
A319 CJ	CFM56-5B7	27,000 lbs	12,250 kg
A320	CFM56-5B4	27,000 lbs	12,250 kg
A321	CFM56-5B1	30,000 lbs	13,610 kg
	CFM56-5B2	31,000 lbs	14,060 kg
	CFM56-5B3	33,000 lbs	14,970 kg



Gráfico 2.28: Instalación de un Motor

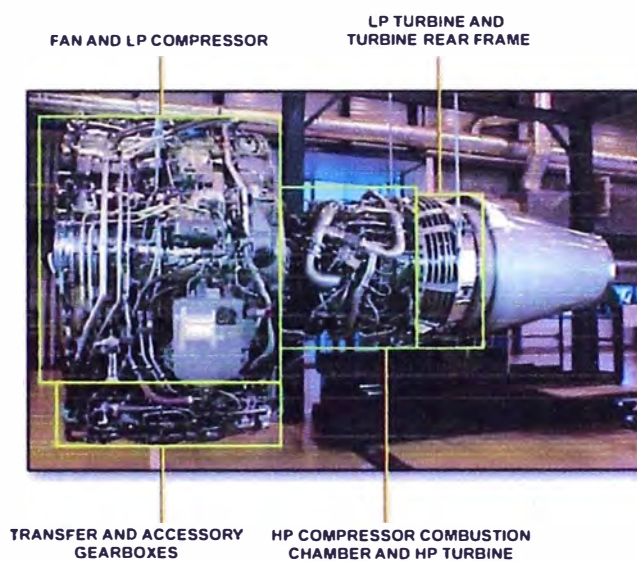


INSTALLATION

2) Los módulos del motor son, (ver gráfico 2.29.)

- Ventilador y compresor de baja presión (LP)
- Compresor de alta presión (HP), cámara de combustión y turbina de alta presión
- Turbina de baja presión y marco trasero de turbina (TRF)
- Cajas de transmisión y accesorios.

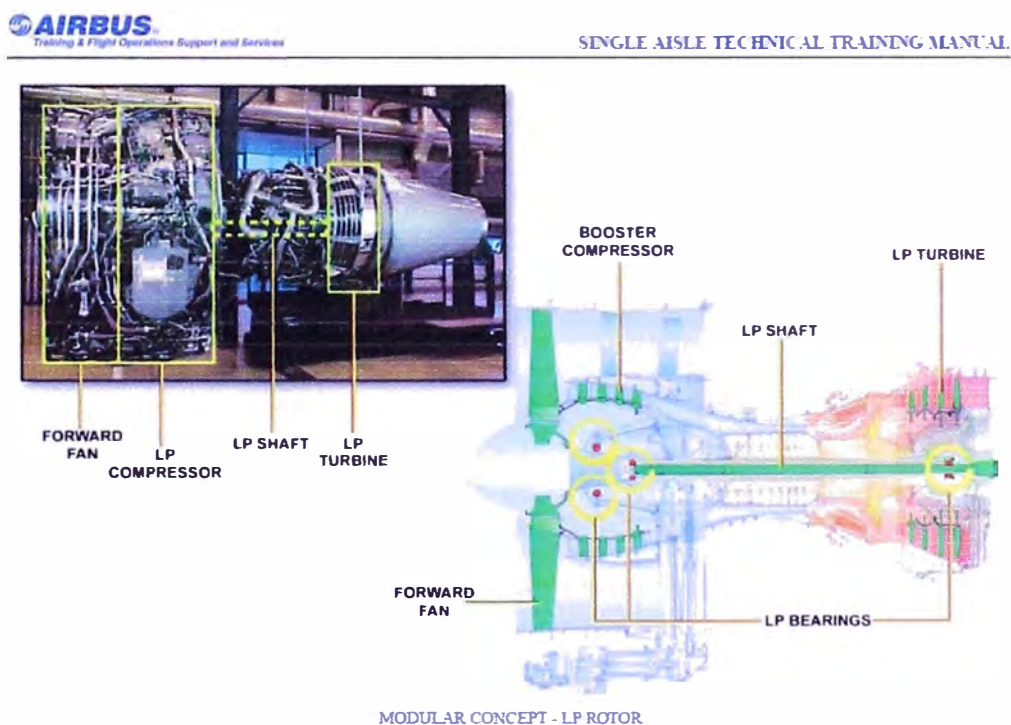
Gráfico 2.29: Módulos del Motor



El Rotor de Baja Presión, tiene un ventilador delantero, un compresor y un eje todos accionados por una turbina de baja presión. La velocidad del rotor de baja presión se indica en el ECAM como N1. Su operación es de la siguiente manera, el ventilador delantero suministra la mayor cantidad de empuje del motor. El aire producido por el ventilador es conocido como flujo

secundario o flujo bypass. El compresor de 4 etapas suministra aire al núcleo del motor. Este es conocido como un flujo primario. El ventilador y el compresor de baja presión son soportados por el marco del ventilador el cual está situado en el montaje delantero del motor, ver gráfico 2.30. La turbina de baja presión de 4 etapas acciona el ventilador delantero y el compresor está soportado por el TRF situado en el montaje trasero del motor. El rotor de baja presión se soporta por un rodamiento de rodillos y bolas los cuales son lubricados y enfriados.

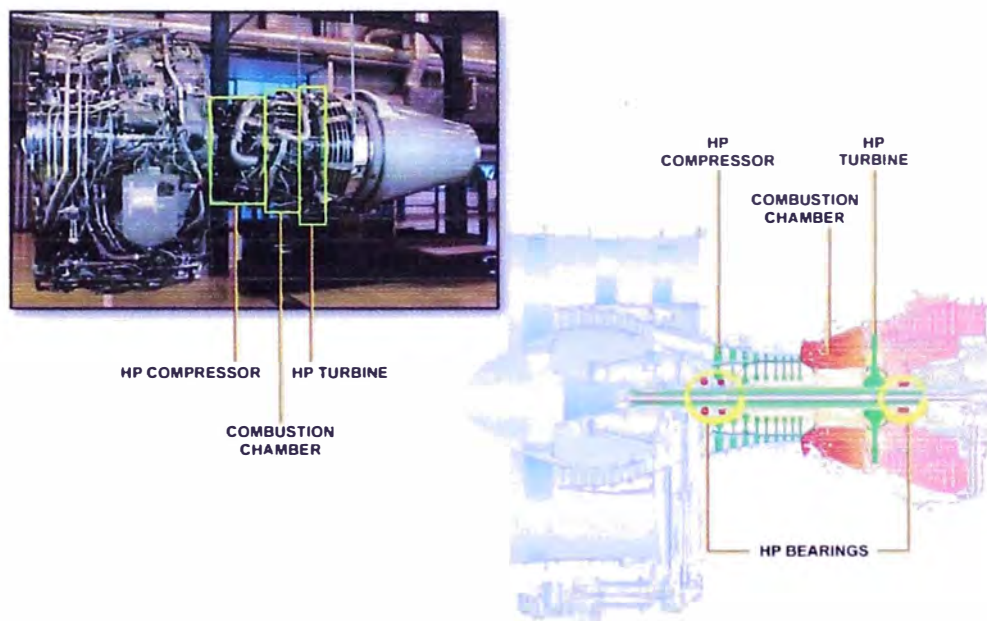
Gráfico 2.30: Rotor de Baja Presión (LP)



El rotor de alta presión y cámara de combustión, este rotor está compuesto de un compresor de 9 etapas accionado por una única turbina de alta presión. La velocidad de rotor de alta presión está

indicada en el ECAM como N2. Este compresor de alta también es la fuente de aire para el sistema neumático (bleed air). Este rotor opera soportado por rodamientos de rodillo y bola, los cuales son lubricados y enfriados. La cámara de combustión anular está localizada entre el compresor de alta presión y la turbina de alta presión. Esta cámara está equipada con puertos para 20 boquillas de combustible y 2 conectores de encendedores, ver gráfico 2.31

Gráfico 2.31: Rotor de Alta Presión

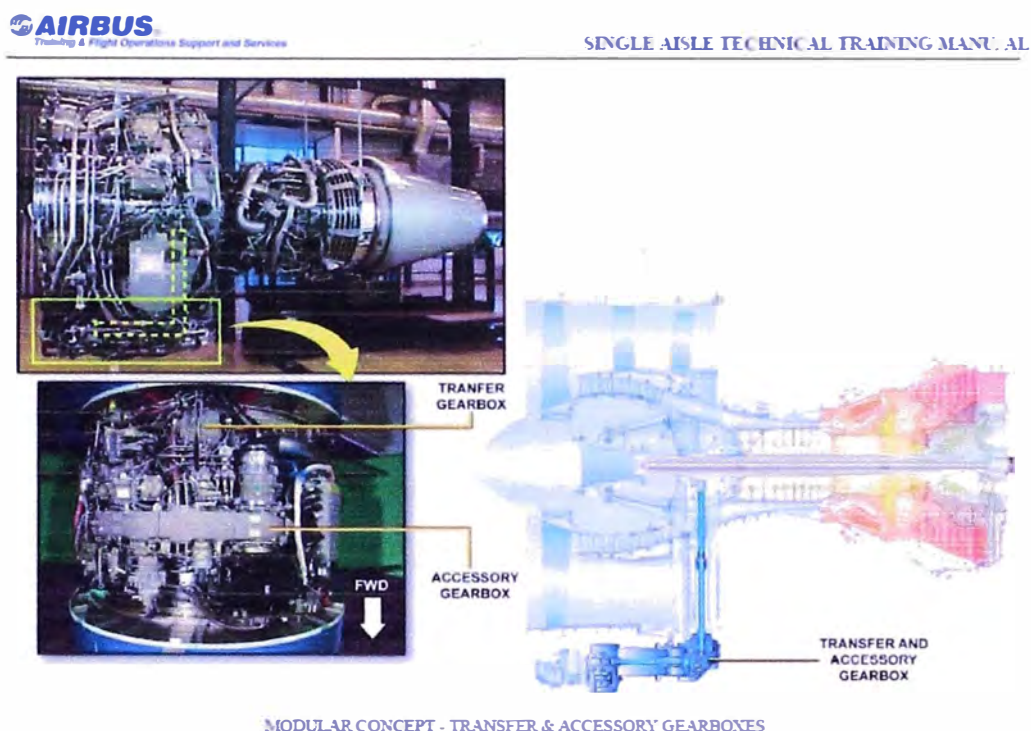


MODULAR CONCEPT - HP ROTOR AND COMBUSTION CHAMBER

Cajas de Transmisión y Accesorios, está localizada en la parte inferior del marco del ventilador y es accionada por el rotor de alta presión. La bomba de combustible, la bomba de aceite, la bomba hidráulica, el Integrated Drive Generator (IDG) y el alternador del

FADEC son accionadas por la caja de transmisión. Durante el encendido, el starter acciona el giro del compresor de alta por medio de la caja de transmisión. Ver gráfico 2.32.

Gráfico 2.32: Cajas de Transmisión y Accesorios



- 3) Full Authority Digital Engine Control (FADEC), tiene como fin incrementar la confiabilidad del motor y su eficiencia. El FADEC brinda un rango completo del control del motor con el fin de lograr una performance estable cuando opera en combinación con los subsistemas de la aeronave.

Cada motor es controlado por una unidad controladora del motor (ECU), una computadora con canal dual localizada en el marco del

motor. El ECU controla el motor durante el encendido del motor y durante todas sus operaciones. El ECU controla el empuje del motor y protege contra una sobre velocidad y sobre temperatura controlando los subsistemas del motor. El ECU monitorea los subsistemas del motor y los sensores de falla. Cuando el motor está funcionando, la potencia para el FADEC es suministrada por el alternador accionado por las cajas.

El sistema del FADEC tiene una ECU de 2 canales y los siguientes periféricos: unidad hidráulica, alternador del FADEC, sistemas de control del compresor, sistemas de control compensación, sistema de encendido, sistema de reversa de empuje, sistema de control de temperatura del combustible y aceite, válvula de retorno de combustible, sensores del motor y arneses eléctricos. Ver gráfico 2.33.

- 4) Unidad de Interface del Motor (EIU), sirve para la comunicación de datos no esenciales del motor (autoempuje, unidad central de fallas). El EIU interconecta con varios circuitos y sistemas de la aeronave. La data es luego transmitida en cadena simple a cada canal del ECU.

El monitoreo de la vibración del motor es realizada por la unidad de monitoreo de la vibración del motor (EVMU). Esta vibración es mostrada en el ECAM. Ver gráfico 2.34.

Gráfico 2.33: FADEC

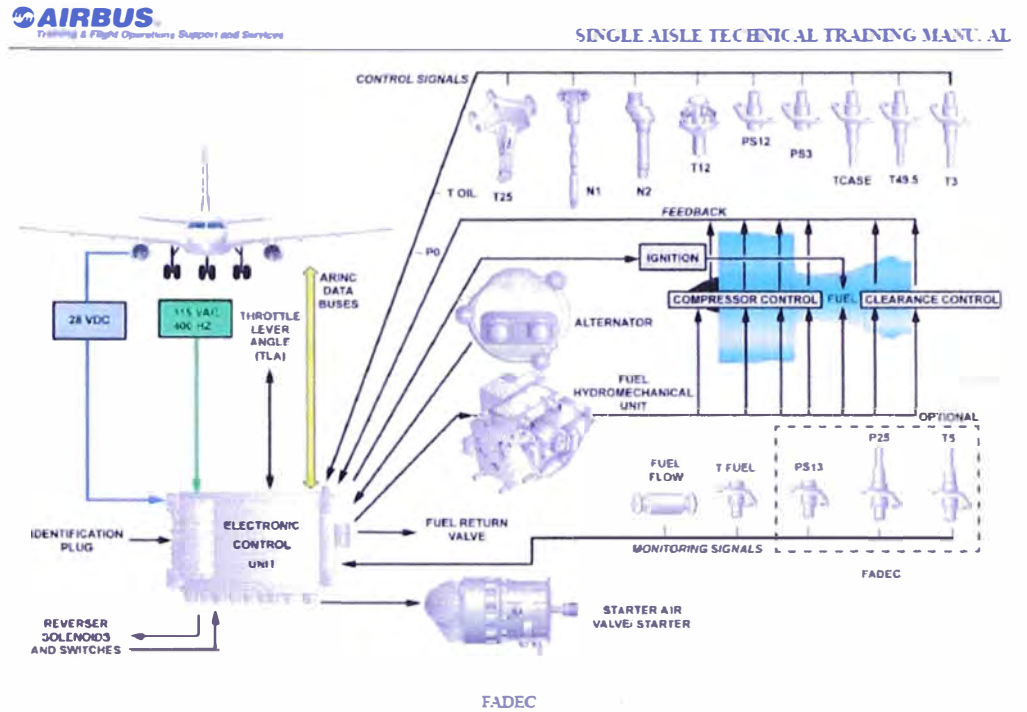
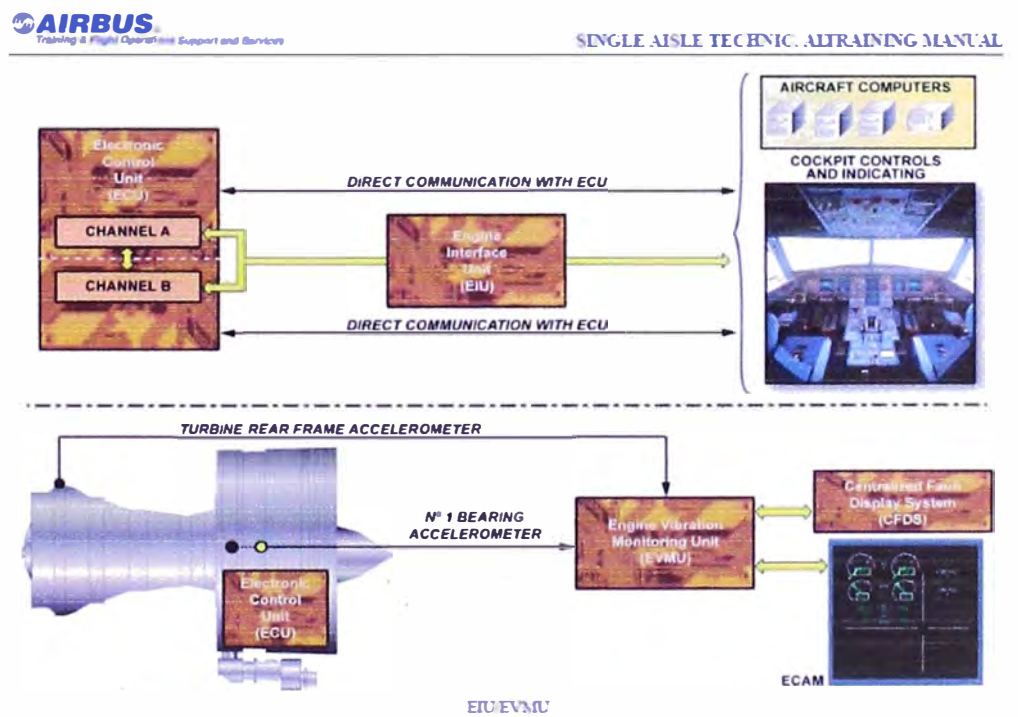
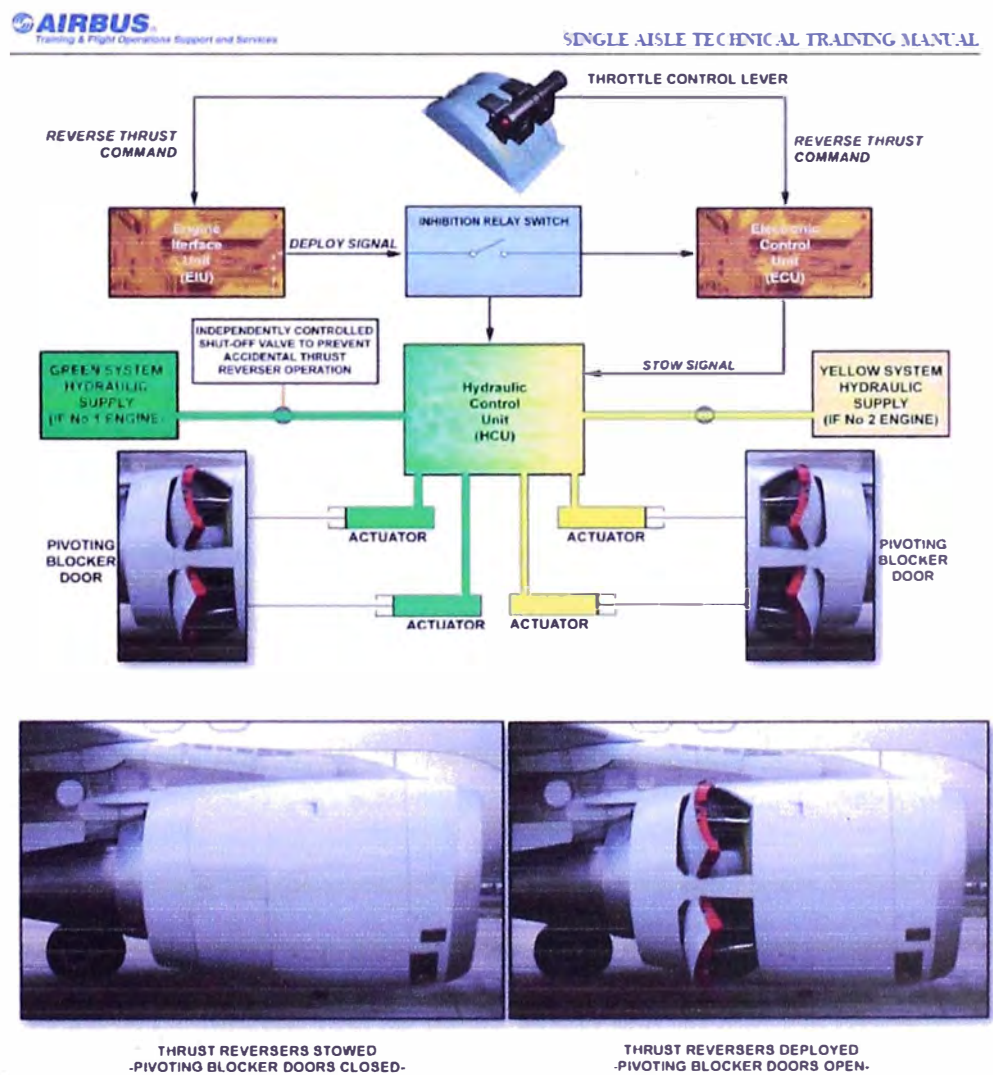


Gráfico 2.34: EIU / EVMU



- 5) Sistema de Reversa del Empuje, la tripulación selecciona manualmente la reserva al desde el control de los elevadores de aceleración. De acuerdo a los comandos del ECU y del EIU, y la unidad de control hidráulico (HCU) suministra potencia hidráulica al operador de reserva. La reversa usa 4 actuadores hidráulicos de pivote para re direccionar el flujo de aire, ver gráfico 2.35.

Gráfico 2.35: Reversa del Motor



CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

La evaluación del desempeño no se ha logrado debido a:

- 1) El crecimiento de la flota y operación a nivel regional.
- 2) La respuesta de parte de los auditados que en muchos casos se han vuelto correcciones a los reportes.
- 3) Falta de cultura y compromiso con el sistema.
- 4) No se ha logrado evaluar ni cuantificar los resultados con las demás áreas involucradas. (Enfoque en Procesos).
- 5) Falta un análisis de la situación actual de los reportes.

3.1.2 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD

La evaluación de la efectividad no se implementado ya que:

- 1) La confiabilidad no se lleva en la aerolínea.
- 2) Los reportes de incidentes o eventos especiales no se evalúan sino hasta que son solicitados por la autoridad.
- 3) No existe una base de dato comparativa para tomar una referencia.

3.1.3 FORMULACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Las Acciones Correctivas que se implementan son en muchos casos, correcciones a los reportes y no tienen trascendencia en el tiempo ya

que los eventos se vuelven recurrentes atentando contra la operación segura y efectiva de la aerolínea.

3.1.4 SEGUIMIENTO

No se hace un correcto seguimiento a los reportes, ni se evalúa económicamente las pérdidas por la mala operación ni el impacto en la seguridad de cada reporte.

3.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.2.1 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

Se puede desarrollar una evaluación del desempeño si se logra levantar una data referencial comparativa del año 2013 para los futuros reportes y luego hacer un análisis de comportamiento de los reportes y de los auditados. De esa manera se puede identificar las debilidades del programa de mantenimiento identificando los riesgos tanto en probabilidad y en impacto.

3.2.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD

Se puede realizar una evaluación de la efectividad si se logra levantar una data referencial comparativa del año 2013 para los futuros eventos manera análoga al ejemplo anterior para formular acciones de mejora. De esa manera también se pueden identificar los riesgos tanto en probabilidad e impacto.

3.2.3 FORMULACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

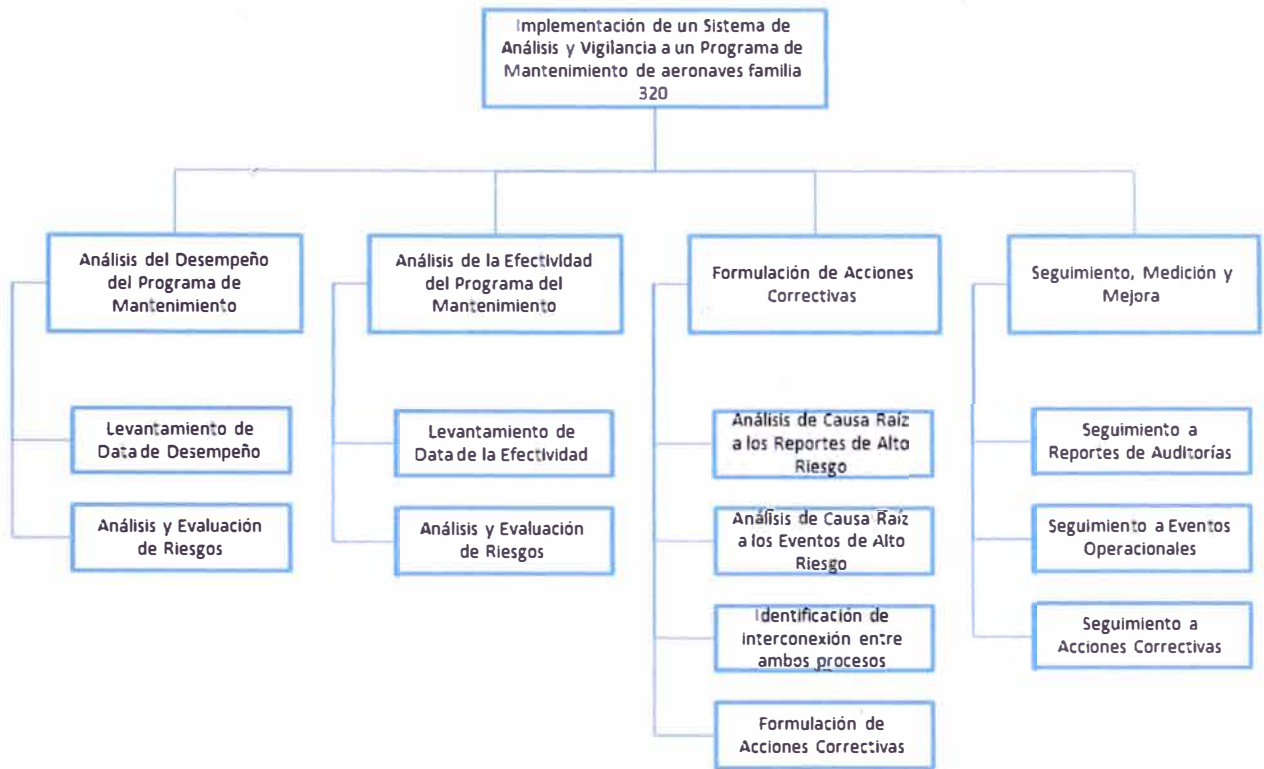
Para una correcta formulación de las acciones correctivas, se puede realizar un análisis de causa raíz para encontrar la falla en el sistema y mejorar los procesos y procedimientos de mantenimiento. Una vez formulada, se pueden realizar el estudio económico por cada caso.

