

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA



INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (ISP)

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD EN
HELICÓPTEROS RUSOS TIPO MI-8AMT, MI-8MTV-1 Y MI-171 PARA LA EMPRESA
HELISUR S.A.”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AERONÁUTICO

PRESENTADO POR:

OJEDA MORALES, ERICK MARTIN

BACHILLER EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

LIMA – PERÚ

2017

A mi madre, por confiar en mí.

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios, la Universidad Tecnológica del Perú, por brindarme las herramientas para poder desarrollarme profesionalmente.

A Helicópteros del Sur S.A., a mis jefes y compañeros, por ayudarme en la aplicación de mis conocimientos para el desarrollo de la empresa y personal.

RESUMEN

El presente informe se refiere a la Propuesta de Implementación del Programa de Confiabilidad en helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171 para la empresa Helisur S.A., el cual se basará en un sistema de análisis estadístico, que tomará como fuente de información, los reportes de piloto de los Informes Técnicos de Vuelo.

Se recolectó el histórico de fallas de las aeronaves, se decidió realizar el estudio por modelo de aeronave, agrupando la flota en tres grupos: MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171. Se cuantificaron la cantidad de reportes de piloto, primero de forma global y luego por ATA, determinando los sistemas críticos, que fueron el ATA 65 y ATA 73.

Se analizaron los datos y se calcularon los índices de reportes de piloto y los límites de control superior, para determinar si los sistemas se encontraban estables o bajo control, o presentaban valores de alerta a lo largo de su explotación.

El proyecto aún es sólo una propuesta de implementación, pero mediante el análisis a través de un ejemplo práctico, se pudo demostrar que su aplicación puede permitirnos determinar tendencias anómalas, y ahorrarnos costos por aeronaves inoperativas y gastos innecesarios en mantenimiento.

Se concluye que la aplicación efectiva de un Programa de Confiabilidad puede medir el desempeño de las aeronaves estableciendo y comparando niveles aceptables, identificando eventos significativos o tendencias adversos y evaluando desempeños inaceptables, optimizando los Programas de Mantenimiento.

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CARTA DE AUTORIZACIÓN

Por la presente, la Gerencia Técnica y la Gerencia de Mantenimiento de la empresa Helicópteros del Sur S.A., dejan constancia que han analizado y autorizado la propuesta presentada por el Sr. Bachiller Ojeda Morales Erick Martin del Dpto. de Gestión de Aeronavegabilidad Continua, sobre “Propuesta de implementación del Programa de Confiabilidad en helicópteros rusos Tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171 para la empresa Helisur S.A.”, con la cual se podrá medir el desempeño de las aeronaves estableciendo y comparando niveles aceptables, identificando eventos significativos o tendencias adversas y evaluando desempeños inaceptables, optimizando los Programas de Mantenimiento.

Lima, 02 de Febrero del 2017



Sr. Ricardo Hinostroza L-A.
Gerente Técnico



Sr. Nicolai Bezzubikoff D.
Gerente de Mantenimiento



helisur.com.pe | helisur@helisur.com.pe

Oficina Lima: T (+511) 264 1770 | F (+511) 264 1814 | Carlos Concha 267, Lima 27 - PERÚ

Oficina Iquitos: T (+5165) 26 0508 | F (+5165) 26 1333 | Las Azucenas 319, San Juan, Iquitos - PERÚ

ÍNDICE

Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Resumen	IV
Carta de autorización	V
Introducción	XVI
Capítulo I: Problema de investigación	17
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2 Formulación del problema	20
1.2.1 Problema general.....	20
1.2.2 Problemas específicos	20
1.3 Justificación e importancia	20
1.4 Limitaciones.....	21
1.5 Antecedentes de investigación	22
1.6 Objetivos	23
1.6.1 Objetivo general.....	23
1.6.2 Objetivos específicos	23
Capítulo II: Marco teórico	25
2.1 Bases Teóricas	26
2.1.1 Mantenimiento	26
2.1.2 Tipos de Mantenimiento	26
2.1.2.1 Mantenimiento correctivo.....	26
2.1.2.2 Mantenimiento preventivo.....	28
2.1.3 Filosofía de mantenimiento MSG-3.....	29
2.1.4 Programa de Mantenimiento.....	29
2.1.4.1 PM orientado a los Procesos	30
2.1.4.2 PM orientado a las Tareas.....	31

2.1.5 Definiciones de Confiabilidad	35
2.1.5.1 Confiabilidad	35
2.1.5.2 Confiabilidad Inherente	35
2.1.5.3 Confiabilidad Operacional	36
2.1.6 Modelos de falla	37
2.2 Definición de términos	41
Capítulo III: Marco metodológico	46
3.1 Variables	47
3.1.1 Definición Conceptual de la variable	47
3.1.1.1 Variable Dependiente	47
3.1.1.2 Variables Independientes	48
3.2 Metodología	49
3.2.1 Tipos de estudio	49
3.2.2 Diseño de investigación	49
3.2.3 Método de investigación	49
3.2.4 Aplicación de la Metodología	49
3.2.4.1 Gráficos de Control	49
3.2.4.2 Elementos de los gráficos de Control	50
3.2.4.3 Desviación Estándar (σ)	51
3.2.4.4 Establecimiento de límites	51
3.2.4.5 Rates (Índices)	53
3.2.4.6 Cálculo del UCL	54
3.2.4.7 Valor de alerta	54
3.2.4.8 Cálculo del Índice de PiReps	54
3.2.4.9 Fórmulas a utilizar	55
Capítulo IV: Metodología para la solución del problema	56
4.1 Análisis Situacional	57

4.1.1 Helicópteros del Sur S.A.	57
4.1.2 Flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1y MI-171	58
4.1.3 Programa de Mantenimiento	61
4.1.3.1 Programa de Mantenimiento MI-8AMT	61
4.1.3.2 Programa de Mantenimiento MI-8MTV-1	64
4.1.3.3 Programa de Mantenimiento MI-171	68
4.1.4 Recursos del helicóptero	72
4.1.4.1 Recursos del helicóptero MI-8AMT	72
4.1.4.2 Recursos del helicóptero MI-8MTV-1	74
4.1.4.3 Recursos del helicóptero MI-171	76
4.1.5 Utilización de la Flota	79
4.1.5.1 Horas Voladas 2015	79
4.1.5.2 Horas Voladas 2016	83
4.1.6 Disponibilidad de las aeronaves	88
4.1.7 Reportes de Piloto.....	95
4.1.8 Reportes de Piloto por ATA.....	98
4.1.9 Determinación de Sistemas críticos	103
4.2 Alternativas de solución	108
4.2.1 Sistema de análisis estadístico	108
4.2.2 Sistema de análisis de eventos	108
4.3 Solución del problema.....	108
4.3.1 Cálculo del Índice de PiReps.....	108
4.3.1.1 Índice de PiReps 2015.....	109
4.3.1.2 Índice de PiReps 2016.....	111
4.3.2 Cálculo del Índice de PiReps por ATA.....	113
4.3.2.1 Cálculo del Índice de PiReps ATA 65 (Rotor Principal y de Cola)	114

4.3.2.2 Cálculo del Índice de PiReps ATA 73 (Sistema de alimentación de motores)	118
4.3.3 Discrepancias que generaron días de inoperatividad	122
4.3.4 Cálculos referente al componente Rotor de Cola P/N 246-3904 Ser.I	125
4.3.4.1 Tiempo medio entre remociones (MTBR)	126
4.3.4.2 Tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR)	126
4.3.4.3 Índice de remociones no programadas (URR)	126
4.3.4.4 Tiempo medio entre fallas (MTBF)	126
4.3.5 Localización y eliminación de fallas.....	127
4.3.6 Diagrama de búsqueda y eliminación de defectos más comunes	129
4.4 Recursos requeridos.....	136
4.4.1 Recursos Humanos.....	136
4.4.2 Recursos de Información	137
Capítulo V: Análisis y presentación de resultados	138
5.1. Análisis de los resultados obtenidos	139
5.1.1. Análisis económico - financiero	144
Conclusiones	147
Sugerencias	148
Referencias bibliográficas	149
Bibliografía.....	149
Web grafía	150
Anexos.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Curvas de Modelos de falla.....	37
Figura 2.2: Porcentaje de equipos según modelo de falla	40
Figura 3.1: Flujo Programa de Confiabilidad	47
Figura 3.2: Variables independientes	48
Figura 3.3: Elementos de los gráficos de control	50
Figura 3.4: Desviación estándar $\pm 1\sigma$	52
Figura 3.5: Desviación estándar $\pm 4\sigma$	52
Figura 3.6: Desviación estándar $\pm 2\sigma$	53
Figura 4.1: Horas voladas MI-8AMT año 2015.....	79
Figura 4.2: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2015.....	80
Figura 4.3: Horas voladas MI-171 año 2015	81
Figura 4.4: Horas voladas Flota Helisur S.A. año 2015.....	82
Figura 4.5: Horas voladas por aeronave Flota Helisur S.A. año 2015	83
Figura 4.6: Horas voladas MI-8AMT año 2016.....	84
Figura 4.7: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2016.....	85
Figura 4.8: Horas voladas MI-171 año 2016	86
Figura 4.9: Horas voladas Flota Helisur S.A. año 2016.....	87
Figura 4.10: Horas voladas por aeronave Flota Helisur S.A. año 2016	87
Figura 4.11: Disponibilidad Vs. Operación MI-8AMT 2015.....	89
Figura 4.12: Disponibilidad VS. Operación MI-8MTV-1 2015	90
Figura 4.13: Disponibilidad VS. Operación MI-171 2015.....	91
Figura 4.14: Disponibilidad VS. Operación MI-8AMT 2016	92
Figura 4.15: Disponibilidad VS. Operación MI-8MTV-1 2016	93
Figura 4.16: Disponibilidad VS. Operación MI-171 2016.....	94
Figura 4.17: Cantidad de PiReps por ATA MI-8MTV-1 2015.....	103

Figura 4.18: Cantidad de PiReps por ATA MI-171 2015	104
Figura 4.19: Cantidad de PiReps por ATA MI-8MTV-1 2016.....	105
Figura 4.20: Cantidad de PiReps por ATA MI-171 2016	106
Figura 4.21: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2015	109
Figura 4.22: Índice de PiReps MI-171 2015.....	110
Figura 4.23: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2016	111
Figura 4.24: Índice de PiReps MI-171 2016.....	112
Figura 4.25: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2015.....	114
Figura 4.26: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2015	115
Figura 4.27: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2016.....	116
Figura 4.28: Índice de PiReps ATA 65 MI-17-1 2016	117
Figura 4.29: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2015.....	118
Figura 4.30: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2015	119
Figura 4.31: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2016.....	120
Figura 4.32: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2016	121
Figura 4.33: Diagrama lógico de búsqueda y eliminación de defectos	129
Figura 4.34: Diagrama de daños, desgaste abrasivo, rajaduras del jebe de la cubrejunta protectora sin llegar hasta la fibra de vidrio y el larguero	130
Figura 4.35: Diagrama de desprendimiento del revestimiento de los elementos de la estructura de las palas	131
Figura 4.36: Diagrama de rasguños y abolladuras en el muñón de la pala en zona "A" .	132

Figura 4.37: Diagrama de alteración del pegado de revestimiento de la sección externa con el larguero sin sobrepasar el borde de la sección	133
Figura 4.38: Diagrama de desprendimiento del revestimiento del larguero	134
Figura 4.39: Diagrama de roturas del protector de jebe en el extremo de la varía de rotación de palas del rotor de cola	134
Figura 4.40: Diagrama de aflojamiento del ajuste de los tornillos de fijación del carenado del tip de pala	135
Figura 4.41: Informe Técnico de Vuelo	137
Figura 5.1: Mobilgrease 28	143
Figura 5.2: AeroShell Grease 6.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Flota de helicópteros Helisur S.A.	59
Tabla 4.2: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-8AMT	73
Tabla 4.3: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-8MTV-1	75
Tabla 4.4: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-171.....	78
Tabla 4.5: Horas voladas MI-8AMT año 2015 en base decimal	79
Tabla 4.6: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2015 en base decimal	80
Tabla 4.7: Horas voladas MI-171 año 2015 en base decimal.....	81
Tabla 4.8: Horas voladas MI-8AMT año 2016 en base decimal	83
Tabla 4.9: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2016 en base decimal	84
Tabla 4.10: Horas voladas MI-171 año 2016 en base decimal.....	85
Tabla 4.11: Disponibilidad MI-8AMT 2015 en días.....	89
Tabla 4.12: Disponibilidad MI-8MTV-1 2015 en días.....	90
Tabla 4.13: Disponibilidad MI-171 2015 días	91
Tabla 4.14: Disponibilidad MI-8AMT 2016 en días.....	92
Tabla 4.15: Disponibilidad MI-8MTV-1 2016 en días.....	93
Tabla 4.16: Disponibilidad MI-171 2016 en días	94
Tabla 4.17: PiReps MI-8AMT 2015.....	95
Tabla 4.18: PiReps MI-8MTV-1 2015.....	96
Tabla 4.19: PiReps MI-171 2015.....	96

Tabla 4.20: PiReps MI-8AMT 2016	97
Tabla 4.21: PiReps MI-8MTV-1 2016	97
Tabla 4.22: PiReps MI-171 2016	97
Tabla 4.23: PiReps por ATA MI-8MTV-1 2015	99
Tabla 4.24: PiReps por ATA MI-171 2015	100
Tabla 4.25: PiReps por ATA MI-8MTV-1 2016	101
Tabla 4.26: PiReps por ATA MI-171 2016	102
Tabla 4.27: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2015	109
Tabla 4.28: Índice de PiReps MI-171 2015	110
Tabla 4.29: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2016	111
Tabla 4.30: Índice de PiReps MI-171 2016	112
Tabla 4.31: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2015	114
Tabla 4.32: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2015	115
Tabla 4.33: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2016	116
Tabla 4.34: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2016	117
Tabla 4.35: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2015	118
Tabla 4.36: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2015	119
Tabla 4.37: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2016	120
Tabla 4.38: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2016	121
Tabla 4.39: Discrepancias que generaron días de inoperatividad	124
Tabla 4.40: Localización y eliminación de fallas del Rotor de Cola	128

Tabla 5.1: Costo por Mantenimiento	144
Tabla 5.2: Precio por kg. de las grasas.....	145

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria aérea ha crecido exponencialmente, así como las necesidades de transporte y exigencias del cliente, ocasionando que se requieran aeronaves cada vez más modernas, más complejas, con mayor número de componentes con diversos tipos de control y con estándares más altos de calidad y seguridad.

Aquí interviene la confiabilidad, como herramienta de aseguramiento del mantenimiento de aeronaves, ya que su misión consiste en mantener los niveles de seguridad y confiabilidad inherente en los diversos componentes instalados en las aeronaves.

El objetivo del presente informe es diseñar e Implementar un Programa de Confiabilidad en helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171, el cual se basará en un sistema de análisis estadístico, que en base a la información recopilada, analizará la flota de helicópteros en búsqueda de sistemas críticos, calculando en el camino índices y límites de control, para determinar si existen tendencias adversas o si los sistemas se encuentran estables o bajo control a lo largo de su explotación.

El presente trabajo toma como información básica los reportes de piloto consignados en la parte B de los Informes Técnicos de Vuelo, los cuales se cuantificarán en un inicio para luego determinar los sistemas críticos y poder analizarlos mediante gráficas de control.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema:

En la actualidad las operaciones aéreas se han multiplicado alrededor del mundo, trayendo consigo nuevas necesidades de transporte, así como la necesidad de aeronaves más complejas, con más componentes, con diversos tipos de control (por recurso, por condición, etc.), y con estándares más altos de calidad y seguridad.

Es aquí donde entra la confiabilidad como herramienta de aseguramiento del mantenimiento de aeronaves, ya que su misión consiste en mantener los niveles de seguridad y confiabilidad inherente en los diversos componentes instalados en las aeronaves.

El presente trabajo está basado en el análisis de fallas de los helicópteros tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171 de fabricación rusa.

Los fabricantes de aeronaves rusas manejan programas de mantenimiento basados en mantenimiento preventivo, en base a inspecciones programadas (inspecciones horarias, inspecciones calendarias, etc.) y al mantenimiento reactivo, en caso se presente alguna discrepancia o falla y se tenga que corregir, para no afectar la aeronavegabilidad de la aeronave.

Este tipo de mantenimiento genera una base de datos de fallas, alimentada principalmente por los Informes Técnicos de Vuelo (en adelante ITV's) o las bitácoras de vuelo; así como por los informes de investigación en los que haya podido incurrir la compañía aérea como parte de su experiencia en la explotación de sus aeronaves.

El problema surge en que con este tipo de mantenimiento, sólo se pueden analizar tareas de mantenimiento correctivo, más no se puede determinar un índice o probabilidad de fallas con lo cual poder implementar tareas de mantenimiento predictivo.

Es sobre este tema donde aplica la presente investigación, tratando de implementar un Programa de Confiabilidad en helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-

8MTV-1 Y MI-171 con el cual el operador pueda llevar a cabo tareas de mantenimiento predictivo en sus aeronaves, optimizando sus costos y tiempos de mantenimiento.

Con la adecuada implementación de un Programa de Confiabilidad se podría medir el desempeño de las aeronaves estableciendo y comparando niveles aceptables, identificando eventos significativos o tendencias adversas y evaluando desempeños inaceptables, optimizando los Programas de Mantenimiento.

1.2 Formulación del problema:

1.2.1 Problema general

¿Cómo incrementar la confiabilidad de una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo disminuir las fallas repetitivas en los helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171?
- ¿Cómo identificar sistemas y subsistemas críticos, eventos significativos o tendencias adversas en una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171?
- ¿Cómo demostrar la efectividad de la implementación de un Programa de Confiabilidad en base al Mantenimiento Predictivo?

1.3 Justificación e Importancia:

El presente proyecto busca aportar un valor significativo en las tareas de mantenimiento de las aeronaves rusas tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171, implementando un programa de confiabilidad con lo cual mejorar los niveles de seguridad y confiabilidad inherente de los diversos componentes de los helicópteros en mención. La importancia del presente proyecto radica en que a la actualidad, ningún fabricante ruso proporciona manuales o programas concernientes a la confiabilidad de aeronaves, haciendo que el control de mantenimiento de éstas sea mediante mantenimiento preventivo en forma de inspecciones programadas, y mantenimiento correctivo para las fallas que se den a lo largo de la operación.

Con este proyecto se busca identificar los sistemas y componentes que puedan presentar fallas críticas poniendo en peligro la seguridad y rentabilidad de las operaciones, analizarlas y proponer procedimientos para identificar posibles fallas a futuro, qué tareas de mantenimiento son efectivas o cuáles se podrían implementar para elevar los estándares aceptables; y con ello, a futuro, poder ahorrar costos significativos de mantenimiento a la compañía.

La Implementación de un Programa de Confiabilidad en la empresa Helicópteros del Sur S.A. (en adelante Helisur S.A.) se centrará en poder medir el desempeño de las aeronaves de la flota estableciendo y comparando niveles aceptables, identificando eventos significativos o tendencias adversas y evaluando desempeños inaceptables, optimizando los Programas de Mantenimiento.

1.4 Limitaciones:

- La información necesaria para llevar a cabo el presente trabajo se encuentra en idioma ruso e inglés, limitando cierto tipo de contenido, ya que algunas palabras no tienen una traducción exacta al idioma español.
- Bibliografía escasa, ya que los programas de confiabilidad están orientados en su mayoría a aeronaves de ala fija y transporte aéreo regular.
- El tiempo en el que se desarrolla la presente investigación es limitado, por lo cual no se puede abordar el análisis de mucha data, sólo se analizarán los datos del sistema y subsistemas con mayor número de reportes y mayor incidencia en la disponibilidad de la flota, para demostrar la factibilidad de la implementación de un Programa de Confiabilidad en la compañía.

1.5 Antecedentes de investigación

1.5.1 Coronel Cruz José Roberto y Tellez Vidal Javier (2007) en su tesina de grado **“Mejoramiento de un programa de confiabilidad para el mantenimiento en equipo Airbus A-320”** describe::

El análisis de un programa de confiabilidad basado en la metodología del MSG-3 plasmado en el documento AC 120-17A de la FAA para aeronaves Airbus A-320. Con esta propuesta busca lograr una mayor utilización y aprovechamiento de la flota por parte del operador aéreo alcanzando niveles más eficientes de operación y aeronavegabilidad. El objetivo del trabajo es analizar la administración y procesos de mantenimiento del equipamiento Airbus A-320 para incrementar o incorporar un programa de confiabilidad basado en un análisis de datos incrementando la seguridad, eficiencia y economía del operador.

1.5.2 Ramírez Manchola Yezid Camilo (2012) en su tesis de grado **“Análisis de Confiabilidad de la Flota de Aeronaves de la Escuela de Aviación del Pacífico”** describe::

El análisis de confiabilidad realizado a la flota de aeronaves de la Escuela de Aviación del Pacífico ubicada en la ciudad de Cali. El trabajo se realiza sobre una flota de 6 aeronaves, dos de ellas tipo Piper PA-28 y 4 aeronaves tipo Cessna 152. En el análisis se realiza un proceso para la identificación de las fallas, análisis de riesgos en la operación, análisis causa-raíz y análisis de la disponibilidad y operación de las aeronaves”. Se analizaron las fallas para determinar los riesgos generados, su criticidad y

su afectación a la seguridad logrando dar recomendaciones de ajuste en las tareas de mantenimiento del operador.

1.5.3 Pillaca Mendoza Gerson Alexander (2015) en su ISP de grado “Implementación de un Programa de Confiabilidad para mejorar la operatividad de la flota de aeronaves Fokker 50/60 de la Aviación Naval” describe:

El desarrollo de un programa de confiabilidad para la flota de aeronaves Fokker 50/60 del escuadrón 11 de la Aviación Naval basado en el método de Ishikawa. Se identificó los sistemas críticos y se señaló la falta de componentes de reemplazo para los componentes inoperativos como una de las causas principales de inoperatividad. Los datos fueron tomados de los ITV's y de las bitácoras de las aeronaves. El trabajo evalúa las causas que produjeron la inoperatividad de dos aeronaves de la flota Fokker.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Proponer la aplicación de un Programa de Confiabilidad en una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171 para incrementar la confiabilidad en base al mantenimiento Predictivo.

1.6.2 Objetivos específicos:

- Recolectar historiales de fallas y otros datos de referencia para determinar las fallas repetitivas en una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171.

- Desarrollar un análisis para identificar cuantitativamente los sistemas y subsistemas críticos, medir el desempeño de las aeronaves e identificar eventos significativos o tendencias adversas en una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171.
- Plantear un ejemplo con el cual demostrar la efectividad de la implementación de un Programa de Confiabilidad bajo la metodología del Mantenimiento Predictivo en helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Mantenimiento

Se refiere a toda acción de mantenimiento, que es parte de un programa de mantenimiento, para restaurar la condición original de una aeronave, motor de aeronave, hélice o accesorio después de haberse encontrado algún mal funcionamiento o daño como resultado de efectuarse una inspección requerida. (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, s.f.).

Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

2.1.2 Tipos de Mantenimiento

2.1.2.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo está orientado en reparar el equipo que haya presentado algún mal funcionamiento, o no hay cumplido podido realizar el trabajo para el cuál fue construido.

En el mantenimiento correctivo se encuentran las siguientes 2 divisiones:

- **Mantenimiento paliativo;** son los arreglos, es decir, la puesta en funcionamiento del elemento al que una avería ha hecho parar o funcionar irregularmente para poder seguir produciendo. Se trata de reparaciones provisionales hechas bajo la idea de, "se realizara una reparación definitiva en cuanto se pueda".
- **Mantenimiento curativo:** son reparaciones, realizadas en el mismo lugar donde se produjo la avería o en el taller, que se realizan tras el arreglo. Se trata de las

reparaciones definitivas tras las provisionales. Son la conclusión del mantenimiento paliativo (Este tipo de mantenimiento es válido únicamente para la sección estructural).

Dentro del mantenimiento correctivo se encuentra implícito el concepto de mejora, si tras el arreglo y la reparación se analizan las causas de la avería y son registradas, lo cual facilitará la realización de acciones posteriores encaminadas a que no vuelva a ocurrir el fallo o avería.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento es que el equipo agotará al máximo su tiempo de vida operativa.

Aunque presenta esta ventaja el mantenimiento correctivo presenta las siguientes desventajas

- La falla de un elemento puede a su vez acarrear daños a otros elementos del sistema o al sistema mismo impactando en la seguridad del equipo.
- Los análisis de los costos de mantenimiento han demostrado que una reparación realizada tras una falla, será normalmente 3 o 4 veces más cara que si se hubieran realizado tareas de mantenimiento preventivo;
- Como el tiempo de aparición de la falla es incierta, no puede planearse la tarea de mantenimiento, por lo que deben esperarse mayores tiempos de inmovilización, debido a la indisponibilidad de recursos (repuestos, personal, herramientas,...)
- Esto supone una mayor cantidad de inventario si se quiere minimizar el tiempo de reposición.

Por tanto, el mantenimiento correctivo puede llegar a ser más costoso, debido al costo directo de restauración de la funcionalidad del sistema y al costo indirecto incurrido como resultado de la pérdida de producción, prestigio e incluso vidas. (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013).

2.1.2.2 Mantenimiento preventivo

Se refiere a toda acción de mantenimiento, que es parte de un programa de mantenimiento, para prevenir mal funcionamiento o daños que son esperados en la operación normal de una aeronave, motor de aeronave, hélice o accesorio. (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, s.f.).

Se consideran variantes del mantenimiento preventivo las siguientes:

- **Mantenimiento sistemático:** Es el “mantenimiento preventivo efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas”.
- **Mantenimiento de vigilancia:** es un tipo de mantenimiento preventivo que se define como “la vigilancia regular del material, a base de rondas de frecuencia corta que entrañan pequeños trabajos, cuando es necesario”. Su fin es encontrar fallos menores que a la larga pudieran provocar otros fallos mayores.
- **Mantenimiento predictivo:** conjunto de acciones encaminadas a la toma de datos y su análisis para comprobar posibles desviaciones en el funcionamiento de las máquinas. Después, durante una parada, se devolverá la máquina a sus condiciones óptimas, realizando todos los cambios que sean oportunos.

Una de las principales ventajas de esta política de mantenimiento es el hecho de que las tareas de mantenimiento preventivo se realizan en un instante de tiempo predeterminado, con lo cual se puede suministrar por anticipado todos los recursos de apoyo al mantenimiento, evitando posibles interrupciones costosas.

Otra ventaja es la de evitar la producción de fallos que, en algunos casos, pueden tener consecuencias catastróficas para el usuario o explotador y para el entorno; el intervalo entre fallos es mayor aplicando esta estrategia de mantenimiento. (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013).

2.1.3 Filosofía de mantenimiento MSG-3

El MSG-3 identifica las tareas de mantenimiento adecuadas para prevenir fallas y mantener la Confiabilidad del diseño, inherente de los sistemas de las aeronaves mediante el análisis de fallas.

El MSG-3 considera las normas de tolerancia al daño y evaluación de fatigas del FAR 25.571 y los Programas de Inspecciones Suplementarios. El diagrama de decisión lógica incluye los conceptos de fallas múltiples, efecto de falla en estructura adyacente, crecimientos de grietas desde la longitud crítica detectable y comienzo de exploración de una falla potencial.

Cabe destacar que el diagrama lógico del MSG-3 no es un proceso de mantenimiento, sino una tarea orientada. Estas tareas programadas a intervalos específicos proporcionan un programa de mantenimiento, cuyo objetivo es prevenir el deterioro de la seguridad inherente y niveles de confiabilidad de las Aeronaves, Sistemas o Componentes. (LAN Airlines S.A., 2009)

2.1.4 Programa de Mantenimiento

El Programa de Mantenimiento (PM) es el plan descriptivo donde se detallan las tareas de mantenimiento predictivo a realizarse sobre un componente, equipo o maquinaria, para mantener sus niveles de confiabilidad inherente y asegurar la aeronavegabilidad de las aeronaves.

En la aviación comercial se pueden observar dos tipos de PM bien marcados:

- PM orientado a los Procesos
- PM orientado a las Tareas

2.1.4.1 PM orientado a los Procesos

Este tipo de programas está basado en la metodología del MSG-2, en el cuál a la aeronave se le asignan procesos de mantenimiento como pueden ser el Hard Time (HT), On Condition (OC) y Condition Monitoring (CM). (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, 2003)

a) Hard Time

Tiempo límite de “overhaul” o vida límite de la parte. Este es un proceso de mantenimiento preventivo primario. El “hard-time” requiere que un sistema, componente, o dispositivo sea, sometido a “overhaul”, reparado o inspeccionado en banco de pruebas periódicamente (tiempo limite) o sacado de servicio (vida limite). Los tiempos limite solo pueden regularse basándose en las pruebas o experiencia de operación, de acuerdo con los procedimientos en el programa de confiabilidad aprobado del explotador.

b) On Condition

Este es también un proceso de mantenimiento preventivo primario. Requiere que un sistema, componente o dispositivo sea chequeado o inspeccionado periódicamente contra algún estándar físico apropiado para determinar si puede continuar en servicio. El estándar asegura que la unidad sea sacada de servicio antes de que falle durante una operación normal. Estos estándares pueden ser regulados basados en la pruebas o experiencias en la operación, como sea apropiado, de acuerdo con el manual de mantenimiento o programa de confiabilidad aprobado al explotador.

c) Condition Monitoring

El MSG-2 introdujo el “Condition Monitoring”. Este proceso es para sistemas, componentes o dispositivos que no tienen mantenimiento “Hard Time” ni “On-Condition”

como proceso de mantenimiento primario. Es efectuado por los medios apropiados disponibles a un operador para hallar y resolver áreas problemáticas. El usuario debe controlar la confiabilidad de los sistemas o equipos basados en el conocimiento obtenido mediante el análisis de fallas, estadísticas, investigación de los reportes de taller u otras indicaciones de deterioro.

2.1.4.2 PM orientado a las Tareas

El programa de mantenimiento con enfoque orientado a tareas utilizado en aviación hace uso de un proceso de decisión lógica desarrollado por la ATA a través del MSG-3. En el cual la aproximación del análisis de falla es conducida por el más alto nivel manejable del sistema en lugar de un nivel de componente. La lógica para la prevención de la falla y del mantenimiento se encuentra inherente al nivel de confiabilidad del sistema en las cuales se desarrollan en 3 categorías las tareas: Airframe System Task, Structural Item Task y Zonal Task. (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013).

a) Airframe System Task

Son tareas que se aplican a los sistemas de las aeronaves. Estas tareas se dividen en cinco tipos: (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, 2003)

- **Lubricación/Servicio (LU/SV)**

Cualquier acción de servicio o lubricación con el propósito de mantener las capacidades inherentes de diseño. La recarga de un consumible debe reducir el índice de deterioro funcional.

- **Chequeo Operacional/Visual (OP/VC)**

Categorías de falla funcional escondida. Un chequeo operacional es una tarea para determinar si un ítem cumple con su propósito. El chequeo no requiere de tolerancias cuantitativas, pero es una tarea para encontrar fallas. Un chequeo visual es una observación para determinar si un ítem cumple con su propósito y no requiere tolerancias cuantitativas. Esta es una tarea para encontrar fallas que asegure una adecuada disponibilidad de funciones escondidas, para reducir el riesgo de fallas múltiples que afecten la seguridad y para evitar efectos económicos de fallas múltiples y sea rentable.

- **Chequeo Funcional (FC)**

Un chequeo cuantitativo para determinar si una o más funciones de un ítem, se encuentran dentro de los límites especificados. La reducción de la resistencia a la falla debe ser detectable, y debe haber un intervalo razonablemente consistente entre la condición de deterioro y la falla funcional.

- **Restauración (RS)**

Es el trabajo necesario para devolver a un ítem a su estándar específico. Teniendo en cuenta que la restauración puede variar desde limpieza o reemplazo de partes individuales hasta un completo "Overhaul", se debe especificar el alcance de cada tarea asignada de restauración. El ítem debe mostrar características de degradación funcional a un tiempo identificable y un elevado porcentaje de unidades deben sobrevivir a ese tiempo.

- **Descarte (DS)**

La remoción del servicio de un ítem a un límite de vida especificado. Los descartes son normalmente aplicados a partes individuales, tales como cartuchos, cilindros, discos de motor, miembros estructurales de vida segura, etc. El ítem debe mostrar características de degradación funcional a un tiempo identificable y un elevado porcentaje de unidades deben sobrevivir a ese tiempo.

b) Structural Item Task

Las aeronaves sufren de tres tipos de degradación estructural:

- Degradación Ambiental
- Degradación por Accidente
- Degradación por Fatiga

Para ello, el MSG-3 implementa tres tipos de inspecciones estructurales, para determinar los deterioros: (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, 2003)

- **Inspecciones (IN)**

I. Inspección detallada

Un examen visual intensivo de un área estructural, sistema, instalación o conjunto específico, para detectar daño, falla o irregularidad. La luz disponible es normalmente complementada con una fuente directa de iluminación de una intensidad que el Inspector juzgue apropiada. Pueden ser usadas ayudas para la inspección tales como espejo, lentes de aumento, etc. Puede requerirse la limpieza de superficies o procedimientos de acceso.

II. Inspección visual general (vigilancia)

Un examen visual de un área interior o exterior, instalación o conjunto para detectar daño evidente, falla o irregularidad. Este nivel de inspección es normalmente realizado bajo condiciones normales de luz, tal como la luz del día, luz de un hangar, etc. y puede requerir de la remoción o apertura de paneles de acceso o puertas. Se pueden requerir bancos, escaleras de mano o plataformas para ganar proximidad al área que está siendo examinada.

III. Inspección especial detallada

Un examen intensivo de un ítem específico, instalación o conjunto para detectar daño, falla o irregularidad. El examen es probable que se realice con técnicas de inspección especializada y/o equipos. Puede requerirse una buena limpieza y procedimientos para un acceso o desarme extenso.

c) Zonal Task

Este tipo de tareas asegura que todos los sistemas, componentes e instalaciones contenidas dentro de una zona específica en la aeronave reciban una adecuada vigilancia para determinar la seguridad de la instalación así como las condiciones generales. El programa engloba ciertas tareas de inspección, generadas contra los ítems en el sistema de programa de mantenimiento, hacia una o más tareas zonales de vigilancia. (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013)

2.1.5 Definiciones de Confiabilidad

2.1.5.1 Confiabilidad

Confiabilidad es la capacidad de un sistema o componente para realizar la o las funciones requeridas bajo ciertos estados de condición predeterminados y en un periodo específico de tiempo.

Otra definición de Confiabilidad, es la probabilidad de que un equipo o sistema realice las funciones para lo cual fue diseñado, sin fallar y bajo condiciones de operación específicas para tal diseño. Dicho de otra manera,

Confiabilidad es el “grado de cumplimiento” de un Sistema o Componente sin que falle.

Un componente o sistema es considerado “Confiable” si este sigue un patrón de comportamiento esperado, y es considerado “No-Confiable” si no lo cumple. (LAN Airlines S.A., 2009)

2.1.5.2 Confiabilidad Inherente

La Confiabilidad Inherente de un Sistema o Componente, es la Confiabilidad establecida por el diseño del mismo. No se puede lograr un nivel de confiabilidad mayor que el nivel de confiabilidad inherente dado por su diseño original.

Un sistema de mantenimiento programado puede solamente asegurar que el nivel de confiabilidad inherente sea mantenido, no es una forma de mantenimiento que pueda producir un nivel mayor al nivel inherente de diseño. La clave está en desarrollar un programa de mantenimiento efectivo el cual minimice las reducciones de este nivel inherente. (LAN Airlines S.A., 2009)

2.1.5.3 Confiabilidad Operacional

Existe un factor adicional el cual puede incrementar el promedio de fallas en forma impredecible, el factor humano en lo que a las actividades de operación y mantenimiento de equipos se refiere. Este no está considerado en la confiabilidad de diseño de los componentes. El diseñador debe efectuar el diseño para minimizar las posibilidades de una operación inadecuada y hacer el sistema de mantenimiento tan simple como sea posible.

Confiabilidad Operacional se define entonces como:

$$CO = CI \times PnOI \times PncEM$$

CO : Confiabilidad Operacional

CI : Confiabilidad Inherente

PnOI : Probabilidad de no Operar Inadecuadamente

PncEM : Probabilidad de no cometer Errores de Mantenimiento

Los parámetros de medición de confiabilidad miden efectivamente confiabilidad operacional, donde ya están incluidas las actividades de una correcta o incorrecta acción de operación o mantenimiento, sin embargo, no es fácil separarlas. Los dos factores humanos (PnOI y PncEM), anteriormente indicados, están afectados por conceptos como conocimiento, entrenamiento, destreza, habilidad, iniciativa concentración, etc. y por tratarse de un factor humano, están afectados directamente por las condiciones pedagógicas, sociológicas y psicológicas de las personas involucradas en el proceso de mantenimiento. (LAN Airlines S.A., 2009).

2.1.6 Modelos de Falla

Hasta los años sesenta, las compañías aéreas creían que el mantenimiento programado estaba basado en que los componentes tenían un tiempo determinado en el cual necesitaban una revisión general que garantizaran su operatividad, seguridad y confiabilidad.

Esto traía consigo tiempos de inoperatividad, lo cual afectaba la producción y servicios para el cliente y el costo. Frente a ello la Federal Aviation Administration (en adelante FAA) al no poder controlar las tasas de falla de ciertos tipos de motores, formó un grupo de trabajo con el cual investigar el mantenimiento preventivo y cómo fallan los equipos respecto a su degradación con la edad, la evolución de la fiabilidad y determinar cuáles son las condiciones que deben existir para que el mantenimiento programado sea eficaz.