3.2.4 SEGUIMIENTO

Se puede hacer un correcto seguimiento mediante una gestión de riesgos de los reportes y eventos. Evaluando el grado de implementación de las acciones correctivas y evaluando su grado de mitigación a los riesgos analizados anteriormente.

Por lo que se propone seguir la siguiente estructura de desglose para presentar nuestro trabajo la cual está descrita en el gráfico 3.1.

Gráfico 3.1: Estructura de Desglose de Trabajo



Se muestran las actividades necesarias para la demostración de la Tesis

Funcionando cada componente del sistema de vigilancia, logrando que se mantengan dentro de los parámetros establecidos, se puede implementar correctamente un sistema de vigilancia continua.

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

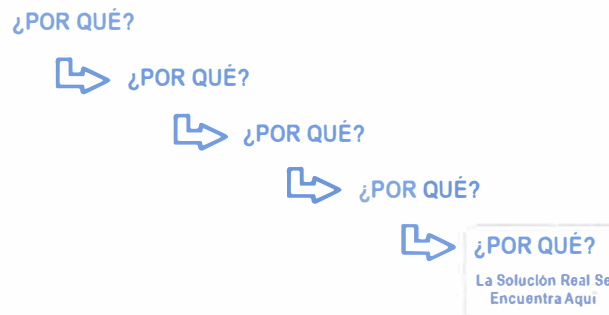
4.1 GESTIÓN DE CALIDAD

4.1.1 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Se hará necesario, como parte del proceso de vigilancia y análisis continuo, el uso de técnicas para ubicar la causa raíz y establecer acciones efectivas.

- 1) 5 Por qué, el objetivo de los 5 por qué es hacer la pregunta por qué a cada respuesta que se da con el fin de ubicar la causa principal tal cual se muestra en el gráfico 4.1.

Gráfico 4.1: Método de los 5 por qué



Los 5 por qué son referenciales ya que se puede seguir con el proceso hasta no poder encontrar una respuesta al siguiente por qué

Entre las preguntas que frecuentemente se hacen están:

- ¿Por qué ha surgido este problema?
- ¿Por qué no funciona este mecanismo?
- ¿Por qué no se mejora este proceso?

El número 5 es referencial, se pueden hacer las preguntas que sean necesarias. Cuando ya no se pueda dar una respuesta, se logró ubicar la causa raíz.

Ejemplo: Una maquina se ha averiado

- ¿Por qué se ha parado la máquina? - Saltó el fusible debido a una sobrecarga.
- ¿Por qué hubo una sobrecarga? - Por una lubricación inadecuada de los cojinetes.
- ¿Por qué la lubricación era inadecuada? - La bomba de lubricación no funcionaba bien.
- ¿Por qué no funcionaba bien la bomba de lubricación? - El eje de la bomba estaba gastado.
- ¿Por qué el eje de la bomba estaba gastado? - Había entrado suciedad dentro.

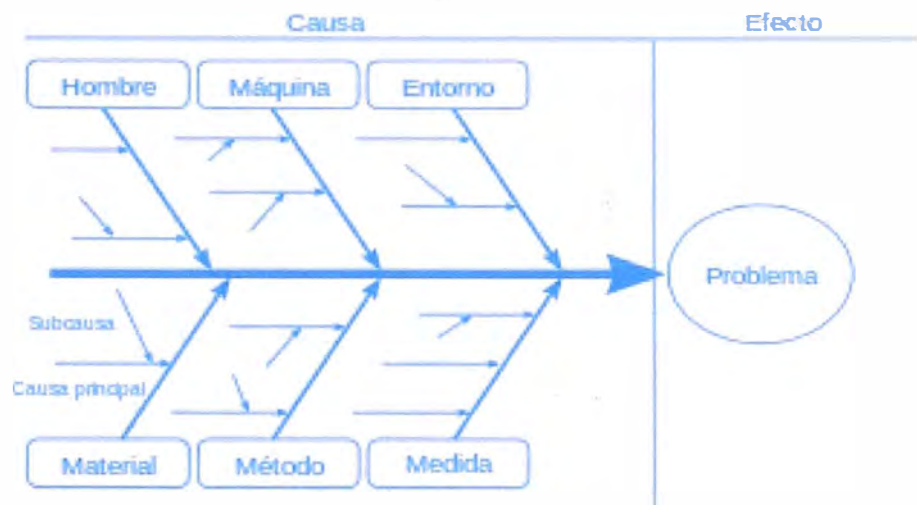
CAUSA RAÍZ: Suciedad en el eje de la bomba.

2) Diagrama de Ishikawa el diagrama de Ishikawa, descrito en el gráfico 4.2, también llamado diagrama de espina de pescado, es un diagrama que consiste en una representación gráfica sencilla los ámbitos causantes de un problema. Se le conoce también como el diagrama de las 6 Ms:

- Método
- Maquinaria (máquina)
- Medio Ambiente (entorno)

- Medición (medida)
- Materiales
- Mano de Obra

Gráfico 4.2: Método de Ishikawa



En él se describen las 6 causas como las 6M: Método, Mano de Obra, Medición, Medio Ambiente, Materiales y Maquinaria

Nos ayuda a sectorizar las causas de un problema y analizar su interrelación entre sí.

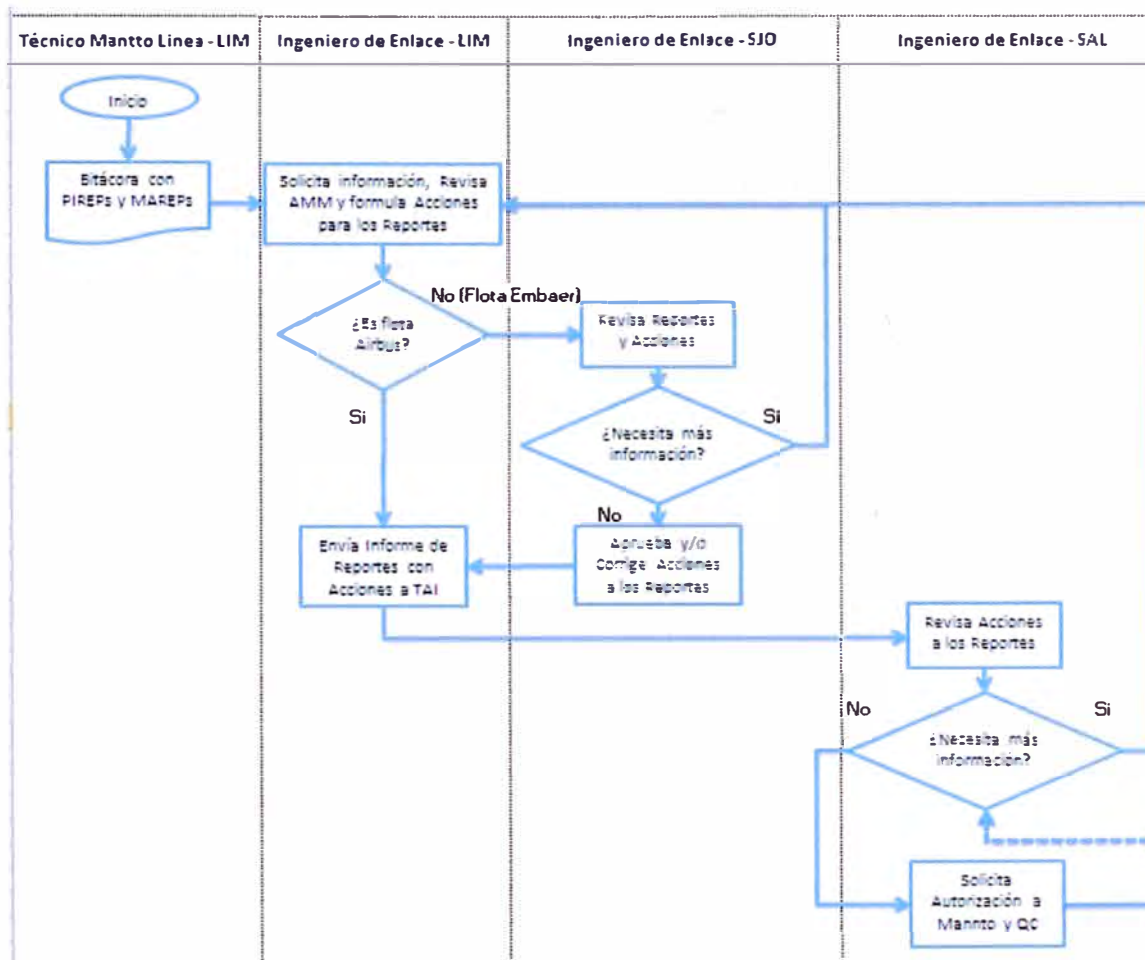
4.1.2 HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Se harán mención de las Herramientas que se utilizarán para el análisis del programa de mantenimiento:

- 1) Diagrama de Flujo, es utilizado para mostrar la secuencia lógica de un proceso y la interrelación entre las áreas que

intervienen, ver ejemplo en el gráfico 4.3 en el que describe parte de un procedimiento de solicitud de TSR.

Gráfico 4.3: Diagrama de Flujo

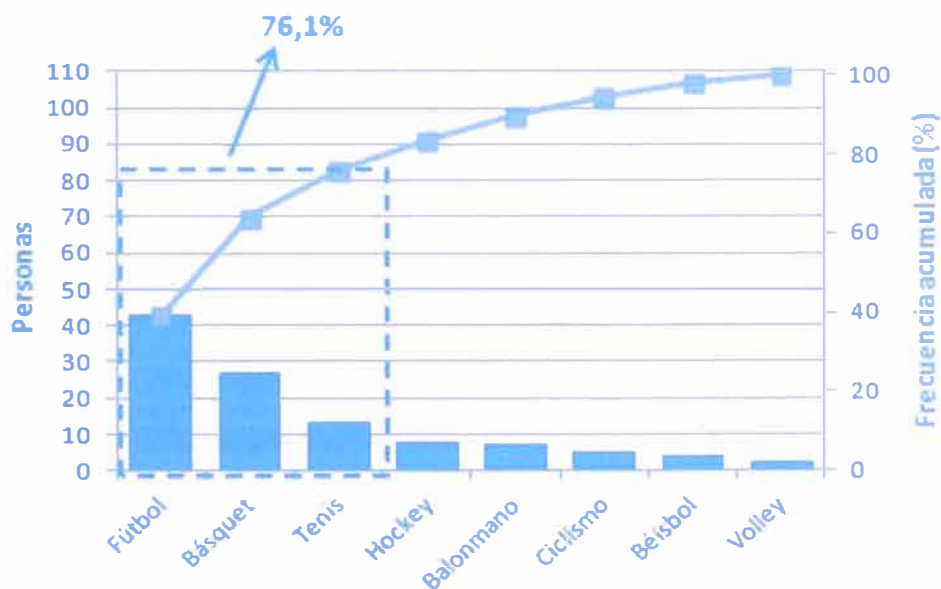


Se utiliza para diagramar procesos y la interacción entre áreas en el mismo

- 2) Diagrama de Ishikawa, descrito en la sección anterior.
- 3) Listas de verificación, son listas de control que permiten estandarizar los procesos de chequeos e inspección.

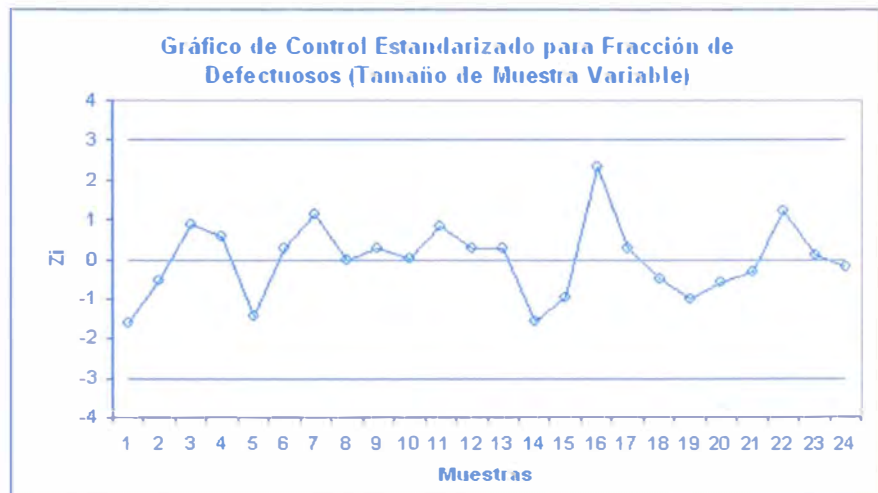
- 4) Histograma, el histograma permite visualizar una tabla de datos mostrando el aspecto de una distribución.
- 5) Diagrama de Pareto, el principio de Pareto se enuncia diciendo que el 80% de los problemas están producidos por un 20% de las causas. Entonces lo lógico es concentrar los esfuerzos en localizar y eliminar esas pocas causas que producen la mayor parte de los problemas. El diagrama de Pareto no es más que un histograma en el que se han ordenado cada una de las "clases" o elementos por orden de mayor a menor frecuencia de aparición. Por ejemplo, el gráfico 4.4 nos ayuda identificar las preferencias de un deporte por parte de una población.

Gráfico 4.4: Diagrama de Pareto



- 6) Diagrama de Dispersión, un diagrama de dispersión consiste simplemente en representar pares de valores para visualizar la correlación que existe entre ambos. La imagen visual resultante suele ser suficiente para orientar el problema.
- 7) Gráficas de Control, se utilizan en la industria para el control de procesos. En él se indican los límites de control superior e inferior que me indican que un proceso se encuentra controlado o fuera de límites. Es un indicador ilustrativo constante de un proceso. Por ejemplo, el gráfico 4.5 nos muestra el comportamiento de una variable dentro de los límites de control establecidos previamente.

Gráfico 4.5: Gráfica de Control



4.2 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.2.1 MANTENIMIENTO PROACTIVO

El mantenimiento Proactivo se basa en herramientas estadísticas para identificar debilidades de los sistemas y hacer planes de mejora y corrección para eliminar o mitigar estas debilidades.

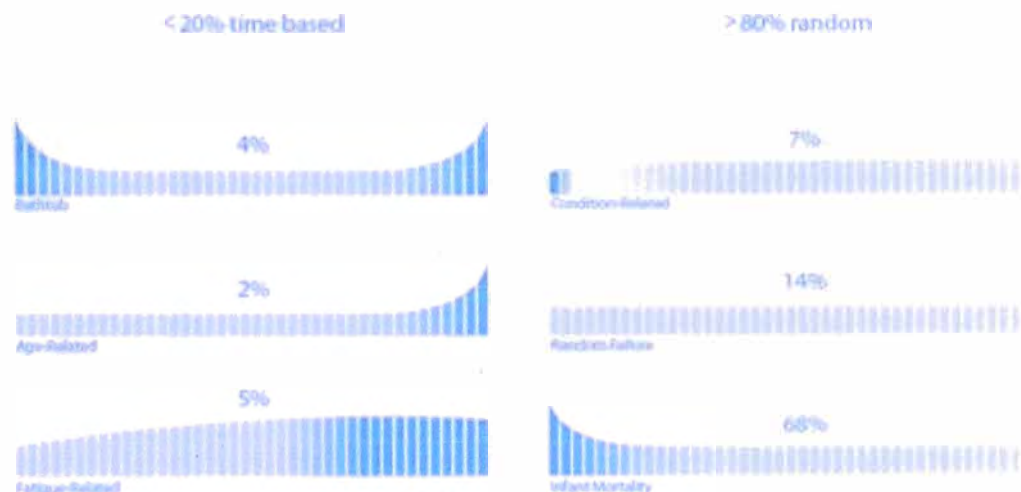
Hace uso de diagramas de Pareto, Histogramas, Análisis de Causa Raíz para encontrar las deficiencias.

4.2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El mantenimiento centrado en confiabilidad orienta su trabajo al funcionamiento de las partes y componentes dentro de un sistema.

La filosofía de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad sostiene que la probabilidad de falla de los componentes y partes se comporta de la manera descrita en el gráfico 4.6.

Gráfico 4.6: Patrones de Falla y Componentes



En los primeros 3 patrones de fallas (izquierda) se tiene: La curva de la bañera (4%), curva de desgaste (2%), curva de fatiga en el tiempo (5%). Estos patrones nos dicen que a un determinado tiempo, se empieza a dar un deterioro en el tiempo que nos indican que la funcionalidad de los componentes se ha perdido. Los siguientes 3 patrones de fallas (derecha) se tiene: la curva de falla inicial (7%), la curva de azar (14%) y la curva de mortalidad infantil (64%). En estos 3 patrones se muestra una probabilidad de falla independiente del tiempo de operación, lo que muestra que las fallas no se pueden anticipar y las partes necesitan de un monitoreo constante.

Este análisis ayuda a asignar a los componentes según la filosofía orientada en procesos: Las partes con tiempo de vida definido tienen clasificación de "Hard Time" y "On Condition". Los componentes que no tienen tiempo de vida definido se les clasifica como "Condition Monitoring".

Al tener un enfoque sistemático, una vez identificadas las fallas, hace un estudio de Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

4.3 GESTIÓN DE PROYECTOS

4.3.1 GESTIÓN DEL ALCANCE

La gestión del Alcance incluye definir lo que incluyen la implementación de las acciones correctivas y solamente todo lo que debe incluir.

Entre los procesos que se utilizan están:

- 1) Recopilar Requisitos (Tomados de los análisis causa raíz)
- 2) Definir el Alcance (Lo que se desea como implementación de la acción correctiva y del producto)
- 3) Crear la EDT (Resuelto en cada presentación al comité)
- 4) Verificar el Alcance (Desarrollado en cada comité CASS)
- 5) Controlar el Alcance (La vigilancia y seguimiento en el CASS)

4.3.2 GESTIÓN DE COMUNICACIONES

Incluyen los procesos requeridos para garantizar la generación, recopilación, distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuadas y oportunas. Una comunicación eficaz crea un puente entre los diferentes interesados involucrados en un proyecto.

- 1) Identificar a los Interesados
- 2) Planificar las Comunicaciones
- 3) Distribuir la Información
- 4) Gestionar las Expectativas de los Interesados
- 5) Informar el Desempeño

4.3.3 GESTIÓN DE RIESGOS

La Gestión de Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Tiene como objetivo principal:

aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos para el proyecto. Para lograr ello, se siguen las siguientes etapas:

1) Planificar la Gestión de Riesgos

Metodología: se desarrollará el Plan de Gestión de riesgos en reuniones de frecuencia constante (1 mes) llamada Comité CASS en el cual participaran: el Gerente de Mantenimiento de Línea, las Jefaturas de Control de Calidad, Aseguramiento de la Calidad, Ingeniería, Planeamiento, Almacén, Recibo y Embarque, Entrenamiento, Talleres y Administrador de SMS (Seguridad Operacional).

Roles: el líder del Comité será el Ingeniero CASS y el Gerente de Mantenimiento será el Sponsor o persona con la última palabra para autorizar una acción (Incluyendo presupuesto).

Calendario: las acciones y su cumplimiento serán monitoreados por el ingeniero de CASS.

Categorías de Riesgo: utilizaremos la tabla de codificación de reportes mostrada en anexos.

Definiciones de Probabilidad e Impacto de los Riesgos: los niveles de Impacto se miden según la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Criterios para Evaluación de Impacto o Severidad

		CUMPLIMIENTO REGULATORIO	SEGURIDAD DE VUELO	CONFIABILIDAD OPERACIONAL	LESIONES FISICAS	DAÑOS A ACTIVOS	INCREMENTO POTENCIAL DEL COSTO O PERDIDA DE INGRESOS	
		ANALISIS DE SEVERIDAD	CRITICO	A	Pérdida de Certificación	Pérdida de Aeronave	Gran Impacto en la Programación de Vuelos	Fatalidades
ALTO	B		Multas Potenciales	Accidente Potencial	Demoras Frecuentes y Cancelaciones	Lesiones Serias	Daños Mayores <USD\$1M	Pérdida <USD\$1M
MEDIO	C		* Multas Menores * Ítem Regulatorio Significativo (Reportes)	Incidentia Potencial	Impacto en la Programación Regional	Lesiones Menores	Daños Sustanciales <USD\$250K	Pérdida <USD\$250K
BAJO	D		Explicación Requerida	Margen de Seguridad Degradado	Demoras Ocasionales	Sin Lesiones	Daños Menores <USD\$25K	Pérdida <USD\$25K

Las definiciones para el análisis de Probabilidad se miden según la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Criterios para Evaluación de Probabilidad

ANALISIS DE PROBABILIDAD				
CRITERIOS	IMPROBABLE	RARAMENTE	OCASIONAL	FRECUENTE
	1	2	3	4
DESCRIPCION	Es la primera vez que se reporta	Se han reportado hasta 2 veces en los últimos 3 meses	Se han reportado 3 veces en los últimos 3 meses	Se han reportado más de 3 veces en los últimos 3 meses

Según ambos valores, la matriz de probabilidad e impacto será como se indica en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Matriz de Ponderación de Riesgos

		IMPROBABLE	RARAMENTE	OCASIONAL	FRECUENTE
		1	2	3	4
CRITICIDAD	CRITICA	A TOLERABLE	INTOLERABLE	INTOLERABLE	INTOLERABLE
	ALTA	B ACEPTABLE	TOLERABLE	TOLERABLE	INTOLERABLE
	MEDIA	C DESIRABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	TOLERABLE
	BAJA	D DESIRABLE	DESIRABLE	DESIRABLE	ACEPTABLE

- 2) Identificar los Riesgos, se revisará constantemente la información levantada por los auditores y se presentará en el comité CASS. Se presentará un registro de riesgos para su monitoreo y control.

- 3) Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos, con la matriz de probabilidad e impacto se logra la evaluación cualitativa de los riesgos asignándoles un valor referencial.

- 4) Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos, se realiza la valoración de la pérdida asociadas a los riesgos potenciales identificados en el paso anterior.

- 5) Planificar la Respuesta a los Riesgos, al hacer los análisis de causa raíz y al evaluar el alcance de las jefaturas en cada riesgo, se desarrollan y planifican las acciones correctivas y se identifica la estrategia de acción: evitar, transferir, mitigar y aceptar

- 6) Monitorear y Control los Riesgos, se monitorean los riesgos y sus acciones para evaluar si se han logrado mitigarlos o si las acciones fueron efectivas, se apoyará en la lista de vigilancia de riesgos.

CAPÍTULO V

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Con el fin de analizar el desempeño o “performance” del programa de mantenimiento, es necesario analizar su cumplimiento tanto en registros como en campo. Por lo tanto, se ve necesaria y útil la información de auditorías. Estos reportes de auditorías tanto por la autoridad como por Quality Assurance (QA) son de gran ayuda para determinar las flaquezas y oportunidades de mejora del programa de mantenimiento.

Para ello se ve necesario seguir con la siguiente metodología:

5.1.1 LEVANTAMIENTO DE DATA DEL DESEMPEÑO

Es necesario que se obtenga una información que nos indique el comportamiento del desempeño el cual se muestra en el CD adjunto.

Auditorías Internas: Son las auditorías al programa de mantenimiento realizadas por el área de QA. Del 2013 se tiene los siguientes 310 descritos en el gráfico 5.1.

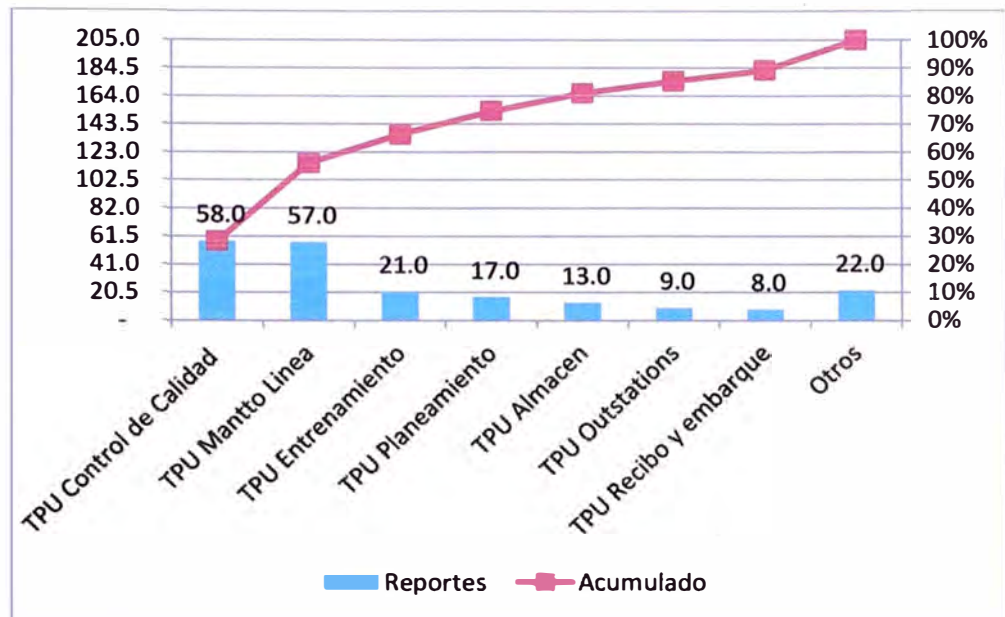
Gráfico 5.1: Reportes de Auditorías Internas a TPU por Áreas



Del gráfico 5.1 vemos que se tienen 310 reportes clasificados en 3 categorías (A, B y C) que corresponden a sus tiempos de respuesta según criticidad (respuesta inmediata, respuesta a 30 días y no requiere respuesta respectivamente). Por lo que se trabajará con los reportes de A y B teniendo los siguientes 205 reportes según lo mostrado en el gráfico 5.2.

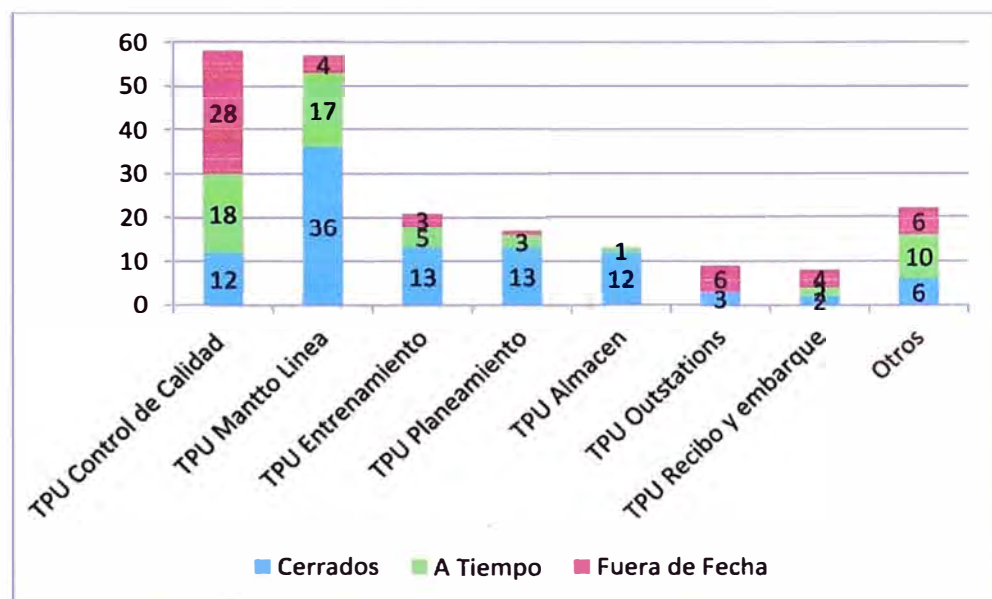
Del gráfico 5.2 vemos el Pareto el cual muestra de manera clara que la mayor cantidad de reportes fueron asignados al área de Control de Calidad, Mantenimiento de Línea, Entrenamiento, Planeamiento y Almacén por lo que centraremos nuestro análisis a estas áreas (Teoría del 80%/20%).

Gráfico 5.2: Pareto de Reportes Internos por áreas



Luego de haber agrupado y clasificado los reportes, analizaremos la respuesta a los reportes tal cual se muestra en el gráfico 5.3.

Gráfico 5.3: Estado de Reportes de Auditorías Internas 2013



A continuación presentaremos los indicadores de cumplimiento en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Indicadores de Estado de Reportes Internos por áreas

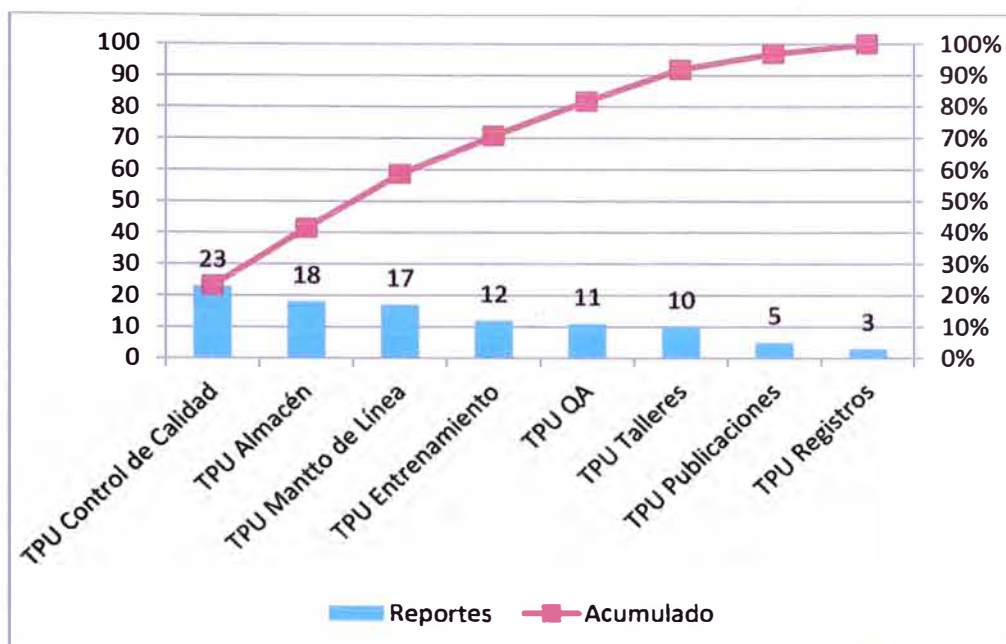
Área	% de Cumplimiento	Tiempo de Respuesta
TPU Control de Calidad	21%	90 días
TPU Manto Línea	63%	30 días
TPU Entrenamiento	62%	30 días
TPU Planeamiento	76%	7 días
TPU Almacén	92%	7 días
TPU Outstations	33%	30 días
TPU Recibo y Embarque	25%	30 días
OTROS	27%	30 días

Para obtener el % de Cumplimiento se tomará la razón de los reportes cerrados y para el promedio de respuesta de la estación usaremos un promedio ponderado utilizando la cantidad de reportes:

$$\%Cumplimiento_{Aud.Internas} = 47\%$$

$$T. de Respuesta_{Aud.Internas} = 31.5 \text{ días}$$

Auditorías Externas: Son las que son efectuadas por un ente regulador externo al operador, puede ser la Dirección General de Aviación Civil del Perú (DGAC Perú), la Administración de Aviación Federal (FAA), la Dirección General de Aviación Civil de Ecuador (DAC), la Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia (AAC Colombia), la Dirección General de Aviación Civil de Chile (DGAC Chile) y la Autoridad de Aviación Civil de Salvador (AAC). En el gráfico 5.4 podemos ver un resumen de los reportes tomados del 2013.

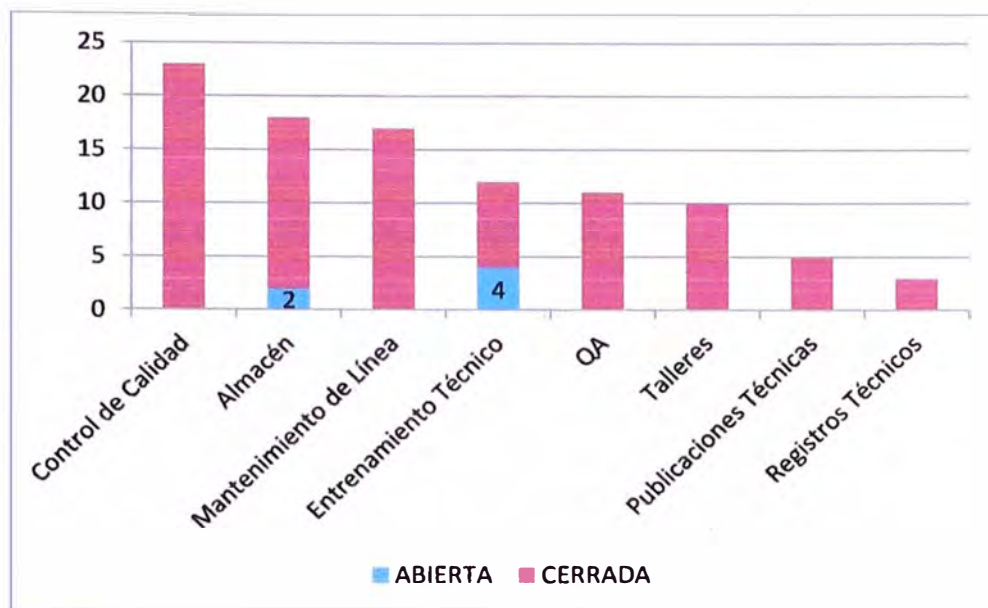
Gráfico 5.4: Reportes de Auditorías Externas por Áreas 2013

Las autoridades que auditaron la organización de mantenimiento el año 2013 serán presentadas en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Frecuencia de Auditorías Externas

AUDITOR	FRECUENCIA AL AÑO
FAA	1 vez
DGAC Perú	5 vez
DGAC Chile	1 vez
Avianca	1 vez
AeroGal	1 vez
AAC Colombia	1 vez
AAC Salvador	1 vez

El detalle del estado de las auditorías se encuentra en el gráfico 5.5.

Gráfico 5.5: Estado de Reportes de Auditorías Externas 2013

Del gráfico 5.5 se obtiene el comportamiento mostrado en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Indicadores de Estado de Reportes Externos por áreas

Área	Tiempo de Respuesta
TPU Control de Calidad	120 días
TPU Almacén	90 días
TPU Mantto Línea	90 días
TPU Entrenamiento	30 días
TPU QA	90 días
TPU Talleres	30 días
TPU Publicaciones	30 días
TPU Registros Técnicos	30 días

Sus respectivos datos de performance son:

$$\%Cumplimiento_{Aud.Externas} = 94\%$$

$$T. de Respuesta_{Aud.Externas} = 80.6 \text{ días}$$

Ahora si consideramos los primeros datos de performance tanto de auditorías internas y externas, ya se tiene una base para hacer la evaluación correspondiente al año 2014.

5.1.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

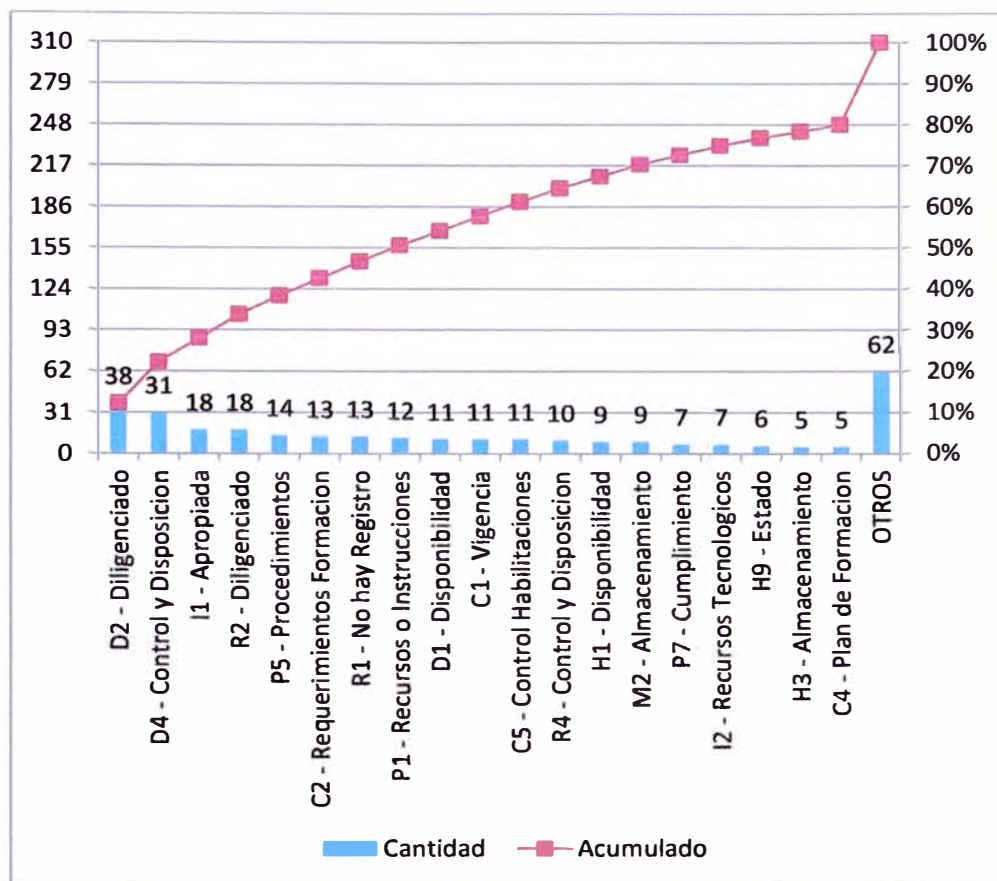
Análisis de Probabilidad:

Para hallar la probabilidad de un evento, es necesario clasificar los reportes en categorías para una mejor evaluación de la clasificación según la tabla mostrada en el anexo.

- Documentos (D)
- Registros de Procesos (R)
- Herramientas y Equipos (H)
- Materiales y Componentes (M)
- Competencia del Personal (C)
- Infraestructura (I)
- Organización (O)
- Desarrollo de Actividades Propias del Proceso (P)
- Medición, Análisis y Mejora (Q)
- Cliente (S)
- Diseño y Desarrollo (T)
- Compras (U)

El gráfico 5.6 nos muestra un resumen de los reportes del año pasado por categorías.

Gráfico 5.6: Pareto de Reporte de Auditorías Internas del 2013 por Categorías



Del gráfico 5.6 se presentan las siguientes categorías según recurrencia y una breve descripción de los mismos:

- D2 – Diligenciado de Documentos.
- D4 – Control y Disposición de Documentos.
- I1 - Infraestructura no aprobada para capacidades aprobadas ni aprobada por seguridad industrial.
- R2 – Diligenciado de Registros, mal diligenciamiento, no existe diligenciamiento o registros incompletos.

- P5 – Procedimientos no definidos o documentados.
- C2 – Requerimientos de Formación, no se cumple con los requisitos del programa de entrenamiento para el perfil de cargo.
- R1 – No hay Registros.
- P1 – Ejecución de las tareas asignadas sin el uso de los recursos adecuados o sin las herramientas. También se aplica si no es están siguiendo las instrucciones de trabajo.
- D1 – Disponibilidad de Documentos.
- C1 – Vigencia de Entrenamientos recurrentes al personal.
- C5 – Control del Roster & Authority.
- R4 – Fallas en el control y disposición de los registros.
- H1 – Disponibilidad de Herramientas.
- M2 – Almacenamiento de Materiales (condiciones, embalaje, transporte, segregación, control de inventario, condiciones ambientales y preservación).
- P7 – Cumplimiento a los Procedimiento.
- I2 – Recursos Tecnológicos necesarios.
- H9 – Estado de Herramientas.
- H3 – Almacenamiento de Herramientas.
- C4 – Entrenamiento no Definido.

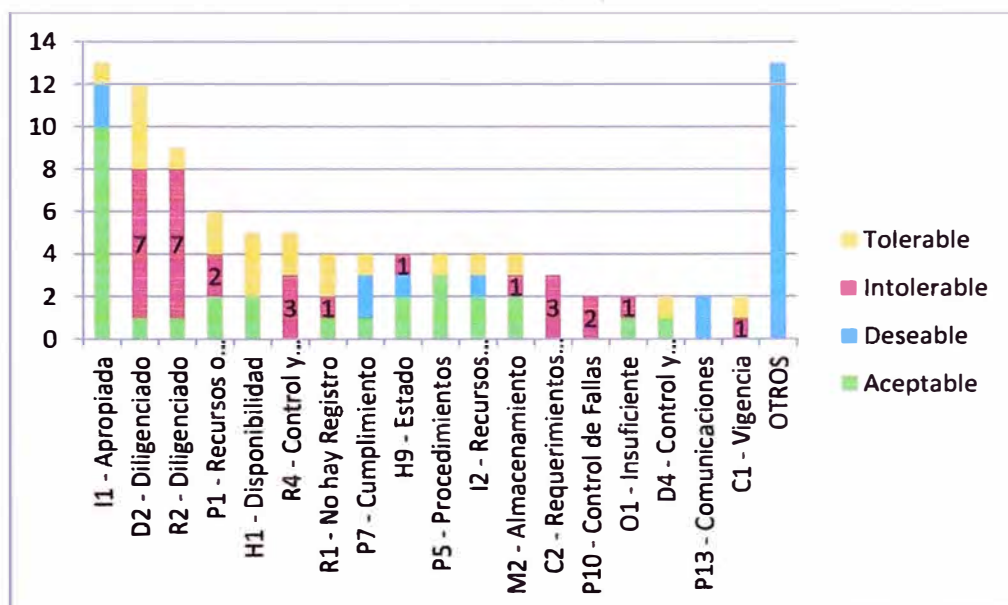
Viendo que el Pareto no es muy ilustrativo para demostrar fallas, se hará la división por áreas: Control de Calidad, Mantenimiento de Línea, Entrenamiento, Planning (Registros Técnicos) y Almacén siendo estos los que más recurrencia han tenido en el año pasado y en los cuales podemos centrar nuestro análisis.

Análisis de Impacto:

Se evaluará cada reporte según su impacto o severidad con los siguientes criterios: Cumplimiento Regulatorio, Seguridad de Vuelo, Confiabilidad Operacional, Lesiones Físicas, Daños a Activos e Incrementos Potenciales de Costo o Pérdida de Ingresos.

1) Reportes de Mantenimiento de Línea (ver gráfico 5.7)

Gráfico 5.7: Clasificación de los 100 Reportes de Mantenimiento de Línea por Probabilidad e Impacto



Vemos que entre los reportes recurrentes y de mayor impacto o severidad en Mantenimiento de Línea se tienen:

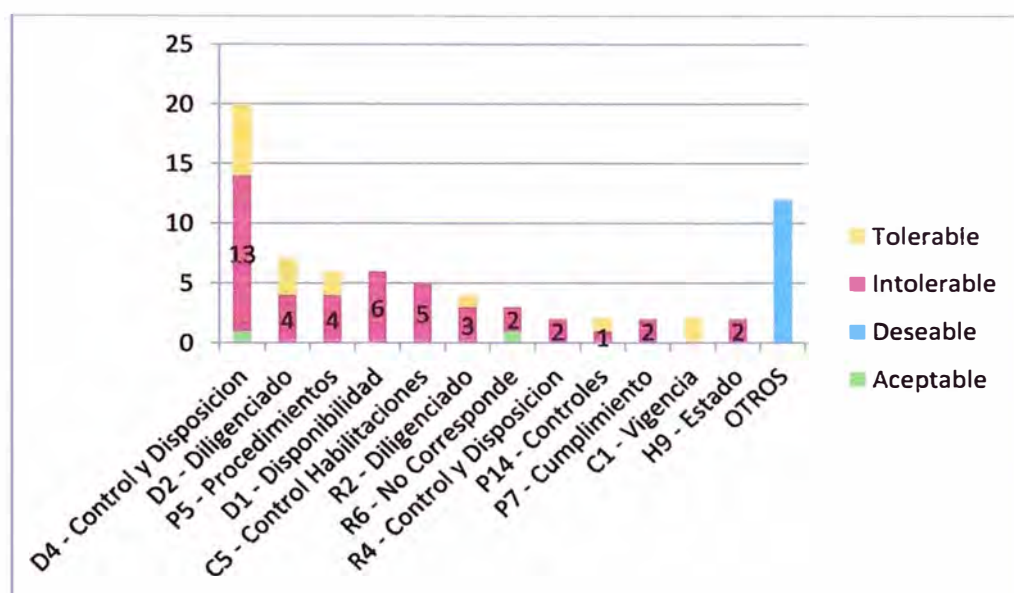
- Fallas en diligenciamiento de logbook (no se completan los campos requeridos, no se firma según la política de

firmas de la compañía, no se escribe bien el número de parte a cambiar).

- Fallas en llenados de otros formatos (TSR y hoja de Diferidos)
- Técnicos realizando trabajos con cursos recurrentes vencidos.

2) Reportes de Control de Calidad (ver gráfico 5.8)

Gráfico 5.8: Clasificación de los 73 Reportes de Control de Calidad por Probabilidad e Impacto



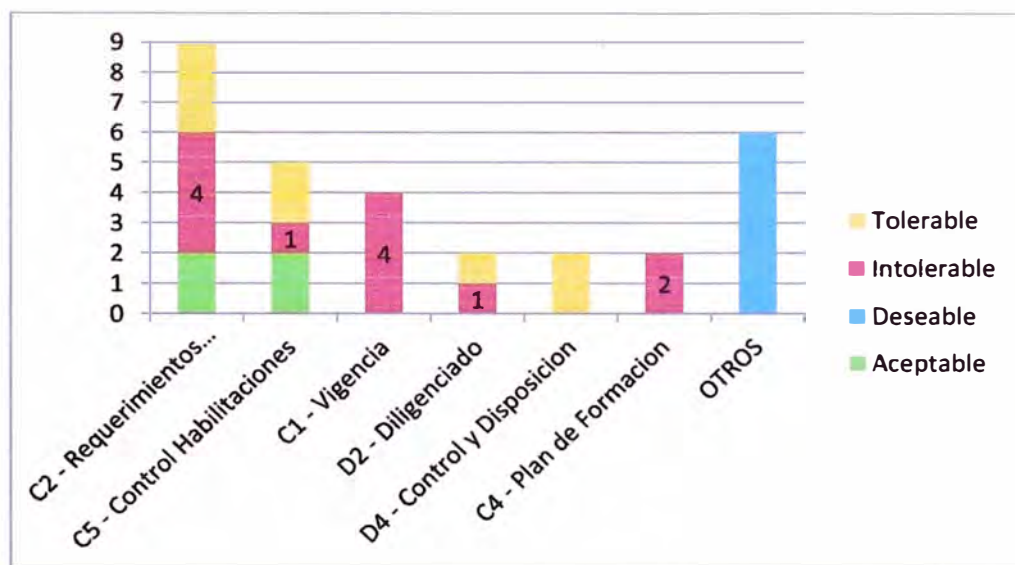
En el caso de Control de Calidad se tienen los siguientes reportes recurrentes:

- Authority Delegation de TPU está desactualizado en varias estaciones.

- Técnicos tienen Roster no actualizado o con cursos vencidos.
- Desactualización de manuales de la compañía (RSM, MPM, MCM, etc.) debido a la actualización de las LAR.
- El personal no está cumpliendo con responder los reportes de auditorías internas.

3) Reportes de Entrenamiento (ver gráfico 5.9)

Gráfico 5.9: Clasificación de los 30 Reportes de Entrenamiento por Probabilidad e Impacto



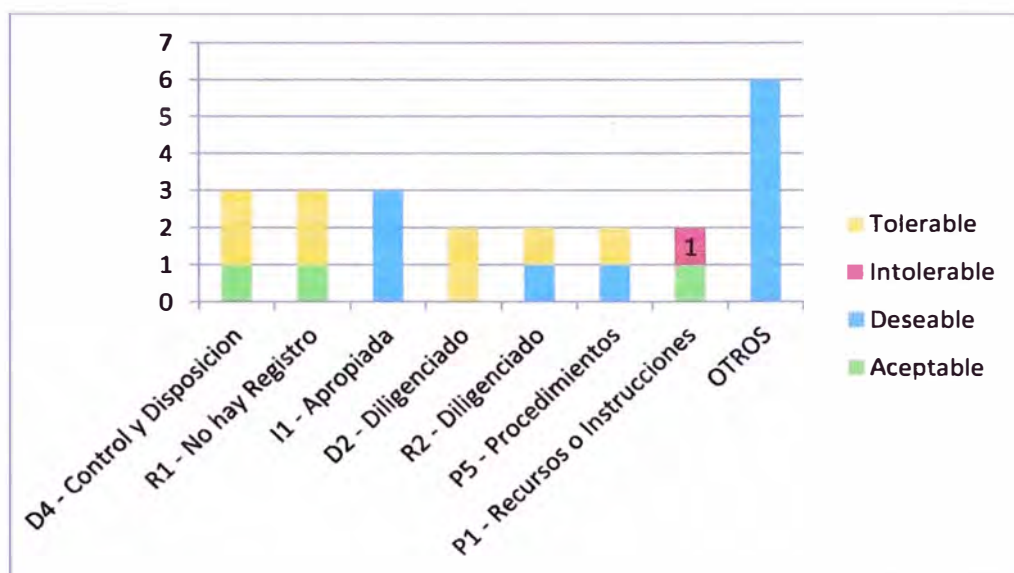
Para entrenamiento, se tienen los siguientes reportes recurrentes:

- Personal técnico de Lima y estaciones tienen cursos regulatorios vencidos.

- Se brindaron cursos por instructores no autorizados por la autoridad.

4) Reportes de Planeamiento (ver gráfico 5.10)

Gráfico 5.10: Clasificación de los 23 Reportes de Planeamiento por Probabilidad e Impacto

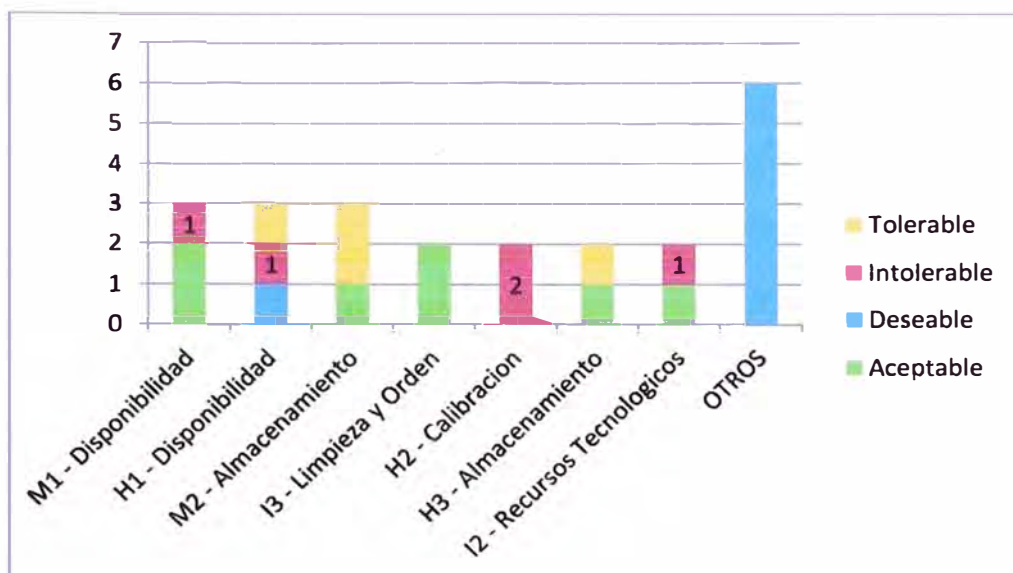


Analizando los reportes de Planeamiento:

- No hay persona disponibilidad de personal en Registros Técnicos.