Se identificaron 6 modelos de fallos, representando la probabilidad condicional de fallo en función de la edad, para una amplia variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

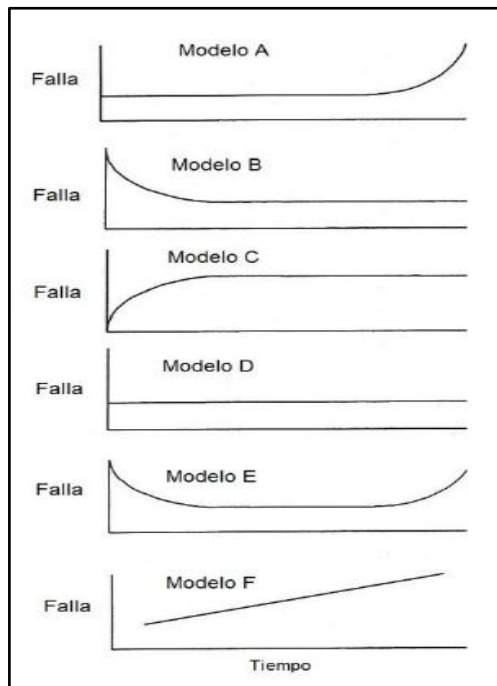


Figura 2.1: Curvas de Modelos de falla (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013)

d) Modelo A

Probabilidad de falla constante durante su vida útil, seguida de un comportamiento exponencial elevado hasta una etapa límite. Esta curva, por ejemplo, es la de un motor.

e) Modelo B

Altos fallos iniciales que van decreciendo hasta alcanzar una probabilidad constante de fallas o ligeramente creciente durante su vida útil. Esta curva, por ejemplo, es la de equipos electrónicos.

f) Modelo C

Baja probabilidad de falla cuando el elemento está recién salido de la fábrica o del taller, seguido de un rápido incremento de fallas hasta llegar a un nivel relativamente constante durante su vida útil.

g) Modelo D

Probabilidad de falla relativamente constante durante toda su vida útil.

h) Modelo E

Este modelo de ajusta a tres etapas, donde la primera presenta una etapa de fallas infantiles o decrecientes, seguida de una etapa de fallas constantes o de operación normal, para luego llegar a una etapa de falla creciente debido al desgaste o envejecimiento.

Para este modelo hay una aproximación matemática para cada una de las tres etapas, y al sumarlas dan la función de densidad del presente modelo.

Este modelo es comúnmente conocido como la curva de la bañera.

i) Modelo F

La probabilidad de fallas aumenta gradualmente sin llegar a formar una curva pronunciada. Esta curva, por ejemplo, es la de un motor de turbina.

Los modelos A y E se dan para elementos simples, como neumáticos frenos y componentes estructurales. Los modelos B, C, D y F se dan para elementos complejos.

Esto implica que las fallas en los elementos simples se dan en función al tiempo, ya sea por fatiga del material o desgaste mecánico, mientras que los componentes complejos no muestran el mismo comportamiento. Esto quiere decir, que si un componente complejo que después de haber mantenido un comportamiento constante presenta fallas iniciales, es sometido a un mantenimiento programado, puede incrementar la tasa de fallas en un sistema estable.

Comparando tres estudios (UAL 1968, BROMBERG 1973 y U.S. NAVY), se logró asociar el porcentaje de equipos según el modelo de falla, como se muestra a continuación:

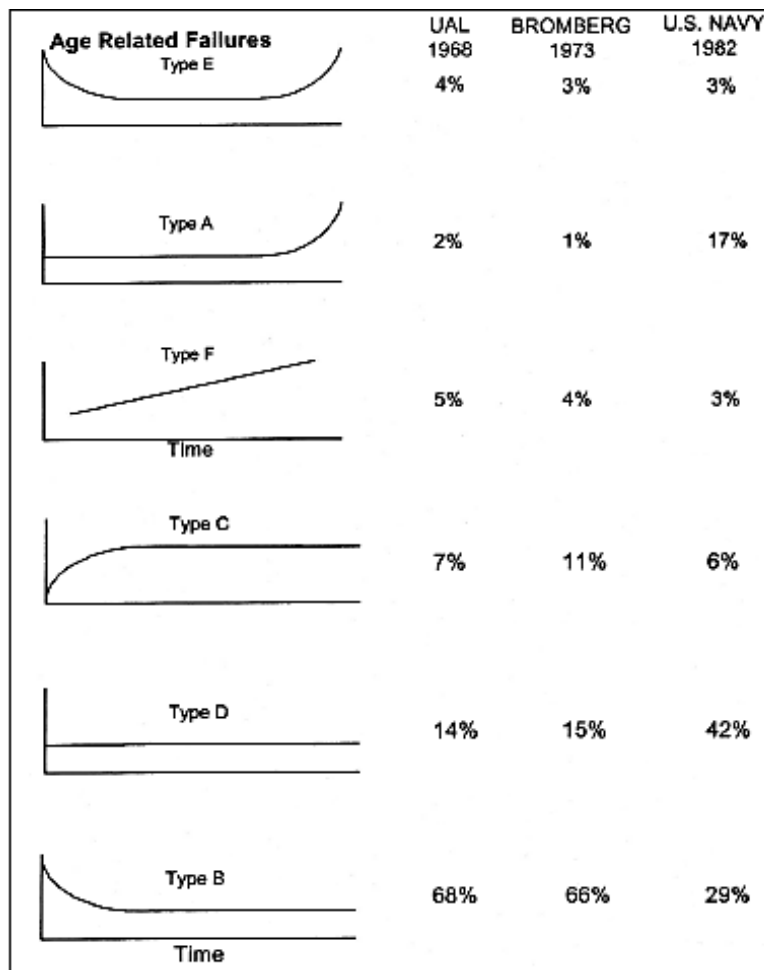


Figura 2.2: Porcentaje de equipos según modelo de falla (Redondo Expósito, 2007)

Se demostró que las curvas de los modelos D y B son los de mayor incidencia en los equipos de aviación comercial.

No hay una fuerte relación entre la edad y las fallas. No todas son iguales. Los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán de forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza según las investigaciones sobre los modos de falla. (Guzmán Espinosa & Rosas Vega, 2013)

2.2 Definición de términos:

- **Informe Técnico de vuelo:** En adelante **ITV**, es el documento legal donde van registrados la matrícula de la aeronave, modelo, fecha, lugar de vuelo horas de vuelo, aterrizajes, tiempo total de operación, discrepancias encontradas, acciones correctivas tomadas, los resultados obtenidos de dichas acciones, etc. Son llenados tanto por operaciones (parte A), como por mantenimiento (parte B).
- **Bitácora de Vuelo:** Un formulario firmado por el Piloto al mando (PIC) de cada vuelo, el cual debe contener: la nacionalidad y matrícula del avión, fecha, nombres de los tripulantes, asignación de obligaciones a los tripulantes, lugar de salida, lugar de llegada, hora de salida, hora de llegada, horas de vuelo, naturaleza del vuelo (regular o no regular), incidentes, observaciones, en caso de haberlos y firma del PIC. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Dirección General de Aeronáutica Civil:** En adelante **DGAC**, es un órgano de línea de ámbito nacional que ejerce la Autoridad Aeronáutica Civil en el Perú y se encarga de fomentar, regular y administrar el desarrollo de las actividades del transporte aéreo así la navegación aérea civil dentro de nuestro territorio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, s.f.).
- **Explotador aéreo:** Aceptación simplificada del explotador de una aeronave. Se denomina a la persona que utiliza una aeronave legítimamente por cuenta propia, aun sin fines de lucro, conservando su conducción técnica y la dirección de la tripulación. Es decir, es la persona natural, organismo o empresa que se dedica, o propone dedicarse a la explotación de aeronaves. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

- **Federal Aviation Administration:** En adelante **FAA**, es la Entidad Gubernamental perteneciente al Departamento de Transportes encargada de velar y normar el ámbito de la Aviación Civil de los Estados Unidos.
- **Federal Aviation Regulations:** En adelante **FAR**, son los mandatos con los cuales se controlan todos los aspectos de la Aviación Civil en los Estados Unidos. Son un equivalente a las RAP en el Perú.
- **Gráficas de Control:** Diagrama usado para decidir periódicamente si un proceso está dentro del control estadístico. La línea central de un gráfico de control corresponde a la media de la distribución muestral de la estadística sobre la base de la cual se debe mantener el control, normalmente basado en el análisis de datos pasados. Los límites de control son líneas horizontales dibujadas en una carta de control a distancias apropiadas por encima y por debajo de la línea central; se hace referencia, respectivamente, como el límite de control superior y el límite de control inferior. Mientras los puntos trazados caigan entre los límites de control se presume que el proceso está en control; se supone que un punto que cae fuera de los límites de control indica la presencia de causas asignables de variación. (Federal Aviation Administration, 2000).
- **Helicóptero:** Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Ítem de Inspección Requerida:** En adelante **RII**, este elemento se refiere a elementos de trabajo de mantenimiento que, si se realizan incorrectamente o si se utilizan piezas inadecuadas, podrían poner en peligro el funcionamiento seguro de la aeronave.

Los elementos RII aparecen en todos los ítems del programa de mantenimiento de aeronavegabilidad continua del operador. Ellos reciben la misma consideración independientemente de si están o no relacionados con tareas programadas o no programadas; es decir, el hecho de que un requisito de RII surja en un momento inadecuado o en un lugar inconveniente no tiene relación con la necesidad de llevarlo a cabo correctamente. (Federal Aviation Administration, 2000).

- **KAZAN/ULAN-UDE:** Fabricantes rusos de los helicópteros MIL.
- **Mantenimiento Mayor:** Tipo de mantenimiento durante el cual se tiene que mantener la aeronave en tierra para llevar a cabo diversas tareas de mantenimiento de mayor complejidad con el fin de devolver a la aeronave a su estado óptimo y aeronavegable.
- **Manual de Mantenimiento (MM):** El manual de mantenimiento del operador sirve para definir el programa de mantenimiento continuo de la aeronavegabilidad y para proporcionar procedimientos e instrucciones para su uso. Se compone de tres categorías generales: (1) políticas y procedimientos; (2) instrucciones detalladas para la realización del programa de inspección programado; y (3) manuales técnicos para normas y métodos de mantenimiento. Estas categorías pueden agruparse de cualquier manera utilizable. (Federal Aviation Administration, 2000).

Incluye las Cartas Tecnológicas (CT) con procedimientos establecidos.

- **Overhaul:** Es el restablecimiento de una aeronave o componente de aeronave por inspección y reemplazo, de conformidad con un estándar aprobado para extender el potencial operacional. (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, s.f.).

- **Pasaporte:** Documento emitido por el fabricante del componente, en el cuál se registran los datos técnicos, recursos, movimientos y reparaciones del componente durante su explotación.
- **Reportes de piloto:** En adelante **PiReps**, son los reportes de discrepancias durante el vuelo registrados por el piloto o la tripulación de abordo en el ITV. Estos reportajes son anotados en la parte B de dicho documento.
- **Programa de Confiabilidad:** es el monitoreo continuo, registro y análisis del funcionamiento y condición de los componentes y sistemas de la aeronave. Los resultados son entonces medidos o comprados contra niveles de comportamiento normal establecidos de modo que la necesidad de una acción correctiva puede ser evaluada y en caso necesario, pueden ser adoptadas. (Dirección General de Aeronáutica Civil de Colombia, 2010)
- **Regulaciones Aeronáuticas del Perú:** En adelante **RAP**, conjunto de regulaciones que deben ser cumplidas por los ciudadanos en la República Peruana con respecto a todas las fases de la certificación y operación de Aeronaves Civiles. (Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú, s.f.).
- **RAP 121:** Son las regulaciones concernientes a explotadores aéreos de aerolíneas regulares.
- **RAP 135:** Son las regulaciones concernientes a explotadores aéreos no regulares que aplican a helicópteros.

- **R/C:** Rotor de cola
- **Recurso:** Tiempo de vida del helicóptero o sus componentes asignado por el fabricante. Existen dos tipos de recursos, el recurso horario (tiempo máximo medido en horas de vuelo en que el helicóptero o sus componentes pueden operar) y el recurso calendario (tiempo máximo medido en días calendarios en que el helicóptero o sus componentes pueden operar). Una vez consumido el recurso y dependiendo de qué componente se trate, se le hará un overhaul o se descartará.
- **Sistema ATA:** Sistema publicado por ATA (Asociación del Transporte Aéreo), que establece una clasificación de los sistemas individuales de referencia común de todas las aeronaves para mantenimiento. Es un estándar de clasificación mediante un sistema de numeración para las aeronaves. Divide a la aeronave en Aircraft General, Airframe systems, Structure, Propeller/rotor y Power plant.
- **Tiempo medio entre remociones:** Horas totales voladas entre el total de remociones.
- **Tiempo medio entre remociones no programadas:** Horas totales voladas entre el número de remociones no programadas.
- **Índice de remociones no programadas:** Número de remociones no programadas por mil horas de vuelo entre horas totales voladas.
- **Tiempo medio entre fallas:** Horas totales voladas entre cantidad de fallas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Variables

Se pueden identificar dos variables, una variable dependiente denominada como "Confiabilidad"; asimismo se identificó tres variables dependientes denominadas como "Reportes de piloto", "Índice de PiReps" y "Sistema crítico".

3.1.1 Definición conceptual de la Variable

3.1.1.1 Variable Dependiente

- **Confiabilidad**

La confiabilidad de la flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171 será medida en función de las variables independientes.

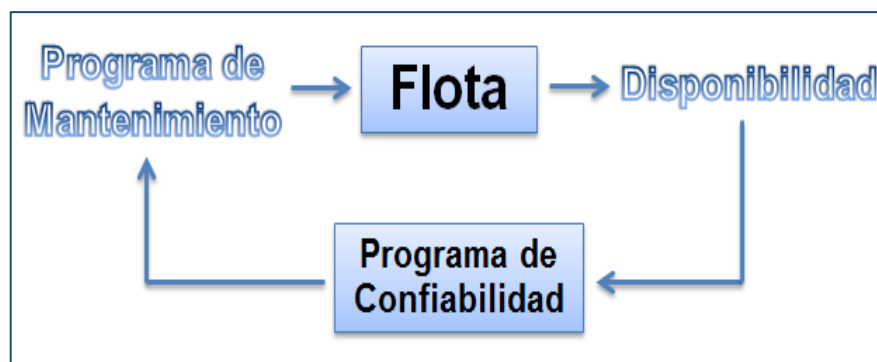


Figura 3.1: Flujo Programa de Confiabilidad (elaboración propia)

El presente trabajo busca evaluar los Programas de Mantenimiento de la Flota de aeronaves de la empresa Helisur S.A. bajo un Programa de Confiabilidad, el cuál analizará los resultados de la ejecución de los programas, estableciendo y comparando resultados, los cuáles puedan incurrir en una modificación del Programa de Mantenimiento a futuro.

3.1.1.2 Variables independientes

- **Reportes de piloto**

Se cuantificarán los reportes de piloto del período 2015 – 2016 para determinar la cantidad de fallas repetitivas en la flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171.

- **Índice de PiReps**

Se calculará el índice de PiReps y los límites de control superior (UCL) para determinar si los sistemas y subsistemas trabajaron bajo condiciones normales durante el periodo de estudio.

- **Sistemas críticos**

Se determinarán los sistemas y subsistemas críticos, para evaluar su impacto en una flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171.



Figura 3.2: Variables independientes (elaboración propia)

3.2 Metodología

3.2.1 Tipo de estudio

Exploratorio, ya que el tema a investigar ha sido poco estudiado o no ha sido abordado antes, los Programas de Confiabilidad son aplicados a explotadores aéreos regulares, mientras que los explotadores aéreos no regulares, como por ejemplo explotadores aéreos de helicópteros, no lo han implementado, o si lo han hecho, dicha información no ha sido publicada.

3.2.2 Diseño de Investigación

No experimental, longitudinal y de tendencia; ya que se recolectarán datos de reportes de fallas de los ITV's de los años 2015 – 2016 y se realizará un análisis de fallas con el cual determinar tendencias y sistemas y/o componentes críticos cuya falla puede perjudicar la disponibilidad de las aeronaves.

3.2.3 Método de Investigación

Estadístico y Deductivo, ya que se analizará toda la data obtenida mediante la estadística de fallas (desviación estándar), para luego encontrar una tendencia y llegar a conclusiones concernientes a la flota.

3.2.4 Aplicación de la Metodología

3.2.4.1 Gráficos de control

Un gráfico de control es principalmente un dispositivo que determina los límites dentro de los cuales todas las mediciones se deben encontrar normalmente. Cuando estas medidas se producen fuera de los límites de control establecidos, es una indicación inmediata de que existe un problema potencial que puede requerir investigación

adicional. A partir del estudio de los datos que tienden a agruparse en torno a un promedio y a la discusión de las medidas de dispersión, podemos suponer que la estabilidad de cualquier sistema puede ser determinada por la desviación de los datos. Si tales medidas son verdaderamente representativas del "todo", podemos suponer que las medidas futuras serán relativamente iguales. (Federal Aviation Administration, 2000)

3.2.4.2 Elementos de los gráficos de control

Los elementos principales de un gráfico de control son la línea central (CL), el límite de control superior (UCL) y el límite de control inferior (LCL), como se muestra en la siguiente figura:

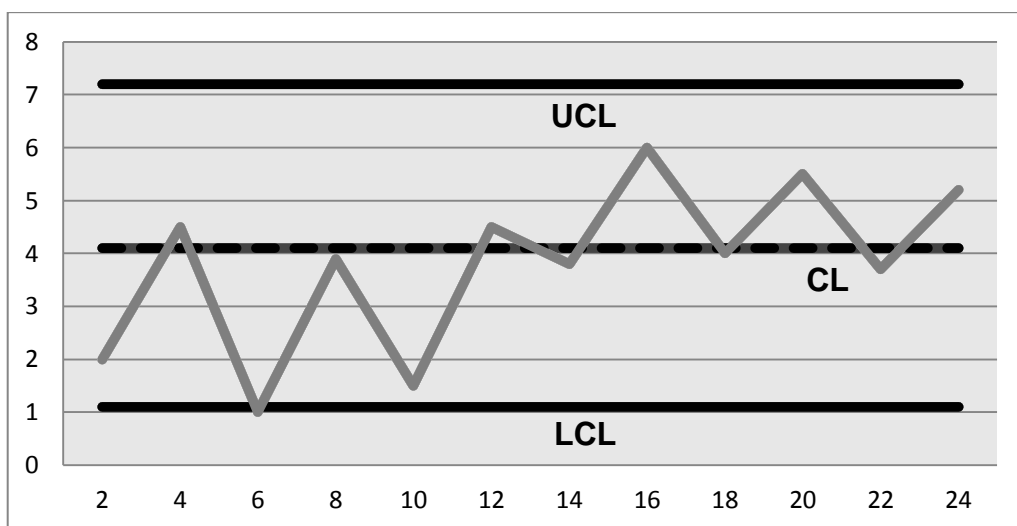


Figura 3.3: Elementos de los gráficos de control (elaboración propia)

La línea central (CL) es el valor promedio o medida de tendencia central representativa de los datos que se están estudiando. También se la conoce como Media (\bar{X}).

El límite de control superior (UCL) es la medida máxima esperada para el sistema, y el límite de control inferior (LCL) indica la medida más baja esperada. Si un dato aparece fuera de estos límites, nos generará un valor de alerta.

La gráfica de control es un dispositivo de prueba para determinar la tendencia de los datos a futuro, tomando como referencia los datos obtenidos en el momento de la elaboración del gráfico.

3.2.4.3 Desviación Estándar (σ)

La desviación estándar es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad. En primer lugar, midiendo la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del conjunto de datos. Luego, sumando todas estas diferencias individuales para dar el total de todas las diferencias. Por último, dividiendo el resultado por el número total de observaciones (normalmente representado por la letra "n") para llegar a un promedio de las distancias entre cada observación individual y la media. Este promedio de las distancias es la desviación estándar y de esta manera representa dispersión. (FAROEMPRESARIAL, s.f.)

3.2.4.4 Establecimiento de límites

La elección del mejor valor de alerta en términos de la desviación estándar, debe determinarse considerando qué intervalo ($\pm 1\sigma$, 2σ , 3σ , etc.) proporcionaría la forma más confiable de separar las tendencias inseguras de las desviaciones debidas a la dispersión de probabilidad.

Un intervalo pequeño como $\pm 1\sigma$ determinaría un espacio reducido de estudio, donde, si la dispersión de datos es elevada, nos arrojaría muchos valores de alerta, haciendo que nuestro estudio no indique un valor real, ya que las alertas no tendrían relación entre sí.

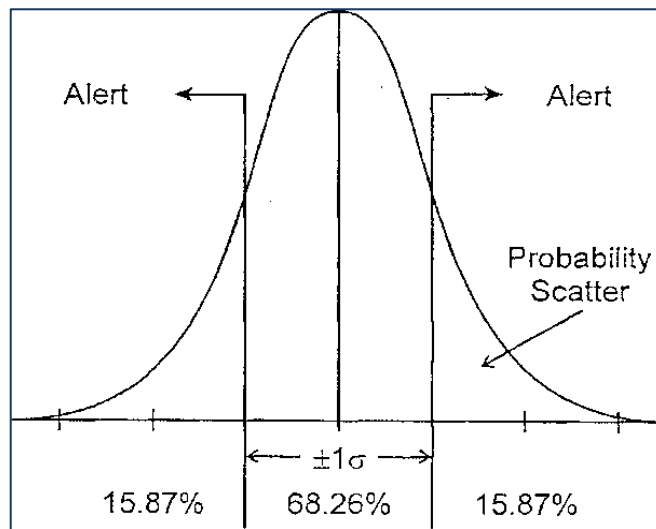


Figura 3.4: Desviación estándar $\pm 1\sigma$ (FAA Academy, 2000)

También existe el caso donde podríamos elegir un intervalo amplio de estudio, como $\pm 4\sigma$, donde los límites son tan amplios, que incluso las tendencias inseguras pueden nunca exceder los límites y nunca ser detectadas.

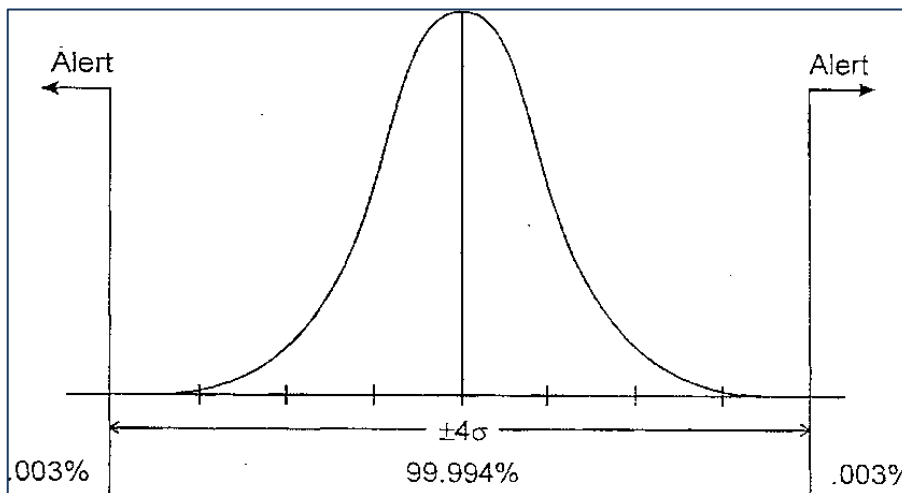


Figura 3.5: Desviación estándar $\pm 4\sigma$ (FAA Academy, 2000)

El mejor intervalo límite de control estaría en algún lugar entre estos dos extremos.

Para el presente trabajo se ha optado por tomar como límites de control $\pm 2\sigma$, ya que el intervalo $\pm 2\sigma$ resulta el más satisfactorio para detectar tendencias inseguras, teniendo en cuenta que cada vez que se superara el límite se producirá una alerta.

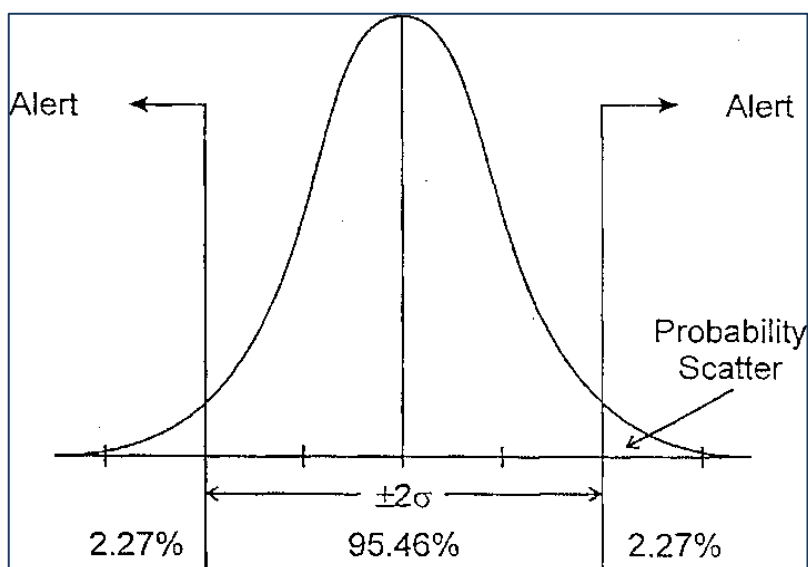


Figura 3.6: Desviación estándar $\pm 2\sigma$ (FAA Academy, 2000)

3.2.4.5 Rates (Índices)

En el presente trabajo se utilizarán índices mensuales y trimestrales por mil horas de vuelo:

- **Índice mensual:** Es la cantidad de eventos que ocurren durante un mes por mil horas de vuelo. (RATE 1M/1000FH por sus siglas en inglés).
- **Índice trimestral:** Es el promedio aritmético de eventos que ocurren durante un trimestre (mes actual más los dos anteriores) por mil horas de vuelo. (RATE 3M/1000FH por sus siglas en inglés).

3.2.4.6 Cálculo del UCL

Como se mencionó anteriormente, el UCL (Límite Superior de Control) es la medida máxima esperada para el sistema.

Para el presente trabajo se ha decidido calcularlo empleando la metodología de Zeljko Marusic:

- Contar hacia atrás del mes a estudiar, un trimestre.
- Aplicar las fórmulas de la media (\bar{X}) y la desviación estándar (σ) sobre los Rates (índices) de los doce meses anteriores al trimestre contado. (Fórmulas indicadas en el punto 3.2.4.8).
- Calcular el UCL utilizando la fórmula indicada en el punto 3.2.4.8.

Por ejemplo, si el período a evaluar es el año 2015, nos ubicamos en el mes de enero 2015 y contamos un trimestre hacia atrás (octubre 2014, noviembre 2014 y diciembre 2014), luego contamos doce meses hacia atrás (desde octubre 2013 hasta septiembre 2014) y con los Rates de estos doce meses, calculamos la \bar{X} y la σ , para finalmente calcular el UCL según fórmulas, donde evaluaremos los Rates mensual y trimestral del año 2015. (Marusic, 2009)

3.2.4.7 Valor de alerta

Una alerta será dada cuando el valor de un Rate (trimestral), sea superior al valor calculado del UCL, mencionado anteriormente.

3.2.4.8 Cálculo del Índice de PiReps

El índice de PiReps será calculado mediante una gráfica para la cual se necesitará el número de reportes de piloto del año a analizar, más el número de reportes de los 15 meses anteriores.

Con esta información se elaborarán las gráficas de los Rates (mensual y trimestral), de la media (\bar{X}) y del límite superior de control (UCL), en base al cálculo de la desviación estándar y la metodología explicada en el punto 3.2.4.6.

El índice de PiReps será calculado de manera global en un inicio, y también para los sistemas más relevantes o críticos, según se determine más adelante mediante el análisis.

3.2.4.9 Fórmulas a utilizar

- $CL = \Sigma x/N$

- $k = 2$

- $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N}}{N-1}}$

- $UCL = CL + k\sigma$

- $LCL = CL - k\sigma$

- $Rate = \frac{N^\circ \text{ PiReps} \times 1000}{\text{Horas (mensuales o trimestrales) voladas}}$

Dónde:

- σ : Desviación Estándar
- x : Tasa Mensual – Monthly Rate
- Σ : Sumatoria
- N : Población estadística (Número de meses del período analizado)
- k : Constante

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Análisis situacional

4.1.1 Helicópteros del Sur S.A.

Helicópteros del Sur S.A. (HELISUR) es una empresa peruana que inicia sus operaciones el 23 de marzo de 1994, con el propósito de prestar servicios de transporte aéreo en helicópteros, estando certificada por la Dirección General de Aeronáutica del Perú (DGAC) para realizar operaciones de transporte nacional no regular de pasajeros y carga, transporte aéreo especial y trabajo aéreo (carga externa), en apoyo a la actividad minera, petrolera, de construcción, labores de explotación, investigación, prospección y levantamientos geofísicos, en conformidad con las limitaciones y procedimientos de las Especificaciones relativas a las Operaciones (OpSpecs), la Ley de Aeronáutica Civil, su reglamento, sus Partes 135NE, 145NE, 133 y 91 de las Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP's) y las demás normas y procedimientos que sean aplicables a las operaciones de la empresa, en todo el territorio nacional.

En el tiempo transcurrido desde su fundación, se ha convertido en empresa líder del mercado, teniendo como campo de acción todo el territorio nacional por disponer de helicópteros con características técnico operacionales que le permiten operar en las diversas condiciones geográficas. Asimismo cuenta con una organización flexible que permite brindar con eficiencia y eficacia el mantenimiento de las aeronaves, asegurando la disponibilidad continua de la flota para la prestación del servicio, bajo condiciones óptimas de aeronavegabilidad.

Desde junio de 2008, HELISUR forma parte del Grupo UTAir, el mayor operador de helicópteros en todo el mundo, con una flota de más de 300 aeronaves que operan en distintos países. Con esta cobertura la meta de HELISUR es ser líder en la región, tanto

en operaciones aéreas integrales como en el servicio de mantenimiento y reparación de helicópteros de tipo MI.

Para asegurar la operatividad continua de toda la flota, así como la seguridad de las operaciones, HELISUR cuenta con una base de mantenimiento propia que está certificada por Mil Helicopter Plant. El mantenimiento de sus aeronaves se desarrolla de acuerdo a documentación técnica propia, aceptada ó aprobada por la DGAC del Perú y diseñada según las directrices de las Normas FAR, así como de las empresas fabricantes y diseñadoras de los helicópteros. (Helisur S.A., 2015, pág. 3)

4.1.2 Flota de helicópteros rusos tipo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171

Helisur S.A. es el explotador aéreo de helicópteros más grande en el Perú, contando entre su flota con helicópteros rusos tipo MI:

- MI-8AMT
- MI-8MTV-1
- MI-17-1V
- MI-171

Estos helicópteros son de fabricación rusa, producidos por las compañías KAZAN y ULAN-UDE.

Nº	MATRÍCULA	MODELO	Nº DE SERIE
1	OB-1584	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	95432
2	OB-1585	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	223M103
3	OB-1691	Helicópteros MIL Mi-17-1V	96153
4	OB-1826	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	93281
5	OB-1639-P	Helicópteros MIL Mi-8AMT	59489607212
6	OB1934	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	96264
7	OB1935	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643083909U
8	OB-1663	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	94704
9	OB1760	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	93823
10	OB-1761	Helicópteros MIL Mi-8MTV-1	93477
11	OB1990	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643083809U
12	OB1989	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643083808U
13	OB1988	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643083807U
14	OB1987	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643083806U
15	OB2018P	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643116101U
16	OB2019P	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643116102U
17	OB2020P	Helicópteros MIL Mi-171	171C00643116103U
18	OB2071	Helicópteros MIL Mi-8AMT	59489611137

Tabla 4.1: Flota de helicópteros Helisur S.A. (elaboración propia)

Para el presente trabajo, se ha decidido agrupar a las aeronaves por modelo, clasificándolas en 3 grupos:

- MI-8AMT
- MI-8MTV-1
- MI-171

La aeronave con matrícula peruana OB-1691 y número de serie 96153, es de modelo MI-17-1V, el cuál no figura en los grupos citados líneas arriba. Para el presente trabajo, esta aeronave será incluida dentro del grupo de aeronaves con modelo MI-8MTV-1, por ser similares entre sí, y por contar con el mismo programa de mantenimiento (HELICÓPTEROS DEL SUR S.A. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Mi-8MT (Mi-17) y Mi-8MTV-1 (Mi-17-1V)). Asimismo, esta aeronave se encuentra en proceso de cambio de modelo de MI-17-1V a MI-8MTV-1 ante la DGAC.

Las aeronaves con matrícula peruana OB1987 y OB1988 y con números de serie 171C00643083806U y 171C00643083807U respectivamente, no serán consideradas dentro del análisis del presente proyecto, ya que ambas se encuentran sin operar, por mantenimiento mayor desde el año 2014 (la OB1987 entró en mantenimiento mayor el 30/04/2014 y la OB1988, el 09/07/2014). Al estar en mantenimiento, no originan ningún tipo de información relevante para el presente estudio.

4.1.3 Programa de Mantenimiento

4.1.3.1 Programa de Mantenimiento MI-8AMT

El Programa de Mantenimiento del Diseñador del helicóptero Mi-8AMT, es el documento que determina el volumen y la periodicidad de ejecución de los trabajos de mantenimiento técnico de los helicópteros tipo Mi-8AMT.

La ejecución de los trabajos de mantenimiento a tiempo y con calidad, asegura un nivel de confiabilidad y disponibilidad del helicóptero para las operaciones aéreas.

(Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.1)

- **Inspecciones de Línea**

Las Inspecciones de Línea están conformadas por los siguientes tipos de inspecciones:

- Prevuelo;
- Tránsito;
- Parqueo;
- A1;
- A2;
- OV1;
- B; y
- 10 + 3 horas. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.1)

- **Inspecciones Periódicas**

Las Inspecciones Periódicas comprenden trabajos a la estructura de la aeronave, sistemas del helicóptero, planta de poder, sistema eléctrico y de aviónica, estando conformadas por los siguientes tipos de inspecciones:

- Periódica de 50 ± 5 horas.
- Periódica de 100 ± 20 horas;
- Periódica de 300 ± 20 horas;
- Periódica de 500 ± 20 horas;
- Periódica de 1000 ± 20 horas; y
- Calendarias.

De acuerdo a la definición de Mantenimiento de Línea de la RAP 43 NE y el Programa de Mantenimiento desarrollado por el Diseñador Mil Moscow Helicopter Plant (MMHP); respecto al Mantenimiento Operativo (Inspecciones de Línea), se establece como Mantenimiento de Línea en los helicópteros Mi-8AMT los siguientes tipos de Inspecciones:

- Prevuelo;
- Tránsito;
- Parqueo;
- A1;
- A2;
- OV1;

- B; y
- 10 + 3 horas.
- Periódica de 50 ± 10 horas. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, págs. 2.1, 2.2)

- **Inspección Estacional**

La Inspección Estacional se cumple cada vez que el helicóptero ha de prepararse para períodos de operación por estaciones otoño-invierno y primavera-verano.

Cuando el helicóptero es operado en países con períodos climáticos poco diferenciados, la Inspección Estacional se ejecuta cuando el helicóptero va a cambiar de zona de operación, por cambio de altura y humedad del aire, pero no menos de dos veces al año, es decir, cada 6 meses.

En tal sentido, este Programa de Mantenimiento considera la Inspección Estacional como parte de la Inspección Calendaria de cada 6 ± 1 meses. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.2)

- **Inspección Durante el Preservado**

Las inspecciones durante el preservado, se cumplen durante los períodos en los que el helicóptero no realiza operaciones aéreas y está conformado por los siguientes tipos de inspecciones:

- Preparación del helicóptero para el preservado;
- Trabajos durante el preservado de 30 ± 5 días;

- Trabajos durante el preservado de 3 meses \pm 10 días;
- Trabajos durante el preservado de 6 meses \pm 30 días;
- Preparación del helicóptero para operaciones aéreas luego del preservado.

(Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.2)

- **Inspección Especial**

Las Inspecciones Especiales se cumplen en las siguientes circunstancias:

- luego de un aterrizaje brusco; vuelo bajo turbulencia (al exceder las cargas estructurales permisibles del helicóptero); impacto de rayo; vuelo bajo tormenta; tormenta en tierra;
- luego de efectuar un vuelo en zona de formación de hielo y bajo efectos de resonancia;
- luego de reemplazar los motores principales, reductor principal, cubo de rotor principal y rotor de cola. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, págs. 2.2, 2.3)

4.1.3.2 Programa de Mantenimiento MI-8MTV-1

El Programa de Mantenimiento y el Programa de Extensión e Inspección Mayor, desarrollados por el Diseñador Mil Moscow Helicopter Plant (MMHP) son los documentos que determinan el volumen y la periodicidad de ejecución de los trabajos de mantenimiento técnico de los helicópteros tipo Mi-8MT (Mi-17) y Mi-8MTV-1 (Mi-17-1V).

La ejecución de los trabajos de mantenimiento a tiempo y con calidad, asegura un nivel de confiabilidad y disponibilidad del helicóptero para las operaciones aéreas. Helicópteros del Sur S.A. (2014). (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.1)

- **Inspecciones de Línea**

Las Inspecciones de Línea están conformadas por los siguientes tipos de inspecciones:

- Prevuelo;
- Tránsito;
- Postvuelo;
- De cada 10 +3 horas;
- Periódica de 25 ± 5 horas. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.1)

- **Inspecciones Periódicas**

Las Inspecciones Periódicas comprenden trabajos a la estructura de la aeronave, sistemas del helicóptero, planta de poder, sistema eléctrico y de aviónica y están conformadas por los siguientes tipos de inspecciones:

- Periódica de 50 ± 10 horas;
- Periódica de 100 ± 20 horas;
- Periódica de 200 ± 20 horas; y
- Periódica de 300 ± 20 horas.

Para trabajos de mantenimiento de aviónica, adicionalmente se encuentran previstos los siguientes tipos de inspecciones:

- Periódica de 600 ± 20 horas;
- Periódica de 900 ± 20 horas; y

- Periódica de 1200 ± 20 horas.

De acuerdo a la definición de Mantenimiento de Línea de la RAP 43 NE y el Programa de Mantenimiento desarrollado por el Diseñador Mil Moscow Helicopter Plant (MMHP); respecto al Mantenimiento Operativo (Inspecciones de Línea), se establece como Mantenimiento de Línea en los helicópteros Mi-8MT (Mi-17) y Mi-8MTV-1 (Mi-17-1V) los siguientes tipos de Inspecciones:

- Prevuelo;
- Tránsito;
- Postvuelo;
- De cada 10 +3 horas;
- Periódica de 25 ± 5 horas; y
- Periódica de 50 ± 10 horas. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, págs. 2.1, 2.2)

- **Inspección Estacional**

La Inspección Estacional se cumple cada vez que el helicóptero ha de prepararse para períodos de operación por estaciones otoño-invierno y primavera-verano.

Cuando el helicóptero es operado en países con períodos climáticos poco diferenciados como es el caso del Perú, la Inspección Estacional se ejecuta cuando el helicóptero va a cambiar de zona de operación por tiempos prolongados, por cambio de altura y humedad del aire, pero no menos de dos veces al año, es decir, cada 6 meses.

En tal sentido, este programa de mantenimiento considera la Inspección Estacional como una Inspección Calendaría de cada 6 meses. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.2)

- **Inspección Durante el Preservado**

Las inspecciones durante el preservado, se cumplen durante los períodos en los que el helicóptero no realiza operaciones aéreas y está conformado por los siguientes tipos de inspecciones:

- Trabajos durante el preservado de 10 ± 2 días;
- Trabajos durante el preservado de 30 ± 5 días;
- Trabajos durante el preservado de 3 meses ± 10 días (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.2)

- **Inspección Especial**

Las Inspecciones Especiales se cumplen en las siguientes circunstancias:

- Aterrizaje brusco;
- Vuelo en tormenta;
- Condiciones de tormenta en tierra
- Vuelo en turbulencia, cuando supere los límites operacionales;
- Vibración peligrosa en el motor; y
- Resonancia en tierra. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, págs. 2.2, 2.3)

- **Mantenimiento Mayor**

El Mantenimiento Mayor está conformado por los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Mayor F1 \pm 20 hrs; y
- Mantenimiento Mayor F2 \pm 20 hrs (Inspección Mayor – RVR).

Cabe mencionar que luego de un Mantenimiento Mayor F2 (Inspección Mayor – RVR), un overhaul o desde nuevo se deben cumplir inspecciones a las primeras 5 + 5 horas y a las primeras 50 \pm 10 horas. (Helicópteros del Sur S.A., 2014, pág. 2.3)

4.1.3.3 Programa de Mantenimiento MI-171

El Programa de Mantenimiento del Diseñador del helicóptero Mi-171, es el documento que determina el volumen y la periodicidad de ejecución de los trabajos de mantenimiento técnico de los helicópteros tipo Mi-171.

La ejecución de los trabajos de mantenimiento a tiempo y con calidad, asegura un nivel de confiabilidad y disponibilidad del helicóptero para las operaciones aéreas. (Helisur S.A., 2015, pág. 2.1)

- **Mantenimiento Técnico Operativo (Mantenimiento de Línea)**

El Mantenimiento Técnico Operativo está conformado por los siguientes tipos de Inspecciones de Línea:

- Inspección de Tipo OV1 (Pre-vuelo);
- Inspección de Tipo A1 (Tránsito, para vuelos consecutivos);

- Inspección de Tipo A2 (Post-vuelo, al final del día de vuelos);
- Inspección Periódica de Tipo B (Inspección Periódica de 50 ± 5 horas). (Helisur S.A., 2015, pág. 2.1)

- **Mantenimiento Técnico Periódico**

El Mantenimiento Técnico Periódico comprende trabajos a la estructura de la aeronave, sistemas del helicóptero, planta de poder, sistema eléctrico y de aviónica, estando conformado por los siguientes tipos de Inspecciones:

- Inspección Periódica cada 100 ± 10 horas;
- Inspección Periódica cada 300 ± 10 horas;
- Inspección Periódica cada 500 ± 10 horas. (Helisur S.A., 2015, pág. 2.1)

- **Mantenimiento Técnico Estacional (Mantenimiento Calendario)**

El Mantenimiento Técnico Estacional se cumple cada vez que el helicóptero ha de prepararse para períodos de operación por estaciones otoño-invierno y primavera-verano.

Cuando el helicóptero es operado en países con períodos climáticos poco diferenciados, la Inspección Estacional se ejecuta cuando el helicóptero va a cambiar de zona de operación, por cambio de altura y humedad del aire.

En tal sentido y considerando que incluye operaciones de mantenimiento en el fuselaje, componentes, sistemas, planta de poder, equipos eléctricos y equipos radioelectrónicos, está conformado por los siguientes tipos de Inspecciones:

- Inspección Calendaria cada 6 ± 1 mes;
- Inspección Calendaria cada 12 ± 1 mes; (Helisur S.A., 2015, pág. 2.2)

- **Mantenimiento Técnico Especial**

El Mantenimiento Técnico Especial se cumple en las siguientes circunstancias, aplicando una Inspección para cada una:

- Luego de un aterrizaje brusco;
- Luego de efectuar un vuelo en zona de formación de hielo;
- Luego de efectuar un vuelo bajo tormenta;
- Luego de una tormenta en tierra;
- Luego de efectuar un vuelo bajo turbulencia (al exceder las cargas estructurales permisibles del helicóptero);
- Luego de efectuar un vuelo en el que se presente exceso de parámetros;
- Luego de tener vibración peligrosa del motor. (Helisur S.A., 2015, pág. 2.2)

- **Mantenimiento Técnico para el Preservado del helicóptero**

El Mantenimiento Técnico para el Preservado del helicóptero se cumple durante los períodos en los que el helicóptero no realiza operaciones aéreas y está conformado por los siguientes tipos de inspecciones:

- Preparación del helicóptero para el preservado;
- Trabajos durante el preservado de 30 ± 5 días;
- Trabajos durante el preservado de 90 ± 10 días;
- Trabajos durante el preservado de 180 ± 30 días. (Helisur S.A., 2015, pág. 2.2)

- **Mantenimiento Técnico después del cambio de componentes (equipos)**

El Mantenimiento Técnico después del cambio de componentes se realiza en los casos en que se hayan cambiado en el helicóptero los motores, reductor principal, componentes del rotor principal, componentes de la transmisión y controles, se compone de las siguientes Inspecciones:

- Después de la primera prueba del componente (o equipo) cambiado en la aeronave;
- Después del primer vuelo del helicóptero con el componente (o equipo) cambiado en la aeronave;
- Después de las primeras 5 ± 1 horas de vuelo del helicóptero desde el momento de la instalación del componente (o equipo);
- Luego de reemplazar los motores principales, reductor principal, cubo de rotor principal y rotor de cola. (Helisur S.A., 2015, págs. 2.2, 2.3)

4.1.4 Recursos del helicóptero

A continuación se detallará el listado de los recursos proporcionados por los fabricantes (KAZAN y ULAN-UDE) para los helicópteros modelo MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI-171, para demostrar que un modelo es más restrictivo que el otro.

4.1.4.1 Recursos del helicóptero MI-8AMT

Nº	Denominación	Nº de Parte	Hasta 1er OVH / TBO		Recurso designado	
			Hrs.	Años	Hrs.	Años
1.	Helicóptero	Mi-8AMT	2000 2000	9 8	18000	----
2.	Palas de rotor principal	8AT-2710 -00	----	----	2000 ⁽¹⁾	7
3.	Cubo de rotor principal	8-1930-000 ser. 02	1500 1500	7 7	3000 5000 ⁽²⁾	----
4.	Antivibratorio	8MT-1280-100	1500 1000	6 6	2500	24
5.		8AT-1250-00-02	----	7 7	2500	----
6.	Plato cíclico (Fabricados desde 01.01.87)	8-1950-000	1500 1500	8 8	3000 5000 ⁽³⁾	----
7.	Reductor intermedio	8A-1515-000	2000 2000	10 8	6000	----
8.	Reductor de cola	246-1517-000	2000 2000	10 8	6000	----
9.	Eje de transmisión de rotor de cola	8A-1516-000	2000 2000	10 8	6000	----
10.	Ventilador	8A-6311-00 (ser.4)	2000 1500	8 8	6500	----
11.	Eje cardánico del ventilador	8AT-6314-00 8A-6314-00	1500 1500	8 8	3000	----
12.	Rotor de cola	246-3904-000 ser.01	1000 1000	7 7	3000 5000 ⁽⁴⁾	----
	Cubo de rotor de cola	246-3914-000	1000 1000	7 7	3000 5000 ⁽⁴⁾	----
	Palas de rotor de cola	246-3925-00	----	----	1000	7
13.	Elementos del sistema de control	8MT-5104-200	2000 2000	9 8	5500	30
		8AMT-5104-200	2000 2000	9 8	5500	30
14.	Cadena de control de rotor de cola	Pr-15, 875-2300-1	----	----	1000	7
15.	Amortiguador del tren principal	8A-4101-00B-1 Derecho	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27
		8A-4101-00B-2 Izquierdo	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27
16.	Amortiguador del tren delantero	8A-4201-00A	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27

17.	Servomandos	KAU-30B	1500 1500	10 8	9000	30
		RA-60B	1500 1500	10 8	9000	30
		KAU-115AM	1500 1500	10 10	6000	30
18.	Diafragma (acumulador hidráulico)	15-5303-10-6	----	----	----	8
19.	Tanque principal de combustible	8AT-6101-00 8AMT-6101-00	----	----	----	21
20.	Mangueras del sistema de aceite de motores y del reductor principal	RMB TU38 105419-90	----	----	----	10
21.	Mangueras del sist. hidráulico, desde la mezcladora hacia los servos y desde la bomba NSH-39M hacia los servos (impulsión)	22P10-240 TU38005-1515-85 21P6-150 TU38005-1515-85	----	----	----	10
22.	Mangueras del sist. hidráulico, desde los servos (drenaje) y de la línea de absorción hacia la bomba NSH-39M.	5U6-100 5U20-85	----	----	----	10
23.	Mangueras del sistema hidráulico que no están comprendidas en los ítems 25 y 26	----	----	----	----	10
24.	Horizonte artificial	AGB-96D, AGB-96D-S, AGB-96R, AGB-96-R-S	1500 1500	10 5	4500	20
		AGR-74-15 ser. 2	1000 1000	10 8	3000	20
		AGR-77-15	1000 1000	10 8	3000	20
25.	Relay del Trimmer	TKD12PODG	----	----	2000 ⁽⁵⁾	12 ⁽⁵⁾

Tabla 4.2: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-8AMT (Helicópteros del Sur

S.A., 2014, págs. 8.1, 8.3)

Como se puede observar en la tabla, ULAN-UDE, el fabricante ruso de los helicópteros tipo MI-8AMT, determina 25 ítems que deben ser controlados según su recurso, esto quiere decir que los componentes que no figuren en el listado, serán controlados por condición, según el recurso del pasaporte del componente o según boletines del explotador.

4.1.4.2 Recursos del helicóptero MI-8MTV-1

Nº	Denominación	Nº de Parte	Hasta 1er OVH / TBO		Recurso designado	
			Hrs.	Años	Hrs.	Años
1.	Helicóptero	Mi-8MT (Mi-17) y Mi-8MTV-1 (Mi-17-1V)	2000 2000	9 8	18000	----
2.	Palas de rotor principal	8AT-2710 -00	----	----	2000 ⁽¹⁾	7
3.	Cubo de rotor principal	8-1930-000 ser. 02	1500 1500	7 7	3000 5000 ⁽²⁾	----
4.	Antivibratorio	8MT-1280-100	1500 1000	6 6	2500	24
5.		8AT-1250-00-02	----	7 7	2500	----
6.	Plato cíclico (Fabricados desde 01.01.87)	8-1950-000	1500 1500	8 8	3000 5000 ⁽³⁾	----
7.	Reductor intermedio	8A-1515-000	2000 2000	10 8	6000	----
8.	Reductor de cola	246-1517-000	2000 2000	10 8	6000	----
9.	Eje de transmisión de rotor de cola	8A-1516-000	2000 2000	10 8	6000	----
10.	Ventilador	8A-6311-00 (ser.4)	2000 1500	8 8	6500	----
11.	Eje cardánico del ventilador	8AT-6314-00 8A-6314-00	1500 1500	8 8	3000	----
12.	Rotor de cola	246-3904-000 ser.01	1000 1000	7 7	3000 5000 ⁽⁴⁾	----
	Cubo de rotor de cola	246-3914-000	1000 1000	7 7	3000 5000 ⁽⁴⁾	----
	Palas de rotor de cola	246-3925-00	----	----	1000	7
13.	Elementos del sistema de control	8MT-5104-200	2000 2000	9 8	5500	30
		8AMT-5104-200	2000 2000	9 8	5500	30
14.	Cadena de control de rotor de cola	Pr-15, 875-2300-1	----	----	1000	7
15.	Amortiguador del tren principal	8A-4101-00B-1 Derecho	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27
		8A-4101-00B-2 Izquierdo	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27
16.	Amortiguador del tren delantero	8A-4201-00A	4000 atz. 4000 atz.	10 8	26000 atz.	27
17.	Servomandos	KAU-30B	1500 1500	10 8	9000	30
		RA-60B	1500 1500	10 8	9000	30
		KAU-115AM	1500 1500	10 10	6000	30
18.	Diafragma (acumulador hidráulico)	15-5303-10-6	----	----	----	8

19.	Tanque principal de combustible	8AT-6101-00 8AMT-6101-00	---	---	---	21
20.	Mangueras del sistema de aceite de motores y del reductor principal	RMB TU38 105419-90	---	---	---	10
21.	Mangueras del sist. hidráulico, desde la mezcladora hacia los servos y desde la bomba NSH-39M hacia los servos (impulsión)	22P10-240 TU38005-1515-85 21P6-150 TU38005-1515-85	---	---	---	10
22.	Mangueras del sist. hidráulico, desde los servos (drenaje) y de la línea de absorción hacia la bomba NSH-39M.	5U6-100 5U20-85	---	---	---	10
23.	Mangueras del sistema hidráulico que no están comprendidas en los ítems 25 y 26	---	---	---	---	10
24.	Horizonte artificial	AGB-96D, AGB-96D-S, AGB-96R, AGB-96-R-S	1500 1500	10 5	4500	20
		AGR-74-15 ser. 2	1000 1000	10 8	3000	20
		AGR-77-15	1000 1000	10 8	3000	20
25.	Relay del Trimmer	TKD12PODG	---	---	2000 ^(E)	12 ^(E)
26.	Generador	SGS-40PU	1500	9	7000	30
			1500	8		

Tabla 4.3: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-8MTV-1 (Helicópteros del Sur

S.A., 2014, págs. 10.2, 10.3)

Como se puede observar en la tabla, KAZAN, el fabricante ruso de los helicópteros tipo MI-8MTV-1, determina 26 ítems que deben ser controlados según su recurso (añade el ítem 26 – Generador SGS-40PU al listado); esto quiere decir que los componentes que no figuren en el listado, serán controlados por condición, según el recurso del pasaporte del componente o según boletines del explotador.

4.1.4.3 Recursos del helicóptero MI-171

N°	Denominación	N° de Parte	TBO hasta 1er OVH		Recurso Designado		Aplicab.
			TBO		Hrs.	Años	
			Hrs.	Años			
1	Helicóptero	Mi-171	4000 4000	9 8	7000	25	Todos
2	Montantes del reductor principal	140-0800-00	Según aeronave	Según aeronave	12000	---	Todos
3	Placas del reductor principal	140-1500-001	---	---	12000	---	Todos
		140-1500-002	---	---	12000	---	Todos
		140-1500-003	---	---	12000	---	Todos
		140-1500-004	---	---	12000	---	Todos
4	Amortiguador del tren principal	8A-4101-00B-1 (Derecho)	6000 aterr. 6000 aterr.	10 8	26000 aterr.	40	Todos
		8A-4101-00B-2 (Izquierdo)	6000 aterr. 6000 aterr.	10 8	26000 aterr.	40	Todos
5	Amortiguador del tren delantero	8A-4201-00A	6000 aterr. 6000 aterr.	10 8	26000 aterr.	40	Todos
6	Palas de rotor principal	8AT-2710 -00	---	---	2000	7	Todos
7	Cubo de rotor principal	8-1930-000 ser. 02	1500 1500	7 7	3000	---	Todos
8	Brazo de giro de pala	24-1932-501	---	---	3000	---	Todos
9	Antivibratorio	8AMT-1250-00	---	8 8	2000	---	Opcional
10	Plato cíclico	8-1950-000	1500 1500	8 8	3000	---	Todos
11	Cubo de rotor de cola	246-3914-000	1000 1000	7 7	3000	---	Todos
12	Palas de rotor de cola	246-3925-00	---	---	1000	7	Todos
13	Servomando	KAU-115AM	1500 1500	10 10	6000	30	Todos
14	Controles de vuelo (elementos del sistema de control) con soporte 8AT-5104-305	8AMT-5104-200	2000 2000	9 8	5500	25	Todos
15	Controles de vuelo (elementos del sistema de control) con soporte 8AT-5104-405	8AMT-5104-200	2000 2000	9 8	8000	25	Todos
16	Cadena de control de rotor de cola	Pr-15, 875-2300-1	---	---	1000	7	Todos
		2-5200-02 TU	---	---	1000	7	
17	Reductor intermedio	8A-1515-000	2000 2000	10 8	6000	---	Todos

18	Piñón del reductor intermedio	8A-1515-162	---	---	6000	---	Todos
19	Corona del reductor intermedio	8A-1515-262	---	---	6000	---	Todos
20	Eje de transmisión de rotor de cola	8A-1516-000	2000 2000	10 8	6000	---	Todos
21	Parte estriada del eje del rotor de cola	8A-1516-20	---	---	6000	---	Todos
22	Reductor de cola	246-1517-000	2000 2000	10 8	6000	---	Todos
23	Piñón del reductor de cola.	8A-1517-101	---	---	6000	---	Todos
24	Corona del reductor de cola	8A-1517-218	---	---	6000	---	Todos
25	Ventilador	8A-6311-00 (ser. 4)	2000 1500	8 8	8000	---	Todos
26	Aro del ventilador	8A-6311-15	---	---	8000	---	Todos
27	Eje cardánico del ventilador	8A-6314-00	1500 1500	8 8	6000	---	Todos
28	Cruceta del eje cardánico del ventilador	MI-1-1012-031	---	---	1500	---	Todos
29	Tanque principal de combustible	8AMT-6101-00	---	---	---	21	Todos
30	Diafragma (acumulador hidráulico)	15-5303-10-6	---	---	---	10	Todos
31	Mangueras de aceite, hidráulicas, neumáticas y de combustible, de aceite del motor y reductor principal	---	---	---	---	10	Todos
32	Aro del tren principal 865x280	KT97-310	4000 aterr. 4000 aterr.	10 8	26000 aterr.	28	Todos
33	Compresor neumático	AK-50T1 ser 3	---	---	1500	---	---
34	Baterías	20HKBN-25-U3	---	---	250 ciclos de recarga	8	Opcional
		SAFT 26108-1	---	---	---	12	Opcional
35	Generador	GT40PCh8V	2000 1500	10 10	7000	20	Todos
36	Tomacorriente del rotor principal	TSV36M313	---	---	7000	15	Todos
37	Horizonte artificial	AGB-96D (D-S).	1500 / 1500	10	4500	20	Todos
		AGB-96R (R-S)	1500 / 1500	10			Todos
38	Batería del Localizador de Emergencia	C406-2HM	---	1	---	---	Opcional

39	Eslinga de Carga Externa	8AMT-9611-000	---	---	12000 Ciclos	25	Opcional
40	Destorcedor	8AMT-9611-150	---	---	6000 Ciclos	25	Opcional
41	Grillete	8AT.9600.340	---	---	6000 Ciclos	25	Opcional
42	Candado	DG-65.8500-0	---	---	4500 accionamientos de los cuales 2050 accionamientos se ejecutan durante la apertura con lanzamiento de carga en tierra, en el transcurso de 4500 horas de vuelo.	15	Opcional

Tabla 4.4: Recursos del helicóptero y sus componentes MI-171 (Helisur S.A., 2015, págs. 9.3, 9.5)

Como se puede observar en la tabla, ULAN-UDE, el fabricante ruso de los helicópteros tipo MI-171, determina 42 ítems que deben ser controlados según su recurso, esto quiere decir que los componentes que no figuren en el listado, serán controlados por condición, según el recurso del pasaporte del componente o según boletines del explotador.

El modelo MI-171 es el más restrictivo de los tres modelos analizados, ya que mientras los anteriores modelos presentaban 25 y 26 ítems controlados por recurso, en el listado del MI-171, este número se eleva en un 68%, alcanzando 42 ítems. Esto se debe, a que este modelo es el de fabricación más actual de los modelos analizados.

4.1.5 Utilización de la Flota

La flota de helicópteros de Helisur S.A. es la más grande del Perú, y opera en distintos lugares dentro del territorio nacional. Su flota está dividida en tres tipos de modelo de helicópteros. A continuación se mostrará la operación de las aeronaves según las horas voladas durante los años 2015 y 2016, y según el modelo de aeronave.

4.1.5.1 Horas Voladas 2015

Para la mejor visualización de la información de horas voladas durante el año 2015, se ha visto por conveniente dividirla en 3 grupos, por modelo de aeronave.

- **Horas Voladas MI-8AMT**

MATRÍCULA	MI-8AMT												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1639-P	15.33	35.07	39.43	63.37	65.30	56.07	99.47	74.82	31.48	0.00	80.58	54.50	615.42
OB2071	40.58	34.10	73.47	42.80	70.72	47.63	69.32	47.50	54.50	8.67	19.70	57.63	566.62
TOTAL (Mes)	55.91	69.17	112.90	106.17	136.02	103.70	168.79	122.32	85.98	8.67	100.28	112.13	1182.04

Tabla 4.5: Horas voladas MI-8AMT año 2015 en base decimal (elaboración propia)

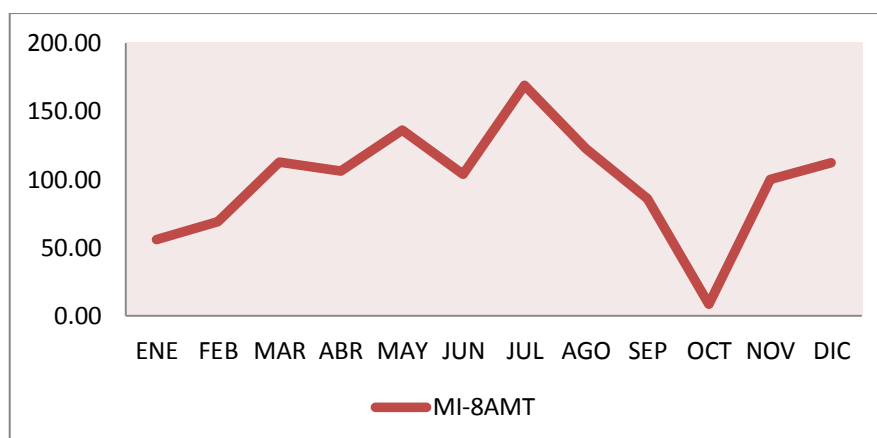


Figura 4.1: Horas voladas MI-8AMT año 2015 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-8AMT operaron un total de 1182:02 horas en el año 2015, durante las cuales, el mes de mayor actividad fue Julio, mientras que en Octubre se volaron sólo 8:40 horas por el mantenimiento de las aeronaves.

- **Horas Voladas MI-8MTV-1**

MATRÍCULA	MI-8MTV-1												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1584	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	12.83	13.73
OB-1585	30.75	11.67	3.13	43.97	19.03	62.48	90.80	87.12	65.13	67.00	50.45	49.78	581.31
OB-1691	33.03	27.00	5.48	11.45	49.60	52.47	55.47	39.20	11.75	54.38	15.97	72.63	428.43
OB-1826	84.60	14.28	43.17	36.53	24.07	50.97	40.80	2.57	34.22	50.10	30.58	0.00	411.89
OB1934	51.42	47.23	39.17	24.55	60.70	28.55	64.80	39.68	49.37	67.60	43.98	38.83	555.88
OB-1663	27.12	22.13	46.32	6.17	22.20	55.70	46.80	66.53	57.87	74.83	89.33	48.25	563.25
OB1760	20.08	39.78	51.10	53.35	37.75	52.18	65.05	89.75	90.77	40.70	53.55	50.03	644.09
OB-1761	46.78	25.05	74.40	42.22	35.27	22.43	40.83	30.05	31.98	44.82	82.20	58.83	534.86
TOTAL (Mes)	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18	3733.44

Tabla 4.6: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2015 en base decimal (elaboración propia)

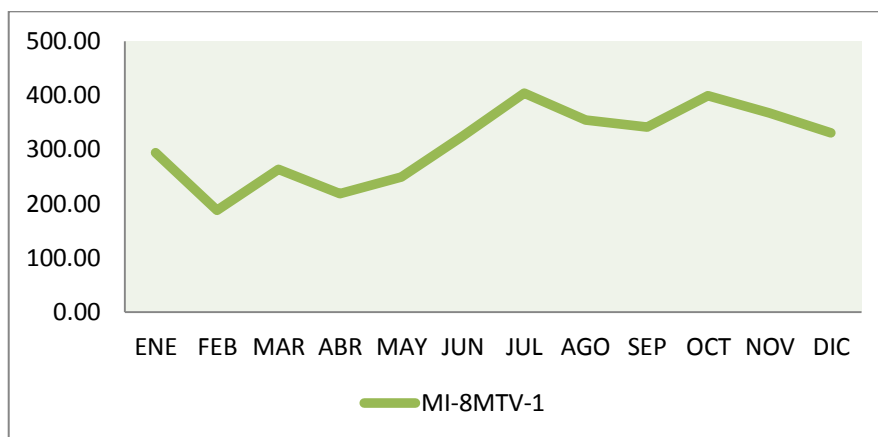


Figura 4.2: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2015 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-8MTV-1 operaron un total de 3733:26 horas en el año 2015, durante las cuales, de Enero a Julio hubo un incremento de horas de vuelo hasta alcanzar una estabilidad de Julio a Diciembre.

- **Horas Voladas MI-171**

MATRÍCULA	MI-171												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	73.73	65.40	60.70	29.08	45.20	28.53	36.00	38.55	58.70	47.90	17.63	14.83	516.25
OB1990	49.88	34.87	39.97	75.18	67.75	88.78	63.63	39.87	91.77	72.72	46.55	66.40	737.37
OB1989	12.87	22.33	57.83	75.62	81.73	49.72	75.28	62.42	57.97	68.18	72.90	52.57	689.42
OB2018P	74.53	66.07	81.17	94.98	68.60	41.90	77.28	61.13	93.62	102.55	68.00	62.13	891.96
OB2019P	80.63	68.40	72.23	75.08	8.48	19.17	16.38	69.87	26.75	60.98	30.20	42.25	570.42
OB2020P	66.17	51.88	91.33	0.87	85.35	92.23	77.75	90.97	61.97	105.40	45.37	63.13	832.42
TOTAL (Mes)	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	4237.84

Tabla 4.7: Horas voladas MI-171 año 2015 en base decimal (elaboración propia)

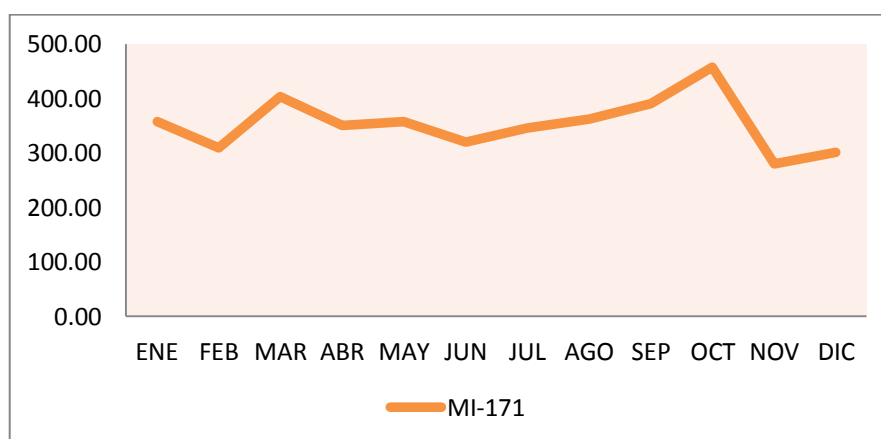


Figura 4.3: Horas voladas MI-171 año 2015 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-171 operaron un total de 4237:50 horas en el año 2015, durante las cuales, se mantuvo una estabilidad de horas voladas de Enero a Octubre, donde se produjo un pico máximo de 457:44 horas, para luego descender a 301:18 horas en Diciembre.

- **Total Horas Voladas Flota 2015**

En el año 2015 las Aeronaves de la Flota de Helisur S.A. operaron un total de 9153:19 horas, distribuidas de la siguiente manera:

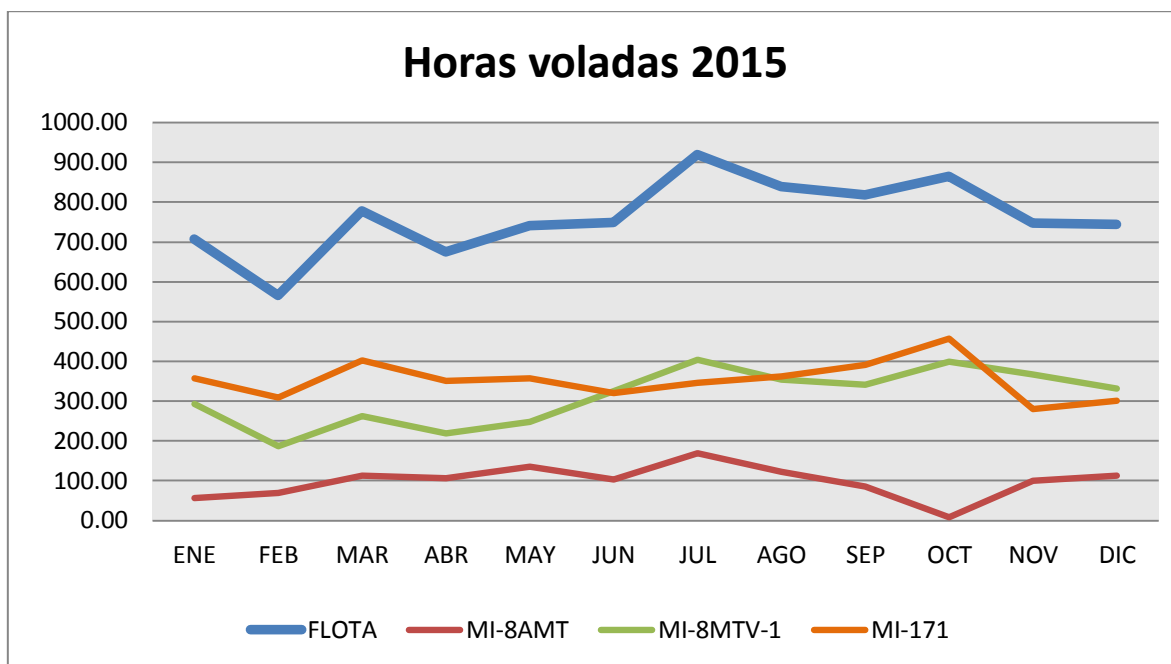


Figura 4.4: Horas voladas Flota Helisur S.A. año 2015 (elaboración propia)

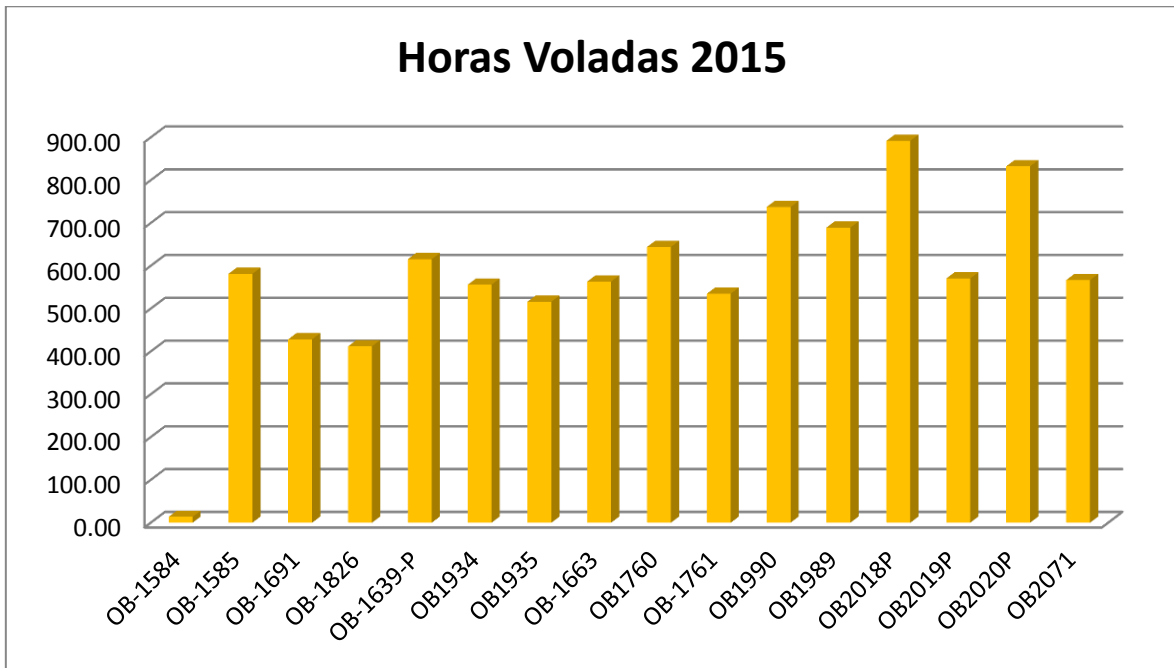


Figura 4.5: Horas voladas por aeronave Flota Helisur S.A. año 2015 (elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de barras, la OB2018P fue la aeronave que con mayor operación durante el 2015, mientras que la OB-1584 fue la de menor operación, debido a que se encontró en mantenimiento mayor durante este período.

4.1.5.2 Horas Voladas 2016

Para la mejor visualización de la información de horas voladas durante el año 2015, se ha visto por conveniente dividirla en 3 grupos, por modelo de aeronave.

- **Horas Voladas MI-8AMT**

MATRÍCULA	MI-8AMT												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1639-P	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
OB2071	54.60	21.70	0.08	5.43	26.57	2.08	0.05	0.80	17.22	34.63	12.20	17.78	193.14
TOTAL (Mes)	54.65	21.73	0.11	5.46	26.60	2.08	0.08	0.83	17.22	34.63	12.20	17.78	193.37

Tabla 4.8: Horas voladas MI-8AMT año 2016 en base decimal (elaboración propia)

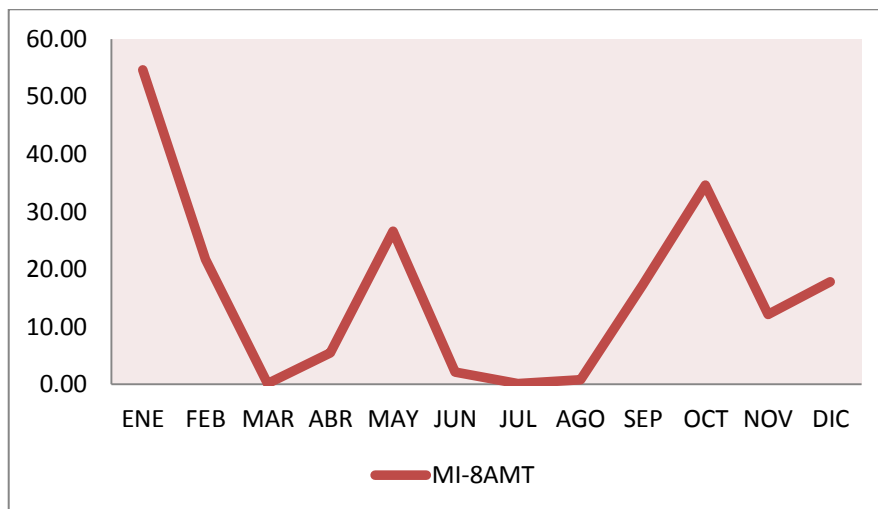


Figura 4.6: Horas voladas MI-8AMT año 2016 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-8AMT operaron un total de 193:22 horas en el año 2016, esto se debe a que sólo operó la aeronave OB-2071, ya que la OB-1639-P estuvo en mantenimiento mayor durante todo este período.

- **Horas Voladas MI-8MTV-1**

MATRÍCULA	MI-8MTV-1												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1584	78.80	17.13	80.73	32.57	56.25	37.43	77.63	54.67	62.80	74.67	6.78	41.00	620.46
OB-1585	57.72	12.68	0.68	8.80	4.10	11.72	17.07	40.10	47.15	8.77	0.05	0.00	208.84
OB-1691	22.03	50.40	8.62	47.43	9.40	0.67	0.62	0.93	27.87	32.72	43.02	6.47	250.18
OB-1826	0.00	0.00	0.00	1.20	0.08	0.00	0.48	0.00	3.92	1.67	0.03	0.00	7.38
OB1934	64.02	46.00	56.90	42.08	53.62	41.05	72.95	45.28	71.13	10.00	76.50	17.10	596.63
OB-1663	18.13	22.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32	79.90	16.22	6.27	146.91
OB1760	66.55	2.67	37.87	36.42	2.93	57.28	28.72	63.80	0.00	1.47	0.03	0.00	297.74
OB-1761	70.98	51.30	18.27	0.07	11.03	0.00	10.90	12.22	0.00	0.00	0.00	0.00	174.77
TOTAL (Mes)	378.23	202.18	203.14	168.57	137.41	148.15	208.37	217.00	217.19	209.20	142.63	70.84	2302.91

Tabla 4.9: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2016 en base decimal (elaboración propia)

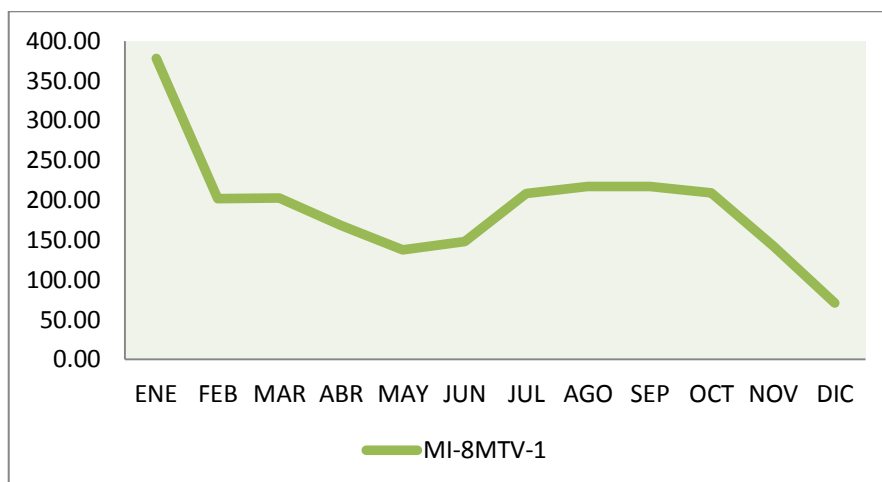


Figura 4.7: Horas voladas MI-8MTV-1 año 2016 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-8MTV-1 operaron un total de 2302:55 horas en el año 2016, empezando con un pico máximo de 378:14 horas en Enero, para ir disminuyendo durante todo el año, hasta llegar a 70:50 horas en Diciembre. Esto se debe a que varias aeronaves fueron entrando a mantenimiento mayor gradualmente.