5) Reportes de Almacén (ver gráfico 5.11)

Gráfico 5.11: Clasificación de los 23 Reportes de Almacén por Probabilidad e Impacto

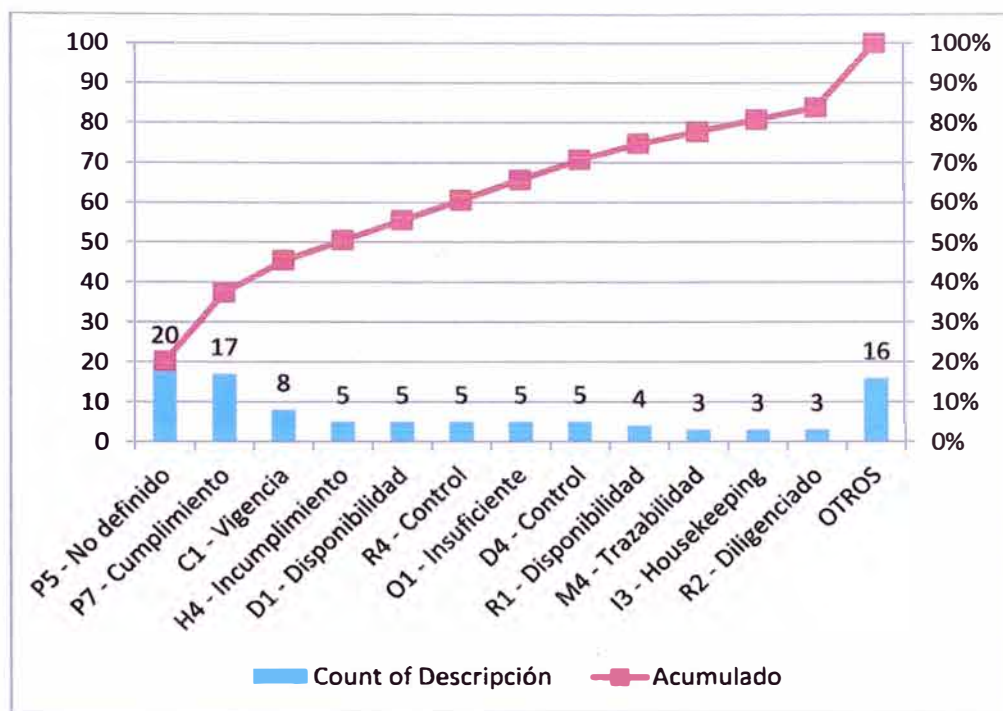


Finalmente, para los reportes de Almacén se tiene lo siguiente:

- No hay control del ESD para almacenaje de material.
- El personal confunde procedimientos de aerolínea con taller.
- No se cumple en Lima ni estaciones el procedimiento de control de rotación de ruedas.
- No hay control de GSE en Lima ni estaciones.

El gráfico 5.12 nos muestra un resumen de los reportes de auditorías externas por categorías para nuestro análisis.

Gráfico 5.12: Reportes de Auditorías Externas 2013 por Categorías



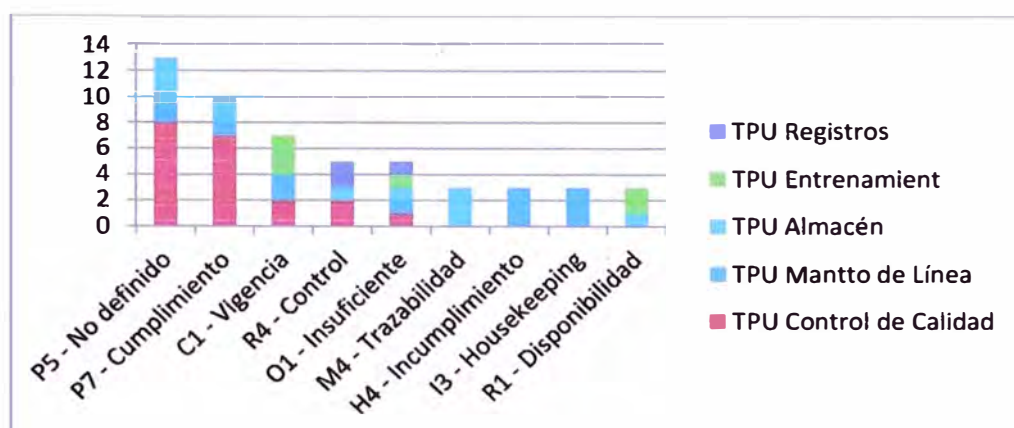
Donde se ve que los reportes (mostrados en el gráfico 5.13) con mayor frecuencia son:

- P5 – Procedimientos no definidos o no documentados.
- P7 – Cumplimiento a los procesos.
- C1 – Vigencia de Entrenamiento vigentes al personal.
- H4 – Incumplimiento.
- D1 – Disponibilidad de Documentación.
- R4 – Fallas en el control y disposición de los registros.
- O1 – Personal Insuficiente.
- D4 – Control de Documentación.
- R1 – Disponibilidad de Registros.
- M4 – Trazabilidad de Componentes.

- I3 – Housekeeping
- R2 – Mal diligenciamiento, registros incompletos.

Gráfico 5.13: Clasificación de los Reportes de Auditorías

Externas por Áreas



En este informe, vamos a centrarnos en los reportes de auditorías externas ya que estos representan acciones legales y pérdidas de licencia para la aerolínea. Nos basaremos en el Pareto de cada una de las áreas con mayor frecuencia de reportes.

La evaluación de riesgos será hecha según el procedimiento del capítulo anterior y demostrada en el Excel adjunto para cada uno de los 310 reportes de auditorías internas y los 99 reportes de las auditorías externas.

5.2 ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Para nuestro trabajo será necesario analizar los resultados del mantenimiento para poder medir su efectividad, para ello será necesario analizar los reportes de los incidentes de la operación y los reportes de confiabilidad.

Cuando revisamos los reportes de operación se analizan las demoras, cancelaciones, y eventos especiales: retorno a toma (GTB), retorno de vuelo (ATB), apagado de motores en vuelo (IFSD), despegues rechazados (RTO) y otros eventos especiales.

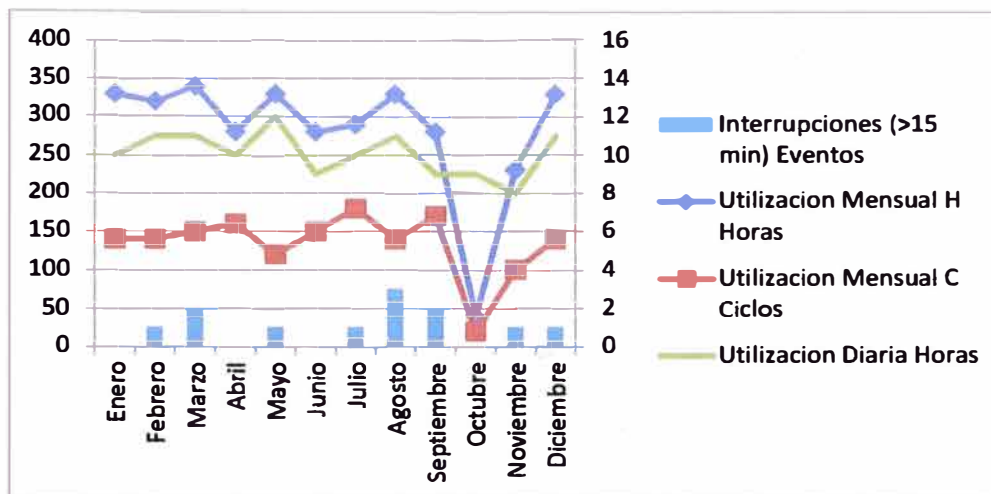
Con los reportes de confiabilidad analizaremos los cambios de repuestos para analizar su comportamiento tomando como base el año 2013.

5.2.1 LEVANTAMIENTO DE DATA DE LA EFECTIVIDAD

Utilizaremos los datos de Operación de cada una de las aeronaves de la flota A320.

Informe Operativo de las Aeronaves: Este informe nos indica el uso de las aeronaves en cumplimiento a vuelos en función de demoras y eventos. Lo cual se puede ver en el gráfico 5.14 para N521TA, gráfico 5.15 para el N491TA y gráfico 5.16 para el N568TA.

Gráfico 5.14: Informe Operativo del N621TA (A319)



Del presente gráfico podemos considerar que el indicador de rendimiento de vuelo es: Utilización Diaria de Horas (línea verde). Esto nos dice que la utilización ha sido constante a lo largo del año ya que es casi lo mismo. También podemos ver que los eventos tienen impacto directo en las horas y ciclos de vuelo permitiendo programar los trabajos de inspección y reparación. Lo cual se puede ver en las otras aeronaves análogamente.

Gráfico 5.15: Informe Operativo del N491TA (A320)

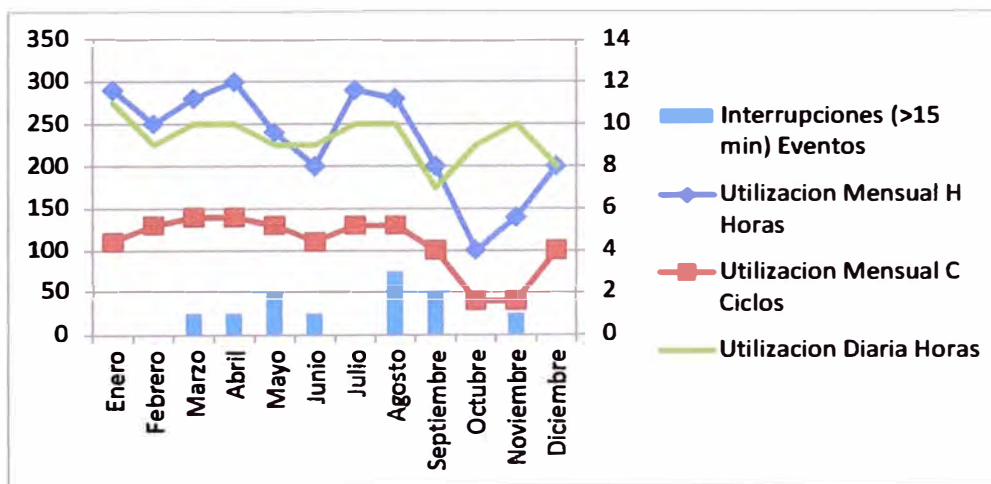
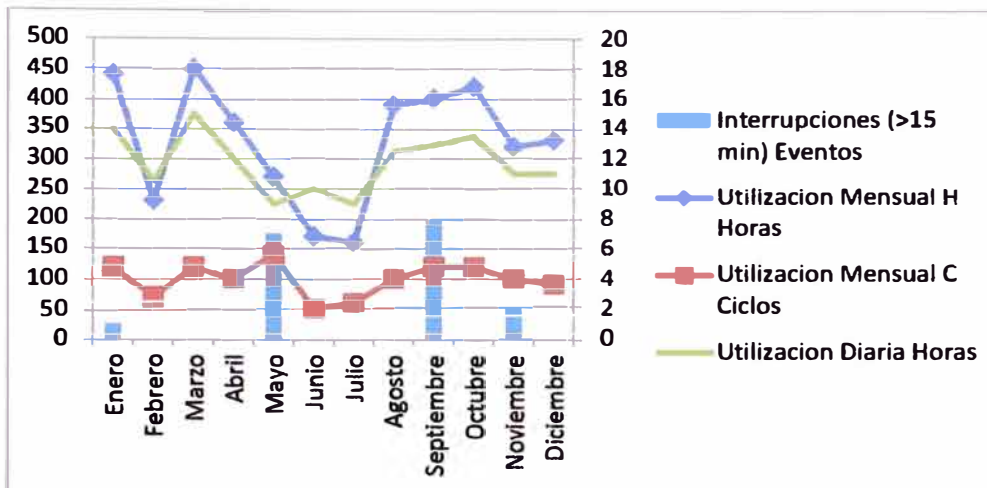


Gráfico 5.16: Informe Operativo del N568TA (A321)

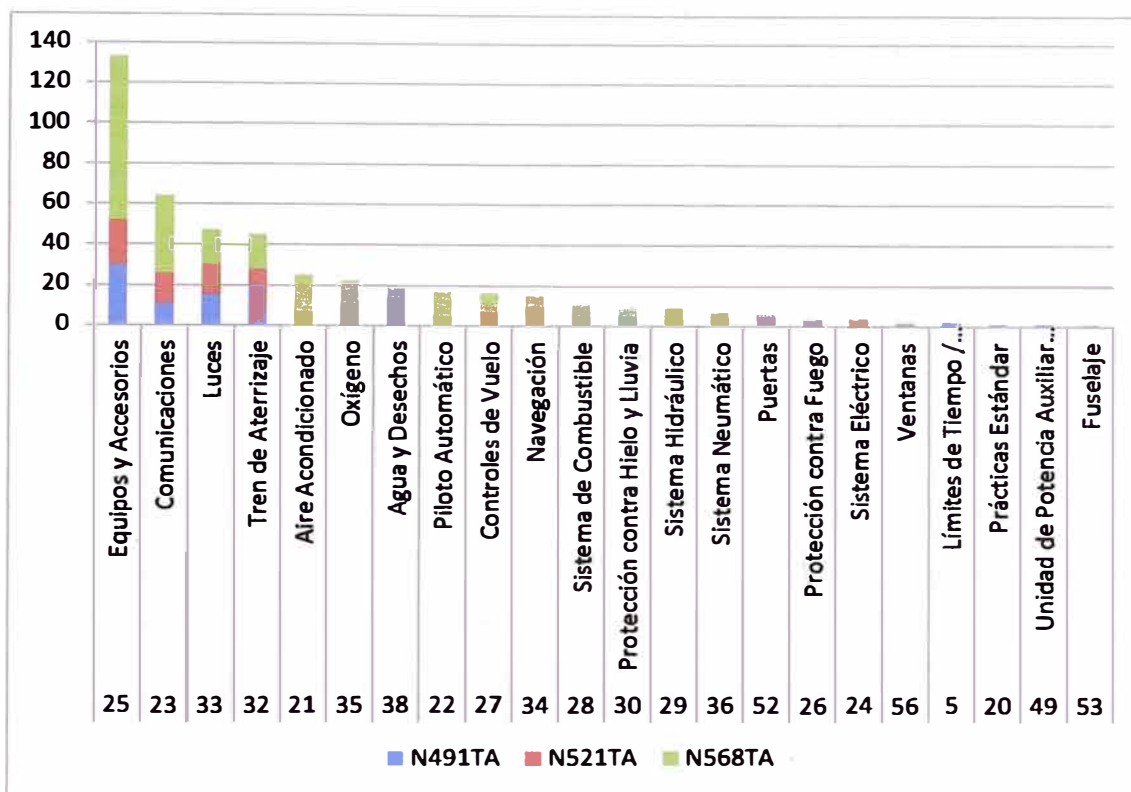


Informe de Reportes No Programados: Estos reportes son los que aparecen durante los chequeos menores, tránsitos y otros en los que se advierten fallas o disfunciones. Cada reporte se clasifican según su número de ATA. En el gráfico 5.17 vemos una clasificación de los reportes por ATA y por aeronave el cual nos permite tener una mejor comprensión de los eventos y su recurrencia.

Del gráfico 5.17 podemos observar que la mayoría está asignada a:

- ATA 25 Equipos y Accesorios.
- ATA 23 Comunicaciones.
- ATA 33 Luces.
- ATA 32 Tren de Aterrizaje.
- ATA 21 Aire Acondicionado.

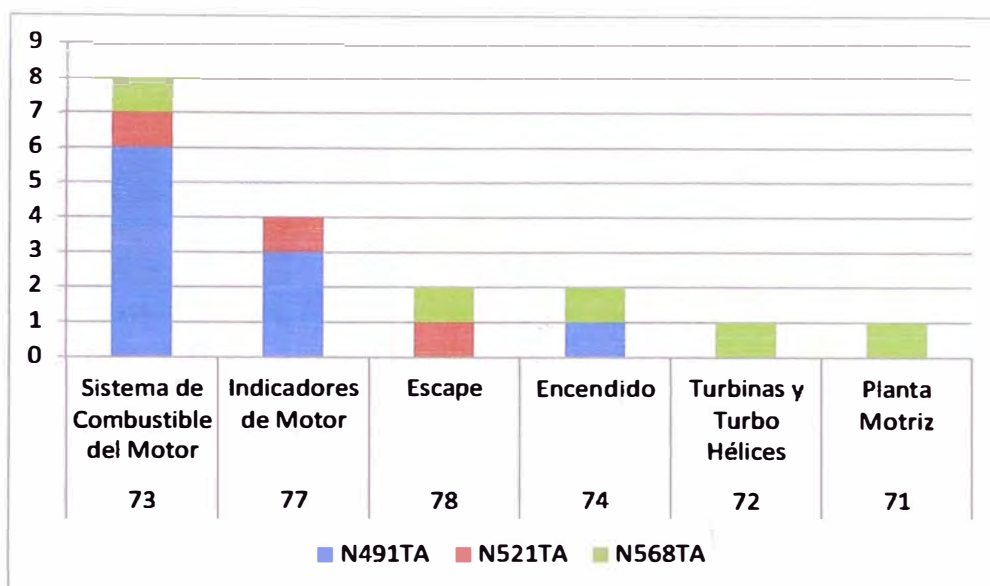
Gráfico 5.17: Reportes de Flota por ATA



Se hará también un detalle de cada ATA o sistema en el análisis de probabilidad para los reportes asociados al motor en el gráfico 5.18.

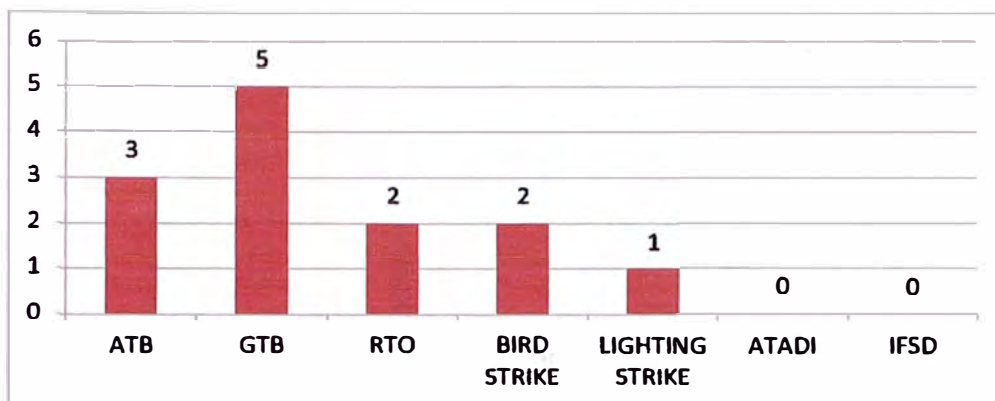
Los Motores tienen separadas las ATA 70 (71 al 78) estos reportes nos permiten monitorear su desempeño y fallas a lo largo del tiempo.

Componentes Repetitivos por Reparaciones no Programadas: La tabla 5.4 tiene un registro de los componentes repetitivos que han sido reemplazados en reparaciones no programadas, a estos componentes se les hace un seguimiento para monitorear su condición y se implementan acciones para evitar recurrencia.

Gráfico 5.18: Reportes de Motores por ATA**Tabla 5.4: Componentes Repetitivos Cambiados en Reparaciones no Programadas**

Part Number	Descripción	Última Reparación	N491TA	N521TA	N568TA
1806B0000-01	VALVE FLOW CONTROL	18/09/2013		x	
322200-8M00	TRANSMITTER UNIT-N, W STRG HANDWHEEL	16/11/2012		x	
3250-81	BALLAST UNIT	24/01/2013	x		
3250-81	BALLAST UNIT	05/11/2012	x		
3291432-1	VALVE-LOAD CONTROL	26/11/2013	x		
B372BAM0511	SPOILER ELEVATOR COMPUTER	29/12/2012	x		
C12850AC02	FLIGHT CONTROL UNIT-FCU	25/06/2012			x
RD-AV9844-02	LCD	12/03/2013			x

Estadística de Eventos Especiales: El gráfico 5.19 describe a estos eventos que a su vez deben ser informados a las entidades regulatorias de manera obligatoria ya que atentan contra la seguridad de la operación.

Gráfico 5.19: Estadística de Eventos Especiales

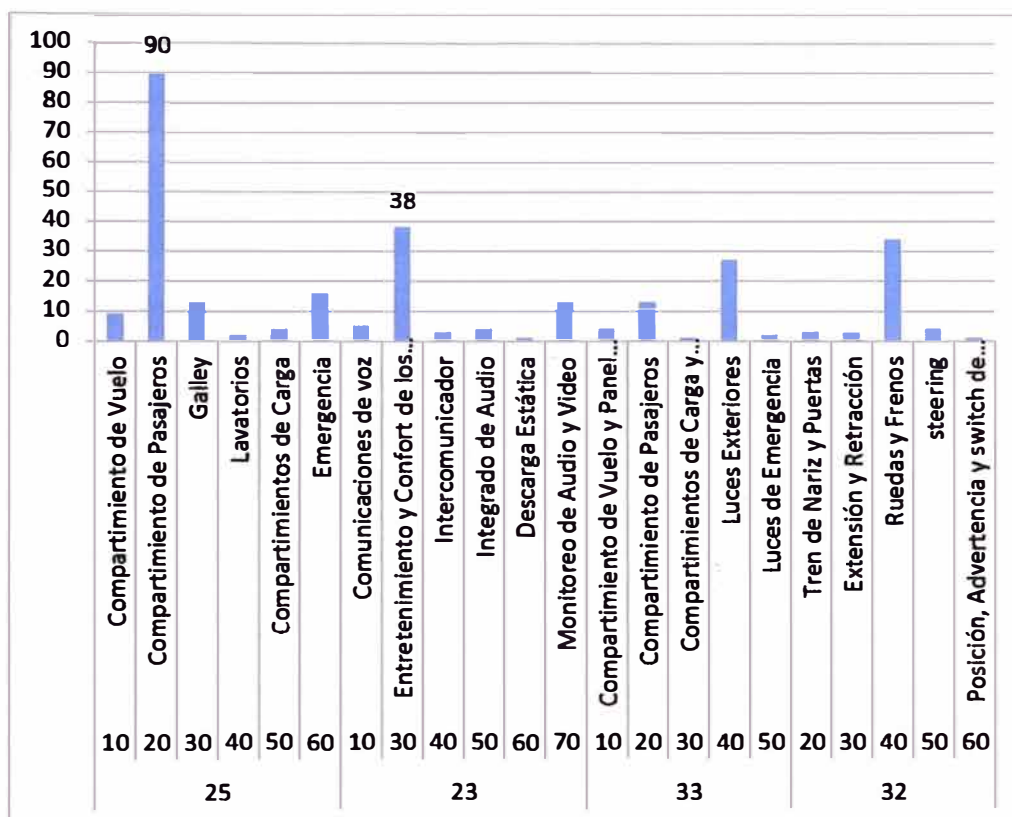
Donde ATB (Air Turn Back), GTB (Ground Turn Back), RTO (Rejected Take Off), Bird Strike (Impacto de Ave), Lighting Strike (Impacto de Rayo), ATADI (Diversión) e IFSD (In Flight Shut Down).

5.2.2 ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS

Análisis de Probabilidad:

A continuación, los gráficos 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 y 5.24 nos ayudan a realizar el análisis de probabilidad, clasificando los eventos para cuantificar recurrencia y nombrando a los eventos más repetitivos de acuerdo a cada gráfica. En este gráfico se considera oportuno seguir la clasificación de eventos no rutinarios por ATA y subsección.

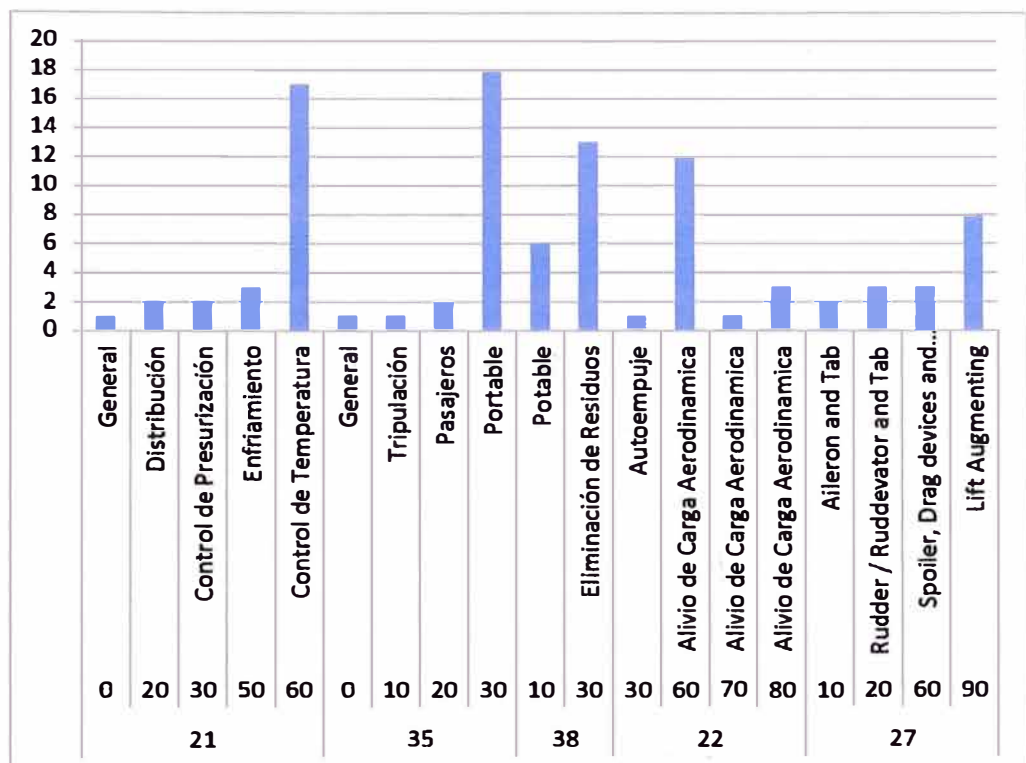
Gráfico 5.20: Reportes de ATA 25, 23, 33 y 32



Entre los eventos más repetitivos tenemos reparaciones de:

- ATA 25, Seat Back Rest, Coffee Maker y First Aid Kit.
- ATA 23, Passenger Control Unit (PCU), LCD Monitor y Audio.
- ATA 33, Luces de Side Wall, Logo, Landing, Take off y Taxi.
- ATA 32, Main y Nose Landing Gear fuera de límites.

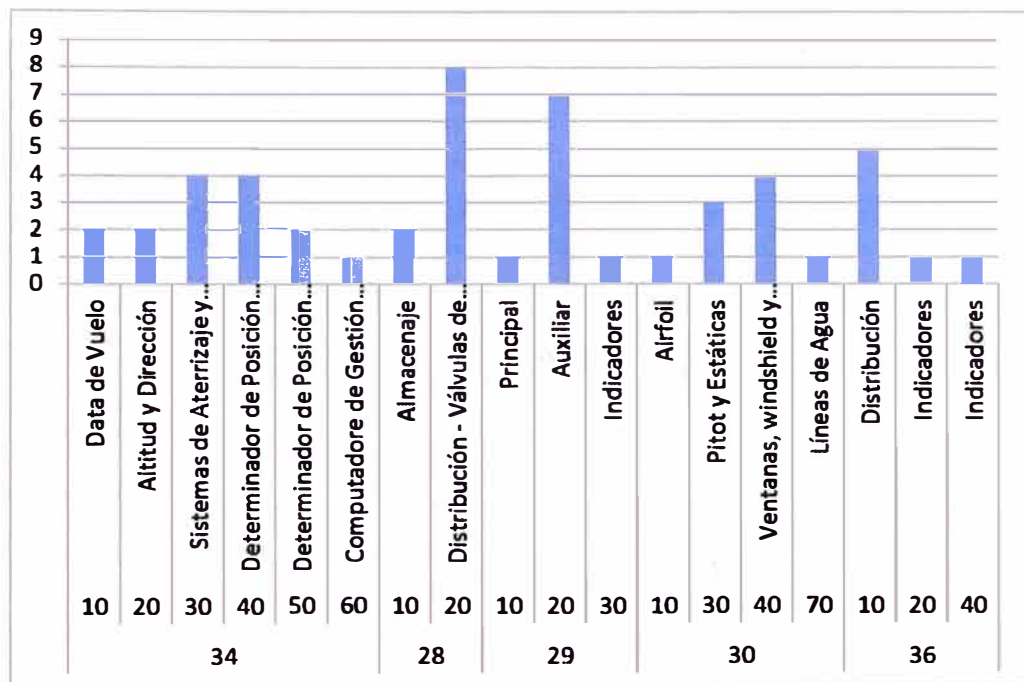
Gráfico 5.21: Reportes de ATA 21, 35, 38, 22 y 27



Entre los eventos más repetitivos tenemos reparaciones de:

- ATA 21, Air Condition Hot Air y Temperature Controllers.
- ATA 35, Bottles Used in Flight.
- ATA 38, Lavatorios, faucets.
- ATA 22, Auto Flight Yaw Damper, MCDU
- ATA 27, Flight Control Speed Brakers.

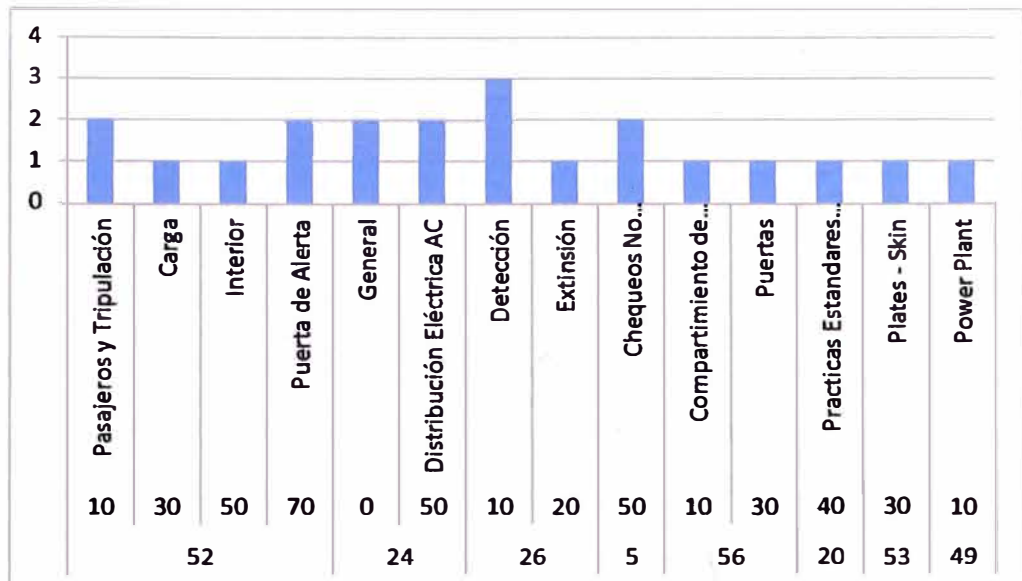
Gráfico 5.22: Reportes de ATA 34, 28, 29, 30, 36



Entre los eventos más repetitivos tenemos reparaciones de:

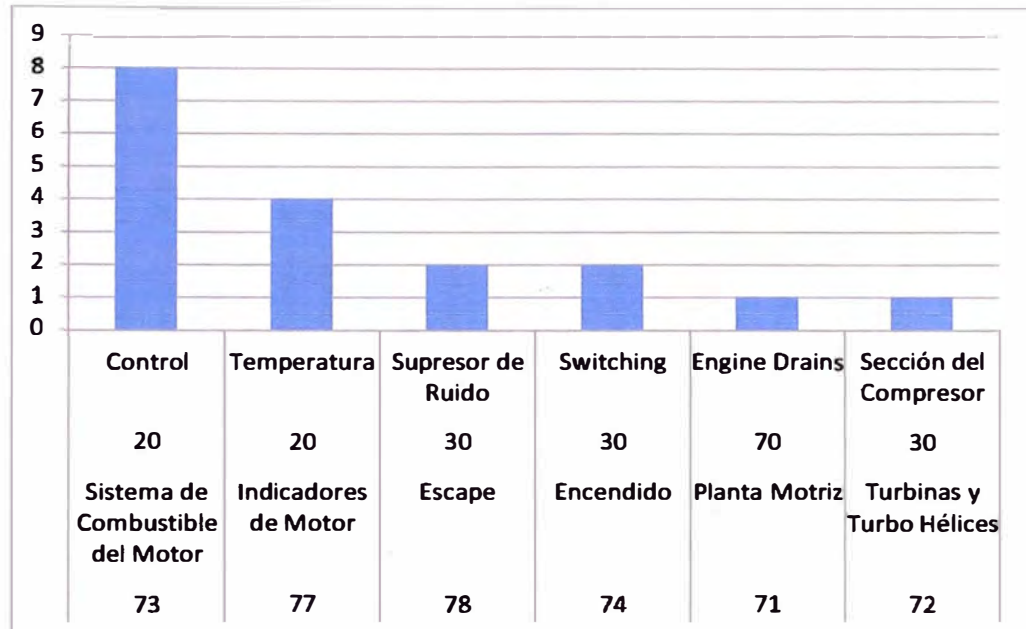
- ATA 34, ILS, Weather Radar, TCAS.
- ATA 28, Fuel Panel Pumps, Tanks.
- ATA 29, Power Transfer Unit (PTU), RAT.
- ATA 30, Anti Ice Windshield.
- ATA 36, Engine Bleed Air.

Gráfico 5.23: Reportes por ATA 52, 24, 26, 5, 56, 49, 53 y 20



Entre los eventos más repetitivos tenemos reparaciones de:

- ATA 52, Cockpit doors, Cargo Doors.
- ATA 24, IDG, CIDS.
- ATA 26, Smoke Detectors.
- ATA 5, Bird Strike Inspections.
- ATA 56, Bird Strike in Windows.

Gráfico 5.24: Reportes de ATA de Motor 73, 77, 78, 74, 71 y 72

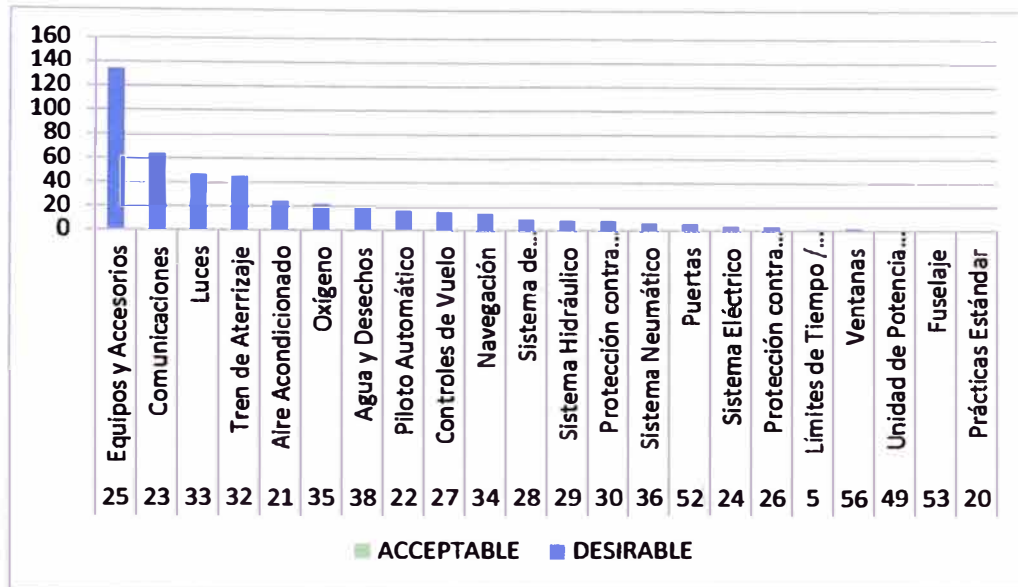
Entre los eventos más repetitivos tenemos reparaciones de:

- ATA 73, Engine 2 Sensor.
- ATA 77, Engine Erroneous Indication.
- ATA 78, Engine Thrust Reverser.
- ATA 74, Ignition Engine.

Análisis de Impacto:

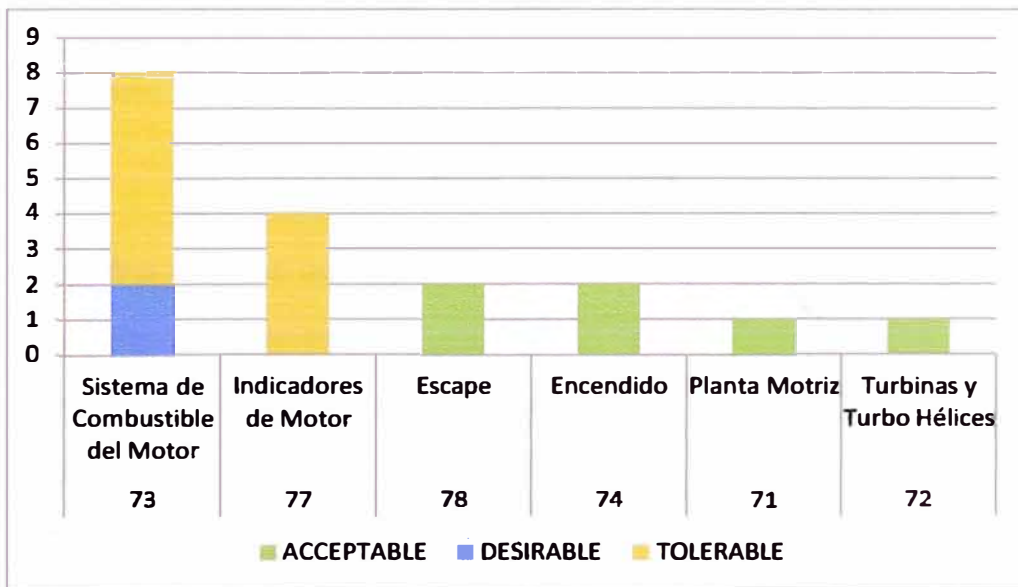
En el gráfico 5.25 se evalúa cada evento según impacto o severidad de acuerdo a los mismos criterios anteriormente descritos: Cumplimiento Regulatorio, Seguridad de Vuelo, Confiabilidad Operacional, Lesiones Físicas, daños a Activos e Incrementos Potenciales de Costo o Pérdidas de Ingresos. Procederemos a evaluar los reportes de mantenimiento no programado.

Gráfico 5.25: Evaluación de Riesgos de Eventos



Del gráfico 5.25, vemos que la mayoría de eventos tienen una evaluación de deseable lo que nos dice que están controlados pero debe de monitorearse para futuras identificaciones de riesgo.

Gráfico 5.26: Evaluación de Riesgos de Eventos de Motores

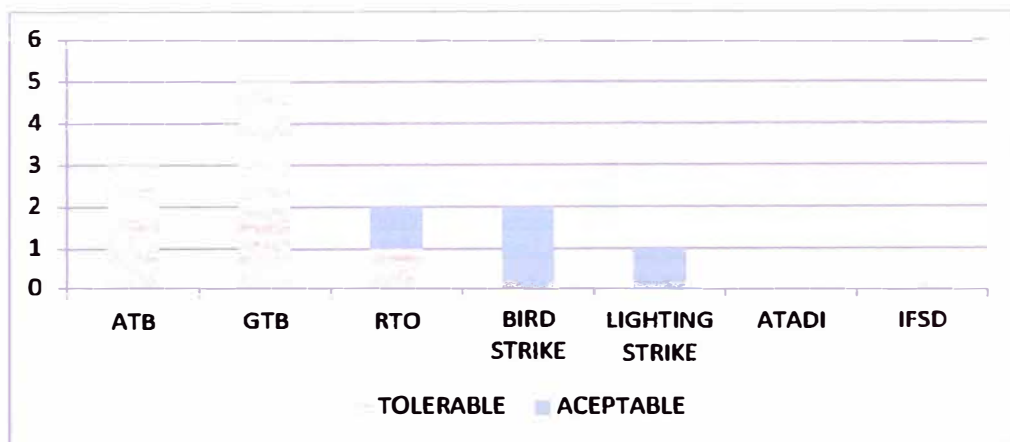


Los eventos relacionados a los motores son descritos en el gráfico 5.26, vemos que existen eventos con categoría tolerable lo cual requiere que se le dé una acción. Entre esos eventos se tiene:

- Sensores de Combustible del Motor
- Mala lectura por parte de indicadores del motor.

Ya que los datos de los reportes no rutinarios nos dan una idea del comportamiento y frecuencia de reportes por ATA, será necesario hacer una evaluación a los eventos especiales (ver gráfico 5.27) para encontrar deficiencias u oportunidades de mejora en el sistema de mantenimiento.

Gráfico 5.27: Evaluación de Riesgos de Eventos Especiales



Del gráfico tenemos que los eventos más severos que necesitan de una acción correctiva son:

- Engine EGT, Engine Compressors
- Intercommunication System
- Flight Control Servo Elevators.

5.3 FORMULACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

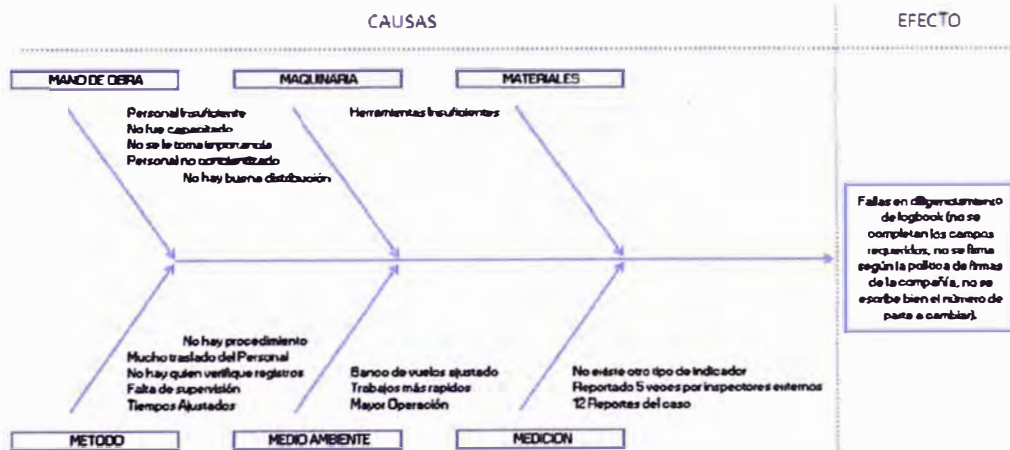
Para la formulación de las acciones correctivas será necesario hacer un análisis de causa raíz de los casos y monitorear la eficacia de las acciones correctivas.

5.3.1 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ A LOS REPORTES DE ALTO RIESGO

1) Reportes de Mantenimiento de Línea

Aplicando el método de Ishikawa para los 3 reportes de calidad obtenemos las mismas causas descritas en el gráfico 5.28.

Gráfico 5.28: Ishikawa – Falta de Diligenciamiento de Logbook



Luego de la corroboración de los análisis con las respectivas áreas, se encontró como causa raíz lo siguiente:

- a) Personal Insuficiente: se revisaron la información de los bancos de vuelo y se tiene lo siguiente en el banco 2 descrito en la tabla 5.5:

Tabla 5.5: Distribución de Banco de Vuelos más Crítica

DES T	VLO	HIL	HSAL	08:45	08:50	08:55	09:00	09:05	09:10	09:15	09:20	09:25	09:30	09:35	09:40	09:45	09:50	09:55	10:00	10:05	10:10	10:15	10:20	10:25	10:30	10:35	10:40	10:45	10:50	10:55	11:00	11:05	11:10	11:15					
1	CUZ	837	09:02					00:33																															
2	JUL	801	08:40	00:55																																			
3	CUZ	809	09:05					00:50																															
4	CUZ	805	09:25									00:55																											
5	MIA	962	09:00					01:20																															
6	CCS	924	09:20									01:05																											
7	UIO	134	09:15									01:17																											
8	SAL	416	09:00					01:30																															
9	EZE	967	09:10									01:25																											
10	MEX	960	09:00					01:37																															
11	HAV	958	09:30									01:00																											
12	GYE	930	09:15									01:25																											
13	SJO	624	09:15									01:35																											
14	BOG	132	09:05									02:00																											
15	CUZ	807	10:30																								00:50												

Sumando los tiempos necesarios para atender los bancos de vuelos más críticos obtenemos 17:27 horas, vemos que necesitamos 14 técnicos y los turnos disponen de 14 mecánicos DGAC, 4 mecánicos FAA, 1 Supervisor y 2 Inspectores de Calidad. De esta manera demostramos que la programación está exacta para atender la flota en línea. Se propone evaluar la efectividad de tiempos (analizar tiempo programado vs realizado)

- b) Falta de entrenamiento del personal: Se encontró que el personal programado no está asistiendo a cursos (ver tabla 5.6), ya que se programa a 4 personas de línea para entrenamiento recurrente cada mes. Efectivamente, revisando los entrenamientos se encontró lo siguiente:

Tabla 5.6: Cronograma de Asistencia a Entrenamientos

	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14
ASISTENCIA	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	3	2	5
FALTAS	0	0	0	1	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1

Vemos que efectivamente la cantidad de Inasistencias ha aumentado lo que implica que personal no está asistiendo. Se evidenció que el personal no estaba asistiendo porque no era autorizado por sus jefes a asistir, entre las personas que no asisten están incluso los mismos jefes, supervisores e inspectores de calidad, y en algunos casos han llegado a vencer sus cursos recurrentes inhabilitándolos para firmar cualquier documento. Esto conlleva a falta de personal en los turnos y por ende en un trabajo más corto.

- c) Falta de Supervisión: La dejadez de no completar correctamente los logbook se debe a la facilidad del mismo y a la falta de una supervisión. Se instruyó a los supervisores a que verifiquen los logbook eventualmente. No diligenciar un

logbook correctamente implica multas y faltas graves ante la autoridad incurriendo en pérdida de la licencia de operación.

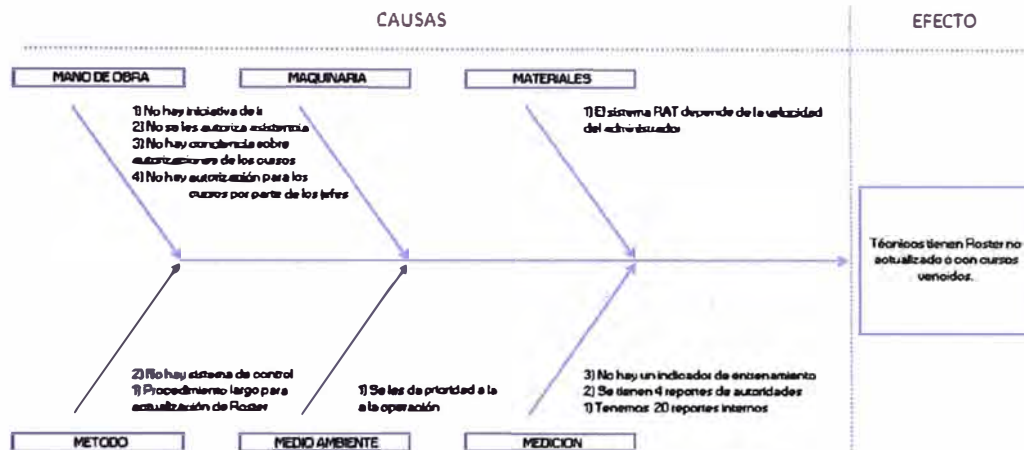
- d) Falta de Conciencia del personal: Se ha logrado que en cada briefing antes de empezar el trabajo, el supervisor haga un recordatorio diario de lo mismo.

- e) Aumento de la Operación: Se demostró que la operación es justa para la flota en Lima, pero no se consideró a los clientes (JetBlue, Tampa, Sky Airlines, Aerogal, Avianca) que también implican una asignación del personal. Por lo que se asignó 4 mecánicos más para atender la operación de cada uno lo que significa estar con el personal a la justas (14 para línea, 4 para Clientes). Esto significa que de presentarse un evento, estamos con personal limitado para atenderlo.

2) Reportes de Control de Calidad

En el gráfico 5.29 se presentan el diagrama de Ishikawa para los 2 reportes:

Gráfico 5.29: Ishikawa – Roster Desactualizados



Según el análisis, se encontró lo siguiente como causas raíces:

- No hay iniciativa de asistir y recordar cursos por parte del personal: descrito en el caso anterior.
- No se autoriza asistencia a cursos: Se encontró que los jefes dan preferencia a la operación al no autorizar al personal a cursos y reprogramándoles en fechas posteriores (ver tabla 5.7). Esto evidencia la falta de comprensión de la necesidad de certificación para la realización de trabajos.

Tabla 5.7: Cuadro de Asistencia a Cursos por Parte de Mantenimiento

Non Emp	Grupo	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14
ARROYO PAEZ, ROMEL ARTURO	MTO	A									
JARA AHUMADA, CARLOS HERNAN	QC	F	A								
HERNANDEZ QUISPE, LEONEL EDGAR	MTO	A									
SANJINEZ ALAVA, ANGEL	MTO	A									
SULLCA ORE, CHRISTIAN JORGE	MTO	A									
APARICIO GUILLEN, MARCIAL RAFAEL	MTO		A								
KJURO PAREJA, FRANK	MTO		A								
SOYTUQUE MEZA, JOSE LUIS	MTO		A								
CAMACHO PELOSI, EDWARDS	MTO		F		A						
KONG HERNANDEZ, JENNY YUN LAM	MTO			A							
SUCLUPE HUAYNA, FELIPE AUGUSTO	MTO			A							
YLLAPUMA HUAYHUATA, HECTOR JUVENAL	MTO			F	A						
PUMAYALLI OLIVERA, WASHINGTON	MTO			F	A						
MECHAN TANTAULCA, FERNANDO ENRIQUE	QC				F	A					
APARICIO GUILLEN, MARCIAL RAFAEL	MTO				A						
MANCO KANCHA, JORGE LUIS	MTO				F		A				
VASQUEZ ESPINOZA, CARLOS ENRIQUE	MTO				F	A					
ARANDA AGUIRRE, ISAIAS FRANKLIN	MTO					A					
MEGGO CORNEJO, GROVER RODOLFO	MTO					A					
VERA CENTENO, JOSE RENSO	MTO					F		A			
CARDENAS QUISPE, FREDDY	MTO					F					
ARELLANO ABAD, ALBERTO	MTO						A				
MEJIA BALDARRAGO, HARRY	MTO						A				
VERA CENTENO, JOSE RENSO	MTO						A				
CHAMBERGO ALTAMIRANO, DANIEL	MTO						F		A		
MORI TORRES LARA, CRISTIAN	QC							F	A		
CAAMAÑO ROMAN, BRUNO HORACIO	MTO							A			
MONTOYA MORI, OSCAR JASON	MTO							A			
ZUMAETA CASTILLO, CARLOS FERNANDO	MTO							A			
CANO SALAZAR, HANS RANDY	MTO								A		
MORA MEZA, MAURICIO	MTO								F		A
ROSAS GUEVARA, JOSE MARTIN	MTO								F		A
CASTAÑEDA HUANCA, LUIS MARTIN	MTO									A	
MORI SILVANO, ANTONIO	MTO									A	
DIEZ VASQUEZ, JORGE CHRISTOPHER	MTO									F	A
PALOMINO CAPCHA, ALBERTO	QC										F
CHAMORRO LOPEZ, ABRAHAM JACOB	MTO										A
OCAS VELASQUEZ, CARLOS MANUEL	MTO										A

Como acción de mejora se ha sugerido que en los briefings los supervisores hagan un recordatorio de los cursos.

c) Procedimiento para actualización de Rosters: Se tiene que los procedimientos para actualización de Roster (ver gráfico 5.30) es muy largo ya que requiere las aprobaciones de personas en otras áreas. El gráfico 5.31 muestra un Ishikawa de las desactualizaciones de los manuales.