- **Horas Voladas MI-171**

MATRÍCULA	MI-171												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	11.93	7.10	0.20	3.03	0.28	10.77	28.05	12.03	13.92	0.40	8.30	6.23	102.24
OB1990	64.53	49.82	57.03	29.02	13.92	42.00	36.93	40.12	46.98	67.95	55.20	69.33	572.83
OB1989	69.20	54.15	51.42	35.70	34.72	32.40	10.80	0.07	21.68	61.40	7.68	3.07	382.29
OB2018P	27.43	60.65	54.85	68.03	32.62	41.90	56.30	77.03	74.63	35.02	63.90	36.27	628.63
OB2019P	56.23	47.07	44.67	12.53	20.70	7.38	10.55	24.40	1.40	1.02	4.17	24.07	254.19
OB2020P	72.02	30.87	29.67	57.75	36.57	0.82	43.60	29.40	52.83	21.43	68.27	65.15	508.38
TOTAL (Mes)	301.34	249.66	237.84	206.06	138.81	135.27	186.23	183.05	211.44	187.22	207.52	204.12	2448.56

Tabla 4.10: Horas voladas MI-171 año 2016 en base decimal (elaboración propia)

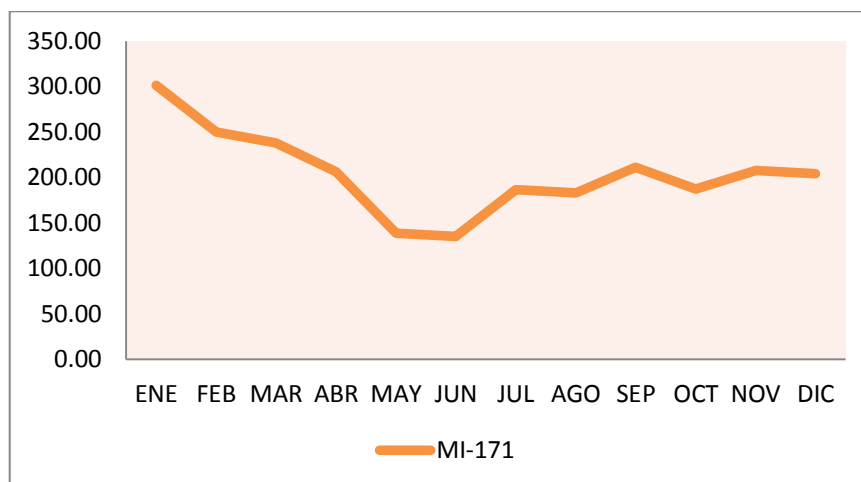


Figura 4.8: Horas voladas MI-171 año 2016 (elaboración propia)

Los helicópteros tipo MI-171 operaron un total de 2448:33 horas en el año 2016, durante el cual hubo una disminución de Enero a Junio, para luego alcanzar una estabilidad de horas voladas hasta Diciembre.

- **Total Horas Voladas Flota 2016**

En el año 2016 las Aeronaves de la Flota de Helisur S.A. operaron un total de 4944:50 horas, distribuidas de la siguiente manera:

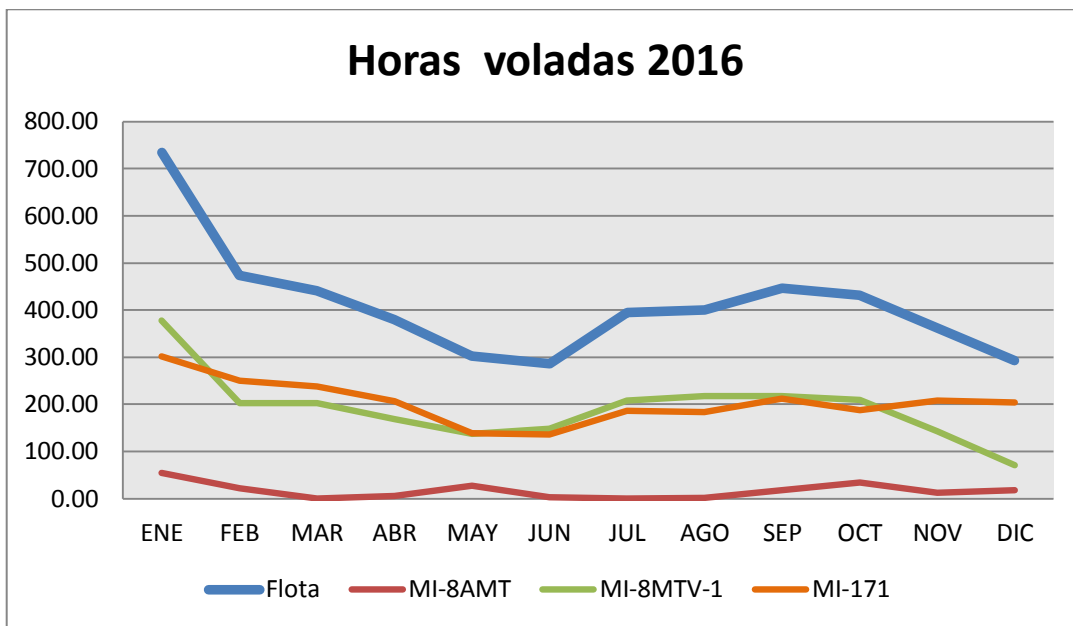


Figura 4.9: Horas voladas Flota Helisur S.A. año 2016 (elaboración propia)

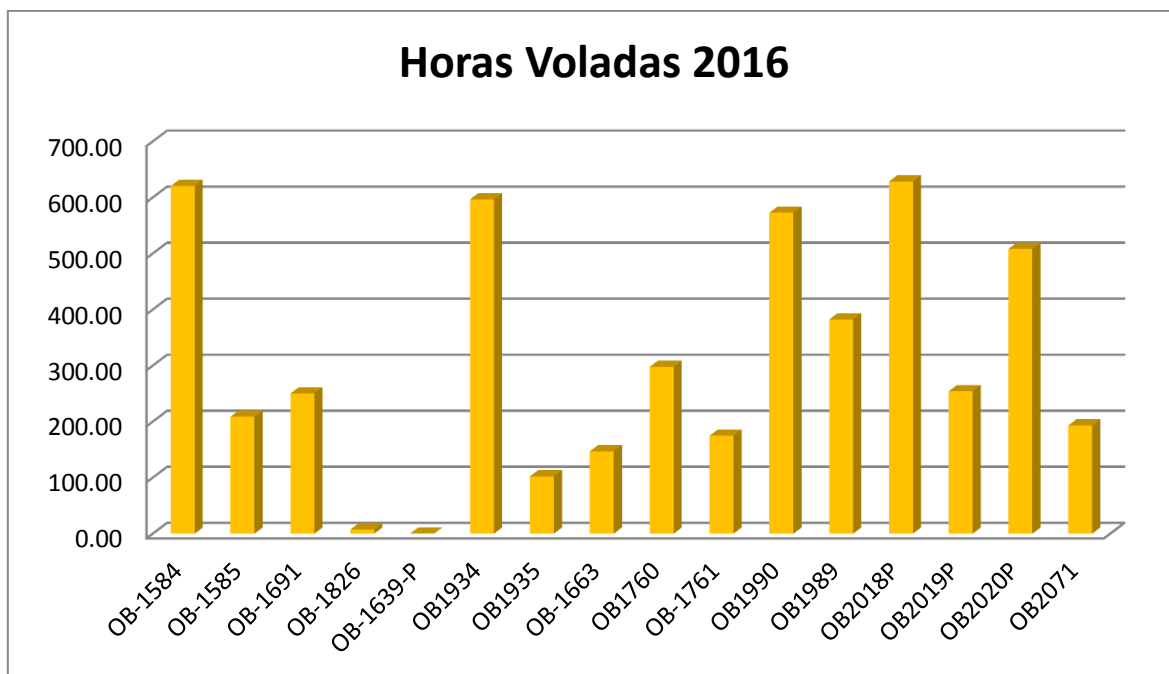


Figura 4.10: Horas voladas por aeronave Flota Helisur S.A. año 2016 (elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de barras, la OB-1584 y OB2018P fueron las aeronaves con mayor operación durante el 2015, mientras que la OB-1826 y OB-1639-P fueron las de menor operación, debido a que ambas estuvieron en mantenimiento mayor durante este período.

En general se puede ver una notable disminución de las horas voladas desde finales del 2015 y durante todo el 2016, esto se debe a la coyuntura nacional, ya que durante este período en el Perú hubo cambio de gobierno (Presidente), por lo cual, la mayoría de nuestros clientes (petroleras, constructoras, mineras, etc.), disminuyeron sus actividades y paralizaron sus inversiones, esperando a que el nuevo Gobierno tome las riendas del país, y determine cuáles serán las políticas comerciales que regirán nuestro contexto, lo cual nos afectó directamente.

4.1.6 Disponibilidad de las aeronaves

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo en que la aeronave está lista para operar o volar, ya que es un sistema que opera continuamente. Viene dada por los días con operación y los días en que la aeronave se encontró disponible (no se encuentra en mantenimiento programado o correctivo). A esto se le debe sumar que los días en que las aeronaves hagan tránsito de un lugar a otro, hayan malas condiciones climatológicas, o la aeronave no se encuentre con contrato, no se la considera como disponible.

La información de la disponibilidad de las aeronaves es proporcionada por operaciones desde cada una de las estaciones de operación.

a Disponibilidad de las aeronaves 2015

- Disponibilidad aeronaves MI-8AMT**

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-8AMT 2015												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1639-P	DIAS CON OPERACIÓN	6	12	15	18	18	14	22	18	9	0	20	13	165
	DIAS DISPONIBLE	15	28	26	30	25	23	29	23	13	0	27	23	262
OB2071	DIAS CON OPERACIÓN	13	14	21	13	22	20	20	17	18	5	5	19	187
	DIAS DISPONIBLE	14	14	21	14	30	23	22	19	27	6	5	22	217

Tabla 4.11: Disponibilidad MI-8AMT 2015 en días (elaboración propia)

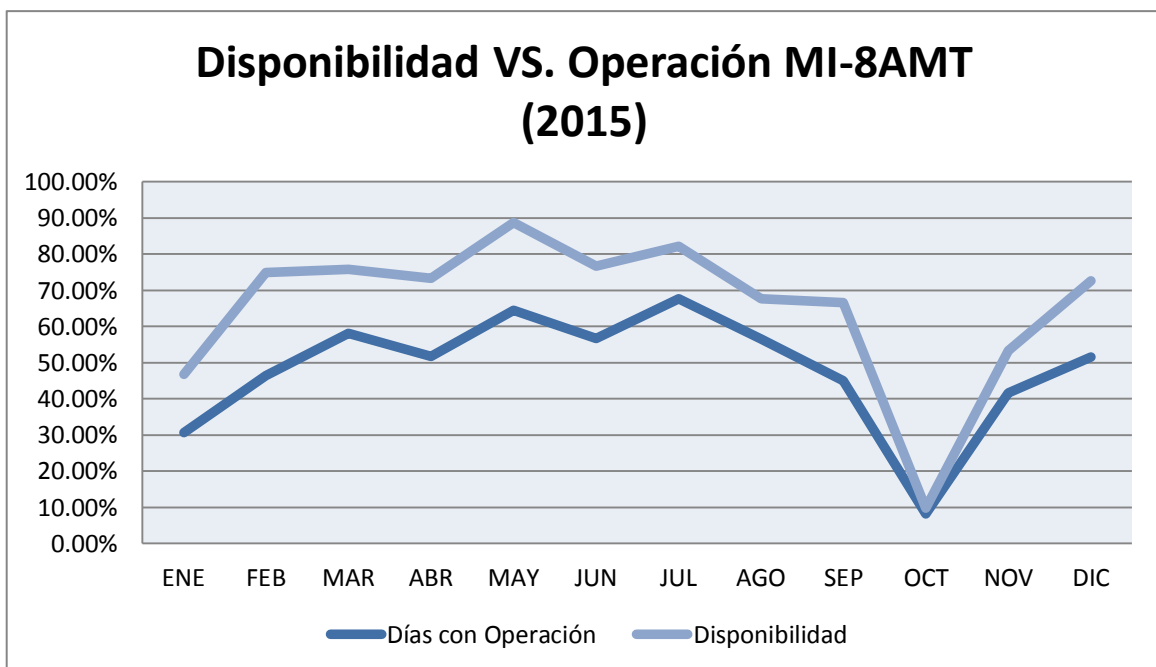


Figura 4.11: Disponibilidad VS. Operación MI-8AMT 2015 (elaboración propia)

- Disponibilidad aeronaves MI-8MTV-1

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-8MTV-1 2015												TOTAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
OB-1584	DIAS CON OPERACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
	DIAS DISPONIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
OB-1585	DIAS CON OPERACIÓN	13	0	0	21	10	17	23	21	17	19	12	13	166	
	DIAS DISPONIBLE	14	0	0	24	23	19	28	27	23	20	22	21	221	
OB-1691	DIAS CON OPERACIÓN	13	11	2	7	17	23	23	18	4	15	6	25	164	
	DIAS DISPONIBLE	31	28	2	11	31	24	25	31	17	30	6	31	267	
OB-1826	DIAS CON OPERACIÓN	23	7	15	12	11	22	14	1	11	12	11	0	139	
	DIAS DISPONIBLE	24	12	26	14	30	22	14	1	13	12	12	0	180	
OB1934	DIAS CON OPERACIÓN	16	20	20	10	29	15	18	23	17	18	13	14	213	
	DIAS DISPONIBLE	23	28	31	17	31	16	18	29	17	23	14	14	261	
OB-1663	DIAS CON OPERACIÓN	12	8	18	3	9	22	13	20	18	19	22	14	178	
	DIAS DISPONIBLE	17	27	31	21	11	30	13	21	18	21	27	19	256	
OB1760	DIAS CON OPERACIÓN	9	12	16	17	13	13	22	26	26	16	17	18	205	
	DIAS DISPONIBLE	9	12	26	29	17	13	23	27	28	22	19	22	247	
OB-1761	DIAS CON OPERACIÓN	17	10	28	17	17	20	14	7	14	12	23	18	197	
	DIAS DISPONIBLE	20	17	31	20	21	29	14	8	19	12	25	21	237	

Tabla 4.12: Disponibilidad MI-8MTV-1 2015 en días (elaboración propia)

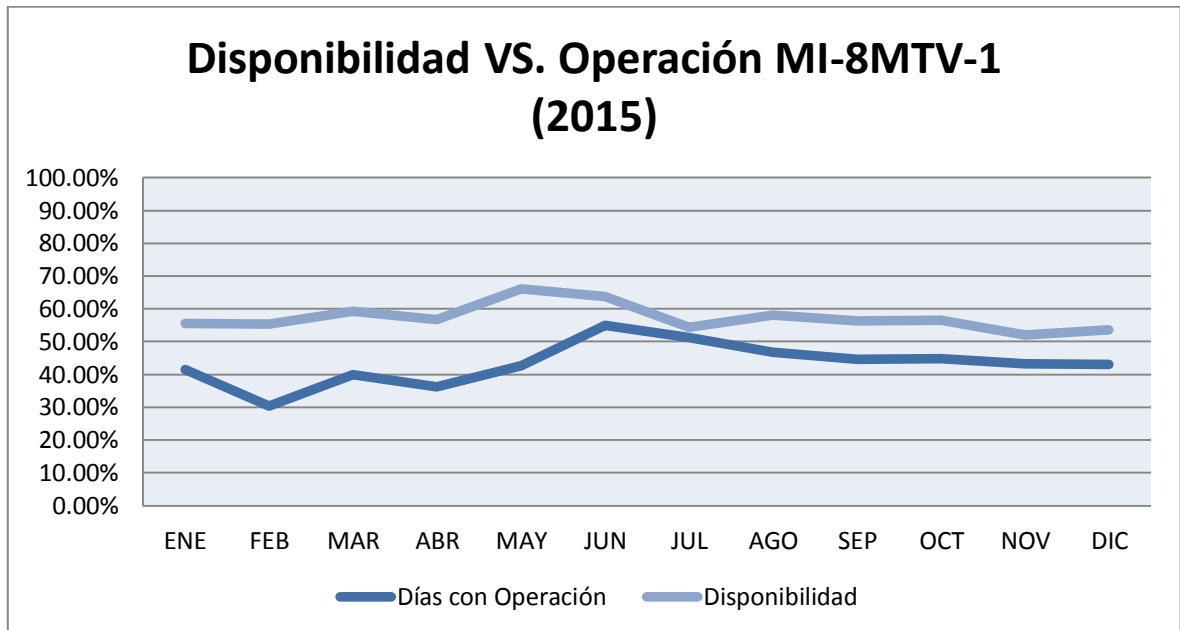


Figura 4.12: Disponibilidad VS. Operación MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

- Disponibilidad aeronaves MI-171

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-8AMT 2015												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	DIAS CON OPERACIÓN	25	24	19	11	17	11	16	15	22	24	10	9	203
	DIAS DISPONIBLE	25	27	23	13	18	21	23	30	26	25	28	29	288
OB1990	DIAS CON OPERACIÓN	18	13	17	17	25	25	19	14	24	20	13	29	234
	DIAS DISPONIBLE	20	15	18	18	27	27	19	14	24	20	13	30	245
OB1989	DIAS CON OPERACIÓN	6	10	15	19	26	15	23	19	18	17	22	21	211
	DIAS DISPONIBLE	17	14	31	20	30	17	27	20	25	17	23	21	262
OB2018P	DIAS CON OPERACIÓN	23	21	23	23	25	13	26	16	26	25	20	20	261
	DIAS DISPONIBLE	27	22	25	24	28	13	30	16	26	27	22	23	283
OB2019P	DIAS CON OPERACIÓN	26	24	22	24	4	11	5	24	12	24	16	18	210
	DIAS DISPONIBLE	28	27	24	30	4	13	5	28	13	31	26	26	255
OB2020P	DIAS CON OPERACIÓN	23	18	25	0	26	23	24	25	18	29	12	22	245
	DIAS DISPONIBLE	27	21	27	0	29	25	25	26	19	29	14	27	269

Tabla 4.13: Disponibilidad MI-171 2015 en días (elaboración propia)

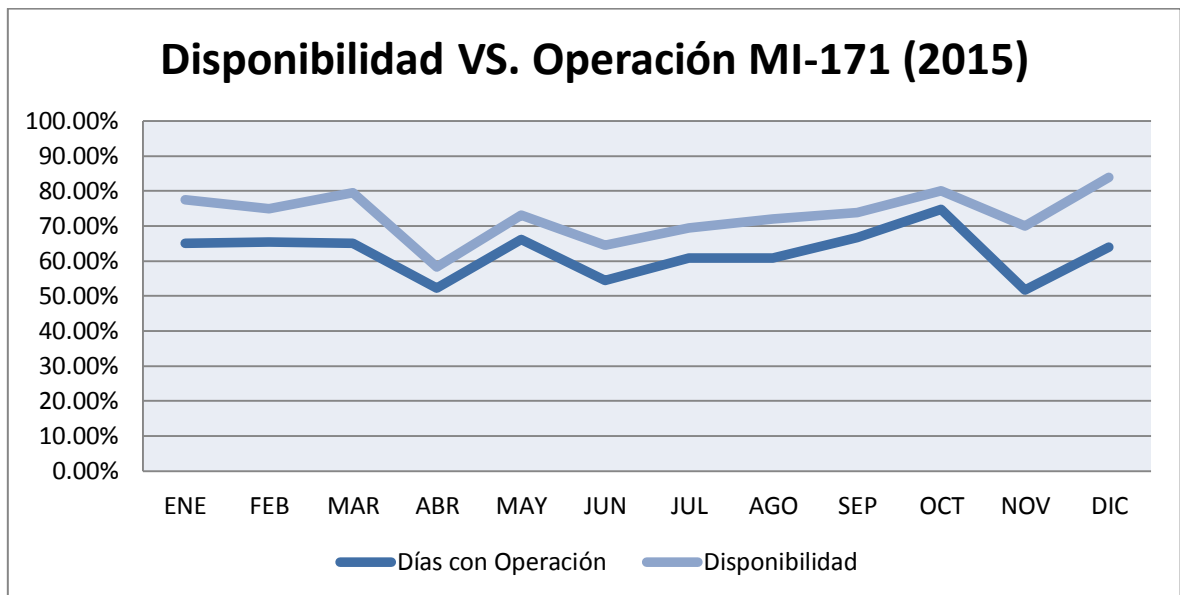


Figura 4.13: Disponibilidad VS. Operación MI-171 2015 (elaboración propia)

Como se pudo observar anteriormente en los gráficos, las disponibilidad de los MI-8AMT es muy variable, y esto se debe principalmente a que se utilizan de backup de las demás aeronaves y normalmente se encuentran en tránsito, mientras que los MI-8MTV y MI-171, muestran líneas de tendencia más estables, siendo estos últimos, lo de mayor porcentaje de disponibilidad durante el año 2015.

b Disponibilidad de las aeronaves 2016

• Disponibilidad aeronaves MI-8AMT

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-8AMT 2016												TOTAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
OB-1639-P	DIAS CON OPERACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIAS DISPONIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OB2071	DIAS CON OPERACIÓN	16	5	0	0	10	0	0	0	7	11	7	1	57	
	DIAS DISPONIBLE	16	5	0	0	10	0	0	0	7	30	22	1	91	

Tabla 4.14: Disponibilidad MI-8AMT 2016 en días (elaboración propia)

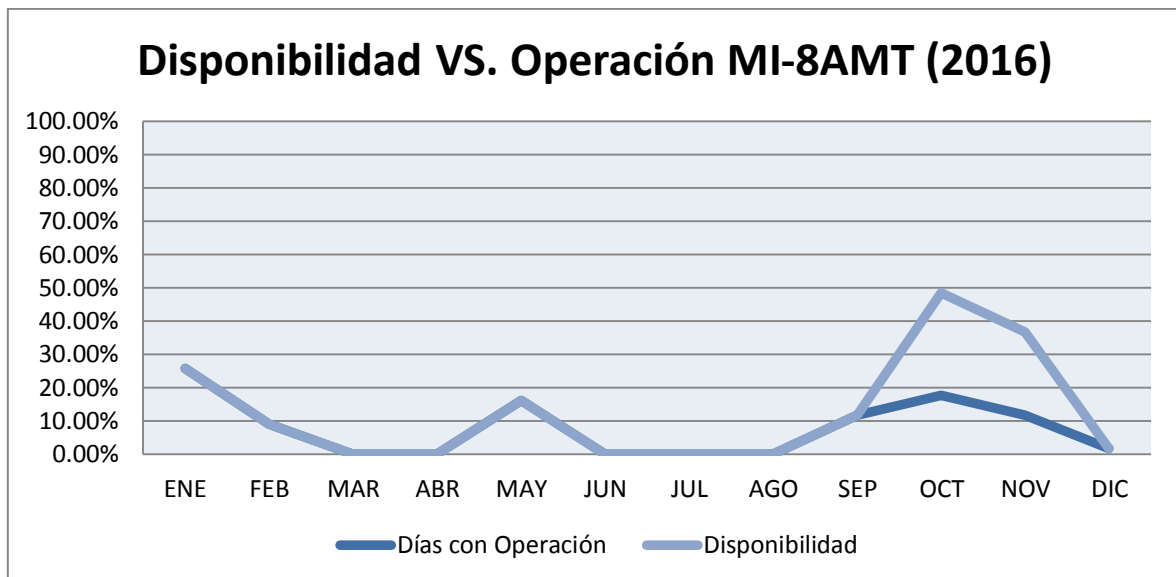


Figura 4.14: Disponibilidad VS. Operación MI-8AMT 2016 (elaboración propia)

- Disponibilidad aeronaves MI-8MTV-1

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-8MTV-1 2016												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1584	DIAS CON OPERACIÓN	20	6	18	11	18	13	24	18	19	25	3	14	189
	DIAS DISPONIBLE	31	6	28	17	31	17	26	22	25	31	3	27	264
OB-1585	DIAS CON OPERACIÓN	18	4	0	5	1	4	7	12	13	2	0	0	66
	DIAS DISPONIBLE	22	4	0	7	1	4	20	20	13	2	0	0	93
OB-1691	DIAS CON OPERACIÓN	9	16	3	16	4	0	0	0	11	11	16	3	89
	DIAS DISPONIBLE	12	24	3	26	5	0	0	0	30	31	30	3	164
OB-1826	DIAS CON OPERACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIAS DISPONIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OB1934	DIAS CON OPERACIÓN	20	13	14	13	19	15	22	18	19	3	23	4	183
	DIAS DISPONIBLE	22	21	24	14	27	20	25	19	28	3	27	5	235
OB-1663	DIAS CON OPERACIÓN	8	11	0	0	0	0	0	0	0	26	5	3	53
	DIAS DISPONIBLE	14	22	0	0	0	0	0	0	0	29	5	12	82
OB1760	DIAS CON OPERACIÓN	25	3	11	12	0	17	8	22	0	0	0	0	98
	DIAS DISPONIBLE	29	18	24	17	0	19	10	23	0	0	0	0	140
OB-1761	DIAS CON OPERACIÓN	20	16	5	0	4	0	4	6	0	0	0	0	55
	DIAS DISPONIBLE	21	20	6	0	5	0	4	9	0	0	0	0	65

Tabla 4.15: Disponibilidad MI-8MTV-1 2016 en días (elaboración propia)

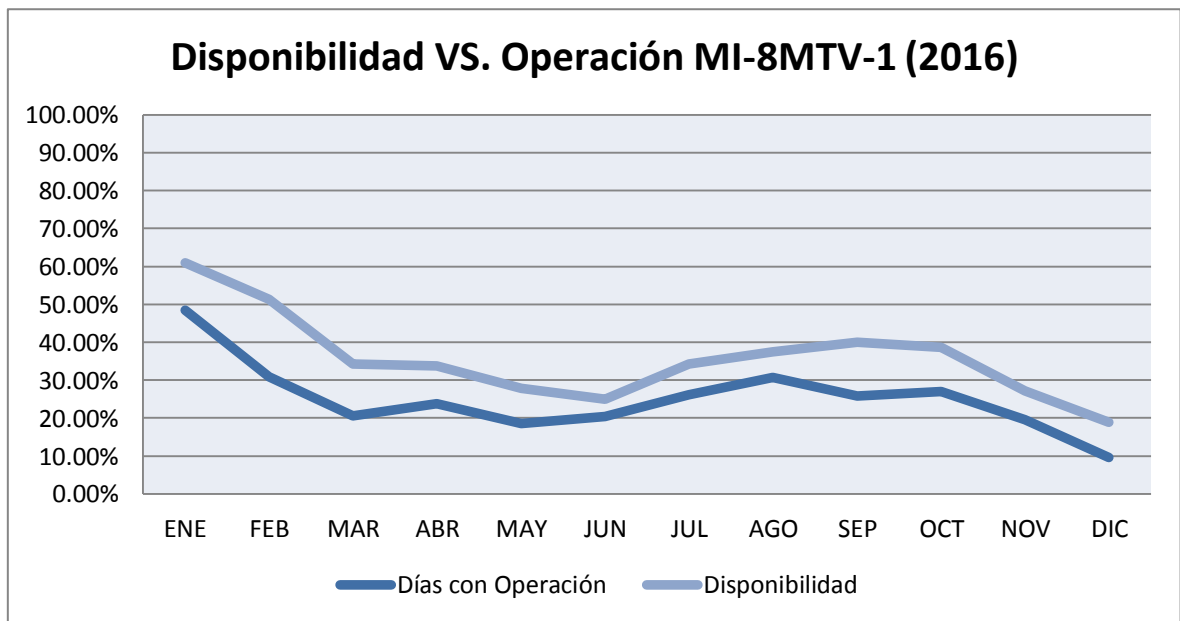


Figura 4.15: Disponibilidad VS. Operación MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

- Disponibilidad aeronaves MI-171

MATRÍCULA		DISPONIBILIDAD MI-171 2016												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	DIAS CON OPERACIÓN	7	5	0	1	0	4	8	4	9	0	6	4	48
	DIAS DISPONIBLE	30	11	28	28	31	30	31	31	29	25	19	31	324
OB1990	DIAS CON OPERACIÓN	20	17	19	12	3	20	14	15	15	22	18	22	197
	DIAS DISPONIBLE	22	17	31	26	5	27	15	16	18	28	23	31	259
OB1989	DIAS CON OPERACIÓN	27	22	20	14	16	16	4	0	10	20	5	0	154
	DIAS DISPONIBLE	27	25	23	14	31	20	8	0	15	29	8	0	200
OB2018P	DIAS CON OPERACIÓN	9	23	19	23	16	18	19	25	22	11	19	16	220
	DIAS DISPONIBLE	15	28	23	23	23	30	25	31	25	14	30	23	290
OB2019P	DIAS CON OPERACIÓN	20	16	23	6	14	3	8	15	1	0	4	11	121
	DIAS DISPONIBLE	25	26	31	22	25	30	28	31	27	0	9	31	285
OB2020P	DIAS CON OPERACIÓN	24	11	15	20	13	1	15	11	20	9	21	21	181
	DIAS DISPONIBLE	25	13	25	21	31	30	31	15	30	20	25	28	294

Tabla 4.16: Disponibilidad MI-171 2016 en días (elaboración propia)

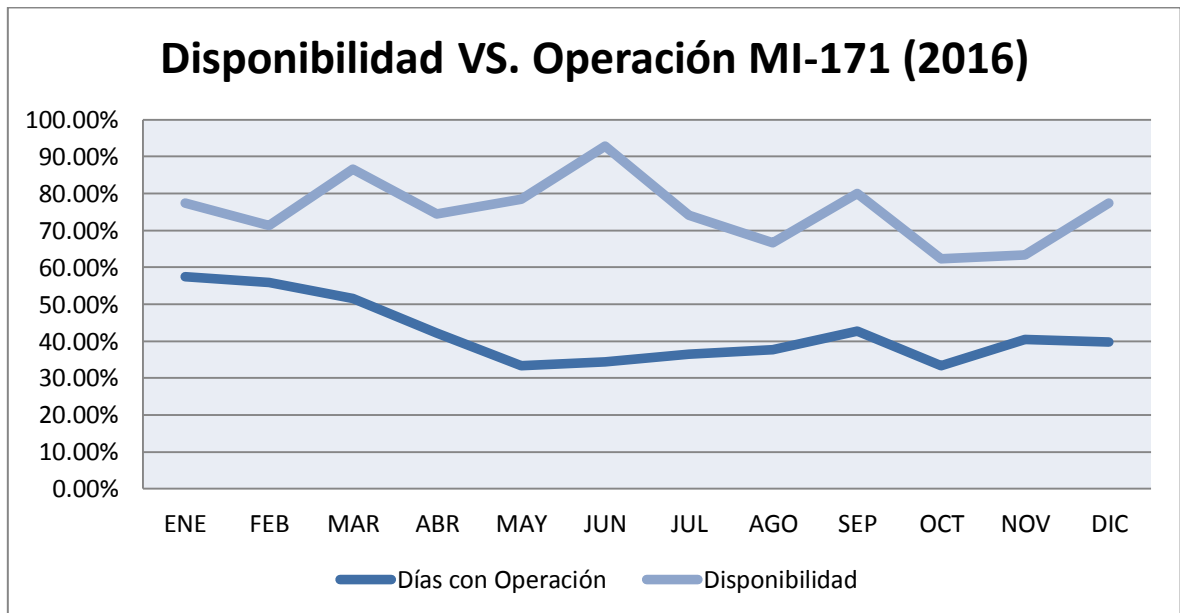


Figura 4.16: Disponibilidad VS. Operación MI-171 2016 (elaboración propia)

Como se pudo observar anteriormente en los gráficos, la disponibilidad de los MI-8AMT cayó considerablemente, y esto se debe a que sólo una aeronave operó, mientras la otra se encontraba en mantenimiento mayor. La disponibilidad de los MI-8MTV-1 decreció comparándola con el año anterior, mientras que los MI-171 fueron los de mayor disponibilidad durante el 2016, pero su operación fue mucho menor, debido a la coyuntura nacional de la cual se habló anteriormente.

4.1.7 Reportes de Piloto

Los reportes de piloto son aquellos reportajes que se hacen por discrepancias y/u observaciones durante el transcurso normal de las operaciones. Dicha información será registrada en la parte B de los ITVs, para luego tomar las acciones correctivas pertinentes.

A continuación se mostrarán cuadros con la cantidad de reportes de piloto por meses de los años 2015 y 2016, para cada aeronave de la flota divididas según su modelo en MI-8AMT, MI-8MTV-1 y MI171.

a Reportes de Piloto 2015

- Reportes de Piloto – PiReps MI-8AMT 2015

MATRÍCULA	PIREPS MI-8AMT 2015												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1639-P	2	3	2	2	0	2	4	2	4	1	2	4	28
OB2071	8	9	6	1	2	1	0	5	0	5	2	6	45
TOTAL	10	12	8	3	2	3	4	7	4	6	4	10	73

Tabla 4.17: PiReps MI-8AMT 2015 (elaboración propia)

- **Reportes de Piloto – PiReps MI-8MTV-1 2015**

MATRÍCULA	PIREPS MI-8MTV-1 2015												TOTAL (Aeronave)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
OB-1584	MMF2												1	1
OB-1585	6	4	3	2	5	7	8	8	5	0	9	9	66	
OB-1691	1	1	0	3	1	6	0	0	2	4	1	0	19	
OB-1826	6	3	3	3	0	2	3	0	3	5	15	Bol	43	
OB1934	14	5	9	14	3	12	3	5	6	5	6	1	83	
OB-1663	2	5	0	2	1	2	7	1	4	2	5	3	34	
OB1760	16	4	12	0	3	8	9	9	6	3	8	3	81	
OB-1761	10	3	3	4	3	2	11	4	1	3	1	0	45	
TOTAL	55	25	30	28	16	39	41	27	27	22	45	17	372	

Tabla 4.18: PiReps MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

- **Reportes de Piloto – PiReps MI-171 2015**

MATRÍCULA	PIREPS MI-171 2015												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	6	3	7	1	8	3	10	3	1	4	1	1	48
OB1990	4	6	12	7	11	9	2	6	2	2	10	8	79
OB1989	0	0	4	8	10	8	7	11	4	3	9	1	65
OB2018P	7	6	2	2	2	4	2	5	5	7	5	7	54
OB2019P	2	3	12	4	5	3	1	6	0	1	0	4	41
OB2020P	3	3	2	5	3	2	1	2	1	4	2	4	32
TOTAL	22	21	39	27	39	29	23	33	13	21	27	25	319

Tabla 4.19: PiReps MI-171 2015 (elaboración propia)

Los PiReps durante el año 2015 fueron de más de 300 por modelo de aeronave, exceptuando a los MI-8AMT, ya que al ser sólo dos aeronaves, logran sumar entre sí, solamente 73 PiReps para este período.

b Reportes de Piloto 2016

• **Reportes de Piloto – PiReps MI-8AMT 2016**

MATRÍCULA	PIREPS MI-8AMT 2016												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1639-P	Exportación												0
OB2071	0	5	0	0	7	1	0	0	1	3	1	3	21
TOTAL	0	5	0	0	7	1	0	0	1	3	1	3	21

Tabla 4.20: PiReps MI-8AMT 2016 (elaboración propia)

• **Reportes de Piloto – PiReps MI-8MTV-1 2016**

MATRÍCULA	PIREPS MI-8MTV-1 2016												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB-1584	3	5	1	0	0	3	3	4	0	1	2	1	23
OB-1585	10	3	0	0	0	0	1	Exportación					14
OB-1691	1	3	10	2	0	1	3	2	2	1	4	1	30
OB-1826	Boletín												0
OB1934	1	6	1	13	4	7	2	6	0	6	2	0	48
OB-1663	3	2	MMF1							1	0	1	7
OB1760	1	3	3	4	0	3	3	6	Exportación				23
OB-1761	1	2	0	0	0	0	0	1	Exportación				4
TOTAL	20	24	15	19	4	14	12	19	2	9	8	3	149

Tabla 4.21: PiReps MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

• **Reportes de Piloto – PiReps MI-171 2016**

MATRÍCULA	PIREPS MI-171 2016												TOTAL (Aeronave)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
OB1935	2	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	7
OB1990	9	2	1	2	2	4	13	8	4	2	2	2	51
OB1989	5	4	0	9	0	5	6	0	0	5	2	Exp	36
OB2018P	2	4	7	3	3	4	2	5	0	4	1	8	43
OB2019P	1	0	0	1	1	0	2	1	2	0	0	0	8
OB2020P	5	5	5	2	0	2	2	1	0	1	2	5	30
TOTAL	24	16	14	17	6	16	27	15	6	12	7	15	175

Tabla 4.22: PiReps MI-171 2016 (elaboración propia)

Los PiReps durante el año 2016 disminuyeron significativamente en más de 100 por modelo de aeronave. Los MI-8AMT, sumaron 21 reportajes.

Esta gran disminución, de un año a otro, se debe principalmente a que muchas de las aeronaves entraron a mantenimiento mayor, y también, a que las horas de operación disminuyeron, con lo cual los PiReps sufrieron una disminución directamente proporcional.

4.1.8 Reportes de Piloto por ATA

En el punto anterior se mostraron de una manera general la cantidad de PiReps reportados durante los años 2015 y 2016 por modelo de aeronave.

El siguiente paso es determinar la cantidad de PiReps por ATA (ver Anexo N°3), reportados durante este mismo período de tiempo, cuantificarlos y más adelante determinar los sistemas críticos en base a la incidencia de reportajes.

a Reportes de Piloto por ATA 2015

- **PiReps por ATA MI-8AMT 2015**

Como se pudo mostrar anteriormente en los puntos 4.1.5, 4.1.6 y 4.1.7, los datos obtenidos de las aeronaves pertenecientes al modelo MI-8AMT son mínimos en comparación con sus similares MI-8MTV-1 y MI-171, ya que sólo son dos aeronaves, y no ofrecen la información muestral necesaria para su análisis, por lo cual se ha decidido no continuar con su análisis para el año 2015 y en adelante.