Gráfico 5.30: Creación de Roster y Authority Delegation

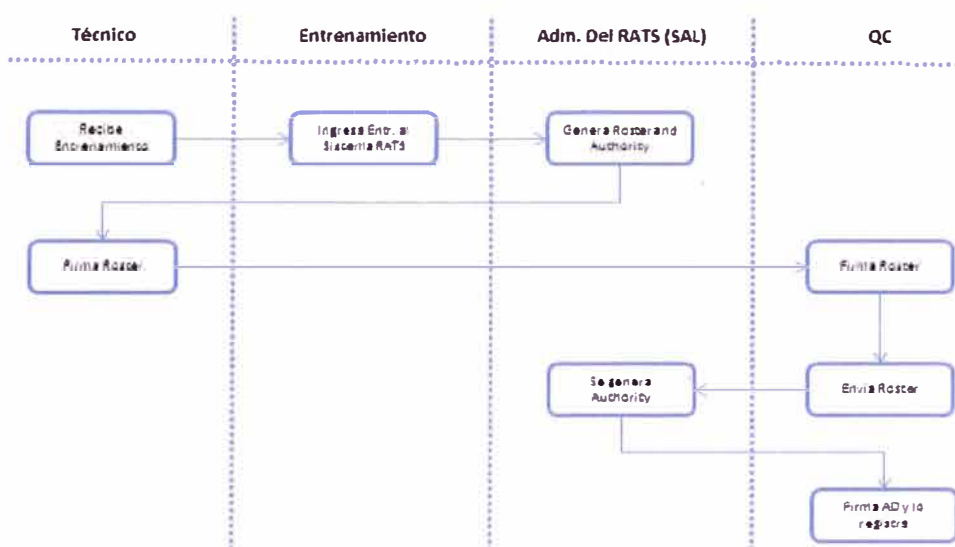
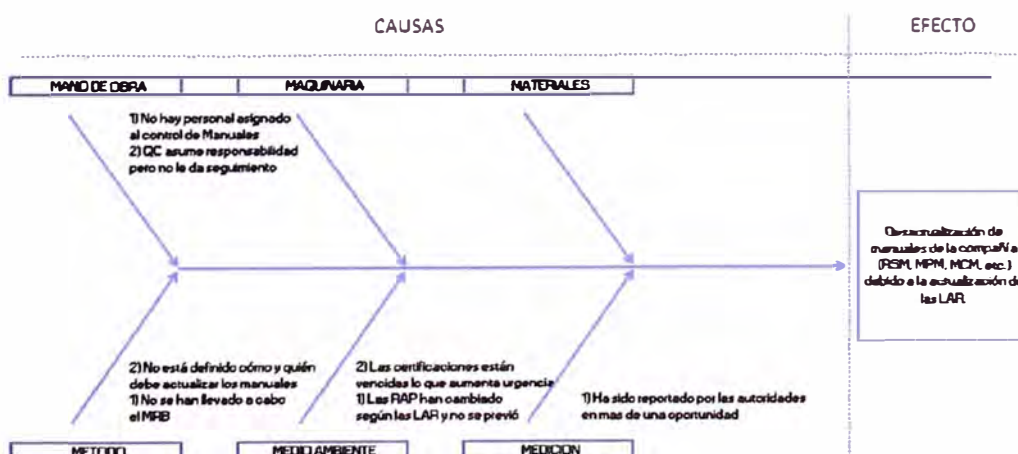


Gráfico 5.31: Ishikawa por Desactualización de Manuales



- a) No hay una persona responsable designada: Durante la revisión inmediata no se ha especificado quién y con qué frecuencia hace la revisión de los manuales. Se procedió a designar al área del Control de Calidad mientras se encuentra a un designado.

- b) No hay seguimiento: Se procedió a crear las reuniones MRB para gestionar los cambios de los manuales cada 2 meses después de las actualizaciones respectivas.

3) Reportes de Entrenamiento

Al analizar el reporte de entrenamiento, encontramos que es un tema más de la operación ya que el sistema y entrenamiento mandan la alerta de vigencia de los cursos con 3 meses de anticipación. Se le considerará la misma causa raíz que a los reportes de Control de Calidad.

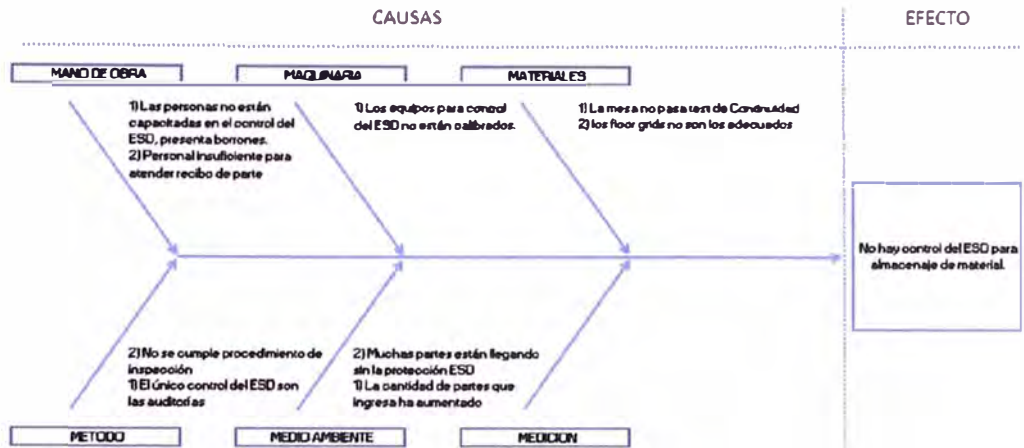
4) Reportes de Planeamiento

El reporte de disponibilidad de personal para Registros Técnicos ya fue solucionado y no se considerará para el análisis al ser un caso puntual, pero estará dentro del registro de seguimiento para ver su estado.

5) Reportes de Almacén

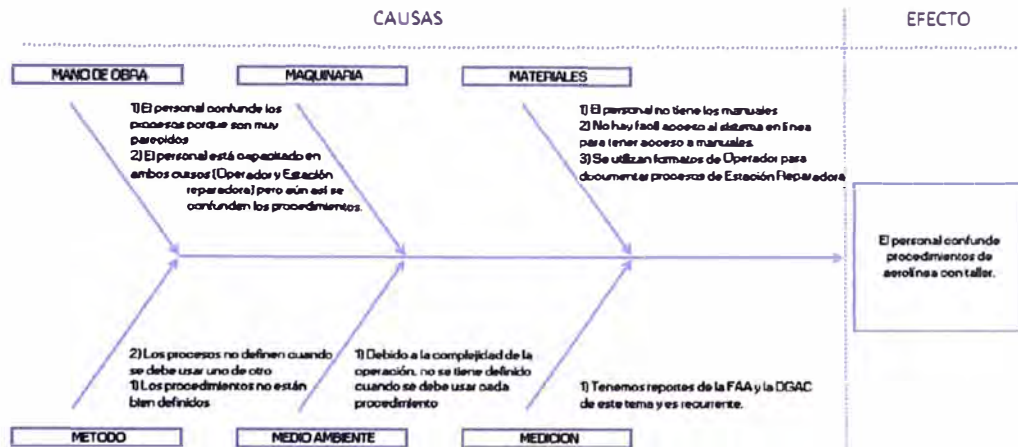
Analizaremos el Ishikawa (ver gráficos 5.32, 5.33 y 5.34) a los siguientes reportes:

Gráfico 5.32: Ishikawa – No hay Control del ESD



- Las personas no están capacitadas: Se verificó con entrenamiento y se corroboró que efectivamente las personas están capacitadas.
- Personal insuficiente para atender recibos de partes: Se verificó que el personal es insuficiente ya que el número de partes ha aumentado al doble desde hace 6 meses.
- No se cumple con el procedimiento de Inspección: El personal no cumple el procedimiento de inspección tal cual debido a la atención de partes en cuarentena.

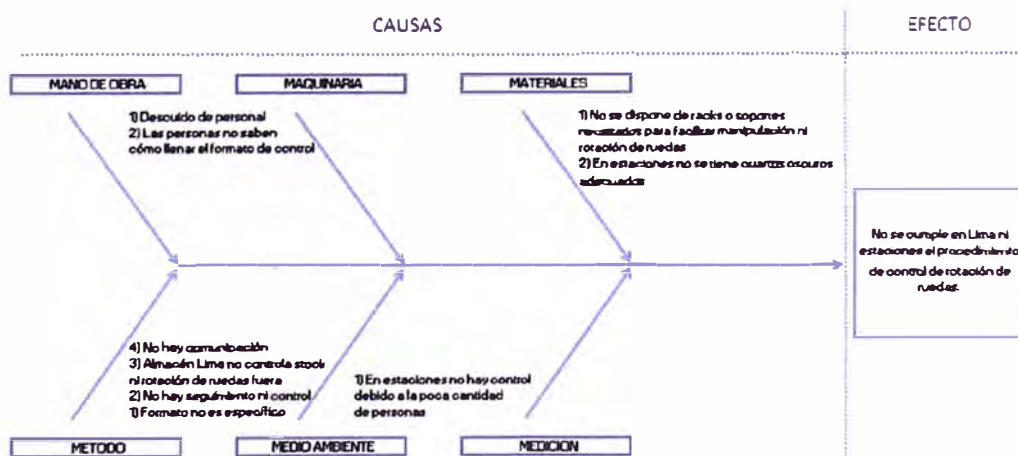
Gráfico 5.33: Ishikawa – Confusión de Procedimientos



a) Personal confunde procesos: Se revisó que el personal confunde los procedimientos ya que estos no están definidos debido a la desactualización de los manuales, por lo que sigue las causas descritas anteriormente.

b) Personal confunden uso de procedimientos: No está definido el momento que deben usarse ambos procedimientos.

Gráfico 5.34: Ishikawa – Falta de Cumplimiento en Rotación de Ruedas.



- a) Descuido del Personal: Este descuido se debe a que falta designación oficial y falta de supervisión por parte del almacén en las estaciones. Se procedió por designar a almacén Lima para que controle el estado, stock y rotación de ruedas.
- b) Formato para control de ruedas no es claro ni específico: El procedimiento para rotación de ruedas dice que deben rotarse anualmente, pero no dice cuántos grados ni sobre qué referencia. Se coordinó con el proveedor "MICHELLIN" para que nos dé las especificaciones técnicas para el almacenaje (ver gráfico 5.35).

Gráfico 5.35: Recomendaciones para almacenaje de ruedas.

CHAPTER 3 - RECEIVING AND STORING AIRCRAFT TIRES

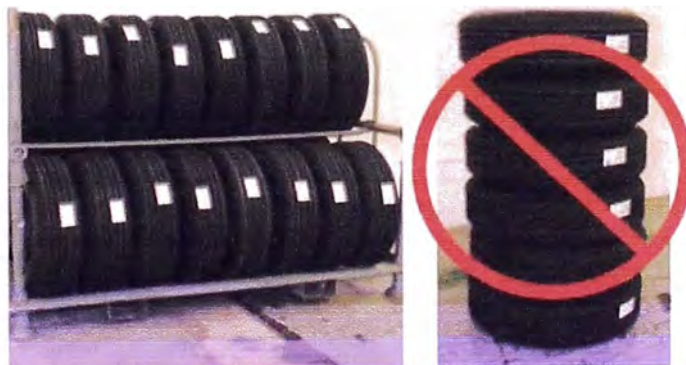


Figure 305. Store Tires Vertically in Racks (Left). Tires Stacked Horizontally (Too many tires) (Right).

- .49. When tires are stored for long term (approximately 1 year or longer), it is recommended that tires be rotated periodically to prevent distortion in the tread area.
- 9.3 If tires must be stacked on top of each other, sidewall to sidewall, they should not be stacked for more than 6 months.

El proveedor recomienda rotarlas anualmente sin especificar grados ni posición lo que queda a decisión del usuario, por lo que se coordinó que se rote 90° cada 6 meses, indicando gráficamente un punto de referencia.

- c) No se dispone de racks para facilitar almacenaje y rotación: El Almacén proveerá racks para almacenaje de rudas así como cuarto oscuro. Tal como lo solicitó el proveedor.

5.3.2 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ A LOS EVENTOS DE ALTO RIESGO

Nuestro análisis se centrará en los reportes del ATA 73 (Sistema de Combustible de los motores) este fue también causante de retornos a toma según lo mostrado en los gráficos 5.26 y 5.27. Para ello aplicaremos el método AMEF descrito en la tabla 5.8, 5.9 y 5.10.

Tabla 5.8: AMEF de Fallas en el Sistema de Combustible del Motor

ATA 73

MCC: HOJA DE REGISTRO DEL AMEF.		SISTEMA: Sistema de Extrusión			Facilitadores: Carlos Valenzuela		
Sub - Sistema: Sistema de Combustible del Motor		EQUIPOS PRINCIPALES : EIU FADEC			Fecha de Inicio: Fecha de culminación: # reuniones:		
#	Estándar de ejecución - FUNCION	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla	Efecto de Falla
1	El Engine Interface Unit (EIU) se encarga de comunicar los throttle control levers y ECAM	1A	No se llegue a la temperatura de trabajo	1A1	Mensaje de Falla en ECAM: "ENG 2 EIU FAULT"	1 vez al año	Falta de comunicación de datos de parámetros del motor, no se pueden accionar los THRUST REVERSER.
2	El Full Authority Digital Engine Control (FADEC) controla el motor y es la interface con las señales del avión. El FADEC controla el motor optimizando el empuje y operación del motor. El FADEC controla: El controlador de Potencia, Variable Bleed Valve (VBV), Variable Stators Vane (VSV), Transient Bleed Valve (TBV), Fuel Control Regulation, High Pressure Turbine Active Clearance Control (HPTACC), Low Pressure Turbine Active Clearance Control (LPTACC), Fuel Return Valve.	2A	Mala indicación de sensores	2A1	Mensaje de Falla en ECAM: ENG 2 SENSOR FAULT	1 vez cada 3 meses	Falla la comunicación de datos y control del motor. No se pueden operar los sistemas que controla.
				2A2	Mensaje de Falla en ECAM: ENG 2 SENSOR FAULT	1 vez cada 3 meses	No hay datos sobre parámetros del motor, no aparece en pantalla
		2B	Falla del Electronic Engine Control (EEC)	2B1	Mensaje de Falla en ECAM: ENG 2 SENSOR FAULT	1 vez cada 3 meses	No ay comunicación de datos del control del motor y de los parámetros del motor

De la tabla podemos ver los distintos modos de fallas y la frecuencia que se tienen a lo largo del año pasado. Vemos que estos eventos se dieron en el N491TA. Se procede a evaluar los incidentes (Según la lista de criterios detallada en los Anexos) para poder planificar la acción de respuesta de la siguiente manera:

Tabla 5.9: Ponderación de Eventos AMEF ATA 73

Parte			Nivel de Ocurrencia	Nivel de Detección	Nivel de Severidad	Puntaje Ponderado	Tarea a Programar	Descripción de la tarea
1	A	1	3	6	8	17	Preventivo - Correctivo	Realizar un Ground Escanning
2	A	1	6	7	8	21	Preventivo	Realizar test operacional del FADEC
2	A	2	6	6	6	18	Preventivo - Correctivo	Realizar test y cambio de sensores
2	B	1	6	7	8	10	Correctivo sin Mantenimiento	Se realiza test de prueba y marcha, en todo caso cambio

Luego de ello se procede con formular las acciones, asignar frecuencias y responsables tal cual la tabla siguiente:

Tabla 5.10: Plan de Acción a Eventos AMEF ATA 73

#	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Número óptimo de repuestos / APT SPARES	Personal	Tipo de Detección
1	Realizar un TSM 73-20-00-810-836-A	Se hizo un GROUND SCANNING al EIU 2	Cada vez que suceda el evento	ninguno	Mecánico	Con Instrumentos
2	Realizar un TSM 73-22-00-810-868-A para realizar un test operacional al FADEC	Realizar Test operacional del FADEC	Cada vez que suceda el evento	ninguno	Mecánico	Con Instrumentos
	Realizar un TSM 73-22-00-810-868-A para realizar un test operacional al FADEC	Revisar estado de sensores y cambiar (Pressure Sensor) AMM 73-22-49-220-040-A	Cada vez que suceda el evento	ninguno	Mecánico	Visual
	Realizar un TSM 73-22-00-710-040-A EEC System Idle Test	Se realiza el Test de prueba y marcha del EEC	Cada vez que suceda el evento	ninguno	Mecánico	Con Instrumentos

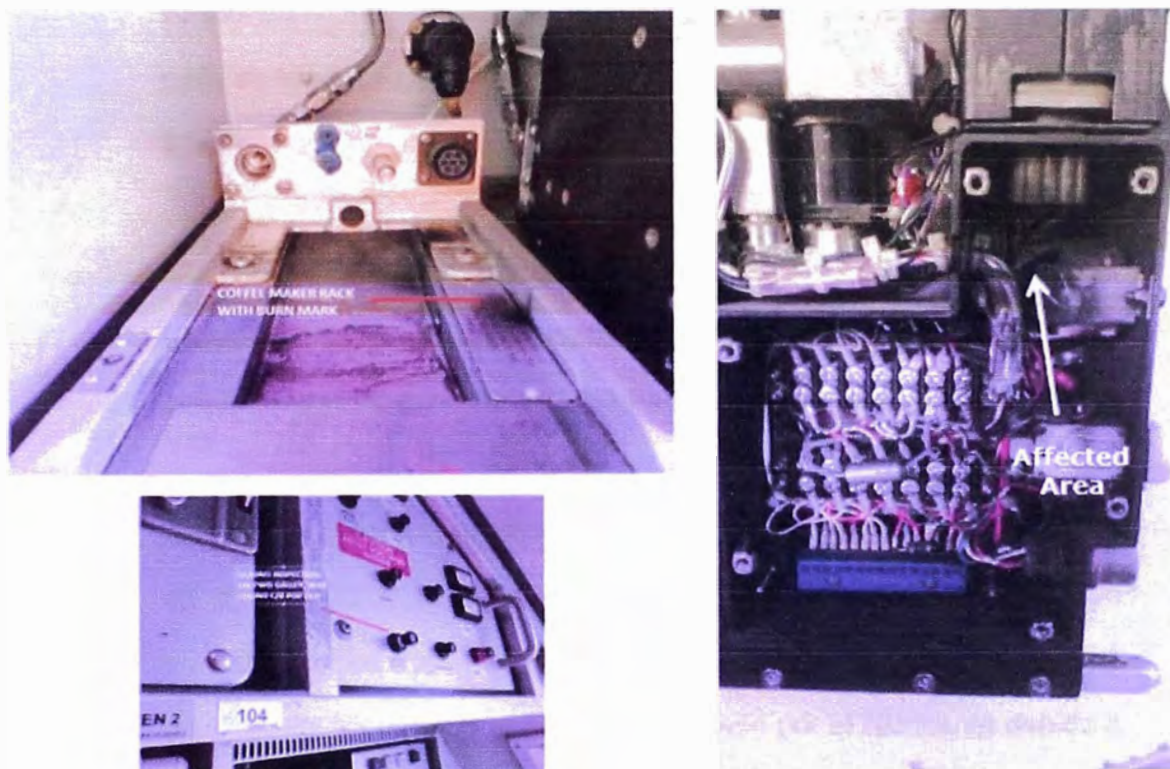
Una vez identificadas las causas y las acciones, se procede a implementar las acciones y registrar los eventos.

Procedimiento para Evaluación de Eventos Especiales: Siguiendo el procedimiento descrito en el gráfico A.1, se desarrollarán los siguientes casos como ejemplo:

Caso N492TA (Intercambiable) ATADI: en vuelo LIM – SAL el 11 de Octubre, la aeronave se desvía de su curso a la base en MGA por evidencia de humo en los galleys trasero y delantero.

Se realizó el Trouble Shooting "Identification of the cause of cabin odors or smoke" 05-50-00-810-831-A y se identificó que el causante del fuego fue una de las cafeteras del Galley delantero. Se encontró encendido el circuit breaker que controla la cafetera, ver gráfico 5.36.

Gráfico 5.36: Cafetera con Quemaduras



El área de mantenimiento procede a diferir el reporte según el MEL 25-22-03 Categoría D.

El 15 de Octubre se inspeccionó la cafetera en el taller y se descubrió que el humo provino del Relay que controla la potencia de la cafetera (P/N: RL-119). Se envió al fabricante para que evalúe la falla, y se

recibió como respuesta del fabricante que las cafeteras más recientes vienen con un relay distinto (P/N: RL-50035).

Causa Raíz: Relay antiguo genera recalentamiento (por confirmar según reporte del fabricante (TDR).

El fabricante B/E Aerospace recomienda cambiar los relays antiguos para no tener el mismo problema y lo hace en la SIL 3510-0032-SIL-01 por lo que como acción para la flota se verificó que las 3 aeronave

Caso N684TA (Intercambiable) ATB: en vuelo GIG – LIM el 15 de Octubre, la aeronave retoma a toma por una indicación en el ECAM de alta temperatura del combustible mientras estaba en fase de crucero.

Cuando la aeronave regreso a Rio de Janeiro, se realizó el TSM 28-42-00-410-843-A sin encontrarse nada anormal en el sistema de combustible, se trató el tema como un mensaje spurious, ver gráfico 5.37, o falla no real. Lo cual fue corroborado por el fabricante debido a alta frecuencia.

El fabricante Airbus tiene conocimiento del caso por lo que se espera una mejora para eliminar la interferencia del HF.

Causa Raíz: Sistema sensible a alta frecuencia da mensajes erróneos.

Se informó a la tripulación a que esté atento al mensaje L (R) OUTER TK HI TEMP para que lo tome como mensaje spurious y no regrese a toma.

Gráfico 5.37: TSM de alta temperatura en tanque de combustible

TASK 28-42-00-810-843-A
Fuel High/Low Temperature Configuration Warning, Left(Right) Outer Cell

WARNING: OBEY THE FUEL SAFETY PROCEDURES.

1. Possible Causes
 - configuration warning
 - Overpressure protector 102QM (103QM)

2. Job Set-up Information

- A. Referenced Information

REFERENCE	DESIGNATION
28-12-00-810-804-A	Fuel - Tank Venting, L(R) Wing Tank (Outer Cell) Overpressure Protector 102QM(103QM) Broken
28-42-00-810-816-A	Fuel Quantity/Temperature Probe 33QT1(2), Left(Right) Wing Tank

3. Fault Confirmation

Subtask 28-42-00-710-092-A

- A. During normal operation of the FQIS/FWC/DMC this is a configuration warning . The temperature of the fuel in the outer cell is more or less than the limit for safe operation of the aircraft in flight. It is not a warning of a system/LRU failure or malfunction.
If in flight phase 02 or 06 L (R) OUTER TK HI TEMP is shown. This indication could be spurious and related to HF interference.
Follow the maintenance instruction in Fault Isolation.

Caso N495TA (Intercambiable) RTO: en vuelo TPP – LIM el 9 de Noviembre, la aeronave no despegó por una indicación en el ECAM de falla en el generador 1, se difirió según MEL 24-24-01 y generó una demora de 61 minutos.

Luego se reemplazó el IDG 1 y se está a la espera de las pruebas operacionales. El IDG cambiado tenía 1215 FH cuando el MTBUR es de 21525 FH.

El IDG cambiado viene de intercambio con AJW el cual fue reparado por Sabena Technics Aerospace. Se ha enviado el IDG a Barfield (otro proveedor ya que el anterior proveedor había tenido reincidencias en fallas de IDG).

El 11 de noviembre, mientras se efectuaba la reparación del diferido IDG 1, se detectó delaminación del Translating Sleeve Inner Barrel de la Reversa del Motor 1.

Se espera que venga el Translating Sleeve Inner Barrel del proveedor para saber la causa de delaminación (ver gráfico 5.38).

Gráfico 5.38: Delaminación del Translating Sleeve de la Reversa

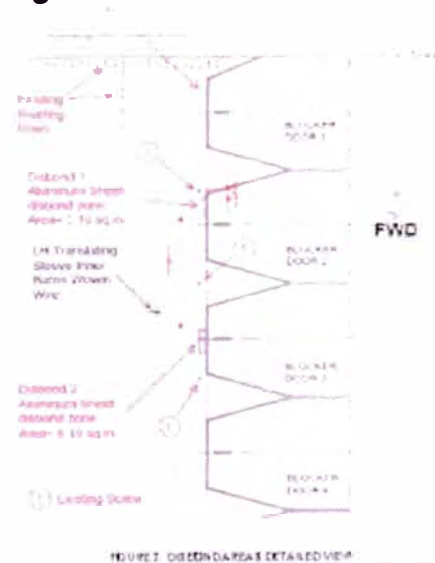
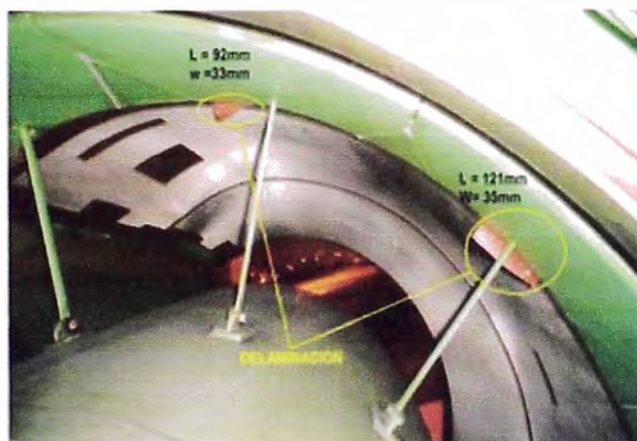


FIGURE 5.38: DELAMINATION DETAILS VIEW

5.3.3 IDENTIFICACIÓN DE INTERCONEXIÓN ENTRE PROCESOS

Las comparaciones entre los análisis de reportes de auditorías y eventos operacionales no tienen correspondencia alguna por lo que se formularán acciones correctivas independientes.