• PiReps por ATA MI-8MTV-1 2015

		MI-8MTV-1 2015											TOTAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TOTAL DE AERONAVES		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AERONAVES OPERATIVAS		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
HORAS VOLADAS		293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.9	341.09	399.43	366.96	331.18	3733.44
ATA PIREPS SEGÚN ATA														
ESTRUCTURA Y FUSELAJE														
51	CONSTRUCCION DE LA AERONAVE													0
52	PUERTAS, ESCOTILLAS, COMPUERTAS								1	1				2
53	FUSELAJE			1										1
55	ESTABILIZADOR HORIZONTAL										1	1		2
56	VENTANAS	1		1									3	5
65	ROTOR PRINCIPAL Y DE COLA	13	1	7	2		5	12	2	5	5	6	2	60
SISTEMAS DEL HELICOPTERO														
21	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO													0
25	EQUIPAMIENTO	1	2					1			1			5
26	SISTEMA CONTRA INCENDIO			2	1	3	2	1	1	2		1		13
28	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	2	1	1	3	2			2	1				12
29	SISTEMA HIDRAULICO	1	2		1	1		1	1					7
30	SISTEMA ANTIHIELO	1											1	2
32	TRENES DE ATERRIZAJE					1			1	1			1	4
36	SISTEMA NEUMATICO	1				2	1	2	2	3	1	1	2	15
101	SISTEMA DE SALVAMENTO													0
PLANTA DE PODER														
49	UNIDAD DE PODER AUXILIAR			1	1		3	2	6	2		3		18
71	PLANTA PODER	3	1	1				1	1		1			8
72	MOTOR	5	3				4	3		1		1	1	18
73	SISTEMA DE ALIMENTACION DE MOTORES	8	3	5	2	2	14	7	2	4	1	10		58
77	INSTRUMENTOS DE CONTROL DE MOTORES	2	5	1	4		1		1			1	1	16
78	SISTEMA DE ESCAPE													0
79	SISTEMA DE ACEITE	2	1			3			1			1		8
80	SISTEMA DE ARRANQUE	1			1							1		3
84	TRANSMISION DEL HELICOPTERO		1	1	2			1	1	1	1			8
148	SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS													0
INSTRUMENTOS RADIO ELECTRONICA														
23	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION		1	1	2		2	2	1	5	1	4		19
110	EQUIPO DE RADIONAVEGACION				3					1	2		1	7
113	EQUIPO DE RECONOCIMIENTO Y AVISO													0
DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS														
129	DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													0
132	EQUIPO DE TRANSPORTE Y ATERRIZAJE	3	1	1				3	1	1				10
EQUIPOS AERONAUTICOS														
22	VUELO AUTOMATICO	6	1	1	3	1	2	5		1	3	2		25
24	SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO	2			2	1	4		2			1		12
31	INSTRUMENTOS													0
33	LUCES	1												1
34	SISTEMA DE PILOTAJE Y NAVEGACION	2	1	1										4
35	EQUIPO DE OXIGENO													0
142	DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL DE DATOS DE VUELO			5			1							6
TOTAL PIREPS MI-8MTV-1 2015		55	24	30	27	16	39	41	25	29	17	33	13	349

Tabla 4.23: PiReps por ATA MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

• PiReps por ATA MI-171 2015

		MI-171 2015											TOTAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TOTAL DE AERONAVES		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AERONAVES OPERATIVAS		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
HORAS VOLADAS		357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	4237.84
ATA PIREPS SEGÚN ATA														
ESTRUCTURA Y FUSELAJE														
51	CONSTRUCCION DE LA AERONAVE												1	1
52	PUERTAS, ESCOTILLAS, COMPUERTAS						3							3
53	FUSELAJE													0
55	ESTABILIZADOR HORIZONTAL								1					1
56	VENTANAS					1								1
65	ROTOR PRINCIPAL Y DE COLA	2	3	5	2	4	3	2	3	1	3	1	1	30
SISTEMAS DEL HELICOPTERO														
21	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO													0
25	EQUIPAMIENTO												2	2
26	SISTEMA CONTRA INCENDIO		1	1			3		1		1	1	3	11
28	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	1	2	1		1		1		1	2		1	10
29	SISTEMA HIDRAULICO	1		1		1	1					1		5
30	SISTEMA ANTIHIELO		1	1										2
32	TRENES DE ATERRIZAJE		1				1					3		5
36	SISTEMA NEUMATICO					1	1	1	2	1	1	1		8
101	SISTEMA DE SALVAMENTO													0
PLANTA DE PODER														
49	UNIDAD DE PODER AUXILIAR				3	5			3	3	1	3	7	25
71	PLANTA PODER	1				1						1	1	4
72	MOTOR	6	2	5	4	3	1	2	2				1	26
73	SISTEMA DE ALIMENTACION DE MOTORES	4	5	10	4	7	1	2	8	2	1	1	1	46
77	INSTRUMENTOS DE CONTROL DE MOTORES			1	1			1	1		1	1	1	7
78	SISTEMA DE ESCAPE													0
79	SISTEMA DE ACEITE	1		1	4						1			7
80	SISTEMA DE ARRANQUE	1												1
84	TRANSMISION DEL HELICOPTERO		1	5	1				4	1	2	2	1	17
148	SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS	1												1
INSTRUMENTOS RADIO ELECTRONICA														
23	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION		1		1	2	1	3	1		2	3		14
110	EQUIPO DE RADIONAVEGACION	1		2	1	1		1		1	1	2		10
113	EQUIPO DE RECONOCIMIENTO Y AVISO													0
DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS														
129	DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													0
132	EQUIPO DE TRANSPORTE Y ATERRIZAJE			3		1	3	1						8
EQUIPOS AERONAUTICOS														
22	VUELO AUTOMATICO		3	2		3	3	2	2	1		1		17
24	SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO	1		1	1	2	4	2		2	2	1	1	17
31	INSTRUMENTOS											1		1
33	LUCES	1				3	4		1		1		1	11
34	SISTEMA DE PILOTAJE Y NAVEGACION				3	3		1	2		2			11
35	EQUIPO DE OXIGENO													0
142	DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL DE DATOS DE VUELO	1										1		2
TOTAL PIREPS MI-171 2015		22	20	39	25	39	29	19	31	13	21	24	22	304

Tabla 4.24: PiReps por ATA MI-171 2015 (elaboración propia)

b Reportes de Piloto por ATA 2016

• PiReps por ATA MI-8MTV-1 2016

		MI-8MTV-1 2016											TOTAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
	TOTAL DE AERONAVES	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	AERONAVES OPERATIVAS	7	7	6	6	6	6	6	5	3	4	4	4	5
	HORAS VOLADAS	378.23	202.18	203.14	168.57	137.41	148.15	208.37	217	217.19	209.2	142.63	70.84	2302.91
ATA	PIREPS SEGÚN ATA													
	ESTRUCTURA Y FUSELAJE													
51	CONSTRUCCION DE LA AERONAVE													0
52	PUERTAS, ESCOTILLAS, COMPUERTAS													0
53	FUSELAJE				1									1
55	ESTABILIZADOR HORIZONTAL													0
56	VENTANAS	1											1	2
65	ROTOR PRINCIPAL Y DE COLA	3	5	4	6		2	6	4	2				32
	SISTEMAS DEL HELICOPTERO													
21	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO													0
25	EQUIPAMIENTO													0
26	SISTEMA CONTRA INCENDIO						1			1				2
28	SISTEMA DE COMBUSTIBLE			1					1					2
29	SISTEMA HIDRAULICO		1	1				1	1					4
30	SISTEMA ANTIHIELO									2				2
32	TRENES DE ATERRIZAJE	1		1	2					1				5
36	SISTEMA NEUMATICO								1	1				2
101	SISTEMA DE SALVAMENTO													0
	PLANTA DE PODER													
49	UNIDAD DE PODER AUXILIAR					1	1	1		1		2		6
71	PLANTA PODER				1	1								2
72	MOTOR	2	3		4		1		5				1	16
73	SISTEMA DE ALIMENTACION DE MOTORES	4	5	3	1			1	1					15
77	INSTRUMENTOS DE CONTROL DE MOTORES	1	4	1		1	1		3		1			12
78	SISTEMA DE ESCAPE													0
79	SISTEMA DE ACEITE			1								1		2
80	SISTEMA DE ARRANQUE													0
84	TRANSMISION DEL HELICOPTERO				2			1			2	1		6
148	SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS													0
	INSTRUMENTOS RADIO ELECTRONICA													
23	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION	2					3		1					6
110	EQUIPO DE RADIONAVIGACION													0
113	EQUIPO DE RECONOCIMIENTO Y AVISO													0
	DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													
129	DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													0
132	EQUIPO DE TRANSPORTE Y ATERRIZAJE													0
	EQUIPOS AERONAUTICOS													
22	VUELO AUTOMATICO	1	2	2	1		3							9
24	SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO		2				2	1		3				8
31	INSTRUMENTOS					1						1		2
33	LUCES													0
34	SISTEMA DE PILOTAJE Y NAVEGACION	3								1				4
35	EQUIPO DE OXIGENO													0
142	DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL DE DATOS DE VUELO				1									1
	TOTAL PIREPS MI-8MTV-1 2016	18	22	14	19	4	14	11	17	5	10	5	2	141

Tabla 4.25: PiReps por ATA MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

• PiReps por ATA MI-171 2016

	MI-171 2016												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TOTAL DE AERONAVES	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AERONAVES OPERATIVAS	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6
HORAS VOLADAS	301.34	249.66	237.84	206.06	138.81	135.27	186.23	183.05	211.44	187.22	207.52	204.12	2448.56
ATA PIREPS SEGÚN ATA													
ESTRUCTURA Y FUSELAJE													
51 CONSTRUCCION DE LA AERONAVE													0
52 PUERTAS, ESCOTILLAS, COMPUERTAS					1					1			2
53 FUSELAJE										1			1
55 ESTABILIZADOR HORIZONTAL													0
56 VENTANAS													0
65 ROTOR PRINCIPAL Y DE COLA	3	2	3	4					3	1	2	2	20
SISTEMAS DEL HELICOPTERO													
21 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO													0
25 EQUIPAMIENTO			1										1
26 SISTEMA CONTRA INCENDIO							1						1
28 SISTEMA DE COMBUSTIBLE						1						1	2
29 SISTEMA HIDRAULICO								2	1			1	4
30 SISTEMA ANTIHIELO													0
32 TRENES DE ATERRIZAJE		1						1				1	3
36 SISTEMA NEUMATICO	2		1			1	1	1					6
101 SISTEMA DE SALVAMENTO													0
PLANTA DE PODER													
49 UNIDAD DE PODER AUXILIAR		2	1	2	1		1			1			8
71 PLANTA PODER	1								1				2
72 MOTOR	3	1	2			4	6	5			1	1	23
73 SISTEMA DE ALIMENTACION DE MOTORES	2	1	3	4		1	8		1	1		2	23
77 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE MOTORES	1	1				1				1		1	5
78 SISTEMA DE ESCAPE													0
79 SISTEMA DE ACEITE	1			1		1				2	2		7
80 SISTEMA DE ARRANQUE	1						1						2
84 TRANSMISION DEL HELICOPTERO						1	1	2					4
148 SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS													0
INSTRUMENTOS RADIO ELECTRONICA													
23 EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION	1						1				1	1	4
110 EQUIPO DE RADIONAVEGACION										1	1		2
113 EQUIPO DE RECONOCIMIENTO Y AVISO													0
DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													
129 DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS													0
132 EQUIPO DE TRANSPORTE Y ATERRIZAJE								1		1		1	3
EQUIPOS AERONAUTICOS													
22 VUELO AUTOMATICO		1	1	1		4				1			8
24 SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO	1	2		1								2	6
31 INSTRUMENTOS			1										1
33 LUCES	1	2	1	1	1		1	1				2	10
34 SISTEMA DE PILOTAJE Y NAVEGACION	1			1		2	1			1			6
35 EQUIPO DE OXIGENO													0
142 DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL DE DATOS DE VUELO	1			2	1		1	1					6
TOTAL PIREPS MI-171 2016	19	13	14	17	4	16	23	14	6	12	7	15	160

Tabla 4.26: PiReps por ATA MI-171 2016 (elaboración propia)

4.1.9 Determinación de Sistemas críticos

A continuación se mostrarán mediante gráficas de barras, la cantidad de reportes de piloto presentados por cada ATA, distribuidos por cada modelo de aeronave (MI-8MTV-1 y MI-171) y para cada período de nuestro estudio (2015 y 2016), con lo cual podremos comprar la cantidad de reportajes y determinar nuestros sistemas críticos para analizar.

a Evaluación de PiReps 2015

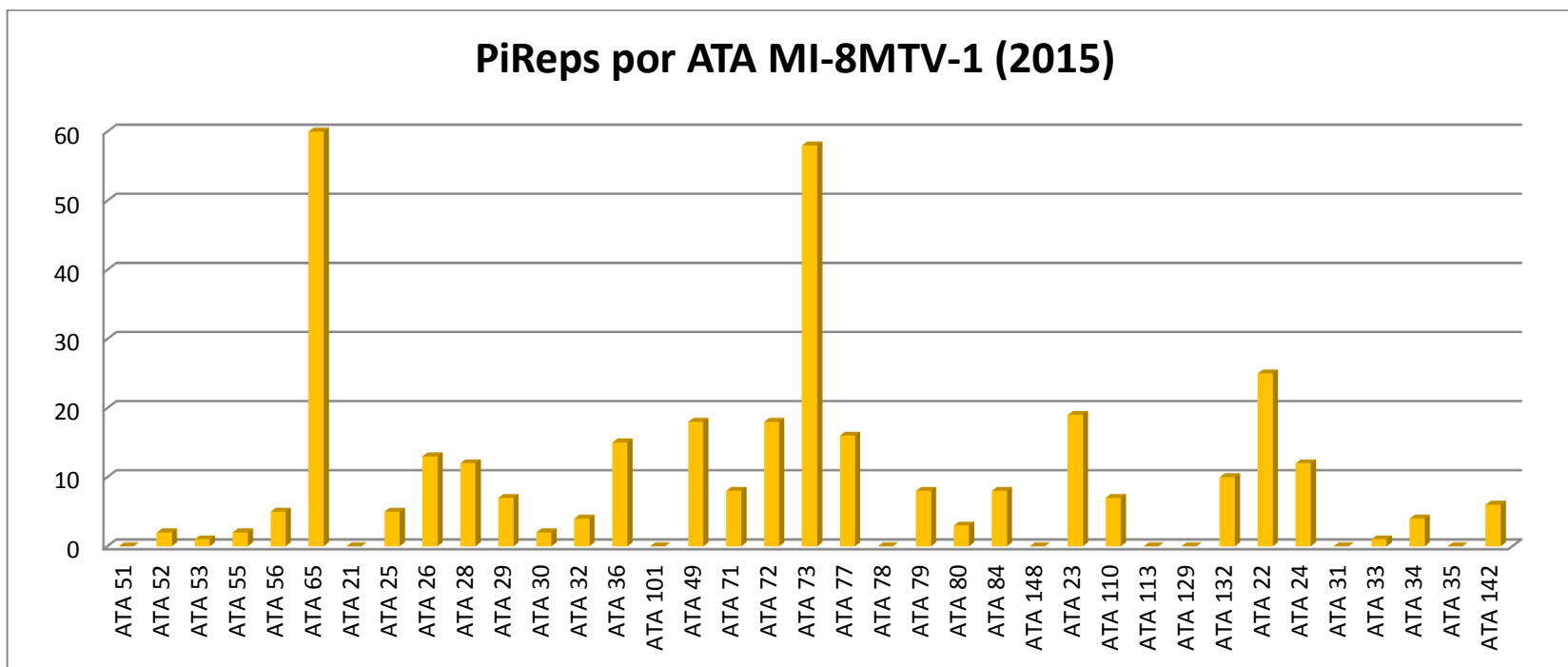


Figura 4.17: Cantidad de PiReps por ATA MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

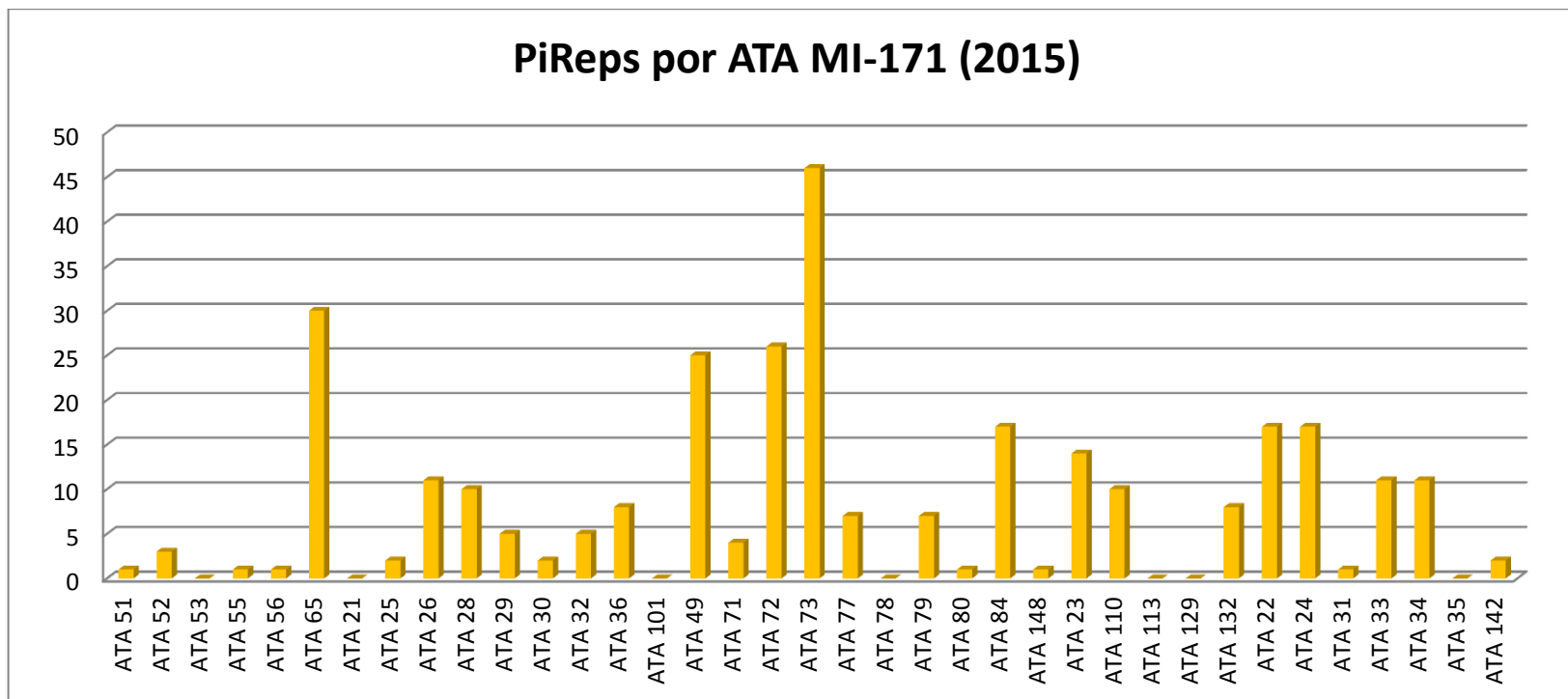


Figura 4.18: Cantidad de PiReps por ATA MI-171 2015 (elaboración propia)

Podemos observar que durante el año 2015, las ATAs predominantes con más número de reportajes fueron el ATA 65 (Rotor Principal y de Cola) y el ATA 73 (Sistema de alimentación de motores), tanto para los MI-8MTV-1 como para los MI-171. En los primeros predominó el ATA 65, mientras que en los segundos, el ATA 73.

b Evaluación de PiReps 2016

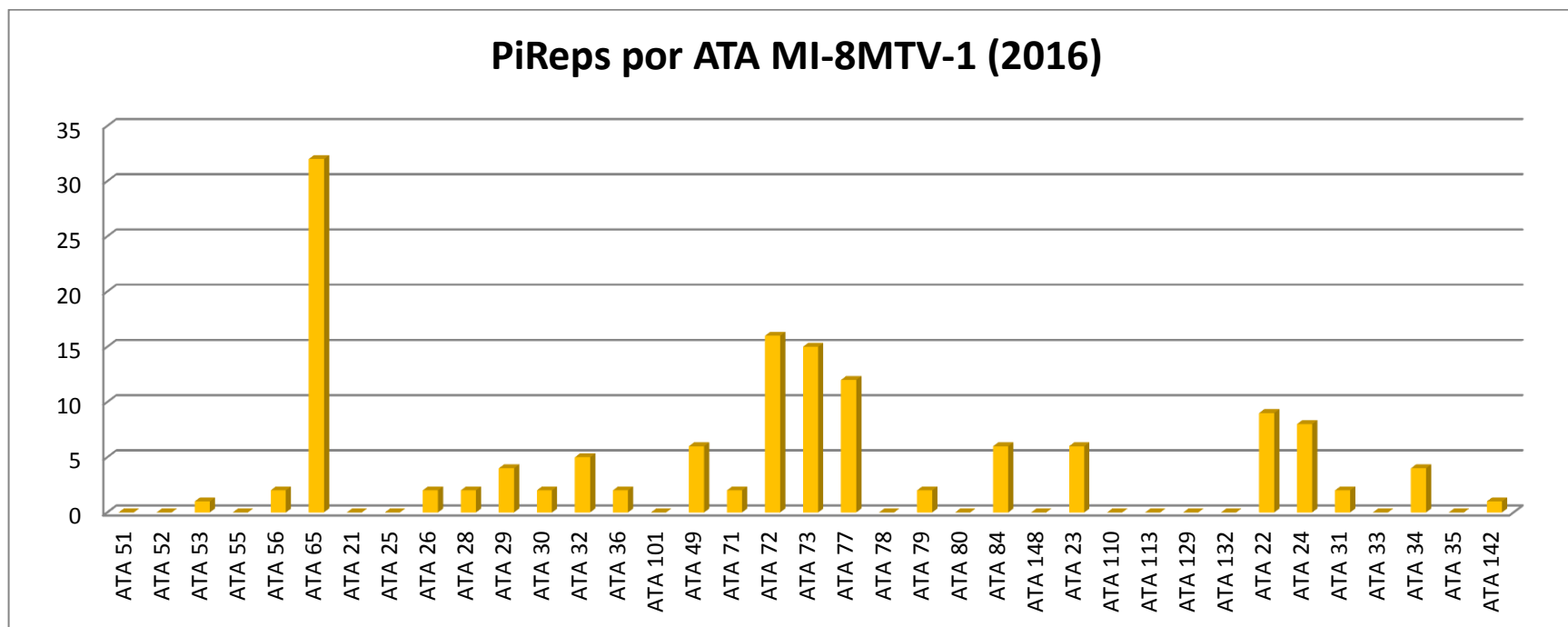


Figura 4.19: Cantidad de PiReps por ATA MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

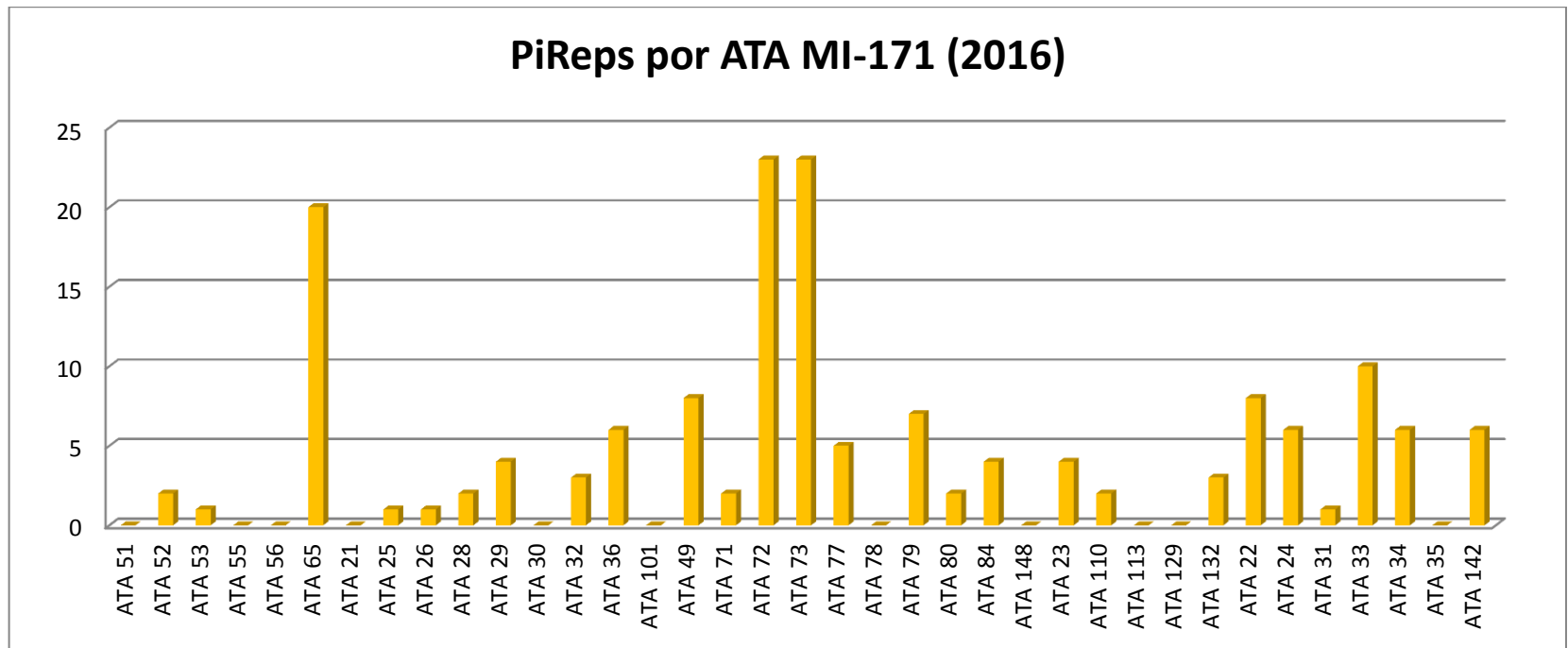


Figura 4.20: Cantidad de PiReps por ATA MI-171 2016 (elaboración propia)

Podemos observar que durante el año 2016, las ATAs predominantes con más número de reportajes fueron el ATA 65 (Rotor Principal y de Cola), ATA 72 (Motores) y el ATA 73 (Sistema de alimentación de motores), tanto para los MI-8MTV-1 como para los MI-171. En los primeros predominó el ATA 65, mientras que en los segundos, el ATA 72 y ATA 73.

El ATA 65 (Rotor Principal y de Cola) y el ATA 73 (Sistema de alimentación de motores) son predominantes tanto para el año 2015 como para el 2016, y para ambos modelos de aeronave.

Esto se debe a que ambos sistemas son muy complejos y poseen gran número de componentes, relacionados principalmente con el sistema de Propulsión-transmisión de la aeronave.

La disponibilidad de la aeronave puede verse afectada directamente por la falla de algún componente de estos sistemas, por lo cual se determinarán como sistemas críticos y se realizará un análisis en base a sus reportajes.

4.2 Alternativas de solución

4.2.1 Sistema de análisis estadístico

En este sistema se utilizan los límites de control superior (UCL) para identificar el desempeño inaceptable y tendencias negativas.

El UCL se determina mediante cálculos de desviación estándar.

4.2.2 Sistema de análisis de eventos

En este sistema se monitorean eventos significativos para reducir su recurrencia. Se aplica a eventos que ocurren de manera no frecuente, por lo cual no hay información suficiente con la cual realizar un análisis estadístico.

Para el presente trabajo se ha optado por utilizar la metodología del Sistema de análisis estadístico, en vista que se tiene una amplia información en base al largo tiempo de explotación de Helisur S.A. y que ha sido recopilada a través de los años.

La información será extraída de los informes técnicos de vuelo (ITVs), específicamente de la parte B del ITV (revisar punto 4.4.2), en donde son registrados los reportes de piloto y los reportes de mantenimiento. Se utilizará la información de los reportes de piloto por cada mil horas de vuelo para desarrollar el análisis estadístico que nos ayude a obtener tendencias para su estudio.

4.3 Solución del problema

4.3.1 Cálculo del Índice de PiReps

A continuación se procederá a calcular el índice de PiReps general para los años 2015 y 2016, en base a la información obtenida anteriormente, aplicando la metodología del punto 3.2.4.8 y las fórmulas del punto 3.2.4.9.

4.3.1.1 Índice de PiReps 2015

	PIREPS MI-8MTV-1 (2015)																										
	2013			2014												2015											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	16	43	23	29	15	19	23	20	17	38	30	21	34	17	21	55	25	30	28	16	39	41	27	27	22	45	17
FH/MES	412.26	354.24	345.61	324.98	294.90	366.62	272.81	194.06	225.32	410.61	660.85	569.07	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18
PIREPS (3 MESES)			82	95	67	63	57	62	60	75	85	89	85	72	72	93	101	110	83	74	83	96	107	95	76	94	84
FH (3 MESES)			1112.11	1024.83	965.49	986.5	934.33	833.49	692.19	829.99	1296.78	1640.53	1688.94	1392.38	1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57
RATE 1M/1000FH	39	121	67	89	51	52	84	103	75	93	45	37	74	47	54	187	134	114	128	64	120	101	76	79	55	123	51
RATE 3M/1000FH			74	93	69	64	61	74	87	90	66	54	50	52	59	89	116	148	124	101	105	98	99	86	69	85	77
\bar{x}	$\Sigma x/N$		$\frac{39 + 121 + 67 + 89 + 51 + 52 + 84 + 103 + 75 + 93 + 45 + 37}{12}$																								71
δ	$\sqrt{\frac{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N}}{N-1}}$		$\sqrt{\frac{(39^2 + 121^2 + 67^2 + 89^2 + 51^2 + 52^2 + 84^2 + 103^2 + 75^2 + 93^2 + 45^2 + 37^2) - \frac{(39 + 121 + 67 + 89 + 51 + 52 + 84 + 103 + 75 + 93 + 45 + 37)^2}{12}}{12-1}}$																								27
UCL (k=2)	CL + k δ		71+2(27)																								125

Tabla 4.27: Índice de PiReps MI-8MTV-1 (2015)

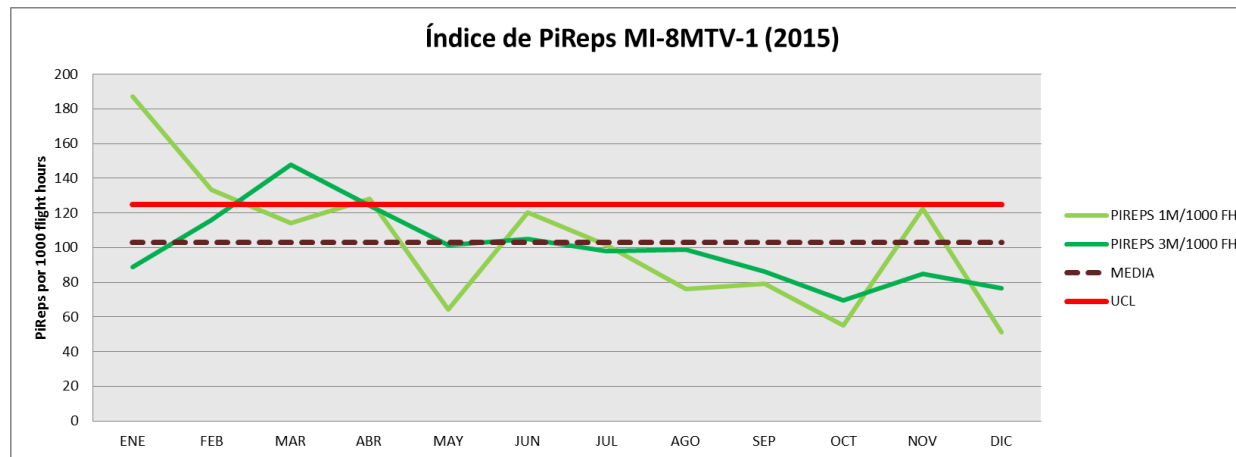


Figura 4.21: Índice de PiReps MI-8MTV-1 (2015)

PIREPS MI-171 (2015)																											
2013			2014												2015												
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	8	13	13	12	3	13	4	8	10	18	29	30	20	18	22	22	21	39	27	39	29	23	33	13	21	27	25
FH/MES	211.97	158.47	188.28	97.42	73.64	136.00	295.63	296.58	319.19	312.21	305.06	234.42	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31
PIREPS (3 MESES)			34	38	28	28	20	25	22	36	57	77	79	68	60	62	65	82	87	105	95	91	85	69	67	61	73
FH (3 MESES)			558.72	444.17	359.34	307.06	505.27	728.21	911.4	927.98	936.46	851.69	912.78	975.41	1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69
RATE 1M/1000FH	38	82	69	123	41	96	14	27	31	58	95	128	54	49	64	61	68	97	77	109	91	66	91	33	46	96	83
RATE 3M/1000FH			61	86	78	91	40	34	24	39	61	90	87	70	55	58	64	77	82	94	92	89	83	63	55	54	70

Tabla 4.28: Índice de PiReps MI-171 2015 (elaboración propia)

\bar{X}	67
δ	38
UCL (k=2)	143

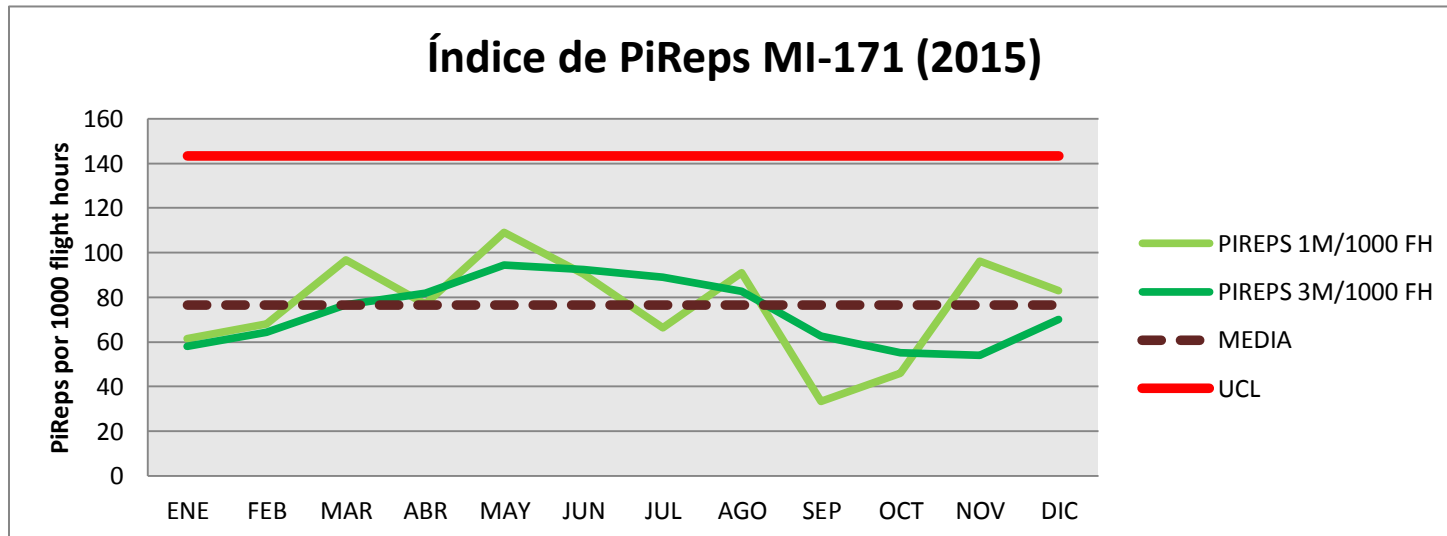


Figura 4.22: Índice de PiReps MI-171 2015 (elaboración propia)

4.3.1.2 Índice de PiReps 2016

	PIREPS MI-8MTV-1 (2016)																										
	2014			2015												2016											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	34	17	21	55	25	30	28	16	39	41	27	27	22	45	17	20	24	15	19	4	14	12	19	2	9	8	3
FH/MES	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18	378.23	202.18	203.14	168.57	137.41	148.15	208.37	217.00	217.19	209.20	142.63	70.84
PIREPS (3 MESES)			72	93	101	110	83	74	83	96	107	95	76	94	84	82	61	59	58	38	37	30	45	33	30	19	20
FH (3 MESES)			1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57	1076.37	911.59	783.55	573.89	509.12	454.13	493.93	573.52	642.56	643.39	569.02	422.67
RATE 1M/1000FH	74	47	54	187	134	114	128	64	120	101	76	79	55	123	51	53	119	74	113	29	94	58	88	9	43	56	42
RATE 3M/1000FH			59	89	116	148	124	101	105	98	99	86	69	85	77	76	67	75	101	75	81	61	78	51	47	33	47

\bar{X}	98
δ	40
UCL (k=2)	179

Tabla 4.29: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

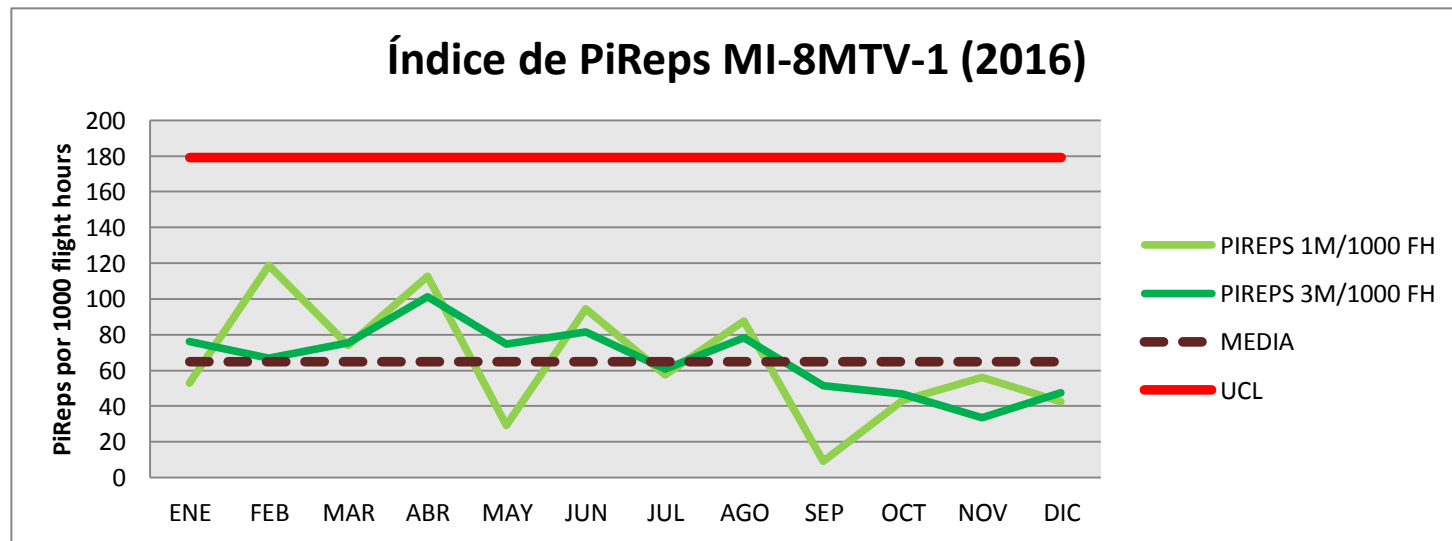


Figura 4.23: Índice de PiReps MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

PIREPS MI-171 (2016)																											
	2014			2015									2016														
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	20	18	22	22	21	39	27	39	29	23	33	13	21	27	25	24	16	14	17	6	16	27	15	6	12	7	15
FH/MES	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	301.34	249.66	237.84	206.06	138.81	135.27	186.23	183.05	211.44	187.22	207.52	204.12
PIREPS (3 MESES)			60	62	65	82	87	105	95	91	85	69	67	61	73	76	65	54	47	37	39	49	58	48	33	25	34
FH (3 MESES)			1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69	883.3	852.31	788.84	693.56	582.71	480.14	460.31	504.55	580.72	581.71	606.18	598.86
RATE 1M/1000FH	54	49	64	61	68	97	77	109	91	66	91	33	46	96	83	80	64	59	83	43	118	145	82	28	64	34	73
RATE 3M/1000FH			55	58	64	77	82	94	92	89	83	63	55	54	70	86	76	68	68	63	81	106	115	83	57	41	57

\bar{X}	72
δ	22
UCL (k=2)	116

Tabla 4.30: Índice de PiReps MI-171 2016 (elaboración propia)

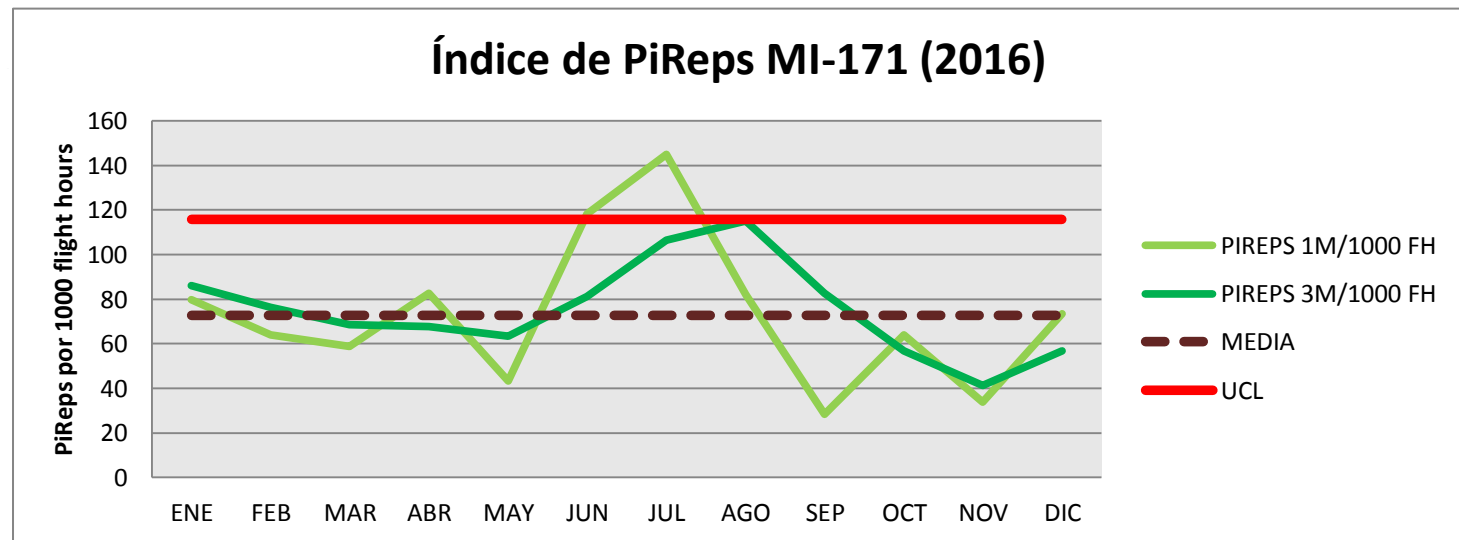


Figura 4.24: Índice de PiReps MI-171 2016 (elaboración propia)

- Figura 4.21: El sistema permanece estable, con un límite de control superior (UCL) igual a 126. En Marzo se generó un valor de alerta, ya que el Rate trimestral superó el UCL con un valor de 148, luego el sistema se estabilizó, disminuyendo hasta alcanzar el valor de 77 en Diciembre.
- Figura 4.22: El sistema permanece estable, con un límite de control superior (UCL) igual a 143. Durante todo el año los Rates permanecieron constantes, con una media de 77, valor muy inferior al UCL. No se generan valores de alerta.
- Figura 4.23: El sistema permanece estable, con un límite de control superior (UCL) igual a 179, valor muy superior a la media, que fue de 65. Durante todo el año los Rates permanecieron constantes. No se generan valores de alerta.
- Figura 4.24: El sistema permanece estable, con un límite de control superior (UCL) igual a 116. En el mes de Agosto se generó un pico máximo con un valor de 115, que no llegó a sobrepasar el UCL. No se generan valores de alerta.

4.3.2 Cálculo del Índice de PiReps por ATA

Se realizará el cálculo del índice de PiReps por ATA para los sistemas determinados en el punto 4.1.9, para los años 2015 y 2016 según los modelos de aeronave MI-8MTV-1 y MI-171, para determinar si se generaron valores de alerta durante su explotación.

4.3.2.1 Cálculo del Índice de PiReps ATA 65 (Rotor Principal y de Cola)

	ATA 65 MI-8MTV-1 (2015)																										
	2013			2014												2015											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	2	3	1	1	0	2	4	0	0	0	2	2	4	0	3	13	1	7	2	0	5	12	2	5	5	6	2
FH/MES	412.26	354.24	345.61	324.98	294.90	366.62	272.81	194.06	225.32	410.61	660.85	569.07	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18
PIREPS (3 MESES)			6	5	2	3	6	6	4	0	2	4	8	6	7	16	17	21	10	9	7	17	19	19	12	16	13
FH (3 MESES)			1112.11	1024.83	965.49	986.5	934.33	833.49	692.19	829.99	1296.78	1640.53	1688.94	1392.38	1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57
RATE 1M/1000FH	5	8	3	3	0	5	15	0	0	0	3	4	9	0	8	44	5	27	9	0	15	30	6	15	13	16	6
RATE 3M/1000FH			5	5	2	3	6	7	6	0	2	2	5	4	6	15	20	28	15	12	9	17	18	17	11	14	12

Tabla 4.31: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

\bar{X}	4
δ	4
UCL (k=2)	12

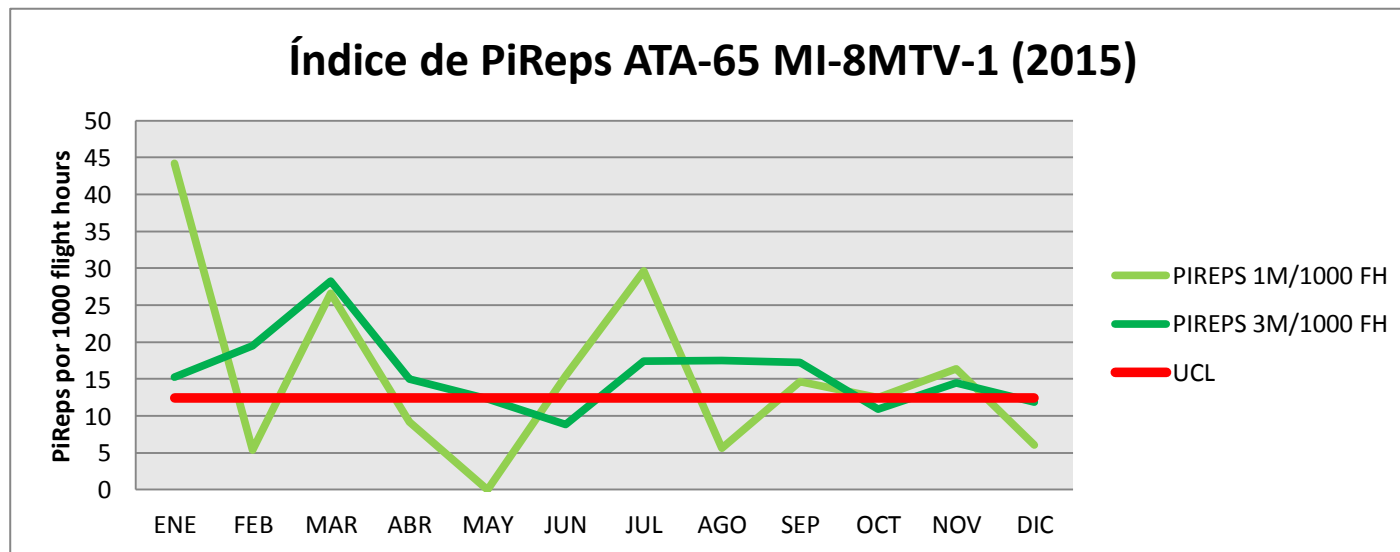


Figura 4.25: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

ATA 65 MI-171 (2015)																													
		2013			2014												2015												
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PIREPS/MES		0	0	0	1	0	2	1	0	1	2	0	4	3	1	1	2	3	5	2	4	3	2	3	1	3	1	1	
FH/MES		211.97	158.47	188.28	97.42	73.64	136.00	295.63	296.58	319.19	312.21	305.06	234.42	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	
PIREPS (3 MESES)				0	1	1	3	3	3	2	3	3	6	7	8	5	4	6	10	10	11	9	9	8	6	7	5	5	
FH (3 MESES)				558.72	444.17	359.34	307.06	505.27	728.21	911.4	927.98	936.46	851.69	912.78	975.41	1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69	
RATE 1M/1000FH		0	0	0	10	0	15	3	0	3	6	0	17	8	3	3	6	10	12	6	11	9	6	8	3	7	4	3	
RATE 3M/1000FH				0	2	3	10	6	4	2	3	3	7	8	8	5	4	6	9	9	10	9	9	8	5	6	4	5	

Tabla 4.32: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2015 (elaboración propia)

\bar{X}	5
δ	6
UCL (k=2)	17

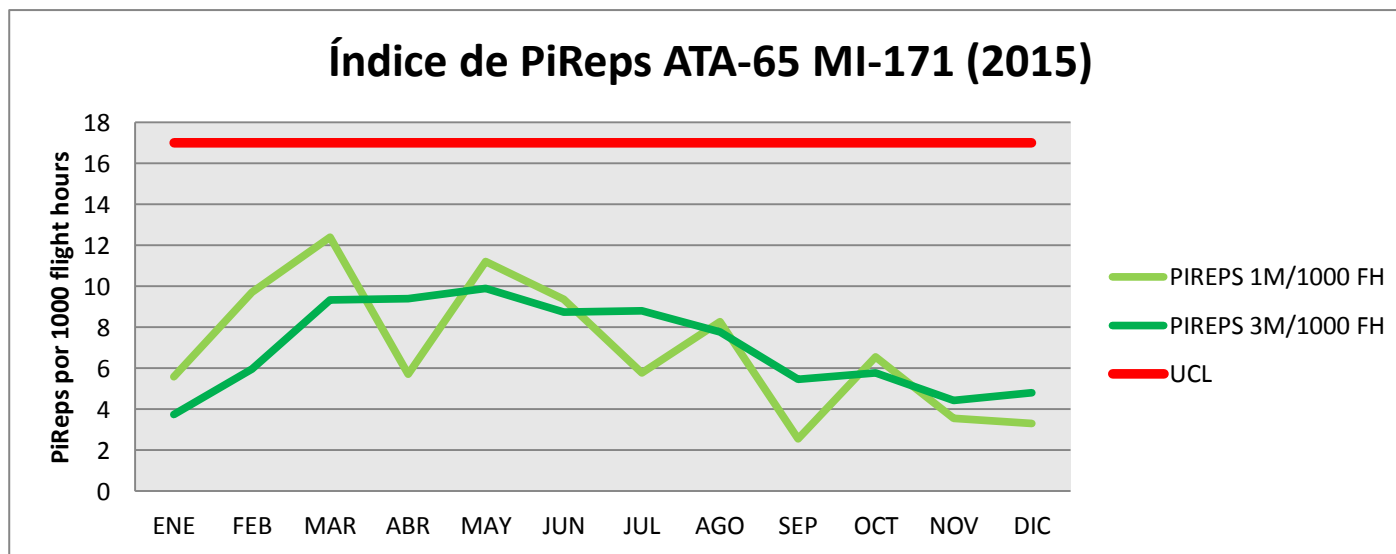


Figura 4.26: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2015 (elaboración propia)

ATA 65 MI-8MTV-1 (2016)																												
	2014			2015												2016												
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PIREPS/MES	4	0	3	13	1	7	2		5	12	2	5	5	6	2	3	5	4	6	0	2	6	4	2	0	0	0	
FH/MES	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18	378.23	202.18	203.14	168.57	137.41	148.15	208.37	217.00	217.19	209.20	142.63	70.84	
PIREPS (3 MESES)				7	16	17	21	10	9	7	17	19	19	12	16	13	11	10	12	15	10	8	8	12	12	6	2	0
FH (3 MESES)				1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57	1076.37	911.59	783.55	573.89	509.12	454.13	493.93	573.52	642.56	643.39	569.02	422.67
RATE 1M/1000FH	9	0	8	44	5	27	9	0	15	30	6	15	13	16	6	8	25	20	36	0	13	29	18	9	0	0	0	
RATE 3M/1000FH				6	15	20	28	15	12	9	17	18	17	11	14	12	10	11	15	26	20	18	16	21	19	9	4	0

\bar{X}	14
δ	13
UCL (k=2)	41

Tabla 4.33: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

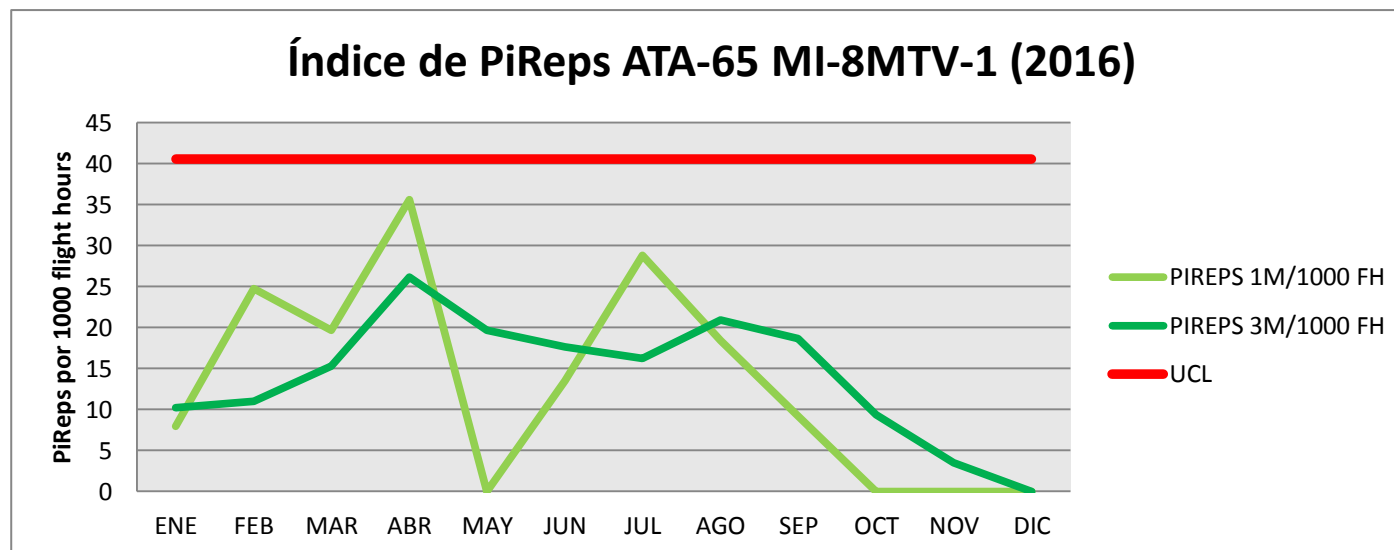


Figura 4.27: Índice de PiReps ATA 65 MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

ATA 65 MI-171 (2016)																												
	2014			2015												2016												
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PIREPS/MES	3	1	1	2	3	5	2	4	3	2	3	1	3	1	1	3	2	3	4	0	0	0	0	3	1	2	2	
FH/MES	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	301.34	249.66	237.84	206.06	138.81	135.27	186.23	183.05	211.44	187.22	207.52	204.12	
PIREPS (3 MESES)				5	4	6	10	10	11	9	9	8	6	7	5	5	5	6	8	9	7	4	0	0	3	4	6	5
FH (3 MESES)				1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69	883.3	852.31	788.84	693.56	582.71	480.14	460.31	504.55	580.72	581.71	606.18	598.86
RATE 1M/1000FH	8	3	3	6	10	12	6	11	9	6	8	3	7	4	3	10	8	13	19	0	0	0	0	14	5	10	10	
RATE 3M/1000FH				5	4	6	9	9	10	9	9	8	5	6	4	5	6	7	10	13	12	8	0	0	5	7	10	8

\bar{X}	7
δ	3
UCL (k=2)	14

Tabla 4.34: Índice de PiReps ATA 65 MI-171 2016 (elaboración propia)

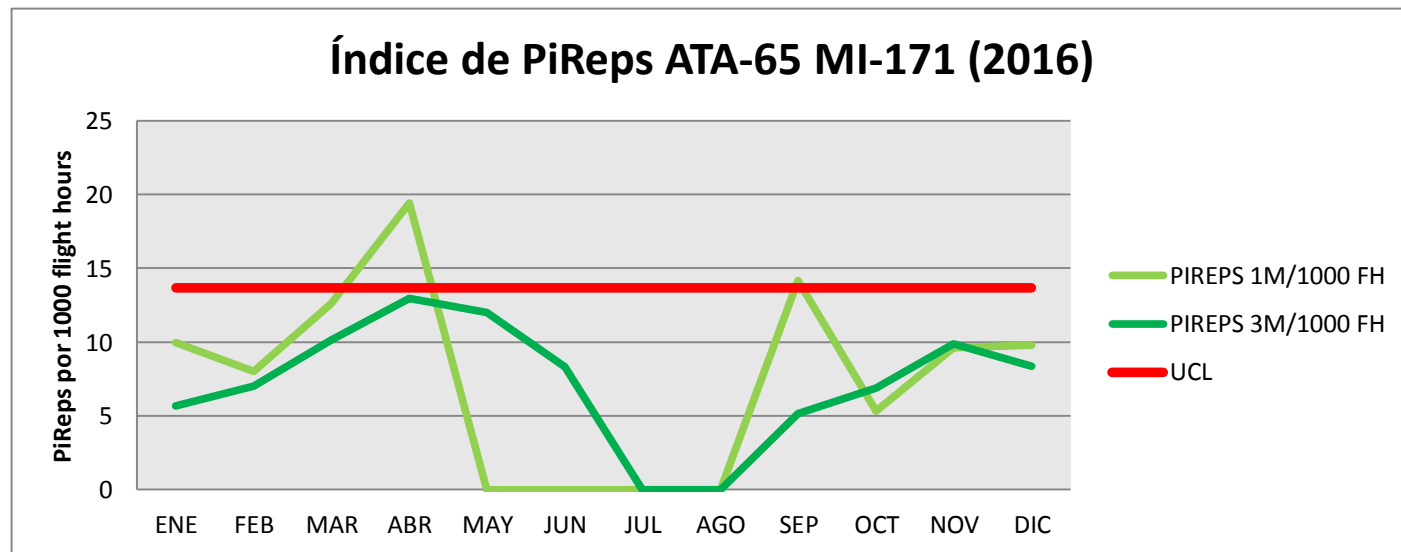


Figura 4.28: Índice de PiReps ATA 65 MI-17-1 2016 (elaboración propia)

4.3.2.2 Cálculo del Índice de PiReps ATA 73 (Sistema de alimentación de motores)

	ATA 73 MI-8MTV-1 (2015)																										
	2013			2014									2015														
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	1	1	0	1	0	0	0	1	1	4	1	1	1	3	3	8	3	5	2	2	14	7	2	4	1	10	0
FH/MES	412.26	354.24	345.61	324.98	294.90	366.62	272.81	194.06	225.32	410.61	660.85	569.07	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18
PIREPS (3 MESES)			2	2	1	1	0	1	2	6	6	6	3	5	7	14	14	16	10	9	18	23	23	13	7	15	11
FH (3 MESES)			1112.11	1024.83	965.49	986.5	934.33	833.49	692.19	829.99	1296.78	1640.53	1688.94	1392.38	1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57
RATE 1M/1000FH	2	3	0	3	0	0	0	5	4	10	2	2	2	8	8	27	16	19	9	8	43	17	6	12	3	27	0
RATE 3M/1000FH			2	2	1	1	0	1	3	7	5	4	2	4	6	13	16	22	15	12	23	24	21	12	6	14	10

Tabla 4.35: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

\bar{X}	3
δ	3
UCL (k=2)	8

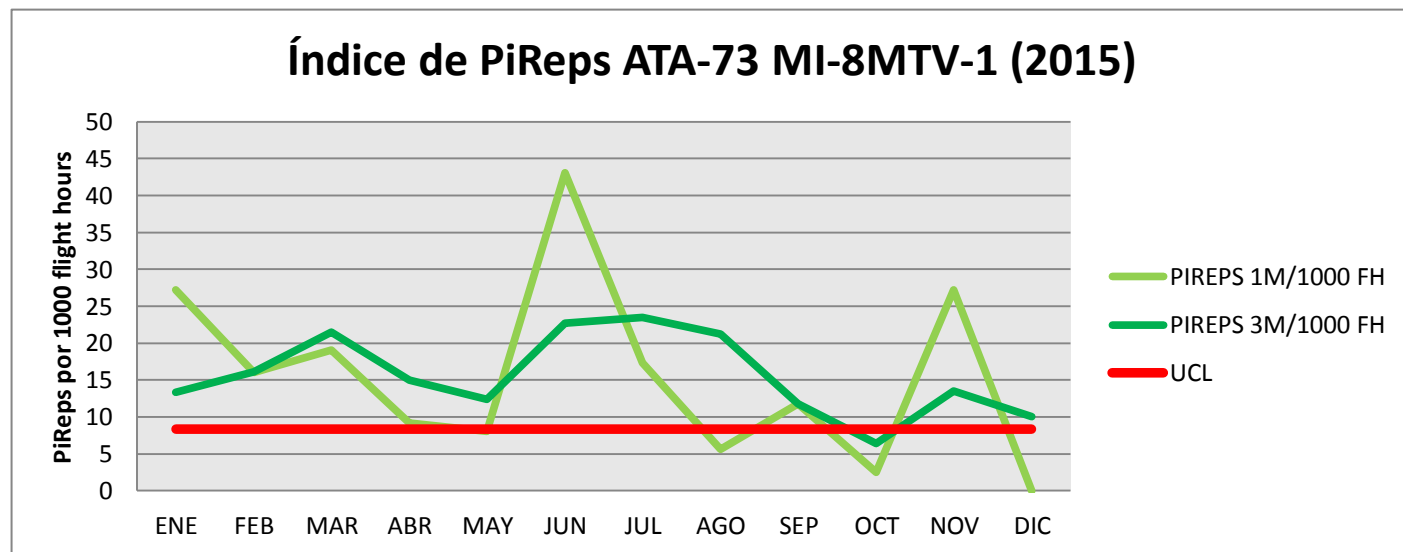


Figura 4.29: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2015 (elaboración propia)

ATA 73 MI-171 (2015)																												
	2013			2014									2015															
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PIREPS/MES	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	3	1	2	5	3	4	5	10	4	7	1	2	8	2	1	1	1	
FH/MES	211.97	158.47	188.28	97.42	73.64	136.00	295.63	296.58	319.19	312.21	305.06	234.42	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	
PIREPS (3 MESES)				1	2	1	1	1	2	2	5	5	6	8	10	12	12	19	19	21	12	10	11	12	11	4	3	
FH (3 MESES)				558.72	444.17	359.34	307.06	505.27	728.21	911.4	927.98	936.46	851.69	912.78	975.41	1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69
RATE 1M/1000FH	0	6	0	10	0	0	3	0	3	3	10	4	5	14	9	11	16	25	11	20	3	6	22	5	2	4	3	
RATE 3M/1000FH				2	5	3	3	2	1	2	2	5	6	7	8	9	11	12	18	18	19	12	10	11	11	9	4	3

Tabla 4.36: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2015 (elaboración propia)

\bar{X}	3
δ	4
UCL (k=2)	11

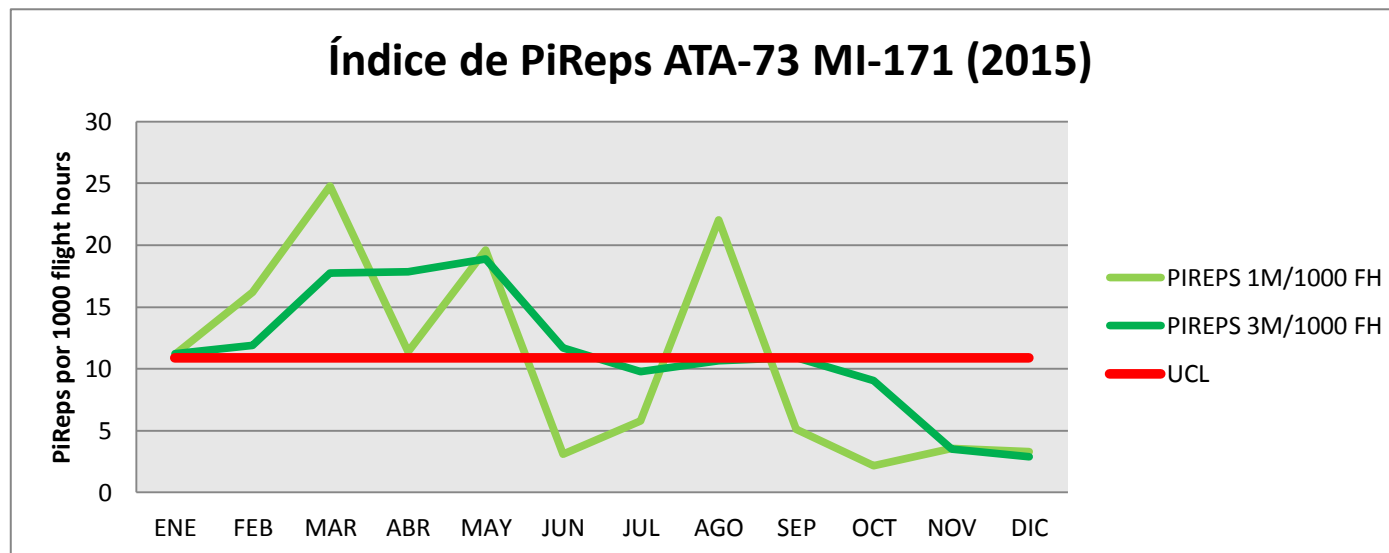


Figura 4.30: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2015 (elaboración propia)

ATA 73 MI-8MTV-1 (2016)																											
	2014			2015												2016											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	1	3	3	8	3	5	2	2	14	7	2	4	1	10		4	5	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0
FH/MES	459.02	364.29	389.64	293.78	187.14	262.77	218.24	248.62	324.78	404.55	354.90	341.09	399.43	366.96	331.18	378.23	202.18	203.14	168.57	137.41	148.15	208.37	217.00	217.19	209.20	142.63	70.84
PIREPS (3 MESES)				7	14	14	16	10	9	18	23	23	13	7	15	11	14	9	12	9	4	1	1	2	2	1	0
FH (3 MESES)				1212.95	1047.71	870.56	743.69	668.15	729.63	791.64	977.95	1084.23	1100.54	1095.42	1107.48	1097.57	1076.37	911.59	783.55	573.89	509.12	454.13	493.93	573.52	642.56	643.39	569.02
RATE 1M/1000FH	2	8	8	27	16	19	9	8	43	17	6	12	3	27	0	11	25	15	6	0	0	5	5	0	0	0	
RATE 3M/1000FH				6	13	16	22	15	12	23	24	21	12	6	14	10	13	10	15	16	8	2	2	3	3	2	

Tabla 4.37: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

\bar{X}	15
δ	11
UCL (k=2)	37

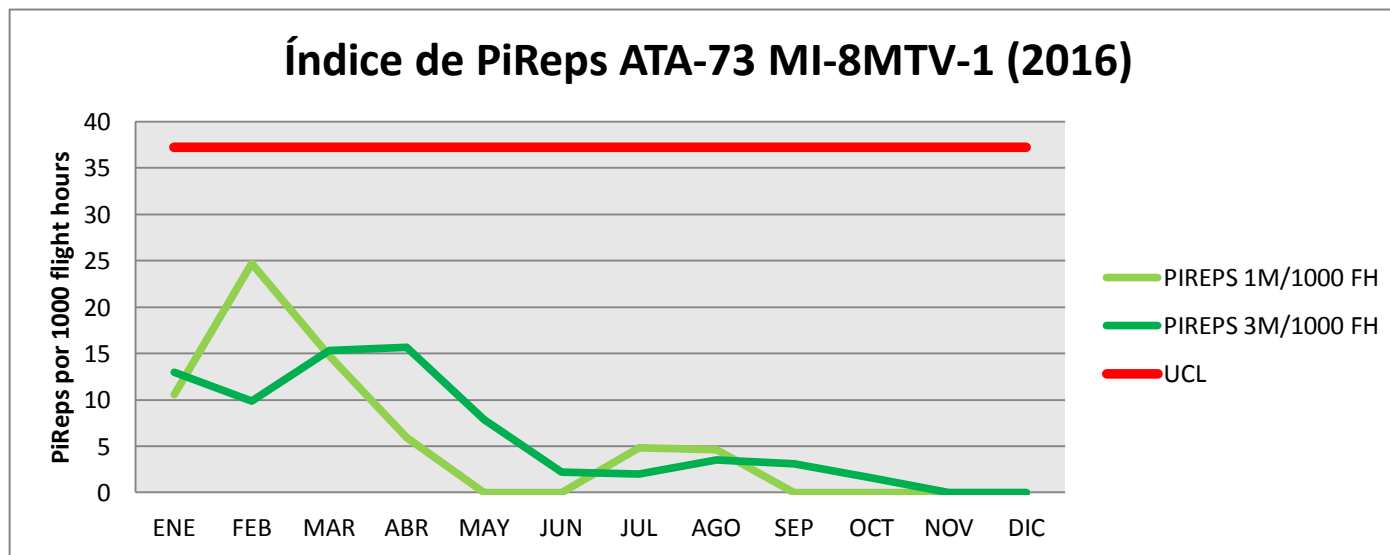


Figura 4.31: Índice de PiReps ATA 73 MI-8MTV-1 2016 (elaboración propia)

ATA 73 MI-171 (2016)																											
	2014			2015												2016											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PIREPS/MES	2	5	3	4	5	10	4	7	1	2	8	2	1	1	1	2	1	3	4	0	1	8	0	1	1	0	2
FH/MES	373.30	367.69	341.91	357.81	308.95	403.23	350.81	357.11	320.33	346.32	362.81	390.78	457.73	280.65	301.31	301.34	249.66	237.84	206.06	138.81	135.27	186.23	183.05	211.44	187.22	207.52	204.12
PIREPS (3 MESES)			10	12	12	19	19	21	12	10	11	12	11	4	3	4	4	6	8	7	5	9	9	9	2	2	3
FH (3 MESES)			1082.9	1067.41	1008.67	1069.99	1062.99	1111.15	1028.25	1023.76	1029.46	1099.91	1211.32	1129.16	1039.69	883.3	852.31	788.84	693.56	582.71	480.14	460.31	504.55	580.72	581.71	606.18	598.86
RATE 1M/1000FH	5	14	9	11	16	25	11	20	3	6	22	5	2	4	3	7	4	13	19	0	7	43	0	5	5	0	10
RATE 3M/1000FH			9	11	12	18	18	19	12	10	11	11	9	4	3	5	5	8	12	12	10	20	18	15	3	3	5

\bar{X}	12
δ	7
UCL (k=2)	27

Tabla 4.38: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2016 (elaboración propia)

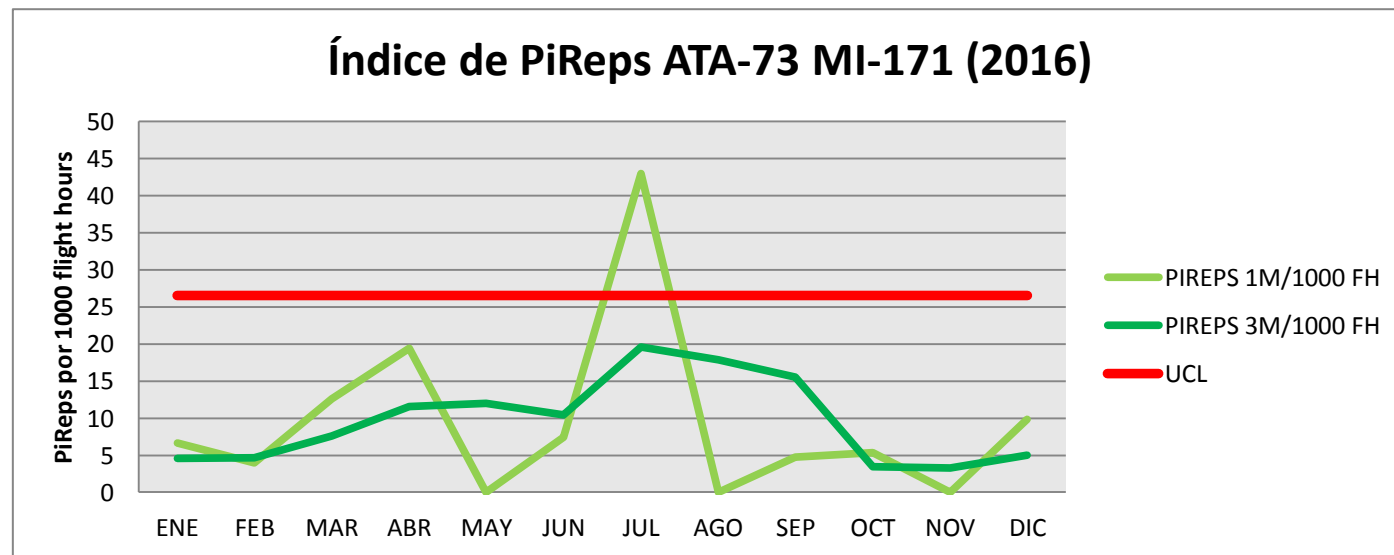


Figura 4.32: Índice de PiReps ATA 73 MI-171 2016 (elaboración propia)

- **ATA 65 (Rotor Principal y de Cola)**

Durante el año 2015, el sistema del ATA 65 estuvo fuera de control para las aeronaves tipo MI-8MTV-1, dando valores de alerta a lo largo del año, lo que no sucedió con las aeronaves del modelo MI-171, las cuales estuvieron bajo un sistema estable. Para el año 2016 la situación de ambas flotas se homogeniza, ya que ambas se encuentran bajo un sistema estable. Cabe mencionar que en las aeronaves tipo MI-171 hubo un ligero incremento con picos que no llegaron a sobrepasar el UCL, pero hace presumir, que podría presentarse algún desperfecto.

- **ATA 73 (Sistema de alimentación de motores)**

Durante el año 2015, el sistema del ATA 73 estuvo fuera de control para las aeronaves tipo MI-8MTV-1 y MI-171, dando valores de alerta a lo largo del año para ambos modelos. Para el año 2016 ambas flotas se mantienen bajo un sistema estable, los valores de los Rates están muy por debajo del UCL.

4.3.3 Discrepancias que generaron días de inoperatividad

Las discrepancias presentadas en la flota de aeronaves y que generaron días de inoperatividad, son aquellas discrepancias que afectan directamente la disponibilidad de las aeronaves, ya que causan que la aeronave quede no aeronavegable y se generen gastos adicionales de mantenimiento.

A continuación se presenta un listado de las principales discrepancias que generaron días de inoperatividad en los años 2015 y 2016, referentes al ATA 65 y ATA 73, objetos de la investigación.

Mes	Aeronave	Fecha	Discrepancia / Reportaje	Acción Correctiva
2015				
Enero	OB-1585	14 al 16	13: Presenta Vibración en tierra en el estabilizador y patín de cola.	Cambio de Rotor de Cola
Marzo	OB-1990	08	07: En vuelo crucero II, oscilación de RPM de Motor N° 2 hasta 2 % (Permisible +/- 0.7), con motor N° 1 a 92% (Permisible 95 +/- 2), y motor N° 2 a 93.9%, TGT de motor N° 2 oscila en 25°C, y nariz del helo oscila a la derecha.	Mantenimiento de los filtros de combustible de la NR-3VM, filtros de combustibles del mecanismo ejecutor IM-3A, filtros de aire de la NR-3VM, se purgó el aire del sistema de combustible, se purgó la descarga de aire desde las cavidades de la válvula diferencial, y se cambió los elementos filtrantes de los filtros de combustible.
Abril	OB-1826	01 al 08	FOD en Pala N° 1 del Rotor de Cola.	Cambio de Rotor de Cola.
	OB-2018	28 al 30	Helo presenta vibraciones.	Cambio de Rotor de Cola.
Mayo	OB-1585	02 al 06	02: Válvula de Corte de Combustible de motor N° 2 abre y no cierra.	06: Cambio de Válvula de Corte de Combustible P/N: 768600MA.
Junio	OB-1934	05	04: Discrepancia en las RPM del Motor N° 1 (Oscilación entre 1.3 a 1.8 % en los regímenes de nominal y despegue).	05: En Motor N° 1 se realizó mantenimiento al filtro de aire y al surtidor de entrada del dispositivo automático de aceleración de la Bomba Reguladora de Combustible y regulación en el Motor N° 2.
Septiembre	OB-1934	25 al 30	Aeronave presenta vibraciones verticales en tierra y en hover a 5 mts de altura.	Cambio de Rotor de Cola con P/N: 246-3904-000 Ser.I.
Octubre	OB-1760	18 al 24	Aeronave presenta vibraciones.	Cambio de Rotor de Cola con P/N: 246-3904-000 Ser. 1.
Noviembre	OB-1585	23 al 30	Aeronave presenta vibraciones.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser. 1. RIM N° 048.
			En régimen mínimo, RPM del motor N° 2 indica 80.1% (Permisible 72-78%).	Se continúa operaciones de acuerdo a radiograma 021905 de diciembre 2015. RIM N° 048.
	OB-1761	26 al 30	25: Uno de los cardanes del Rotor de Cola presenta discrepancia.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser. 1.
Diciembre	OB-1585	01 y 02	Aeronave presenta vibraciones.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser. 1. RIM N° 048.
			En régimen mínimo, RPM del motor N° 2 indica 80.1% (Permisible 72-78%).	Se continúa operaciones de acuerdo a radiograma 021905 de diciembre 2015. RIM N° 048.
	OB-1990	11	10: Aeronave presenta vibraciones.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser. 1.
2016				
Enero	OB-1989	12 y 13	Aeronave presenta vibraciones en corrida de motores.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser. 1. 13: Se realizó pruebas, quedando en condición aeronavegable.
		20 y 21	19: Sistema de arranque del motor N° 1: Luz del "Arrancador Funciona" se apaga a los 58% de RPM del turbocompresor.	Regulación en motor N° 1.