5.3.4 FORMULACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Se han tomado las acciones del análisis de Causa Raíz. Se presentan y discuten las acciones en comités denominados Comité CASS en los cuales se presentan los casos, se profundizan los análisis, se toman acciones y se dan seguimientos. De lo anterior se describe en la tabla 5.11.

Tabla 5.11: Cuadro de Asignaciones de Comité CASS

Tema de la Agenda	Tarea	Responsable	Vencimiento
Personal desconoce diferencias entre RAP 121 y RAP 145 aplicada a sus respectivas áreas durante el transcurso de auditorías externas	Propuesta: Preparar una presentación entre las diferencias de la RAP 121 y RAP 145 a sus respectivas áreas.	Humberto Wong, Manuel Manrique, Edgar Hurtado y Enrique Arguedas	28-mar-14
Se evidencian muchos reportes de auditorías externas en el área de recibo	Propuesta: Enviar reportes de recibo a Eduardo e invitarlo a participar de la próxima reunión.	Carlos Valenzuela	28-feb-14
Necesidad de enviar la revisión del RSM a FAA para el cierre de los 15 reportes asignados	Propuesta: Reunirse con John Paez y Carlos Valenzuela para hacer las correcciones levantadas por QA y por la FAA.	Edgar Hurtado	28-feb-14
Falta de control de mantenimiento de GSE	Propuesta: enviar un correo a Gustavo Aristizbal consultando por el alcance de las responsabilidades de Camen en GSE	Oliver Pardo	03-feb-14
Gran cantidad de reportes asignados al mal llenado de los logbook por parte de los mecánicos.	Propuesta: Coordinar con Marvin el refuerzo de entrenamiento para el correcto diligenciamiento del logbook.	Carlos Valenzuela	07-feb-14
Falta de Control de Herramientas y Rotación de Ruedas en Estaciones	Propuesta: Mejorar el formato de "Control de Rotación de Ruedas" y "Formato de Inventario de Estaciones"	Humberto Wong,	30-abr-14
Necesidad de certificar las herramientas y GSE.	Propuesta: Enviar información de Certificación de GSE a Camén Espinoza.	Edgar Hurtado	12-mar-14
Necesidad de enviar la revisión del RSM a FAA para el cierre de los 15 reportes asignados	Propuesta: Enviar el RSM a FAA	Edgar Hurtado	30-abr-14
Los mecánicos no completaron el formato Read&Sign de TAMPA.	Propuesta: Coordinar con Jorge Ampuero para que se asigne a un responsable del área para las firmas, entregas las listas y solicitarlas después de 4 días.	Carlos Valenzuela	30-abr-14
Almacén de TAMPA no tuvo control por falta de asignación de responsable	Propuesta: Gestionar cierre del almacén,	Humberto Wong,	30-abr-14
Alta cantidad de Reportes asignados al área de recibo	Propuesta: Enviar a Eduardo los reportes asignados al área de recibo,	Carlos Valenzuela	14-mar-14
Mecánicos en estaciones tienen cursos vencidos	Propuesta: Analizar con Marvin el proceso de programación	Carlos Valenzuela	17-mar-14
Mecánicos en estaciones no saben cómo buscar manuales ni ver sus cursos en Enlace	Propuesta: Indicar a mecánicos que la responsabilidad de estar pendiente del vencimiento de sus cursos es de ellos, recordarles los links para ingreso a manuales y enlace.	Manuel Manrique	30-abr-14
Personal desconoce diferencias entre RAP 121 y RAP 145 aplicada a sus respectivas áreas durante el transcurso de auditorías externas	Propuesta: Se propone realizar el MRB el día 30 de Abril para presentar a todas las jefaturas los cambios en el RSM y luego de ello hacer la presentación.	Edgar Hurtado	30-abr-14

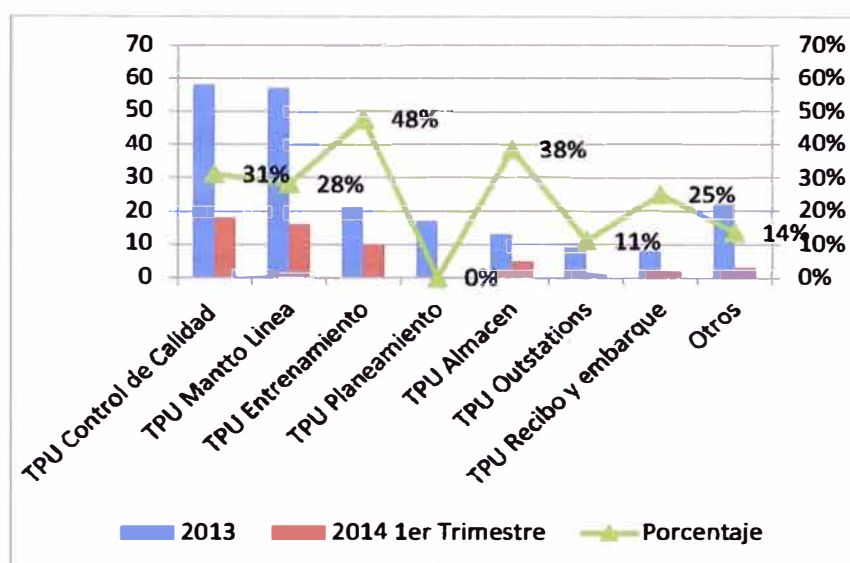
5.4 SEGUIMIENTO

5.4.1 SEGUIMIENTO A REPORTES DE AUDITORIAS

5.4.1.1 Auditorías Internas

Se analizará el comportamiento y repetitividad de reportes por áreas descritos en el gráfico 5.39.

Gráfico 5.39: Reporte de Auditorías Internas 2013 vs 2014



Del gráfico 5.39 podemos observar que la cantidad de reportes ha aumentado con respecto a la cantidad del año pasado siendo. Este año se tienen 57 reportes contra los 245 reportes de auditorías internas generados el año 2014. Eso se debe a que tenemos ahora 3 auditores de QA quienes a su vez auditan más áreas, ya que al año pasado para la misma fecha se tienen 8 auditorías con 18 reportes y este año se tienen 15 auditorías con 57 reportes. También es

bueno recalcar que el año pasado se hicieron 60 auditorías y este año se han proyectado realizar 93.

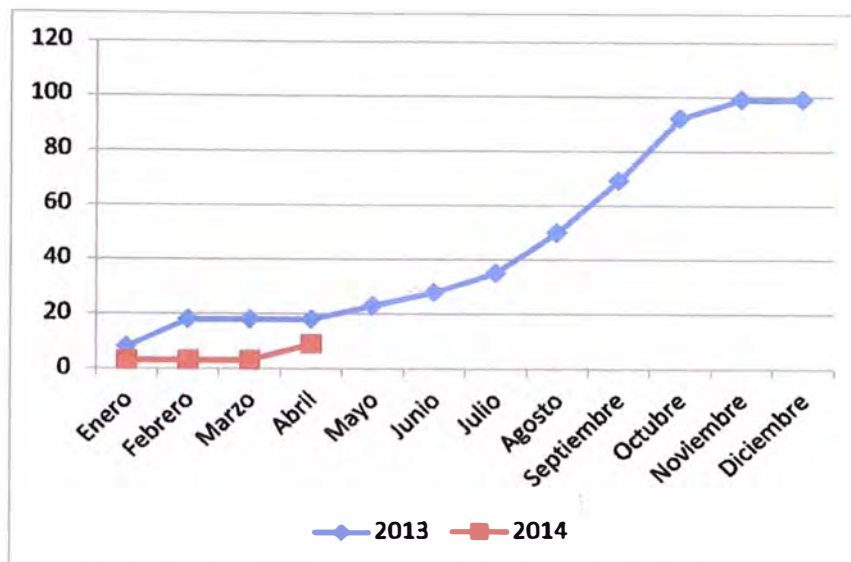
En lo que es el tema de reportes, se tiene:

- Personal en estaciones sin cursos recurrentes (Outstations) (Recurrente)
- Fallas en procedimientos de almacenaje y recibo de material aeronáutico.
- Inspectores firman sin estar habilitados. (Recurrente)
- No hay cumplimiento de almacenaje de Ruedas (Recurrente).
- Faltan procedimientos de actualización de manuales. (Recurrente)

5.4.1.2 Auditorías Externas

Se procederá a hacer el mismo análisis a las auditorías internas tal cual lo describe el gráfico 5.40.

Gráfico 5.40: Evolución de Reportes de Auditorías Externas 2013 vs 2014



Del gráfico 5.40 podemos ver se tienen menos reportes (9) que el año pasado (99) teniendo 4 inspecciones realizadas, lo que significa una preparación del equipo ante la autoridad.

Entre los reportes más significativos tenemos:

- Control del formato Read & Sign.
- Documentación de herramientas.

Tenemos también los siguientes indicadores de respuesta a auditorías mostrados en la tabla 5.12.

Tabla 5.12: Indicadores de Estado de Reportes Externos por áreas 2014

Área	Tiempo de Respuesta
TPU Almacén	30 días
TPU Publicaciones	30 días

De lo que tenemos:

$\%Cumpliment_{Aud.Externas} = 100\%$ (Mejora del 6%)

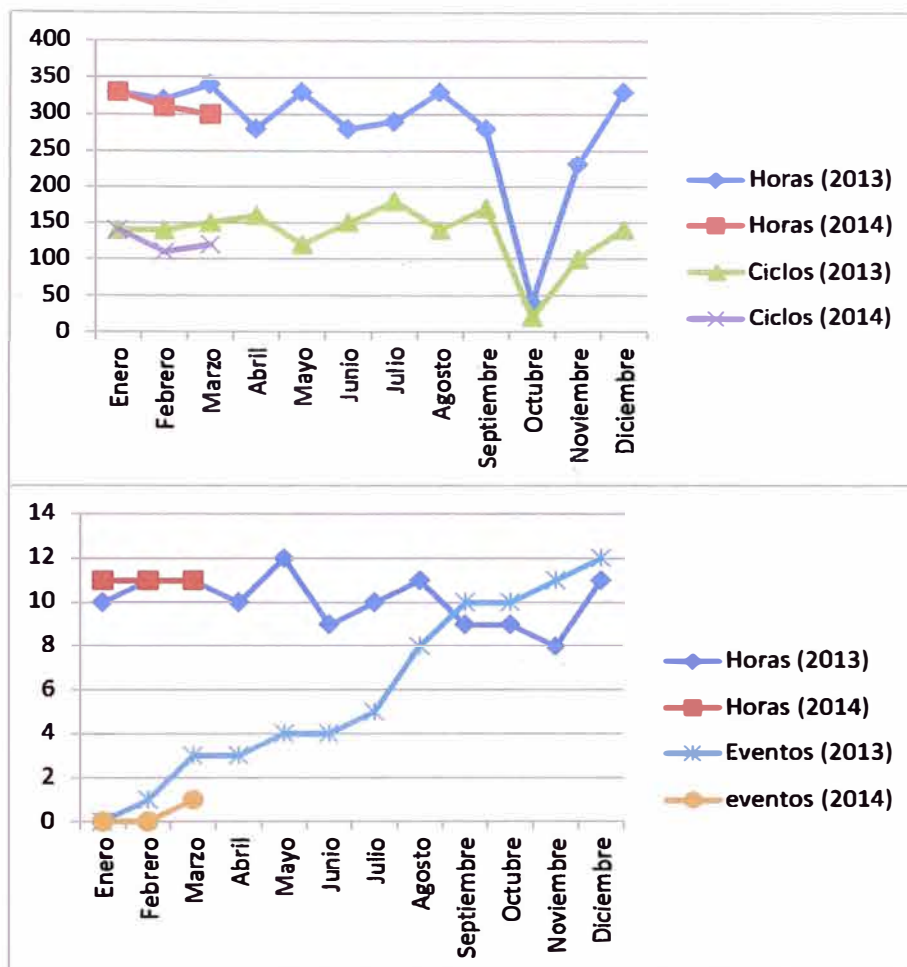
$T. de Respuesta_{Aud.Externas} = 30 \text{ días}$ (Reducción del 62.7%)

5.4.2 SEGUIMIENTO A EVENTOS OPERACIONALES

5.4.2.1 Informe Operativo de Aeronaves

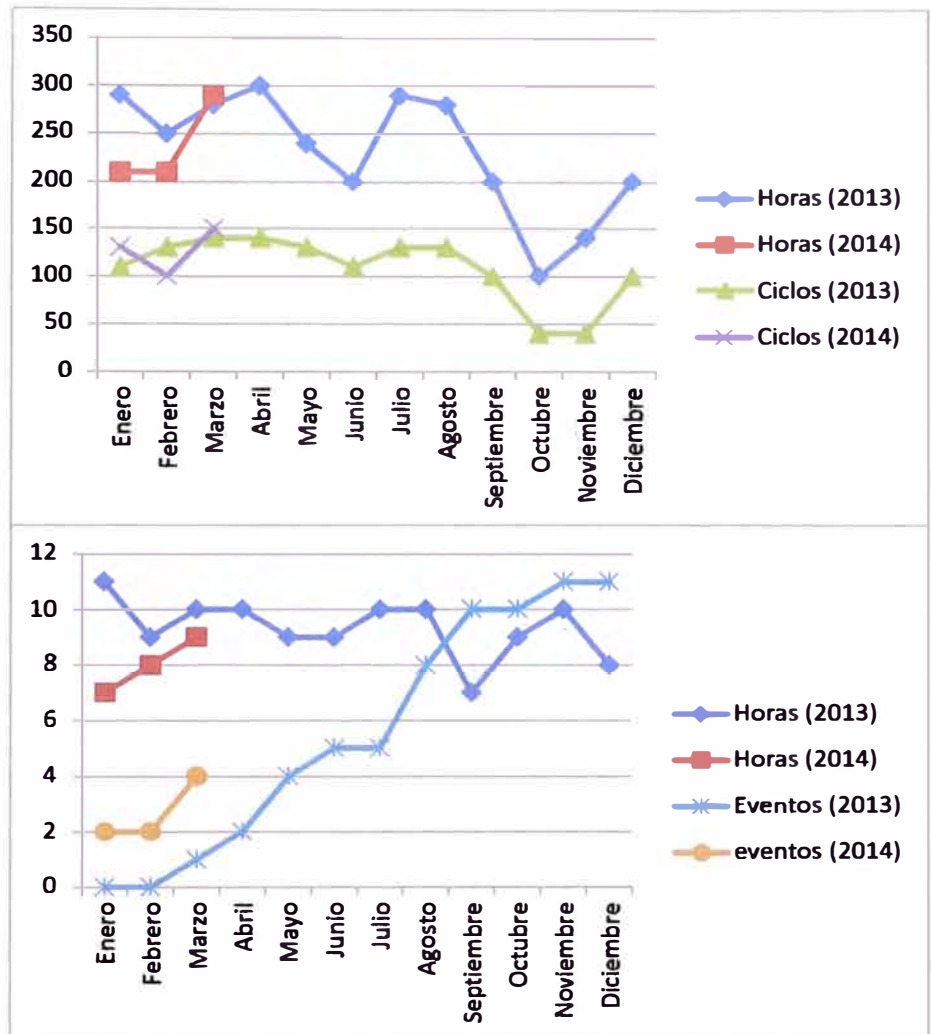
Se hará un seguimiento a los indicadores de operación de cada una de las aeronaves para ver si están relacionadas con fallas o eventos en las mismas (ver gráfico 5.41, 5.42 y 5.43)

Gráfico 5.41: Informe Operativo del N521TA (A319) 2013 vs 2014



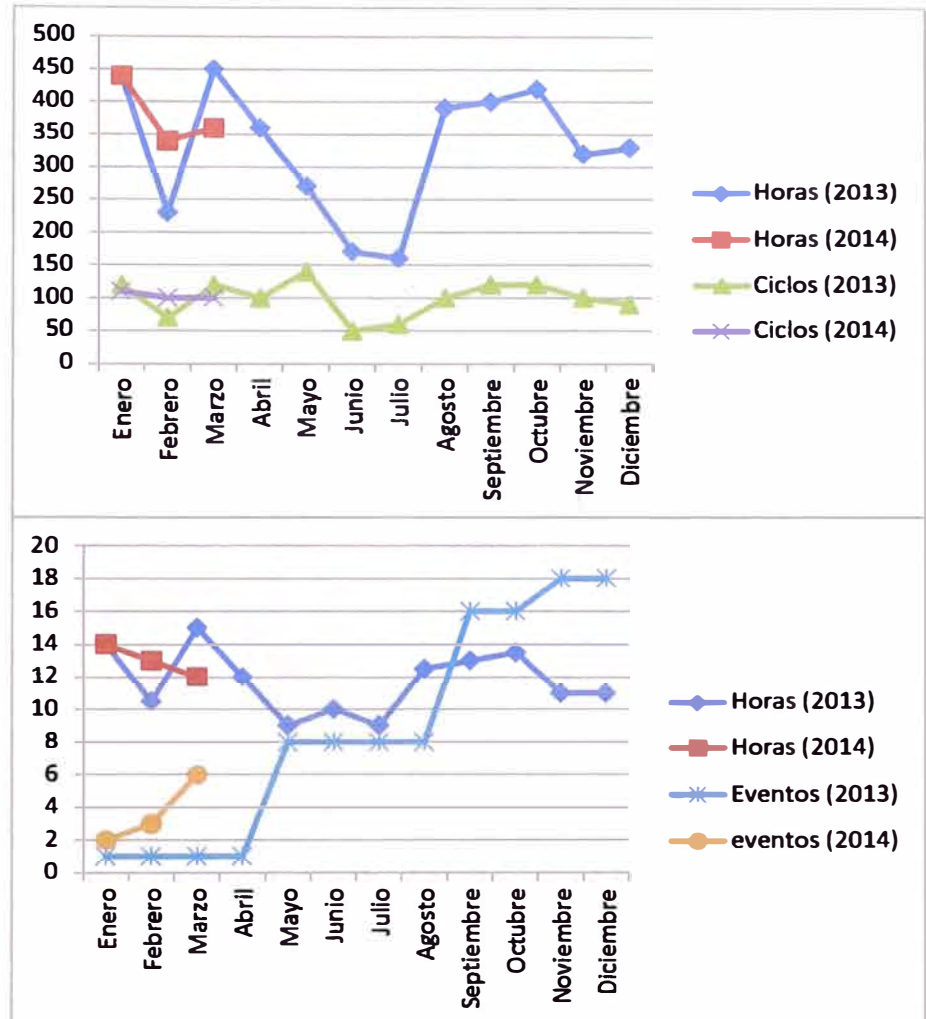
Del gráfico 5.41 podemos ver que la operación del N521TA se ha mantenido constante. Sólo se ha presentado un evento de una demora mayor 15 min en el mes de marzo que se debió a fallas en el LGCIU ya que las puertas izquierda y derecha de los trenes de aterrizaje no cerraron, actualmente este tema está en investigación. Se hicieron los test del TSM sin ningún problema por lo que el tema sigue en investigación.

Gráfico 5.42: Informe Operativo del N491TA (A320) 2013 vs 2014



En el caso del N491TA, disminuyó las horas de vuelo y los ciclos debido a que en Enero y Abril la se presentó un STALL en ENGINE 1. Al ser un evento de riesgo, también se está considerando en evaluación ya que para solucionar la falla se cambió el Electronic Engine Control (EEC).

Gráfico 5.43: Informe Operativo del N568TA (A321) 2013 vs 2014



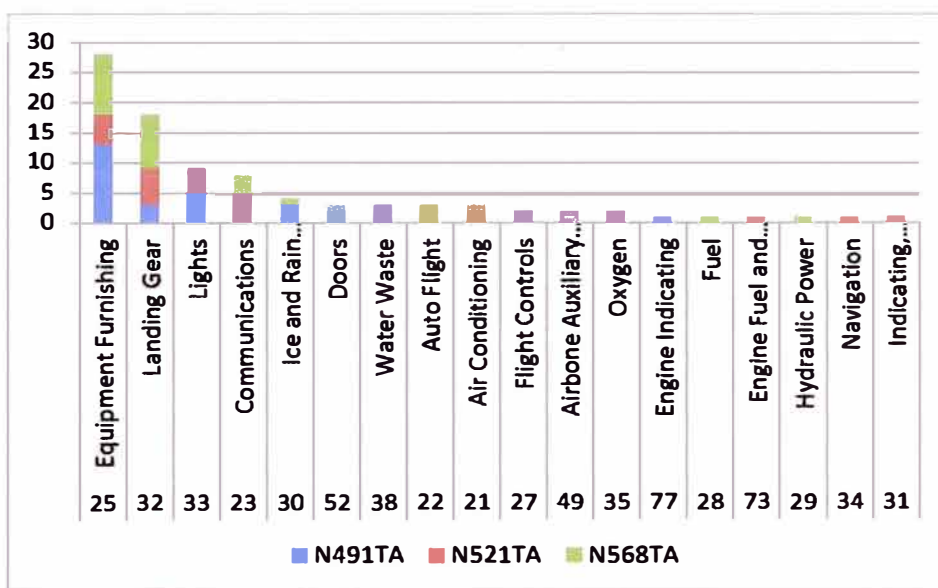
En el caso del N568TA, se tiene una disminución de la operación debido a que en Febrero se SLIDE DOOR. En la investigación se encontró que fue por descuido del proveedor al no estar familiarizado con los procedimientos de mantenimiento de la aerolínea.

En general, la operación de la flota está en el rango normal de desempeño, lo que nos indica que nuestro CASS está controlando el mantenimiento. Sin embargo, la cantidad de demoras por eventos no programados ha aumentado. Se está evaluando si la causa tiene relación con la capacidad de trabajo de los técnicos.

5.4.2.2 Informe de Eventos No Programados

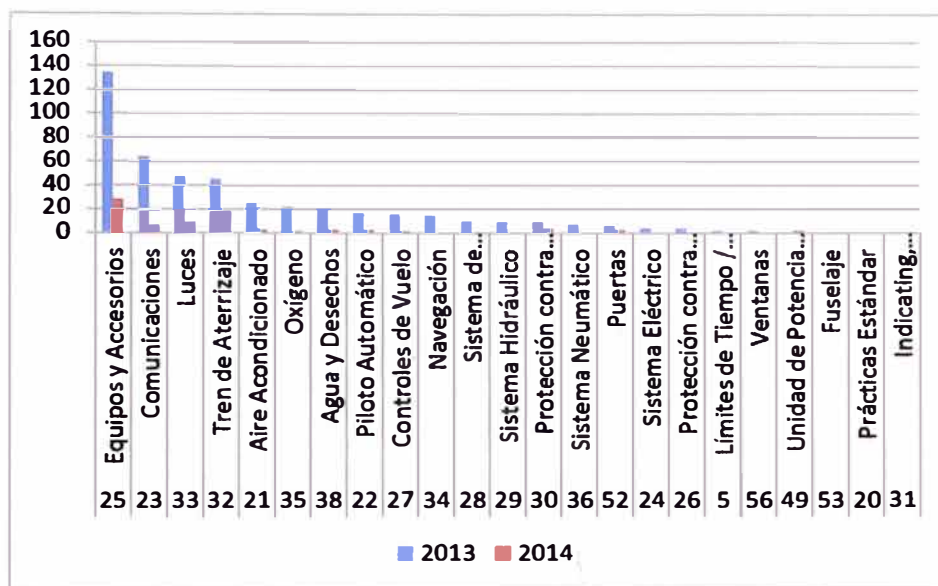
Entre los eventos no programados se tiene lo siguiente lo descrito en el gráfico 5.44.

Gráfico 5.44: Reportes de Flota por ATA 2014

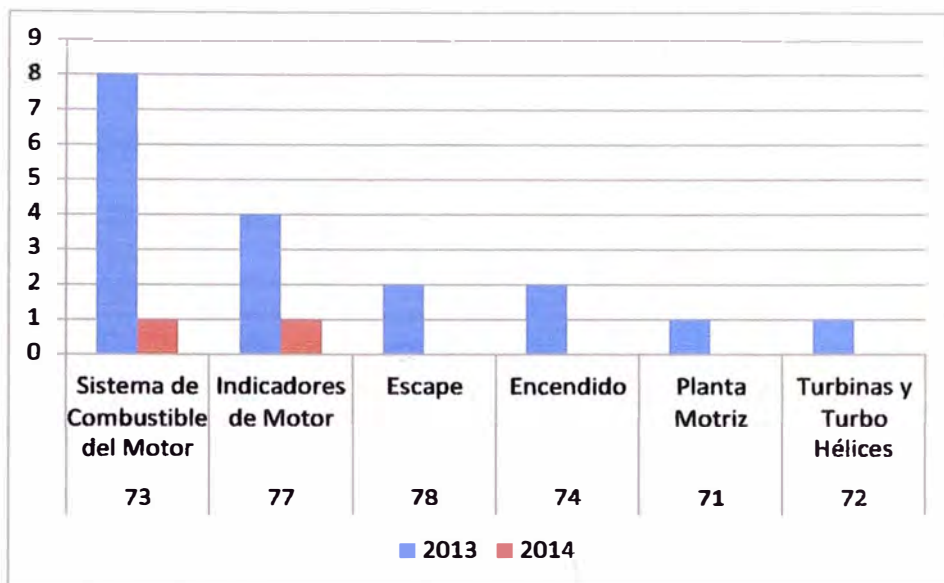


Vemos que de manera similar, las ATA con mayor cantidad de reportes han sido las ATA 25, 32, 33 y 23. Haremos una comparación con los eventos del año pasado mostrada en el gráfico 5.45.