			19: Oscilación de RPM del turbocompresor del motor N° 1: Arriba de 90% oscila a 1.7 a 1.5% y abajo oscila hasta menos 2%.	Regulación en motor N° 1.
Febrero	OB-1691	14	En prueba de TL del motor N° 1 en TL1, lámpara se enciende a 94% RPM del R/P.	Mantenimiento (Limpieza) a los conectores de los bloques que componen el sistema ATA 73.16.00.
	OB-2019	04	03: Rotor de Cola presenta ruido extraño y cable de control direccional 8A.5200.110.017 presenta desgaste.	Cambio de Cable de Control Direccional P/N: 8A.5200.110.017 y Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I.
	OB-2020	18 al 21	Aeronave presenta vibraciones en régimen mínimo.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I. 22: Se realizó vuelo de comprobación. Quedando en condición aeronavegable.
Marzo	OB-1691	03	Aeronave presenta vibración.	04: Tracking de Palas de Rotor Principal.
		05 al 31	Aeronave presenta vibración.	En proceso de autorización de permiso de DGAC por Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I en Quillabamba.
	OB-2020	20 al 22	Aeronave presenta vibración.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I.
Abril	OB-1691	01 al 04	Aeronave presenta vibración horizontal.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I.
	OB-1760	22 al 30	Tuerca de la articulación de la pala N° 1 del cubo de rotor de cola, presenta un desplazamiento sin tope para ambos lados incluyendo el seguro	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I. Se informó a UTair Engineering para las investigaciones correspondientes.
	OB-2020	10 y 11	Aeronave presenta vibración vertical.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I.
Mayo	OB-2018	12	Se encendió luz ámbar de falla del sistema automático de registro de parámetros de vuelo Bur-1-2 durante el vuelo.	Cambio de Bloque de Registro de Información de Vuelo P/N: BSPI-4-2. RIVM N° 015-2016.
		26 y 27	Rotor de Cola presenta juego no permitido en la tapa del cardan.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I. En Proceso de Reclamo, Acta N° 07/16.
Agosto	OB-2020	17 al 28	16: Aeronave presenta vibración.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I.
Septiembre	OB-1990	05	Aeronave en aproximación presenta vibraciones continuando en tierra.	Purgado de los dampers del cubo de rotor principal y mantenimiento del rotor de cola. RIVM N° 019-2016.
		20 al 27	Aeronave presenta vibraciones en régimen mínimo.	Cambio de Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.I. RIVM N° 020-2016.
Diciembre	OB-2018	04	Durante la aceleración parcial, el motor derecho está fuera de parámetros más de 6 segundos.	Mantenimiento de los filtros de aire de las bombas reguladoras, se drenó condensador del colector de humedad del sistema de sincronización de motores y se purgó el aire del sistema de combustible de los motores. RIVM N° 028-2016.

Tabla 4.39: Discrepancias que generaron días de inoperatividad (Departamento de Gestión de la Aeronavegabilidad Continua | Helisur, 2016)

Durante el año 2015 y 2016, el ATA que generó más días de inoperatividad, fue el ATA 65, específicamente el componente Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.1, perteneciente a este sistema, el cuál presentó el mismo tipo de discrepancia durante este período: “Aeronave presenta vibración”.

Sumando los días de inoperatividad de los años 2015 y 2016 que generó el Rotor de Cola con la discrepancia de “Aeronave presenta vibración”, se llega a un total de 107 días de aeronaves inoperativas, independientemente del modelo de la aeronave, ya que el Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.1 es intercambiable entre los diferentes modelos de aeronaves de la flota de Helisur S.A., como se puede observar en el listado de recursos de las aeronaves en el punto 4.1.4.

4.3.4 Cálculos referentes al componente Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.1

Las discrepancias presentadas por el componente Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.1 influyeron directamente en la disponibilidad y las operaciones de la Flota Helisur S.A. por lo cual es necesario calcular el tiempo medio entre remociones (MTBR), el tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR), índice de remociones no programadas (URR) y el tiempo medio entre fallas (MTBF). Para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes datos:

Tamaño de flota: 14 helicópteros
Horas totales voladas: 4750 horas
Componente: Rotor de Cola
Cantidad por helicóptero: 1 componente
Remociones programadas: 7
Remociones no programadas: 24
Remociones por conveniencia: 11

4.3.4.1 Tiempo medio entre remociones (MTBR)

$$\text{MTBR} = \frac{\text{HORAS TOTALES VOLADAS x CANTIDAD POR HELICÓPTERO}}{\text{TOTAL DE REMOCIONES}}$$

$$\text{MTBR} = \frac{4750 \times 1}{7+24+11}$$

$$\text{MTBR} = 113 \text{ horas}$$

4.3.4.2 Tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR)

$$\text{MTBUR} = \frac{\text{HORAS TOTALES VOLADAS x CANTIDAD POR HELICÓPTERO}}{\text{REMOCIONES NO PROGRAMADAS}}$$

$$\text{MTBUR} = \frac{4750 \times 1}{24}$$

$$\text{MTBUR} = 197 \text{ horas}$$

4.3.4.3 Índice de remociones no programadas (URR)

$$\text{URR} = \frac{1000 \times \text{REMOCIONES NO PROGRAMADAS}}{\text{HORAS TOTALES VOLADAS x CANTIDAD POR HELICÓPTERO}}$$

$$\text{URR} = \frac{1000 \times 24}{4750 \times 1}$$

$$\text{URR} = 5$$

4.3.4.4 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{HORAS TOTALES VOLADAS x CANTIDAD POR HELICÓPTERO}}{\text{CANTIDAD DE FALLAS}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{4750 \times 1}{24}$$

$$\text{MTBF} = 197 \text{ horas}$$

4.3.5 Localización y eliminación de fallas

El Programa de Confiabilidad no sólo emplea el método analítico para determinar tendencias, sino que también cumple la función de recopilar información sobre los tipos de falla más comunes en los sistemas, con lo cual, de presentarse algún tipo de desperfecto en la flota, saber cómo responder ante esta, evitando posibles días de aeronaves inoperativas innecesariamente.

A continuación se detallarán las principales fallas detectadas durante la explotación del rotor de cola, sus causas probables y las alternativas de solución para cada caso.

Falla	Causa probable	Solución
Grietas sobre las piezas del cubo.	Daños mecánicos.	Envíe el cubo a reparación.
Huellas de golpes, trazos sobre las piezas del cubo.	Daños mecánicos.	Se admiten que haya trazos y huellas de golpes sobre las orejetas del cuerpo de la articulación de movimiento axial que se eliminarán con la lija N°5. Una vez alisada el área alterada, cubrirla con barniz 17A.
Huellas de corrosión sobre las piezas del cubo.	Daño del recubrimiento de protección.	Elimine las huellas de corrosión.
Enturbado del aceite en alguno de los tres vasos de control con la presencia simultánea de las partículas metálicas.	Falla en la articulación de movimiento axial.	Compruebe la pureza del aceite.
Expulsión del aceite por las empaquetaduras de las articulaciones de movimiento axial.	Empaquetaduras defectuosas.	Se admiten unas huellas insignificantes de fugas de aceite por las empaquetaduras de las articulaciones. Al haber una expulsión insignificante del lubricante por las empaquetaduras de la articulación, desmonte el cubo y envíelo para la reparación.
Expulsión del aceite por debajo de los tapones de los orificios de llenado.	Destrucción de las juntas de empaquetaduras o alteración de la rosca.	Desenrosque los tapones y compruebe el estado de la rosca en los tapones. Sustituya los tapones averiados. Sustituya las juntas de empaquetadura deterioradas.
Frenos alterados de los pernos y tuercas de sujeción del cubo, sus piezas y pernos de sujeción de las palas.	Daños mecánicos.	Sustituya los frenos alterados.
Roturas sobre las fundas onduladas de goma.	Daños mecánicos.	Sustituya la funda de goma que tenga roturas.
Atascamiento en las articulaciones de la articulación cardán del rotor de cola.	Daños mecánicos.	Sustituya el cubo de rotor de cola.

Atascamiento en las articulaciones de movimiento axial del rotor de cola.	Aceite sucio en las articulaciones de movimiento axial. Fallas en las articulaciones de movimiento axial.	Sustituya el aceite en las articulaciones de movimiento axial. Al sustituir el aceite, lave las cavidades de las articulaciones. Con este fin: (1) eche el aceite a las articulaciones de movimiento axial, (2) trabaje con los pedales del mando direccional, (3) vierta el aceite de las articulaciones de movimiento axial a un recipiente por el embudo con la malla N°24, (4) al detectar la suciedad sobre la malla, vuelva a lavar las cavidades de las articulaciones de movimiento axial hasta que el aceite que se vierte de las articulaciones de movimiento axial sea puro. Una vez lavadas las articulaciones de movimiento axial, eche en las mismas el aceite y vuelva a comprobar el trabajo de las articulaciones. Si la falla persiste, reemplace el cubo de rotor de cola. Al detectar en el aceite evacuado las partículas metálicas, llame al representante del fabricante.
Roturas de la funda de goma en el terminal de la varilla de orientación de las palas del rotor de cola.	Goma envejecida.	Sustituya las fundas de goma en los terminales de la varilladle orientación de las palas del rotor de cola.

Tabla 4.40: Localización y eliminación de fallas del Rotor de Cola (Anónimo, s.f.)

Como se puede observar en el listado anterior, el problema de nuestro estudio, vibraciones en el rotor de cola, no está incluido. Esto se debe a que esta discrepancia no es una falla común para los fabricantes rusos.

Este problema fue un caso aislado, y se dio por las diferencias en las condiciones de las zonas de explotación. Mientras que en Rusia, donde normalmente operan estas aeronaves, el clima es gélido, en el Perú nos encontramos en una zona tropical, por lo cual los factores externos (temperatura, humedad, presión, etc.) que intervienen en el vuelo, tendrán efectos distintos sobre las aeronaves.

Es por esto, que es necesario un Programa de Confiabilidad capaz de monitorear correctamente el desempeño de las aeronaves, y de ser necesario, como en el presente caso, hacer las coordinaciones pertinentes con el fabricante, para realizar revisiones efectivas en los Programas de Mantenimiento del explotador.

4.3.6 Diagrama de búsqueda y eliminación de defectos más comunes

A continuación se presenta el diagrama lógico de búsqueda y eliminación de defectos de UTair, el explotador aéreo de helicópteros MI más grande a nivel internacional, quien emplea esta metodología.

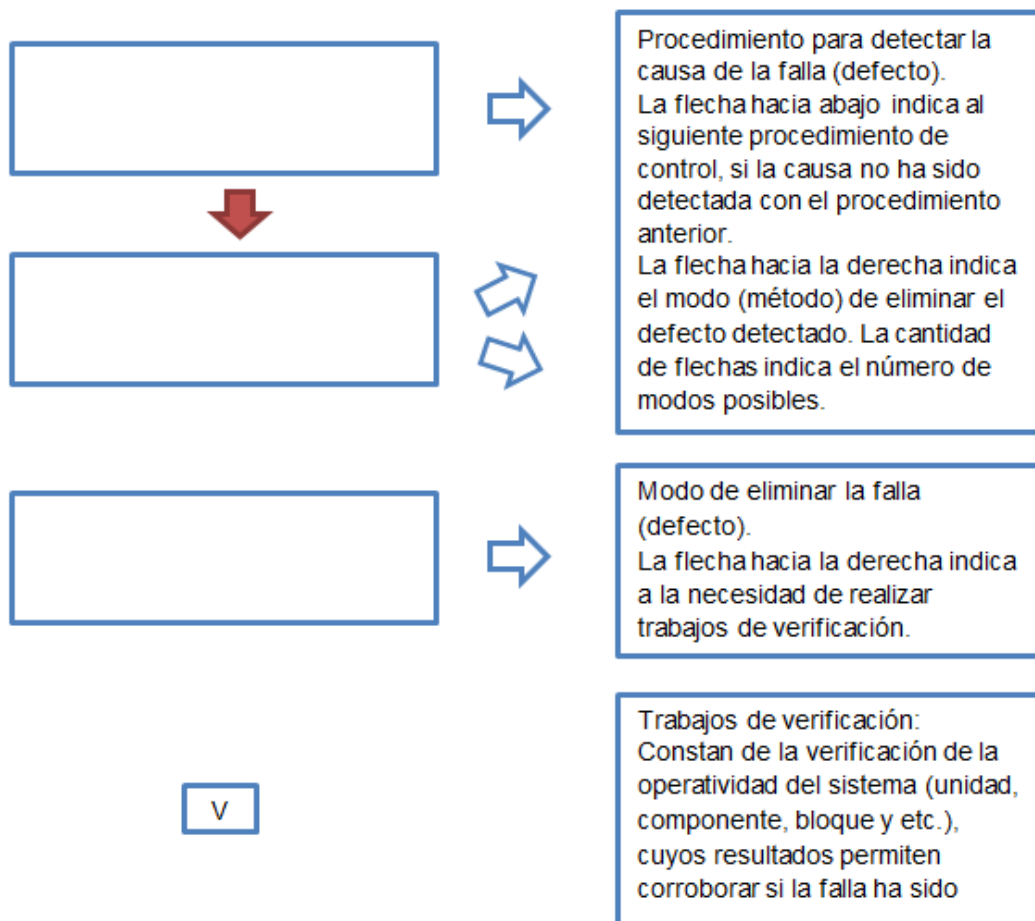


Figura 4.33: Diagrama lógico de búsqueda y eliminación de defectos (Utair Engineering JSC, 2010)

Los títulos son los tipos de falla (para nuestro caso, fallas en el rotor de cola) y cada cuadro un procedimiento para su detección, la flecha hacia abajo indica el siguiente procedimiento a realizar, y las flechas a la derecha, los modos de eliminar las fallas. La “V” indica que hay que realizarse un trabajo de verificación con el cuál determinar en qué condición quedó el trabajo.

- **Daños, desgaste abrasivo, rajaduras del jebe de la cubrejunta protectora sin llegar hasta la fibra de vidrio y el larguero**

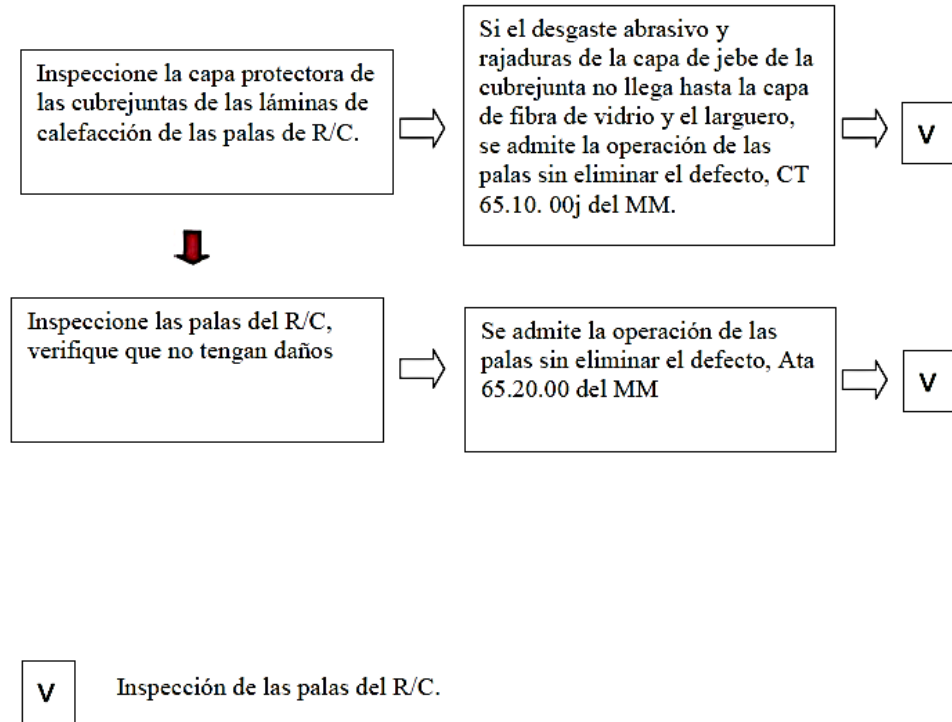
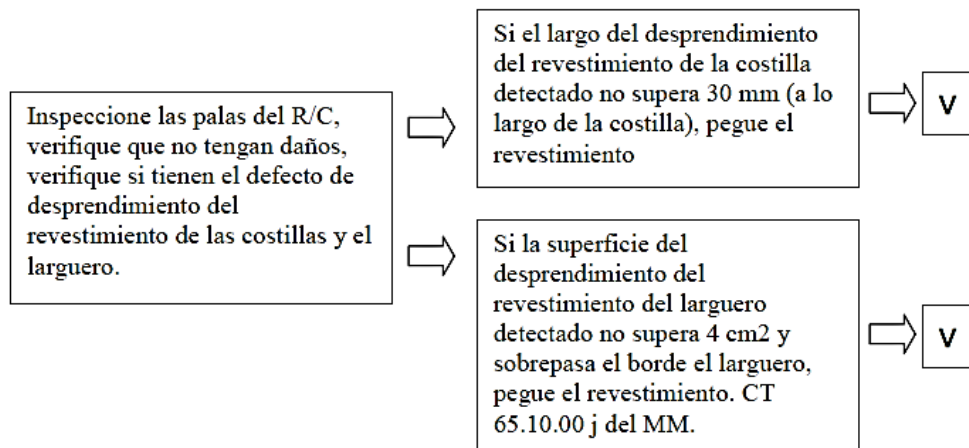


Figura 4.34: Diagrama de daños, desgaste abrasivo, rajaduras del jebe de la cubrejunta protectora sin llegar hasta la fibra de vidrio y el larguero. (Utair Engineering JSC, 2010)

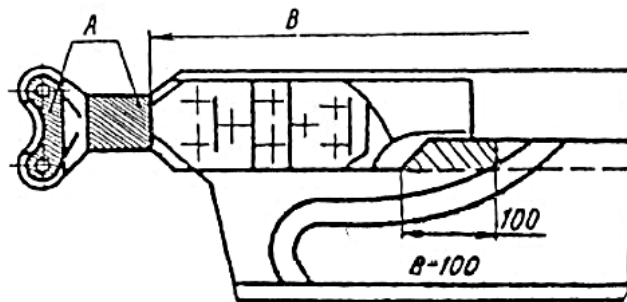
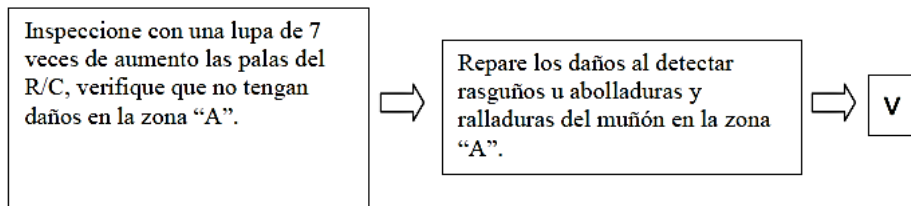
- **Desprendimiento del revestimiento de los elementos de la estructura de las palas**



V Verificación de la condición de las palas del R/C.

Figura 4.35: Diagrama de desprendimiento del revestimiento de los elementos de la estructura de las palas (Utair Engineering JSC, 2010)

- Rasguños y abolladuras en el muñón de la pala en zona "A"



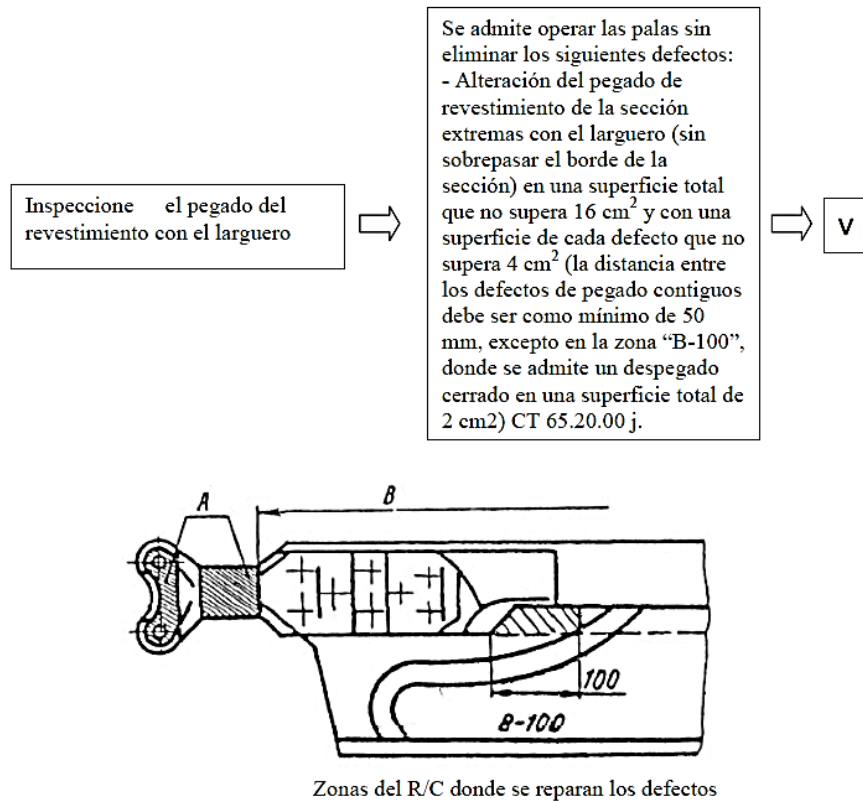
Zonas del R/C donde se reparan los defectos.

V Verificación de la calidad de montaje de la pala del R/C.

Figura 4.36: Diagrama de rasguños y abolladuras en el muñón de la pala en zona "A"

(Utair Engineering JSC, 2010)

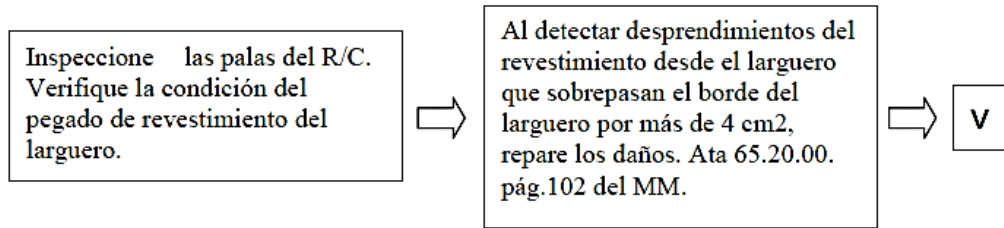
- **Alteración del pegado de revestimiento de la sección externa con el larguero sin sobrepasar el borde de la sección**



V Verificación de la condición de las palas del R/C.

Figura 4.37: Diagrama de alteración del pegado de revestimiento de la sección externa con el larguero sin sobrepasar el borde de la sección (Utair Engineering JSC, 2010)

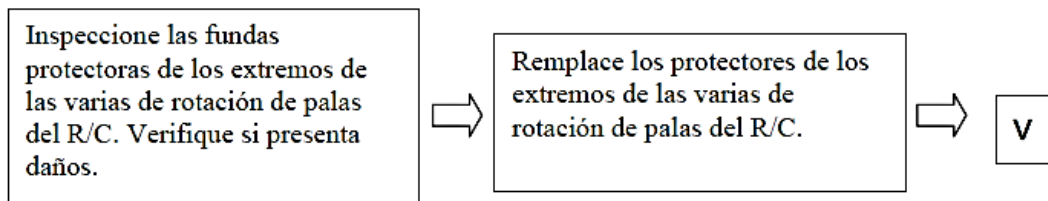
- **Desprendimiento del revestimiento del larguero**



V Verificación de la condición de las palas del R/C.

Figura 4.38: Diagrama de desprendimiento del revestimiento del larguero (Utair Engineering JSC, 2010)

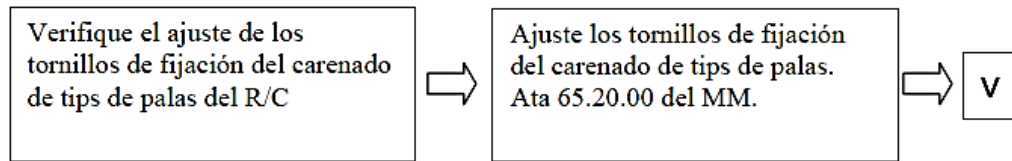
- **Roturas del protector de jebe en el extremo de la varia de rotación de palas del rotor de cola**



V Verificación de los protectores de jebe en los extremos de las varias de giro de palas del R/C.

Figura 4.39: Diagrama de roturas del protector de jebe en el extremo de la varia de rotación de palas del rotor de cola (Utair Engineering JSC, 2010)

- **Aflojamiento del ajuste de los tornillos de fijación del carenado del tip de pala**



V Verificación del ajuste de los tornillos de fijación del carenado de tips de palas del R/C

Figura 4.40: Diagrama de aflojamiento del ajuste de los tornillos de fijación del carenado del tip de pala (Utair Engineering JSC, 2010)

La implementación de esta metodología dentro del Programa de Confiabilidad a futuro, podría servir para crear un propio diagrama lógico de búsqueda y eliminación de defectos de Helisur S.A., con el cuál determinar los procesos de detección de nuestras fallas típicas, en base al programa de UTair y a la experiencia de Helisur S.A. en la explotación de helicópteros rusos tipo MI, en zonas tropicales como el Perú.

4.4 Recursos requeridos

4.4.1 Recursos Humanos

Para el desarrollo del Programa de Confiabilidad se necesitará el compromiso de la alta dirección de la compañía, con lo cual asegurar la calidad y seguridad en las operaciones.

Se requiere formar un Consejo de Confiabilidad el cuál se reunirá mensualmente con el Departamento de Confiabilidad (Jefe y asistente del departamento) para revisar la información y reportes del mes anterior, para determinar las medidas coordinadas y necesarias para la operación segura de las aeronaves y componentes, realizando revisiones de los alcances del mantenimiento preventivo en las aeronaves, y tomando decisiones en todos los aspectos técnicos operacionales.

El Consejo de Confiabilidad estará conformado por:

- Gerente Técnico
- Gerente de Mantenimiento de la OMA
- Gerente de Calidad de la OMA
- Sub-Gerente de Soporte Técnico de la OMA
- Sub-Gerente de Mantenimiento en las UFA's de la OMA
- Sub-Gerente de Mantenimiento en Base Principal de la OMA
- Jefe del Departamento de Gestión de la Aeronavegabilidad Continua
- Jefe del Departamento de Ingeniería de la OMA
- Jefe del Departamento de Control de Calidad de la OMA
- Jefe del Departamento de Confiabilidad
- Asistente del Departamento de Confiabilidad
- Coordinador SMS

4.4.2 Recursos de Información

Para el presente análisis se necesitó la información proporcionada por los ITV's, específicamente de la parte B, donde van anotados los reportajes de la tripulación y de mantenimiento, las acciones que se tomaron para subsanar las fallas, y la condición en la que quedaron dichas acciones. Con dichos datos se elabora una base de datos de las observaciones y el levantamiento de éstas, consignando la aeronave, el reportaje, el levantamiento del reportaje, las horas de la aeronave, el ATA, y si es un reportaje de tripulación o de mantenimiento. En este caso se tomó la información de los reportes de piloto por cada mil horas de vuelo.

INFORME TECNICO DE VUELO (I.T.V.)

A.- OPERACIONES OB-1761-93477 . N° 005115

FECHA	MODELO	ÁREA DE OPERACIONES					CLIENTE			ORIG. PRIM. COMAR. (SÍZ OPER. RELINGUALONG. LINEA)									
TRIPULACION																			
		TIEMPO DE VUELO			INSTRUMENTAL			ATERRIZ.			RELA. ARRANQ.			RUTA		Consumo Abordo (LTS)	PESO DE DESCARGAS	TRANSPORTE	
Total		Piloto	Co-Piloto	Urbic Mensaj.	Ins. Vuelo	Otroz	Km	Horas	Exced.	Verde.	ARRANQ.	ARRANQ.	ARRANQ.	ARRANQ.			Paquetes	ETB	Est.
FIRMA Y LIC. DEL PILOTO																			

B.- MANTENIMIENTO OB-1761-93477 N° 005115

FECHA	PRE-VUELO Y AERONAVE/CAPABILIDAD REALIZADO POR	RECEPCION DE AERONAVE (PUL DE VUELO)	ACEPTADA POR PILOTO	ÁREA DE OPERACIONES	CLIENTE											
REGISTRO DE OPERACION: HELICOPTERO																
REGIÓN			MOTOR TV3-117VM			AS-350			Wicho Recato L.P.G. 130 M							
Horas de Operación	Tiempo en Horas (Hr)	Región	Nombre	Tiempo de Vuelo (TV)	Horas de Vuelo (Hr)	T.U.R.M.	Tiempo Tot.	Atariz.	Ciclo	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	
Este día		Discal		Min	Hr	Min			Mot.1	Mot.2	Mot.1	Mot.2	Mot.1	Mot.2	Mot.1	
RECARGAS (Baldes)		MOTORES				COMBUSTIBLE		Recarga Tot.		Personas/Logr. Recarga		Sistema Carga (Bancos)				
	1	2	Al-35	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE			ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE	ARRANQUE
Este día																
MARQUE CON UNA "X" LA DISCREPANCIA MOTIVO POR EL CUAL LA AERONAVE ESTA INOPERATIVA																
N°	DISCREPANCIA				ACCION CORRECTIVA				FIRMA Y LIC.							
NOMENCLATURA		NUMERO DE PARTE		NUMERO DE SERIE OFF		NUMERO DE SERIE ON										
FIRMA Y LIC. DEL PILOTO		POST-VUELO REALIZADO POR:														

Figura 4.41: Informe Técnico de Vuelo

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los resultados obtenidos

Mediante el presente trabajo se evaluó la situación actual de la flota de aeronaves de Helisur S.A., presentando la situación actual de la flota, para luego ir desarrollando paso a paso la problemática.

Se buscó determinar los sistemas críticos mediante el cálculo de los PiReps, con lo cual se logró determinar la cantidad de reportajes realizados en los años 2015 y 2016, según los modelos de aeronave MI-8MTV y MI-171. Luego se analizó a qué sistema pertenecían dichos reportajes, aplicando la metodología del Sistema ATA, con lo cual se contabilizó cuántos reportajes por ATA hubieron durante este mismo período.

Fue así que se determinó que los sistemas ATA 65 (Rotor Principal y de Cola) y el ATA 73 (Sistema de alimentación de motores) eran los que predominaban en el período de estudio, y que registraban mayor número de reportajes.

Se realizó el cálculo de los índices de PiReps por mil horas de vuelo para los años 2015 y 2016, determinando los límites de control superior (UCL) que demostró, que los sistemas estaban estables, y los valores de alerta que se generaban eran esporádicos, y no afectaban directamente a la disponibilidad de la flota.

El mismo cálculo se realizó por ATAs, para el ATA 65 y ATA 73, obteniendo como resultado que ambos sistemas presentaban valores de alerta continuos durante su operación en el año 2015, pero al pasar el tiempo, estos iban disminuyendo hasta llegar a un nivel estable y continuo. Durante el 2016, en el ATA 65 se generaron algunos picos en

los Rates a mediados de año, los cuáles no llegaron a sobrepasar el límite de control superior, por lo cual no se generaron alertas, pero indican que algo podría fallar.

Luego se analizaron los reportajes de discrepancias que generaron días de inoperatividad del ATA 65 y ATA 73, descubriendo que el primero, era el que mayor cantidad de reportes repetitivos había presentado, y había generado más días de inoperatividad de aeronaves, suponiendo un gasto para la compañía.

El componente del ATA 65 que se menciona en dichos reportajes es el Rotor de Cola P/N: 246-3904-000 Ser.1, y el reportaje repetitivo es “Aeronave presenta vibración”. Al ser un componente intercambiable entre los distintos tipos de modelos de la flota, según los recursos dados por los fabricantes de las aeronaves (ver punto 4.1.4), este componente afectó a las diversas aeronaves de la flota sin tener relevancia el modelo de éstas.

Las vibraciones en las aeronaves producidas por el rotor de cola, trajeron como consecuencia 107 días de inoperatividad de las aeronaves, generando una gran pérdida para la compañía.

Al ser el rotor de cola, un componente crítico que afecta directamente a la disponibilidad de la flota, se procedió a calcular los tiempos medios de dicho componente para tomar las previsiones correspondientes. Se obtuvieron los siguientes datos:

- Tiempo medio entre remociones (MTBR) igual a 113 horas.
- Tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR) igual a 197 horas.
- Índice de remociones no programadas (URR) igual a 5.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF) igual a 197 horas.

Con lo cual se deben llevar a cabo tareas de mantenimiento adecuadas para lograr mantener la confiabilidad inherente de dicho componente a lo largo de su explotación, hasta el vencimiento de su recurso.

Cabe mencionar que de Agosto a Septiembre 2016, se llevó a cabo una investigación referente al problema de las vibraciones del Rotor de cola por parte de Helisur S.A., en vista que dicho problema era repetitivo y generaba grandes pérdidas.

En dicha investigación se realizaron los siguientes trabajos:

- a) Se compararon los números de los rotores de cola 246-3904-000 Ser.1 con los pasaportes. Conforme.
- b) Observaciones sobre la condición de llenado de los pasaportes de los rotores de cola 246-3904-000 Ser.1. Sin observaciones.
- c) Se realizó la inspección externa de los rotores de cola 246-3904-000 Ser.1. Los cubos del rotor de cola 246-3914-000 Ser.1 no presentan defectos externos.
- d) Durante el desmontaje de los rotores de cola 246-3904-000 Ser.1 se detectó lo siguiente:
 - Exceso de lubricante GREASE 28 en las cavidades internas de los cardanes. Las cavidades internas del segundo y tercer muñón de la articulación axial están tapadas con la grasa. El peso total de la grasa extraída de cada rotor de cola varía desde 240 hasta 260 gramos. Debajo de la grasa se observa el agua condensada (Ver Anexo N°9).
 - Rotación de los cardanes por el eje “mayor” y “menor” es irregular.
 - Desviación de la cruceta 8-3914-215 respecto al cuerpo 8-3914-201 excede los requerimientos para la reparación (como máximo 0,15 mm), debido al desgaste excesivo de los cojinetes.

- En las cavidades de los primeros muñones, después de la extracción del vaso 8-3914-640 se observa una sustancia líquida de color rojo.
- Desgaste (rajaduras y abolladuras) en las superficies de fricción de los anillos articulados externos de los cojinetes desinstalados 6-7506, huellas de corrosión en los rodajes y las superficies de fricción de los anillos articulados externos.
- Rasguños de tipo “cinturón” en la superficie externa de los vasos 8-3914-229 a lo largo del diámetro Ø72MM

e) Se realizó la prueba de control del balance dinámico del rotor de cola reparado N° MJ-A055110 con el juego de palas N° MJBG618012. El balance dinámico estaba dentro de los límites. Luego de añadir la grasa extraída de los muñones N°2 y N°3 de las articulaciones axiales en cantidad de 120 g y 124 gramos respectivamente al segundo y el tercer muñón de la articulación, el balance se descompensó.

Esto indicó que debido a la fuerza centrífuga, la grasa se “fugaba” desde los puntos de lubricación (Ver Anexo N°7) a las cavidades del segundo y el tercer muñón de la articulación axial del cubo de rotor de cola, donde se acumulaba; una parte de esta grasa acumulada se pasaba a través del vaso 8-3914-229 a la cavidad del primer muñón de la articulación axial, lo que conducía a la descompensación del balance y de los centros de gravedad del rotor de cola y al excesivo desgaste de los cojinetes 6-7506 desde el eje “menor” hacia el eje “mayor”. La presencia del agua en las cavidades se debe a la higroscopicidad del lubricante utilizado. Al alcanzar la condición crítica el cojinete 6-7506 traspasaba el momento de rotación al cuerpo del cardán.

Con este análisis, y bajo la aprobación del fabricante, es que a partir de Octubre 2016 se cambia el tipo de grasa para los rotores de cola, de Mobilgrease 28 a la grasa AeroShell Grease 6, en consideración a la alta experiencia de Helisur S.A. en la explotación de rotores de cola en zonas tropicales.

A partir de este cambio de grasa, no se han vuelto a tener problemas de vibraciones de rotor de cola hasta la fecha (primer trimestre del año 2017).



Figura 5.1: Mobilgrease 28



Figura 5.2: AeroShell Grease 6

5.1.1 Análisis económico - financiero

Los días de inoperatividad de las aeronaves por la vibración del rotor de cola generaron pérdidas económicas para la empresa, tanto directas como indirectas.

La principal pérdida directa, fue el hecho de tener aeronaves inoperativas, las cuáles no podían volar, y por lo tanto, dejaban de generar activos para la empresa. Se asumirá que en promedio, una aeronave vuela por día 3 horas, y que la hora de vuelo está calculada en \$4500.00, esto indicaría un total de ingresos de \$13500.00 por día volado. Luego, se multiplica esta cifra por los 107 días de inoperatividad causada por esta falla en las distintas aeronaves de la flota, resultando un valor total de \$1,444500.00 perdidos por este problema. Este cálculo es ideal, ya que se asume que todas las aeronaves que fallaron no tenían un backup, por lo cual el ingreso se perdió.

El segundo gasto en el que se incurrió fue en el gasto por mantenimiento, ya que el realizar un cambio de rotor de cola (desmontaje del rotor que presenta discrepancia e instalación de otro nuevo) es elevado, al ser un Ítem RII:

ESPECIALISTA	CANTIDAD	PRECIO POR HORA	HORAS	TOTAL (\$)
Mecánico	2	25	2	100
Aviónico	1	25	2	50
Inspector en procesos	1	30	2	60
Certificador	1	35	2	70
TOTAL POR DESMONTAJE DE R/C (\$)				280
ESPECIALISTA	CANTIDAD	PRECIO POR HORA	HORAS	TOTAL (\$)
Mecánico	2	25	5	250
Aviónico	1	25	5	125
Inspector en procesos	1	30	5	150
Certificador	1	35	5	175
TOTAL POR INSTALACIÓN DE R/C (\$)				700

Tabla 5.1: Costo por Mantenimiento (elaboración propia)

La sumatoria del total por desmontaje del rotor de cola, más el total por la instalación del nuevo rotor, genera un total de \$980.00 de gasto en mantenimiento por cada cambio de rotor de cola. Luego, al multiplicar este monto por los 20 cambios de rotor por vibración que se presentaron durante los años 2015 y 2016, genera un total de \$19600.00 en gastos de mantenimiento, y esta cantidad sólo en mano de obra, ya que se desprecian los gastos en equipamiento y materiales para realizar dicho trabajo.