Gráfico 5.45: Reportes de Flota por ATA 2013 vs 2014



Según el gráfico 5.45, tenemos un 23% de los eventos que se tuvieron el año pasado, demostrando que la cantidad de eventos no programados de mantenimiento está bajo control y observación del CASS.

Gráfico 5.46: Reportes de Motores por ATA 2013 vs 2014

En el caso de los eventos relacionados a los motores (gráfico 5.46), tenemos una reducción significativa (11.1%) en relación a los eventos del año pasado, logrando así demostrar que los eventos no rutinarios están bajo control y seguimiento del CASS.

5.4.2.3 Componentes Repetitivos

Al no haber fallas significativas que involucren partes que se hayan cambiado repetitivas o antes de fecha, se tiene la siguiente tabla de seguimiento, demostrando así que las partes repetitivas también están bajo control tal cual se muestra en la tabla 5.13.

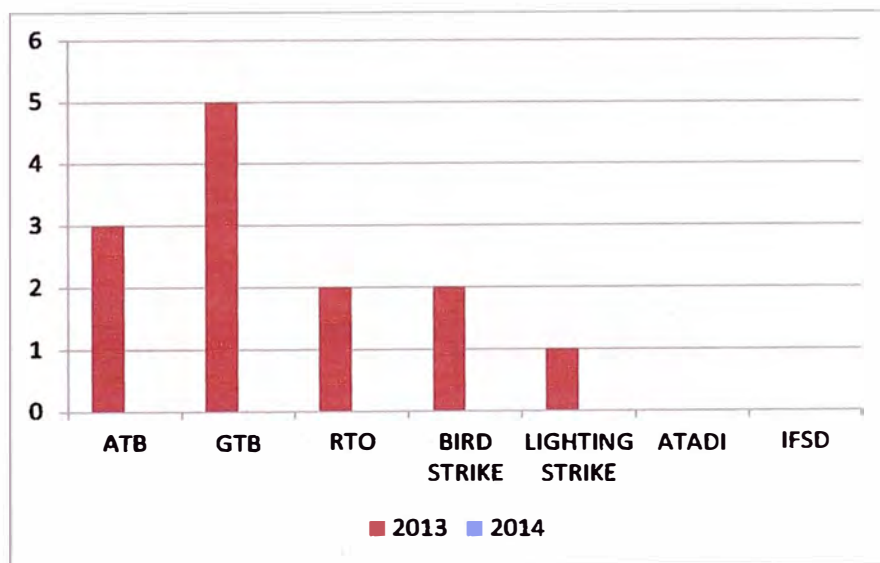
Tabla 5.13: Componentes Repetitivos Cambiados en Reparaciones no Programadas

Part Number	Descripción	Ultima Reparación	N491TA	N521TA	N568TA
1806B0000-01	VALVE FLOW CONTROL	18/09/2013		x	
3250-81	BALLAST UNIT	24/01/2013	x		
3250-81	BALLAST UNIT	05/11/2012	x		
3291432-1	VALVE-LOAD CONTROL	26/11/2013	x		

5.4.2.4 Estadística de Eventos Especiales

Revisando los resultados del primer trimestre, vemos que no se ha tenido ningún evento significativo que requiera de un informe a las autoridades. Esto significa que la gestión de mantenimiento ha sido buena en este aspecto demostrando así que también se encuentra bajo control del CASS tal cual se muestra en el gráfico 5.47.

Gráfico 5.47: Estadística de Eventos 2013 vs 2014



5.4.3 SEGUIMIENTO A ACCIONES CORRECTIVAS

El seguimiento de las acciones correctivas se hará con el cuadro de asignaciones del Comité CASS, el cual se muestra en la tabla 5.14.

Tabla 5.14: Cuadro de Estado de Asignaciones de Comité CASS

Tema de la Agenda	Tarea	Responsable	Vencimiento	Seguimiento
Personal desconoce diferencias entre RAP 121 y RAP 145 aplicada a sus respectivas áreas durante el transcurso de auditorías externas	Propuesta: Preparar una presentación entre las diferencias de la RAP 121 y RAP 145 a sus respectivas áreas.	Humberto Wong, Manuel Manrique, Edgar Hurtado y Enrique Arguedas	28-mar-14	EN PROCESO Se sugiere cambiar la propuesta por realizar la reunión MRB ante los jefes.
Se evidencian muchos reportes de auditorías externas en el área de recibo	Propuesta: Enviar reportes de recibo a Eduardo e invitarlo a participar de la próxima reunión.	Carlos Valenzuela	28-feb-14	FINALIZADA Eduardo asistió a la reunión
Necesidad de enviar la revisión del RSM a FAA para el cierre de los 15 reportes asignados	Propuesta: Reunirse con John Paez y Carlos Valenzuela para hacer las correcciones levantadas por QA y por la FAA.	Edgar Hurtado	28-feb-14	FINALIZADO Se entregó a QC para su envío a la FAA
Falta de control de mantenimiento de GSE	Propuesta: enviar un correo a Gustavo Aristizbal consultando por el alcance de las responsabilidades de Carmen en GSE	Oliver Pardo	03-feb-14	FINALIZADA Oliver ya recibió la información sobre GSE. Aconseja que los reportes vayan direccionados a Roberto Madrigal y que este mismo los coordine con Carmen.
Gran cantidad de reportes asignados al mal llenado de los logbook por parte de los mecánicos.	Propuesta: Coordinar con Marvin el refuerzo de entrenamiento para el correcto diligenciamiento del logbook.	Carlos Valenzuela	07-feb-14	FINALIZADA Se coordinó con Marvin la necesidad de reforzar entrenamiento del correcto llenado del logbook. Se obtuvo la presentación y está pendiente coordinar con Oliver el caso.
Falta de Control de Herramientas y Rotación de Ruedas en Estaciones	Propuesta: Mejorar el formato de "Control de Rotación de Ruedas" y "Formato de Inventario de Estaciones"	Humberto Wong,	30-abr-14	EN PROCESO Gustavo ya ha enviado los formatos de inventario y rotación de ruedas en estaciones. Falta la modificación y/o aprobación de los formatos para gestionar su uso.
Necesidad de certificar las herramientas y GSE.	Propuesta: Enviar información de Certificación de GSE a Carmen Espinoza.	Edgar Hurtado	12-mar-14	CERRADA Se envió la información a Carmen Espinoza para su conocimiento y coordinación.

Necesidad de enviar la revisión del RSM a FAA para el cierre de los 15 reportes asignados	Propuesta: Enviar el RSM a FAA	Edgar Hurtado	30-abr-14	EN PROCESO Se propone realizar el MRB para coordinar el envío del RSM a la FAA
Los mecánicos no completaron el formato Read&Sign de TAMPA.	Propuesta: Coordinar con Jorge Ampuero para que se asigne a un responsable del área para las firmas, entregas las listas y solicitarlas después de 4 días.	Carlos Valenzuela	30-abr-14	EN PROCESO Se asignó a Mantenimiento el seguimiento para la firma de documentos pero los documentos se extraviaron.
Almacén de TAMPA no tuvo control por falta de asignación de responsable	Propuesta: Gestionar cierre del almacén,	Humberto Wong,	30-abr-14	EN PROCESO
Alta cantidad de Reportes asignados al área de recibo	Propuesta: Enviar a Eduardo los reportes asignados al área de recibo,	Carlos Valenzuela	14-mar-14	CERRADA Se verificó que Recibo y Embarque no tienen responsabilidad más que de los reportes de entrenamientos del personal, por otro lado, los reportes de QC y Almacén corresponden a partes en cuarentena.
Mecánicos en estaciones tienen cursos vencidos	Propuesta: Analizar con Marvin el proceso de programación	Carlos Valenzuela	17-mar-14	CERRADA Marvin hace la programación con 1 mes de anticipación, a parte la administradora de las RATS envía un correo a todas las personas con cursos a vencerse, al parecer es un problema de asistencia a cursos.
Mecánicos en estaciones no saben cómo buscar manuales ni ver sus cursos en Enlace	Propuesta: Indicar a mecánicos que la responsabilidad de estar pendiente del vencimiento de sus cursos es de ellos, recordarles los links para ingreso a manuales y enlace.	Manuel Manrique	30-abr-14	EN PROCESO Identificar qué mecánicos y qué cursos no han llevado.
Personal desconoce diferencias entre RAP 121 y RAP 145 aplicada a sus respectivas áreas durante el transcurso de auditorías externas	Propuesta: Se propone realizar el MRB el día 30 de Abril para presentar a todas las jefaturas los cambios en el RSM y luego de ello hacer la presentación.	Edgar Hurtado	30-abr-14	ABIERTA

De lo que se tienen 14 acciones formuladas:

- 7 Acciones Cerradas (50%)
- 6 Acciones en Proceso (42.8%)
- 1 Acción Abierta (7.2%)

CONCLUSIONES

- 1. Se concluye que es posible implementar un Sistema de Vigilancia y Análisis Continuo a una Flota de Aviones A320 logrando una reducción de la cantidad de reportes de inspecciones de la autoridad en 20% y una reducción de eventos especiales operaciones en 20%.**
- 2. Se concluye que es posible reducir los tiempos de respuesta a las auditorías bajo un trabajo de análisis de debilidades y plan proactivo de solución a las mismas. Esto prepara a las áreas ante una inspección y nos evita perder imagen, licencias y permisos de operación así como incurrir en multas o accidentes.**
- 3. Se concluye que los reportes internos son una clara manifestación de cómo está el desempeño del programa de mantenimiento. A pesar de que se tiene poca cantidad de reporte de auditorías externas (lo cual es bueno), la cantidad de reportes internos ha aumentado, lo que nos dice que tenemos aún deficiencias en los procesos que deben ser mejorados ya que en muchos casos, reportes anteriormente reportados internamente fueron observados por la autoridad. Eso significa una deficiencia en nuestro control de nuestros procesos.**
- 4. Se concluye que los eventos más significativos y críticos son los eventos relacionados con los motores. La investigación, trazabilidad, reparaciones y mantenimientos de ellos deben ir acompañados de la**

mano del fabricante. Este tema es revisado frecuentemente por la autoridad.

5. Se concluye que se pueden encontrar las debilidades del programa de mantenimiento haciendo una clasificación de los reportes y eventos por categorías y ATA respectivamente lo que permite analizar una gran cantidad de información. Encontrar los puntos recurrentes según la clasificación y cuantificar severidad en función de impacto y probabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Mediante el programa de vigilancia del desempeño se ha podido identificar las áreas débiles en el programa de mantenimiento (Control de Calidad y Mantenimiento de Línea). Estas áreas representan la operación elemental del mantenimiento, se recomendó aumentar las auditorías internas de seguimiento lo cual incrementó los reportes de auditorías internas pero disminuyó la cantidad de reportes externos por parte de las autoridades. Se recomienda seguir con el seguimiento a estas 2 áreas.
2. Se recomienda hacer un análisis con una base de datos de 2 años ya que esto nos proporciona no solo el comportamiento del desempeño y la efectividad sino que también nos brindaría información de tendencias lo cual es necesario para un análisis proactivo, lo cual no se pudo hacer antes debido a la falta de información de datos.
3. Se recomienda trabajar con lo indicado en el PMBOK 5ta Edición, Gestión de los Interesados debido a que los trabajos del comité implican el compromiso de los jefes de cada área. Se ha logrado buenos resultados trabajando con la gestión de la comunicación pero se ha visto que en algunos casos se ha perdido el compromiso de algunos jefes lo cual ha significado un trabajo más arduo en la implementación de las actividades. Se sugiere que con una buena gestión del compromiso de los interesados con sus respectivas técnicas, se puede mantener mejor la motivación del equipo.

- 4.** Se recomienda trabajar de la mano con el área de Factores Humanos (FFHH) ya que muchos de los reportes involucran el comportamiento del individuo y su manera de pensar y tomar decisiones. Se puede profundizar a un plano más profundo de análisis ya que algunas fallas implican desmotivación, falta de consideración, compromiso y otros.

- 5.** Se recomienda cuantificar términos de ahorros y costos de oportunidad los avances logrados ya que en muchos casos no se ha podido tener acceso a valores exactos debido a que son temas de carácter confidencial en la empresa. Entre estos ahorros se tienen (Ahorro en multas del aeropuerto por aeronaves paradas, ahorro en alquiler de equipos de soporte y taxeo, ahorro en combustible por movimientos y traslados de partes por operación, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

1. Airbus 320 Familiarization Course Manual
2. Aircraft Maintenance Manual (AMM), Trouble Shooting Manual (TSM) and Aircraft Illustrated Parts Catalog (AIPC) for Airbus 320 Family.
3. Aircraft Maintenance Philosophies,
<http://www.aviationplatform.com/index.php/amc/89-amc-i-the-aircraft-maintenance-basic-philosophies-hard-time-on-condition-and-condition-monitoring>
4. ATA Chapters, http://www.newportaero.com/ata_chapters.php
5. Aviation Maintenance Management, Harry A Kinnison
6. FAA Advisory Circular 120-79A Continuing Analysis and Surveillance System.
7. Federal Aviation Regulations 121
8. Los 5 Por qué,
<http://www.bloglogisticayproduccion.com/files/2012/11/los-cinco-porques.png>
9. Mantenimiento como Fuente de Confiabilidad,
<http://web.ing.puc.cl/~power/alumno06/OED/mantenimiento.htm>
10. Reliability Centered Maintenance, <http://www.buildings.com/article-details/articleid/5377/title/reliability-centered-maintenance.aspx>
11. The 7 questions in RCB,
http://www.reliabilityweb.com/art08/7_questions_rcm.htm

ANEXOS

Tabla A.1: Tabla de Códigos de Reportes de Auditorías

TABLA DE CODIFICACIÓN DE REPORTES	
D	DOCUMENTOS
D1	No disponibles
D2	Diligenciamiento
D3	Preservación
D4	Control y disposición
D5	Release
D6	Contratos y pólizas
R	REGISTROS DE PROCESOS
R1	No hay registro
R2	Mal diligenciamiento/No diligenciamiento/Incompleto
R3	Fallas en preservación
R4	Fallas en el control/disposición
R5	Release no emitido o incorrectamente emitido (Log Book/Task cards, etc.)
R6	No corresponde con la condición encontrada o trabajo efectuado
H	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
H1	Disponibilidad
H2	Fallas en el Control de Calibración
H3	Almacenamiento (condiciones, segregación, contenedores, control, inventarios, embalaje, transporte)
H4	Ausencia o incumplimiento del programa de mantenimiento
H5	Identificación
H6	Trazabilidad (control de fabricación, EWO, soporte de compra)
H7	Intercambiabilidad
H8	Control asignación de herramientas
H9	Estado
M	MATERIALES Y COMPONENTES
M1	Disponibilidad (Acceso a materiales IAW SVC aprobado)
M2	Almacenamiento (condiciones de embalaje, transporte, segregación, control inventario, condiciones ambientales, preservación)
M3	Control Área Cero
M4	Identificación y trazabilidad (control por lote, PO, receiving tag, retal)
M5	Control de Shell life
M6	Uso de materiales no estipulados según SVC
M7	Disposición (scrapping procedure)
M8	Intercambiabilidad
C	COMPETENCIA DEL PERSONAL
C1	Control vigencia entrenamiento
C2	No cumple requerimientos del programa de entrenamiento para el perfil de cargo y/o funciones desempeñadas
C3	Actualización base de datos (SIETE, RATS, etc)
C4	Entrenamiento no definido
C5	Control de privilegios de la licencia/Inhabilitación/Aprobación roster-authority delegation
C6	Competencia, habilidades para el cargo desempeñado
C7	Control del diligenciamiento del OJT
C8	Comunicación descripciones
C9	Medición de formación
I	INFRAESTRUCTURA
I1	No adecuadas para las capacidades aprobadas (inclusive seguridad industrial)
I2	Recursos tecnológicos insuficientes/No adecuados para realizar la tarea/No disponibles

I3	Housekeeping
O	ORGANIZACIÓN
O1	Personal insuficiente para las tareas asignadas
O2	Responsabilidades del cargo no definidas / No claras
O3	Fallas en la interface con otros COAs
O4	Leyes y/o regulaciones
O5	Conocimiento y/o aplicación
O6	Comunicación
P	DESARROLLO DE ACTIVIDADES PROPIAS DEL PROCESO
P1	Ejecución de las tareas asignadas sin el uso de los recursos requeridos/adecuados (herramientas, materiales) o sin el seguimiento de las instrucciones de trabajo
P2	Falla en la actualización y/o carga de datos en el software requerido (SAP, SIGA, INTRANET)
P3	Fallas en el cumplimiento del procedimiento de Read & Sign
P4	No cumplimiento de políticas de briefing o hand over
P5	Procedimiento no definido/documentado
P6	No envío de mensajes de despacho/fallas en la comunicación con MCC
P7	Cumplimiento
P8	Definición
P9	Interrelaciones
P10	Control de falla
P11	Trazabilidad
P12	Bienes del cliente
P13	Comunicaciones
P14	Controles
P15	Peligros y riesgos
Q	MEDICION, ANALISIS Y MEJORA
Q1	Indicadores
Q2	Medición del objetivo
Q3	Análisis
Q4	Seguimiento auditoria
Q5	Causa raíz
Q6	Registro
S	CUENTE
S1	Requisitos
S2	Promesa
S3	Medios de comunicación
S4	Percepción
S5	Información
T	DISEÑO Y DESARROLLO
T1	Planificación
T2	Elementos
T3	Resultados
T4	Verificación
T5	Cambios
U	COMPRAS
U1	Requisitos
U2	Aceptación
U3	Verificación
U4	Proveedores

Tabla A.2: Tablas de Criticidad por Modos de Fallas

Tabla # 1

TABLAS DE CRITICIDAD POR MODOS DE FALLAS

Escala que permite definir el nivel de ocurrencia de cada modo de falla en un determinado activo. (Autor: Mcdermott, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michael." The Basics of FMEA" .Quality Resources, New York, USA - 1996. Pág:37)

Nivel de ocurrencia : N. O.	Descripción (frecuencia de ocurrencia)	Probabilidad de ocurrencia de la falla
10	Muy alta: falla que es casi inevitable	Más de una ocurrencia por día, o una probabilidad de más de tres ocurrencias en diez eventos
9		Una ocurrencia cada tres o cuatro días, o una probabilidad de tres ocurrencias en diez eventos
8	Alta: continuamente falla	Una ocurrencia por semana o una probabilidad de cinco ocurrencias en cien eventos
7		Una ocurrencia por mes, o una ocurrencia en cien eventos
6	Moderada: ocasionalmente falla	Una ocurrencia cada tres meses o tres ocurrencias en mil eventos
5		Una ocurrencia cada seis meses en un año, o una ocurrencia en diez mil eventos
4		Una ocurrencia por año o seis ocurrencias en cien mil eventos
3	Baja: relativamente falla poco	Una ocurrencia entre uno y tres años o seis ocurrencias en diez millones de eventos
2		Una ocurrencia entre tres y cinco años o dos ocurrencias en un billón de eventos
1	Remota: no es probable que falle	Una ocurrencia en más de cinco años, o menos de dos ocurrencias en un billón de eventos

**Tabla #
2**

Escala que permite definir el nivel de detección o control actual que se tiene sobre los modos de fallas y/o los efectos que estos pueden producir en un contexto operacional definido.

(Autor: Mcdermott, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michael." The Basics of FMEA" .Quality Resources, New York, USA - 1996. Pág:37)

Nivel de detección: N. D.	Descripción (Grado de control o detección)	Definición
10	Absolutamente incierto	EL proceso y el producto no es controlado o inspeccionado, las anomalías por fallas no son detectados
9	Muy remoto	Se inspecciona solo el producto final a partir de un nivel aceptable de calidad
8	Remoto	Se inspecciona solo el producto final en base a un modelo previamente probado
7	Muy bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso(no hay ayuda de equipos modernos de control)
6	Bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso, usando pruebas de ensayo y error
5	Moderado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25 % automatización)
4	Moderadamente alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en dos puntos del proceso en la línea de producción (50 % automatización)
3	Alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en más de dos puntos del proceso en la línea de producción (75 % automatización)
2	Muy alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100 % automatización)
1	Totalmente controlado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso de la línea de producción (100 % automatización con calibración continua y mantenimiento preventivo de los equipos utilizados para controlar e inspeccionar el proceso y el producto)

Tabla # 3

Escala que permite definir el nivel de severidad o el impacto que podría generar la ocurrencia de un modo de falla.

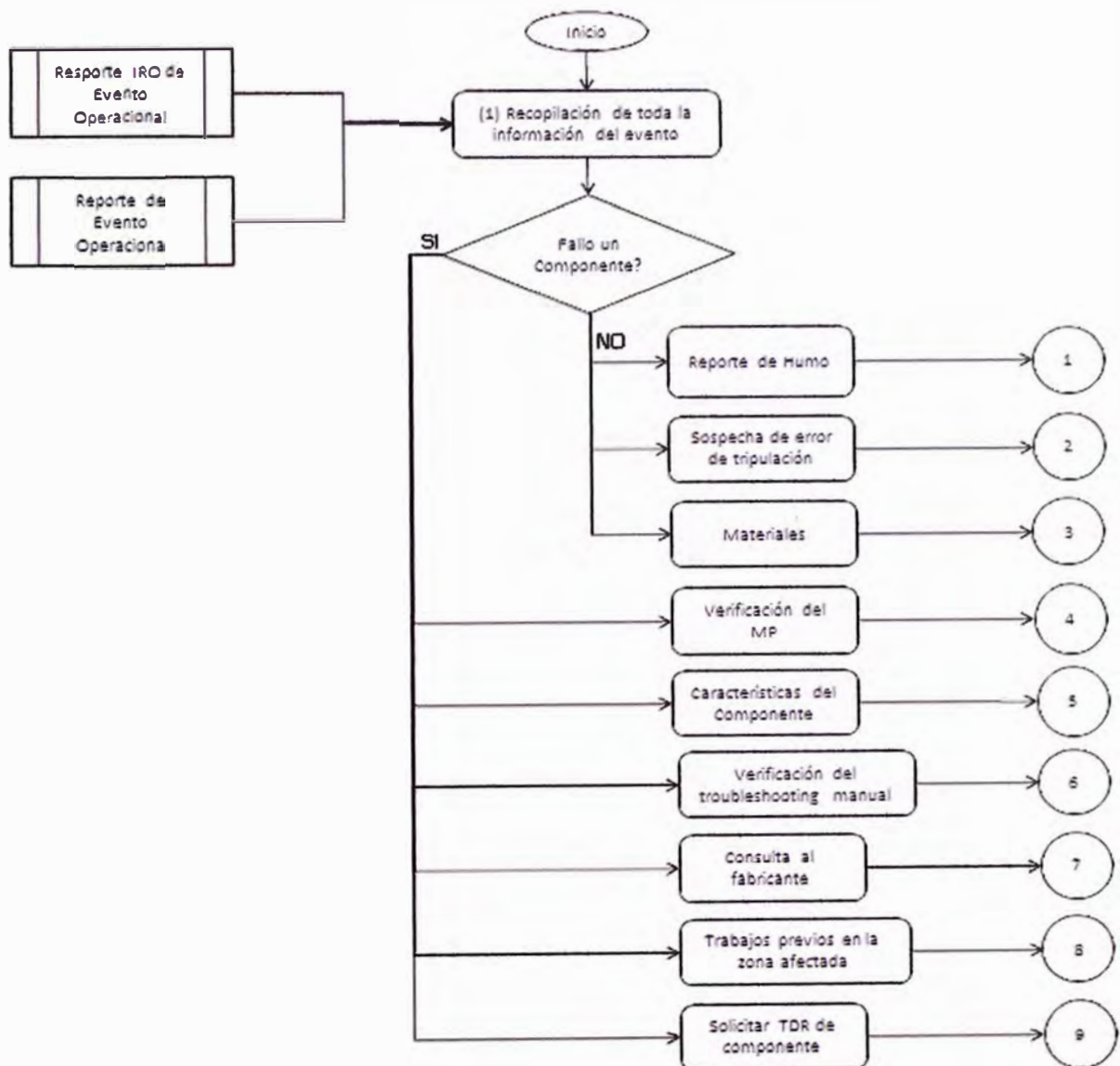
(Autor: Mcdermott, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michael." The Basics of FMEA" .Quality Resources, New York, USA - 1996. Pág:35)

Nivel de Severidad: N. S.	Descripción (Nivel de severidad de la falla)	Efectos de las fallas.
10	Peligrosamente alto	Fallas que pueden causar pérdidas humanas
9	Extremadamente alto	Fallas que pueden crear complicaciones con regulaciones federales (leyes)
8		Fallas que hacen inoperables los equipos y provocan la pérdida de función para la que fueron diseñados.
7	Alto	Fallas que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio
6	Moderado	Fallas que afectan un subsistema y originan un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio
5	Bajo	Fallas que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje.
4		Fallas que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es pequeña
3	Menor	Fallas que podrían crear mínimas molestias al cliente, molestias que el mismo cliente podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia
2		Fallas que son difíciles de reconocer por el cliente y cuyos efectos serán insignificantes para el proceso
1	Ninguno	Fallas que no son identificables por el cliente y no afectan la eficiencia del proceso

Tabla de PONDERACION

Critico	25 a 30	Tarea de Mantenimiento Predictivo / Preventivo
Esencial	19 a 24	Tarea de Mantenimiento Preventivo
Necesario	12 a 18	Tarea de Mantenimiento Preventivo / Correctivo
Opcional	2 a 11	Tarea de Mantenimiento Correctivo o ningún mantenimiento

Gráfico A.1: Procedimiento para Evaluación de Eventos Especiales



Dónde: IRO, significa Informe de Riesgo Operacional el cual se usa como medio de reporte.