Finalmente al comparar el costo del Mobilgrease 28 respecto al AeroShell Grease 6, se tendrá en cuenta que las tareas donde se emplean estas grasas son en las lubricaciones cada 25 horas y 100 horas (ver anexo N°6), en las cuáles se utiliza un tubo de Mobilgrease 28, en las lubricaciones de 25 horas, y cuatro tubos, en las de 100 horas. Se asume que la cantidad de AeroShell Grease 6 a emplearse es la misma, ya que aún no se tiene información sobre ello, porque los Programas de Mantenimiento aún hacen referencia al empleo de Mobilgrease 28, ya que están en proceso de revisión, para el cambio por el AeroShell Grease 6.

TIPO	PRECIO LOTE (\$)	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD (kg)	PRECIO/kg (\$)
Mobilgrease 28	715.60	40	tubos	0.39	45.87
AeroShell Grease 6	361.56	4	latas	3.00	30.13

Tabla 5.2: Precio por kg. de las grasas (elaboración propia)

La diferencia entre el precio por kilogramos de ambas grasas es de \$15.74. Se asume que se realiza una inspección de 100 horas cada mes y medio, esto dará un total de ocho inspecciones de 100 horas durante un año. En una inspección de 100 horas se utilizan cuatro tubos de Mobilgrease 28, que contienen 0.39kg, siendo equivalente a un total de 1.56kg de grasa necesaria para una inspección de 100 horas. Este valor es multiplicado, por la diferencia entre el precio por kilogramos de ambas grasas, por las 8 inspecciones que se deben realizar en un año, resultando un valor de \$196.44. Finalmente, este valor es multiplicado por la cantidad de aeronaves de la flota en análisis (14) y por el período de tiempo (2), resultando un total de \$5500.19 de diferencia entre ambas grasas.

Se demuestra, que de invertirse \$5500.19 más en grasas, se pueden ahorrar los gastos de mantenimiento y por aeronaves inoperativas, durante el presente período de estudio.

CONCLUSIONES

- Los historiales de fallas y reportes de piloto fueron recolectados, con los cuales se pudieron determinar los sistemas críticos en base a la cantidad de reportajes que presentaba cada ATA, para luego ser analizados.
- Se llevó a cabo un análisis en el cuál se determinó los niveles superiores de control, así como los Rates por PiReps y por ATA, con lo cual se establece si un sistema se encuentra bajo control o estable, o presenta valores de alerta, cuando los Rates superan los UCL.
- Se planteó el ejemplo de un componente con el cuál se demostró que la adecuada implementación de un Programa de Confiabilidad es efectiva y puede ayudar a ahorrar gastos excesivos por mantenimiento o por aeronaves inoperativas, ya que con la implementación de un monitoreo y control constante, se puede determinar cuándo un sistema sobrepasa los UCL y se encuentra fuera de parámetros, pudiendo buscar y atacar en este momento las posibles fallas, y no esperar a que estas se desencadenen y generen pérdidas innecesarias.

SUGERENCIAS

- De llegar a implementarse el Programa de Confiabilidad, éste debe ser realizado y monitoreado por un Departamento de Confiabilidad, el cuál debe estar bajo la Gerencia Técnica del explotador y se debe monitorear y guiar bajo la metodología establecida. Las reuniones del Consejo de Confiabilidad deben realizarse según lo establecido, con una periodicidad no menor a un mes.
- Se deben determinar y monitorear los sistemas críticos para evitar una posible repercusión de fallas que afecten la disponibilidad.
- Se debe reforzar la capacitación del personal en el llenado de ITVs, ya que la información necesaria para la elaboración de los controles del Programa de Confiabilidad es obtenida de aquí, y un llenado erróneo, incompleto o inadecuado, generarán valores falsos, con lo cual no se podrá controlar adecuadamente la confiabilidad de la flota.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Anónimo. (s.f.). Manual de Empleo Técnico MI-17-1V.
- Departamento de Gestión de la Aeronavegabilidad Continua | Helisur. (2016). *Actas de Vigilancia*. Lima.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Colombia. (2010). *Circular Informativa CI-5103-082-17*.
- Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú. (s.f.). *RAP 001*.
- Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú. (s.f.). RAP 131 Subparte J: Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo y Alteraciones. *Regulaciones Aeronáuticas del Perú*, 2.
- Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú. (s.f.). *RAP 145 Cap. A*.
- Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú. (2003). *Evaluación del Manual del Programa de Confiabilidad de un Operador RAP 121*.
- FAA Academy. (2000). Data for Statistical Computation Review Purposes. In F. Academy, *Aircraft Maintenance Reliability Programs* (pp. 122, 123).
- Federal Aviation Administration. (2000). *21813, Aircraft Maintenance Reliability Program*.
- Guzmán Espinosa, D. I., & Rosas Vega, R. I. (2013). *La evolución del Mantenimiento en Aviación Comercial*. México DF.: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticomán.
- Helicópteros del Sur S.A. (2014). Programa de Mantenimiento Mi-8AMT Rev.: Reedición. Perú.
- Helicópteros del Sur S.A. (2014). Programa de Mantenimiento Mi-8MT (Mi-17) y Mi-8MTV-1 (Mi-17-1V) Rev.: Reedición. Perú.
- Helisur S.A. (2015). Manual del Sistema Integrado de Gestión Rev.: 03. *HLS-QHSE-MG-001*. Perú.
- Helisur S.A. (2015). Programa de Mantenimiento Mi-171 Rev.: 02 Reedición. Perú.

LAN Airlines S.A. (julio de 2009). Programa de Confiabilidad Rev.: 04.

Marusic, Z. (2009). Maintenance Reliability Program as Essential Prerequisite of Flight Safety. *Promet - Traffic&Transportation*, Vol. 21.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (17 de Julio de 2014). Texto de modificación de la Regulación Aeronáutica del Perú - RAP 91. *El Peruano*.

Redondo Expósito, J. C. (2007). *Un Modelo matemático óptimo de Mantenimiento y Fiabilidad aplicado a la Aviación Comercial*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Utair Engineering JSC. (2010). *Catálogo de defectos más comunes, diagramas de búsqueda y eliminación*. Rusia: Ministerio de Transportes de la Federación Rusa - Agencia Federal de Transporte Aéreo.

Web grafía

FAROEMPRESARIAL. (s.f.). *FAROEMPRESARIAL*. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de La Desviación Estándar: https://cdn.faroempresarial.com/special/courses/tecmx/curso-basico-de-estadistica/estadistica_2/html/m11/desviacion_estandar.htm

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (s.f.). *Aeronáutica Civil*. Recuperado el 10 de Marzo de 2017, de Sitio Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones: http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/index.html

ANEXOS

Anexo N°1: Política del Sistema Integrado de Gestión Aeronáutico



POLITICA DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AERONÁUTICO (Seguridad Operacional, Seguridad y Salud Ocupacional, Ambiental y Calidad)

Es Política de Helicópteros del Sur S.A. trabajar intensamente para perfeccionar continuamente nuestro Sistema Integrado de Gestión Aeronáutico, con el fin de mejorar los procesos operacionales brindando servicios de transporte aéreo y mantenimiento con seguridad, confiabilidad, calidad, eficiencia y profesionalismo.

Nos comprometemos a:

- Apoyar y difundir la gestión de la seguridad operacional como responsabilidad primaria de todos los Gerentes Funcionales, Jefes de Departamento y de todo el personal Helisur;
- Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes;
- Prevenir la contaminación ambiental en nuestras operaciones y las lesiones y enfermedades ocupacionales a nuestros colaboradores y otras partes interesadas;
- Cumplir con los requisitos legales y otros suscritos por la organización en relación a la seguridad, calidad, la gestión ambiental y la salud, cumpliendo con los estándares internacionales y las buenas prácticas de la industria aeronáutica;
- Priorizar el empleo de personal con experiencia y entrenamiento para poner en ejecución las estrategias y los procesos de seguridad operacional;
- Asegurar que todo el personal reciba constantemente información pertinente sobre la seguridad operacional y que se le asigne prioritariamente aquellas tareas debidamente seleccionadas con relación a sus habilidades y competencias.
- Garantizar que todo el personal y sus representantes son consultados y participan activamente en los temas relacionados a la seguridad operacional.
- Obtener garantías suficientes respecto a las actividades desarrolladas por los contratistas de HELISUR siempre que estas puedan afectar la seguridad operacional.

A través de la implementación y mejora continua del Sistema Integrado de Gestión Aeronáutico, que contemple la asignación adecuada de recursos humanos, materiales y financieros para dar lugar a una cultura organizacional que fomente:

- Las prácticas seguras, aliente el reporte de actos y condiciones de inseguridad sin que implique acto punitivo alguno sobre el informante, a menos que dicha revelación indique, más allá de toda duda razonable, que se ha cometido un acto ilícito, una negligencia grave, o un incumplimiento deliberado o voluntario de reglamentos o procedimientos; y
- La mejora continua del desempeño en el servicio aeronáutico, el mantenimiento y el asesoramiento operacional que brindamos a nuestros clientes, contando siempre con personal altamente competente y actualizado, infraestructura adecuada, procesos administrativos eficientes y mecanismos de control eficaces.



Abraham Feldman Flexer
Gerente General

Rev.02 / Ago. 2014

Anexo N°2: Equivalencias de minutos en Base sexagesimal y Decimal

Base Sexagesimal	Base Decimal
0	0
1	2
2	3
3	5
4	7
5	8
6	10
7	12
8	13
9	15
10	17
11	18
12	20
13	22
14	23
15	25
16	27
17	28
18	30
19	32
20	33
21	35
22	37
23	38
24	40
25	42
26	43
27	45
28	47
29	48
30	50

Base Sexagesimal	Base Decimal
31	52
32	53
33	55
34	57
35	58
36	60
37	62
38	63
39	65
40	67
41	68
42	70
43	72
44	73
45	75
46	77
47	78
48	80
49	82
50	83
51	85
52	87
53	88
54	90
55	92
56	93
57	95
58	97
59	98
60	100

Anexo N°3: Sistema ATA para MI-17

ATA	NOMENCLATURA
5.00.00	TIEMPOS LIMITES DE SERVICIO
6.00.00	DIMENSIONES Y AREAS
7.00.00	INSTALACION EN GATAS
8.00.00	NIVELADO Y PESADO
8.10.00	NIVELADO DEL HELICOPTERO
8.20.00	PESADO DEL HELICOPTERO
9.00.00	REMOLQUE Y TAXEO
10.00.00	ESTACIONAMIENTO Y ANCLAJE
10.10.00	ESTACIONAMIENTO
10.20.00	ANCLAJE
11.00.00	INSCRIPCIONES Y FIGURAS
12.00.00	MANTENIMIENTO
12.10.00	EQUIPO DE TIERRA
12.11.00	HERRAMIENTAS DEL HELICOPTERO
12.20.00	MANTENIMIENTO EN CAMPO (LINEA)
12.30.00	TRANSPORTE DEL HELICOPTERO
20.00.00	PROCESOS TECNOLOGICOS ESTANDARIZADOS
20.10.00	CUIDADO DEL RECUBRIMIENTO DE PINTURA DE COMPONENTES DEL FUSELAJE Y DE LA PLANTA PODER
20.20.00	CUIDADO DE COMPONENTES HECHOS DE VIDRIO ORGANICO
20.30.00	RECUPERACION DEL SELLADO HERMETIZANTE DEL FUSELAJE
20.40.00	FABRICACION Y REPARACION DE FUNDAS DE PLASTICO Y DE POLICLORVINILO
20.50.00	CUIDADO CON LOS DESHUMEDECEDORES DE SILICAGEL
20.60.00	REPARACION DEL FUSELAJE
20.70.00	INSTRUCCIONES DE EMPLEO DE LOS TORQUIMETROS 8AT-9102-130, 8AT-9102-80, 8AT-9103-10
20.80.00	REPARACION DEL CABLEADO ELECTRICO DE ABORDO
21.00.00	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
21.20.00	DISTRIBUCION
21.40.00	CALEFACCION
22.00.00	VUELO AUTOMATICO
22.10.00	PILOTO AUTOMATICO
23.00.00	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION
23.10.00	COMUNICACIÓN EN HF
23.12.00	EQUIPO ANUNCIADOR VOCAL
23.20.00	COMUNICACIÓN EN VHF
23.40.00	SISTEMA INTERFONO
23.50.00	SISTEMA DE CONMUTACIÓN Y REGULACION AUTOMATICA DE VOLUMEN
23.70.00	EQUIPO DE GRABACION P-503

23.71.00	EQUIPO DE GRABACION MS-61 (MS-61B)
24.00.00	SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO
24.20.00	FUENTES DE ALIMENTACION DE CORRIENTE ALTERNA
24.30.00	FUENTES DE ALIMENTACION DE CORRIENTE CONTINUA
24.32.01	RECTIFICADOR VU-6A
24.40.00	CIRCUITO ELECTRICO DE ALIMENTACION EXTERNA
24.50.00	DISTRIBUCION DEL CIRCUITO
24.60.00	METALIZACION Y CONEXIÓN A TIERRA
25.00.00	EQUIPAMIENTO
25.10.00	CABINA DE PILOTOS
25.21.00	CABINA DE CARGA
25.60.00	EQUIPO DE EMERGENCIA Y RESCATE
26.00.00	SISTEMA CONTRA INCENDIO
26.10.00	SEÑALIZACION DE INCENDIO
26.20.00	EXTINCION DEL INCENDIO
26.30.00	PREVENCION DE EXPLOSIONES
28.00.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE
28.10.00	TANQUES DE COMBUSTIBLE
28.20.00	DISRIBUCION DEL COMBUSTIBLE
28.20.01	BOMBA CENTRIFUGA 463B
28.20.01	BOMBA CENTRIFUGA ETSN-91S
28.40.00	INSTRUMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL (COMBUSTIBLE)
29.00.00	SISTEMA HIDRAULICO
29.10.00	SISTEMA HIDRAULICO PRINCIPAL
29.20.00	SISTEMA HIDRAULICO DE RESERVA
29.30.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL (HIDRAULICA)
30.00.00	SISTEMA ANTIHIELO
30.20.00	SISTEMA ANTIHIELO DE LAS TOMAS DE AIRE
30.40.00	SISTEMA ANTIHIELO DE LAS LUNAS
30.60.00	SISTEMA ANTIHIELO DE LOS ROTORES
30.80.00	SEÑALIZADORES DE FORMACION DE HIELO
31.00.00	INSTRUMENTOS
31.10.00	PANELES DE INSTRUMENTOS Y DE CONTROL
31.20.00	INSTRUMENTOS AUTONOMOS
32.00.00	TRENES DE ATERIZAJE
32.10.00	TRENES PRINCIPALES
32.20.00	TREN DELANTERO
32.40.00	RUEDAS Y FRENOS
32.70.00	PATIN DE COLA
33.00.00	LUCES
33.10.00	ILUMINACION DE LA CABINA DE PILOTOS
33.30.00	ILUMINACION DE LA CABINA DE CARGA Y DE COMPARTIMENTOS

33.40.00	ILUMINACION EXTERNA
34.00.00	SISTEMA DE PILOTAJE Y NAVEGACION
34.10.00	INSTRUMENTOS ANEROIDES. MEDIDORES DE TEMPERATURA
34.20.00	INSTRUMENTOS MAGNETICOS, GIROSCOPICOS, DE PILOTAJE-NAVEGACION, DE NAVEGACION ASTRONOMICA
35.00.00	EQUIPO DE OXIGENO
35.10.00	EQUIPO DE OXIGENO PARA LA TRIPULACION
35.30.00	EQUIPO DE OXIGENO PORTATIL
36.00.00	SISTEMA NEUMATICO
36.10.00	DISTRIBUCION Y FUENTES DE AIRE COMPRIMIDO
36.20.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL (NEUMATICA)
49.00.00	UNIDAD DE PODER AUXILIAR
49.10.00	PLANTA PODER (AI-9V)
49.40.00	SISTEMA DE ARRANQUE Y ENCENDIDO
49.70.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL (AI-9V)
49.80.00	SISTEMA DE ESCAPE (AI-9V)
51.00.00	CONSTRUCCION DE LA AERONAVE
52.00.00	PUERTAS, ESCOTILLAS, COMPUERTAS
52.10.00	PUERTA DE INGRESO A LA CABINA DE CARGA
52.20.00	SALIDAS DE EMERGENCIA
52.30.00	COMPUERTAS DE CARGA
52.40.00	ESCOTILLAS DE SERVICIO
52.50.00	PUERTAS DE MARCOS FIJOS INTERIORES
52.60.00	RAMPAS DE ACCESO
52.70.00	SEÑALIZACION DE PUERTAS
53.00.00	FUSELAJE
53.10.00	ESTRUCTURA PRINCIPAL
53.30.00	REVESTIMIENTO
53.40.00	CONJUNTOS DE UNIÓN
53.50.00	CARENADOS AERODINAMICOS
55.00.00	ESTABILIZADOR HORIZONTAL
55.10.00	ESTABILIZADOR
56.00.00	VENTANAS
56.10.00	VENTANAS Y LUNAS LATERALES DE LA CABINA DE PILOTOS
56.21.00	VENTANAS DE LA CABINA DE CARGA
56.30.00	VENTANAS DE PUERTAS
60.00.00	PROCESOS TECNOLOGICOS ESTANDARIZADOS RELACIONADOS AL ROTOR PRINCIPAL
60.10.00	REMOSION DEL RECUBRIMIENTO DE PINTURA DE LA SUPERFICIE DE LAS PALAS DEL R/P
60.20.00	ELIMINACION DE DAÑOS MECANICOS Y DE CORROSION EN EL LARGUERO DE LAS PALAS DEL R/P
60.30.00	RECUPERACION DEL RECUBRIMIENTO DE PINTURA EN LOS LARGUEROS Y SECCIONES DE LAS PALAS DEL R/P

60.40.00	RECUPERACION DEL SELLANTE ENTRE LAS SECCIONES Y EN EL BORDE DE ATAQUE DE LAS SECCIONES
65.00.00	ROTOR PRINCIPAL Y DE COLA
65.10.00	ROTOR PRINCIPAL
65.12.00	ANTIVIBRATORIO
65.20.00	ROTOR DE COLA
65.40.00	CONTROLES
65.50.00	PLATO CICLICO
65.60.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL (ROTORES)
71.00.00	PLANTA PODER
71.00.00	GENERALIDADES
71.10.00	CAPOTAS
71.20.00	FIJACION DE MOTORES
71.30.00	PROTECCION CONTRA INCENDIO
71.60.00	DISTPOSITIVO ANTIARENA DE MOTORES
71.70.00	DRENAJE DE MOTORES
72.00.00	MOTOR
72.00.00	GENERALIDADES
72.03.00	CABLEADO ELECTRICO
72.30.00	COMPRESOR
72.40.00	CAMARA DE COMBUSTION
72.50.00	CONJUNTO DE TURBINA
72.51.00	TURBINA DEL COMPRESOR
72.53.00	TURBINA LIBRE
72.58.00	SECCION DE ESCAPE
72.60.00	ACCESORIOS DE ACCIONAMIENTO
72.90.00	SISTEMA DE ACEITE Y VENTILACION DEL MOTOR
72.90.02	FILTRO DE ACEITE
72.90.03	BLOQUE DE LA BOMBA DE ACEITE
72.90.04	CAJA DE ACCIONAMIENTO EXTERNA DE ACEITE
72.90.12	VALVULA DE CORTE
72.90.13	DETECTOR DE LIMADURAS
73.00.00	SISTEMA DE ALIMENTACION DE MOTORES
73.00.00	GENERALIDADES
73.01.00	TUBERIAS
73.02.00	SISTEMA DE DRENAJE
73.10.00	DISTRIBUCION
73.11.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE BAJA PRESION
73.11.01	BOMBA CENTRIFUGA DE COMBUSTIBLE
73.11.04	FILTRO DE COMBUSTIBLE
73.12.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL CIRCUITO PRINCIPAL
73.12.05	BOMBA REGULADORA DE COMBUSTIBLE
73.16.00	SISTEMA DE PROTECCION DE LA TURBINA LIBRE
73.15.04	REGULADOR ELECTRONICO

73.16.10	ACTUADOR ELECTRICO
73.17.00	SISTEMA DE LIMITACION DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA DE LOS GASES A LA TURBINA
73.17.02	REGULADOR DE TEMPERATURA
77.00.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL DE MOTORES
77.10.00	CONTROL DE POTENCIA
77.10.14	SENSOR DE RPM DTA-10
77.11.02	SENSOR DE RPM DCHV-2500
77.20.00	CONTROL DE TEMPERATURA
77.21.01	TERMOCUPLE
77.21.10	BORNERA
77.23.01	SENSOR DE TEMPERATURA
77.30.00	ANALIZADORES
78.00.00	SISTEMA DE ESCAPE
78.10.00	DEFLECTOR DE GASES
79.00.00	SISTEMA DE ACEITE
79.10.00	ALMACENAJE (TANQUE)
79.20.00	DISTRIBUCION
79.30.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL (ACEITE)
80.00.00	SISTEMA DE ARRANQUE
80.00.00	GENERALIDADES
80.10.00	SISTEMA DE ARRANQUE
80.12.00	ARRANCADOR NEUMATICO
80.21.00	SISTEMA DE ENCENDIDO
80.21.01	UNIDAD DE ENCENDIDO
80.21.02	BUJIA DE ENCENDIDO
80.21.06	VALVULA DE SOBREALIMENTACION CON AIRE
84.00.00	TRANSMISION DEL HELICOPTERO
84.10.00	REDUCTOR PRINCIPAL VR-14
84.11.00	FIJACION DEL REDUCTOR PRINCIPAL
84.12.00	SISTEMA DE ACEITE EXTERNO DEL REDUCTOR PRINCIPAL
84.20.00	REDUCTOR INTERMEDIO
84.30.00	REDUCTOR DE COLA
84.40.00	EJE DE TRANSMISION DE ROTOR DE COLA
84.50.00	FRENO
84.60.00	INSTRUMENTOS DE CONTROL DE TRANSMISION
101.00.00	SISTEMA DE SALVAMENTO
110.00.00	EQUIPO DE RADIONAVEGACION
110.10.00	EQUIPO RADIOCOMPAS ARK-9
110.11.00	EQUIPO RADIOCOMPAS ARK-UD
110.40.00	RADIOALTIMETRO
113.00.00	EQUIPO DE RECONOCIMIENTO Y AVISO
129.00.00	DISPOSITIVOS Y MEDIOS PIROTECNICOS
132.00.00	EQUIPO DE TRANSPORTE Y ATERRIZAJE

132.10.00	EQUIPAMIENTO DE CABINA DE CARGA
132.20.00	WINCHE DE RESCATE Y LPG-150M
132.30.00	EQUIPAMIENTO PARA ESTIBAJE
132.50.00	ESLINGA EXTERNA
132.60.01	BALANZA ELECTRONICA VSI-1
142.00.00	DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL DE DATOS DE VUELO
142.10.00	DISPOSITIVOS AUTOMATICOS DE A BORDO DE REGSITRO Y CONTROL DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DE VUELO
148.00.00	SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS
148.10.00	SISTEMA DE REFRIGERACION POR AIRE DE DIVERSOS AGREGADOS

Anexo N°4: Comparación MI-8 / MI-171



Anexo N°5: Despiece MI-171

Mi-171 Illustrated parts catalog
(Ми-171 Каталог деталей и сборочных единиц.)

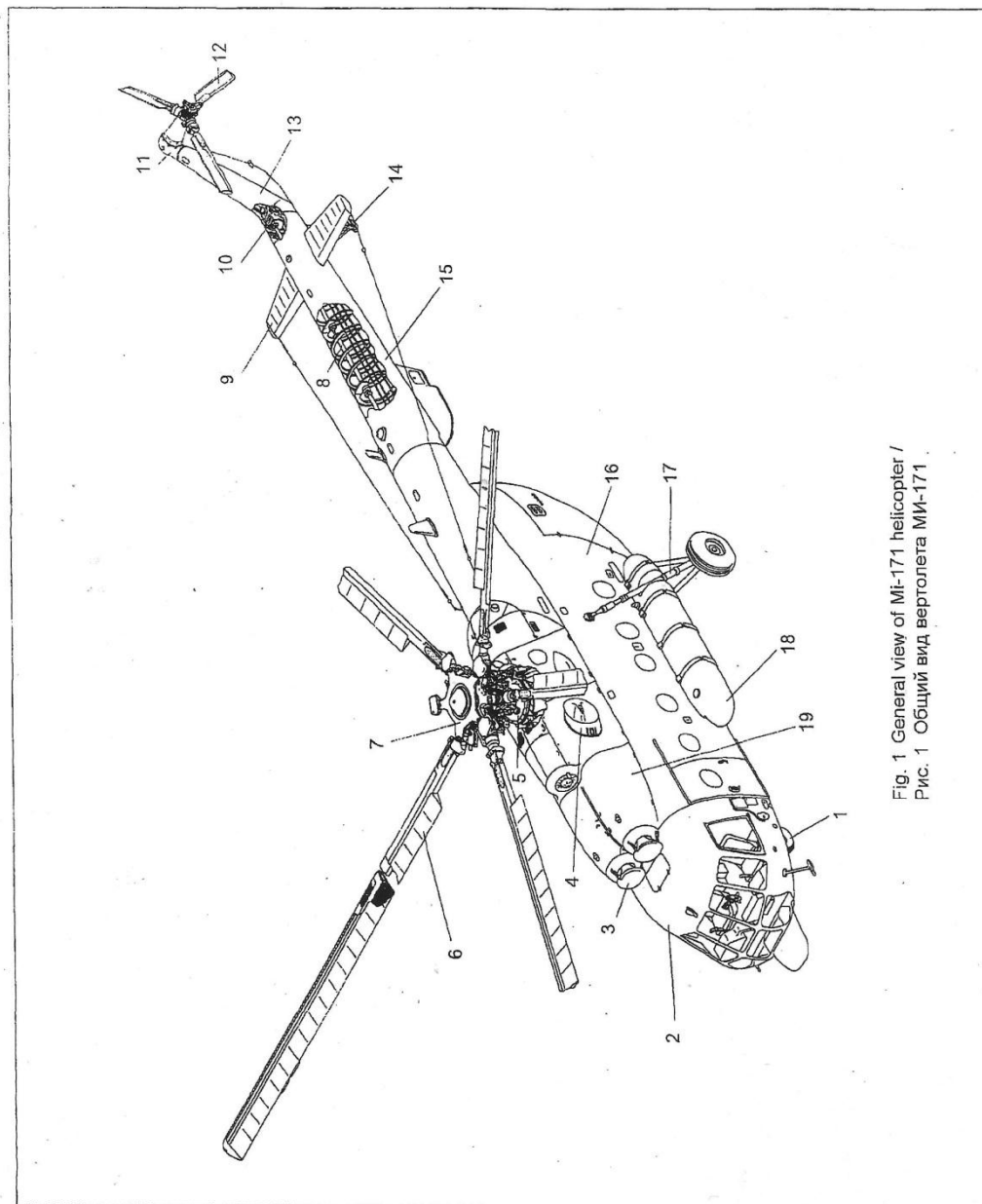


Fig. 1 General view of Mi-171 helicopter /
Рис. 1 Общий вид вертолета МИ-171.

EFFECTIVITÄT: ALL
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО: ВСЕ
26.05.04

000.00.00
Fig./Рис. 1
Page/Стр. 0
Apr 27/00/Апр 27/00

Anexo N°6: Cartillas de lubricación de Rotor de Cola



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Mi-171

EDITADO : 02NOV15

REVISION: 02 (REEDICIÓN)

FORMATO PM-072

7.3. FORMATO DE CAMBIO DE FILTRO DE MOTORES PRINCIPALES Y LUBRICACIÓN CADA 25 ± 5 HORAS

CAMBIO DE FILTROS DE MOTORES PRINCIPALES		Matrícula	
		TSN / TSO	
		OT N°	
		Fecha	Firma del Ejecutor
1.	Sustituya (inspeccione y lave por ultrasonido) el elemento filtrante del filtro de combustible 8D2.966.236. (MM TV3-117VM, 073.11.04 CT N° 205)		
2.	Purgue el aire del sistema de combustible de los motores. (MM TV3-117VM, 073.12.05 CT N° 303)		

LUBRICACIÓN CADA 25 ± 5 HORAS					Matrícula	
					TSN / TSO	
					OT N°	
Ít.	Lugar de lubricación	Pos.	Lubricante	Operación a realizarse	Fecha	Firma del Ejecutor
Plato cíclico (Fig. 3)						
1.	Rodamiento central del palto cíclico. (Un punto de lubricación)	3	Mobilgrease 28 (MIL-PRF-81322G)	Engrase a presión hasta que salga grasa fresca por la válvula. Durante el engrase a presión, haga girar entre 2-5 vueltas el plato cíclico, después de cada 5...6 inyectadas de jeringa.		
Cubo de rotor de cola (Fig. 4)						
2.	Cardán. (Cuatro puntos de lubricación)	1	Mobilgrease 28 (MIL-PRF-81322G)	Lubrique a través del punto de engrase hasta la aparición de grasa fresca por debajo de los bordes de los sellos de la articulación cardánica.		
3.	Cavidad del rodamiento del vástago. (Un punto de lubricación)	2	Mobilgrease 28 (MIL-PRF-81322G)	Lubrique a través del punto de engrase hasta la aparición de grasa fresca por la válvula de control "A".		



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Mi-171

EDITADO : 02NOV15

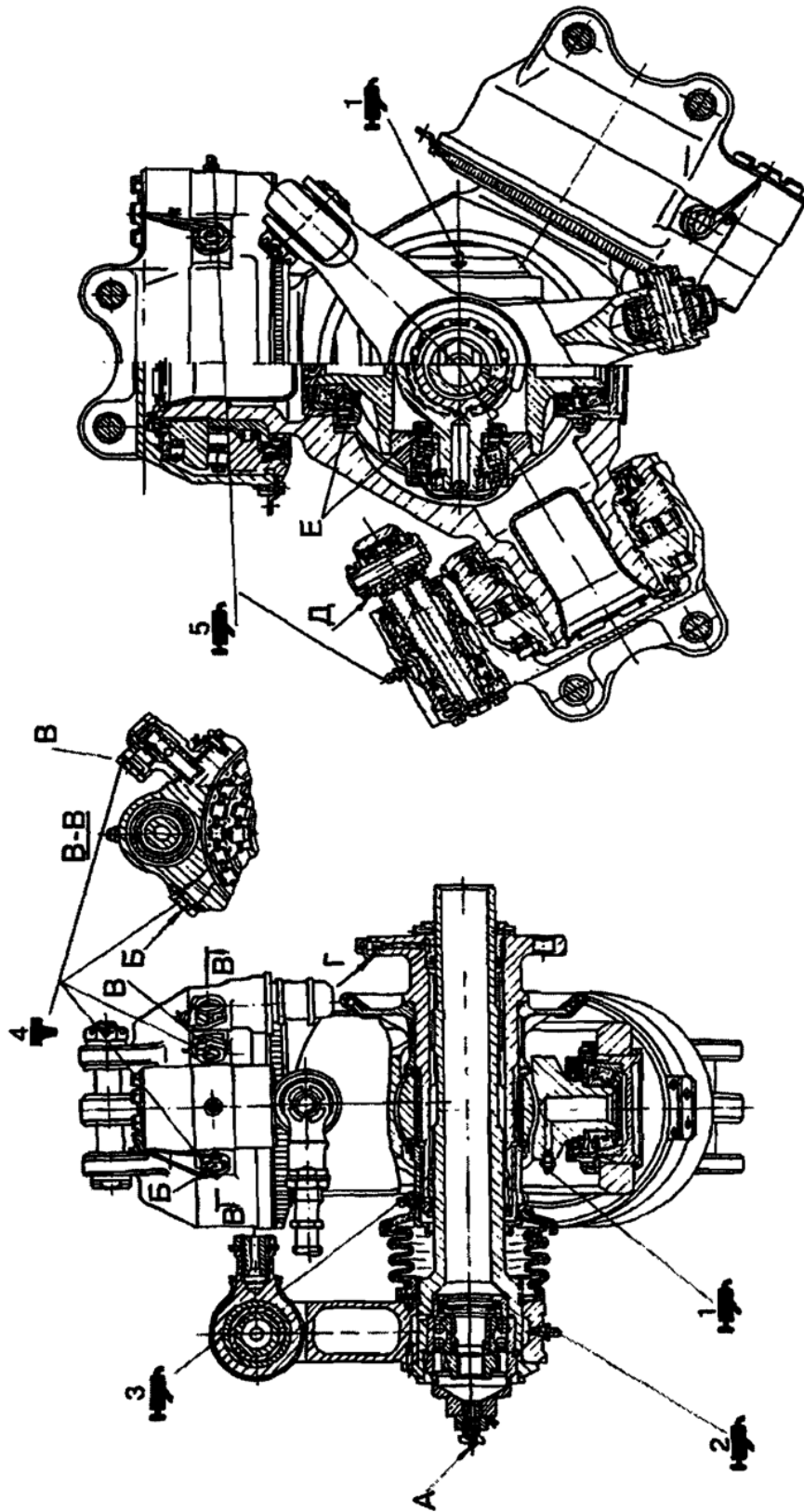
REVISION: 02 (REEDICIÓN)

FORMATO PM-072

<u>LUBRICACIÓN CADA 25 ± 5 HORAS</u>					Matrícula	
					TSN / TSO	
					OT N°	
Ít.	Lugar de lubricación	Pos.	Lubricante	Operación a realizarse	Fecha	Firma del Ejecutor
4.	Corredera. (Un punto de lubricación)	3	Mobilgrease 28 (MIL-PRF-81322G)	Posicione la corredera, con ayuda de los pedales, en el máximo ángulo positivo de posición de las palas (la corredera está totalmente extendida) y aplique la grasa a través del punto de engrase hasta la aparición de grasa fresca por el orificio de control "Г". Luego de aplicar la grasa, con ayuda de los pedales, desplace la corredera desde una posición extrema hacia la otra, como mínimo 3 veces. El tiempo de desplazamiento de la corredera de una posición a otra debe ser como mínimo 10 seg. Retire la grasa sobrante de la superficie de la corredera.		
5.	Rodamiento del eje del brazo de giro de pala. (Tres puntos de lubricación)	5	Mobilgrease 28 (MIL-PRF-81322G)	Lubrique hasta la aparición de grasa fresca por debajo de las arandelas de protección "Д" (se permite la aparición de grasa por debajo de una sola arandela).		

LUBRICACIÓN CADA 100 ± 10 HORAS					Matrícula	
					TSN / TSO	
					OT N°	
Ít.	Lugar de lubricación	Pos.	Lubricante	Operación a realizarse	Fecha	Firma del Ejecutor
6.	Articulación vertical del cubo del rotor principal. (Cinco puntos de lubricación)	5, 6	Shell Spirax G140	Cambie el aceite		
7.	Articulación horizontal del cubo del rotor principal. (Cinco puntos de lubricación)	9	Shell Spirax G140	Cambie el aceite		
Cubo del rotor de cola (Fig. 4)						
8.	Articulación axial. (Tres puntos de lubricación)	4	AeroShell Oil 100	Cambie el aceite		

Anexo N°7: Puntos de lubricación Rotor de Cola



Anexo N°8: Partes del Rotor de Cola

Ми-17-1В
MANUAL DE EMPLEO TÉCNICO

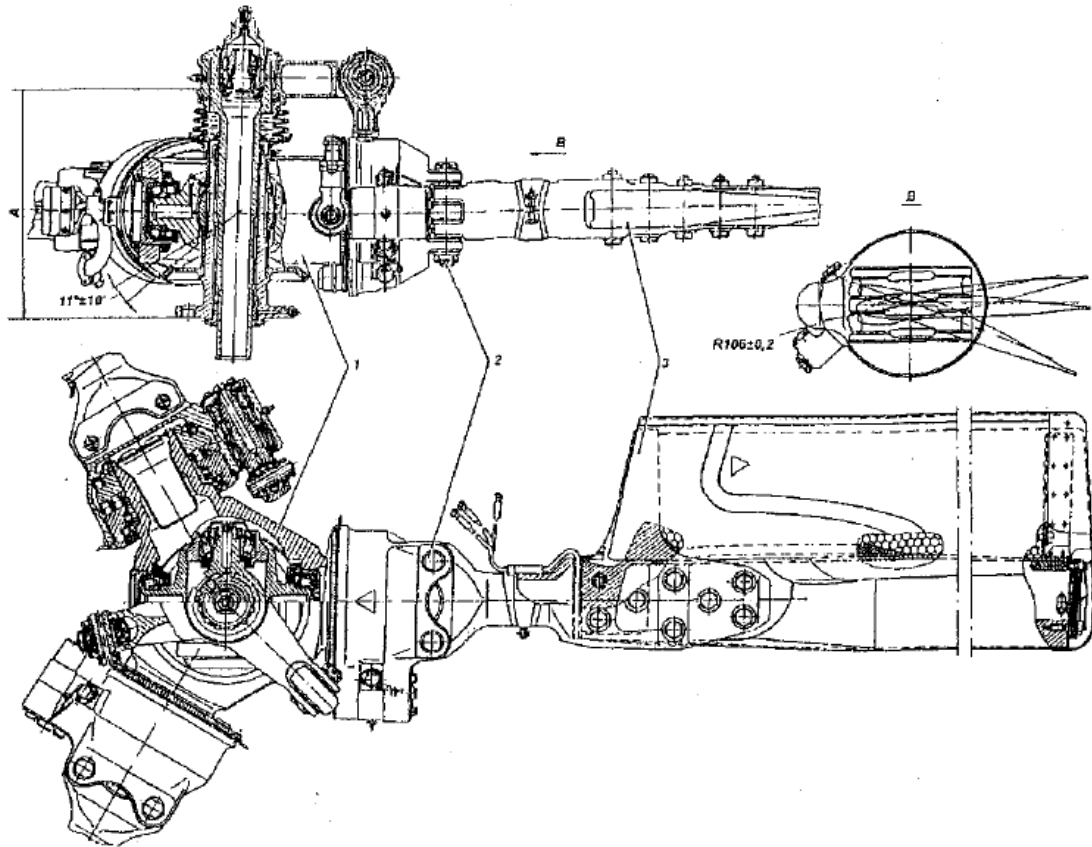


Fig. 1. Rotor de cola

1. Cubo del rotor de cola
2. Perno de acoplamiento
3. Pala

Anexo N°9: Cubo de Rotor de Cola

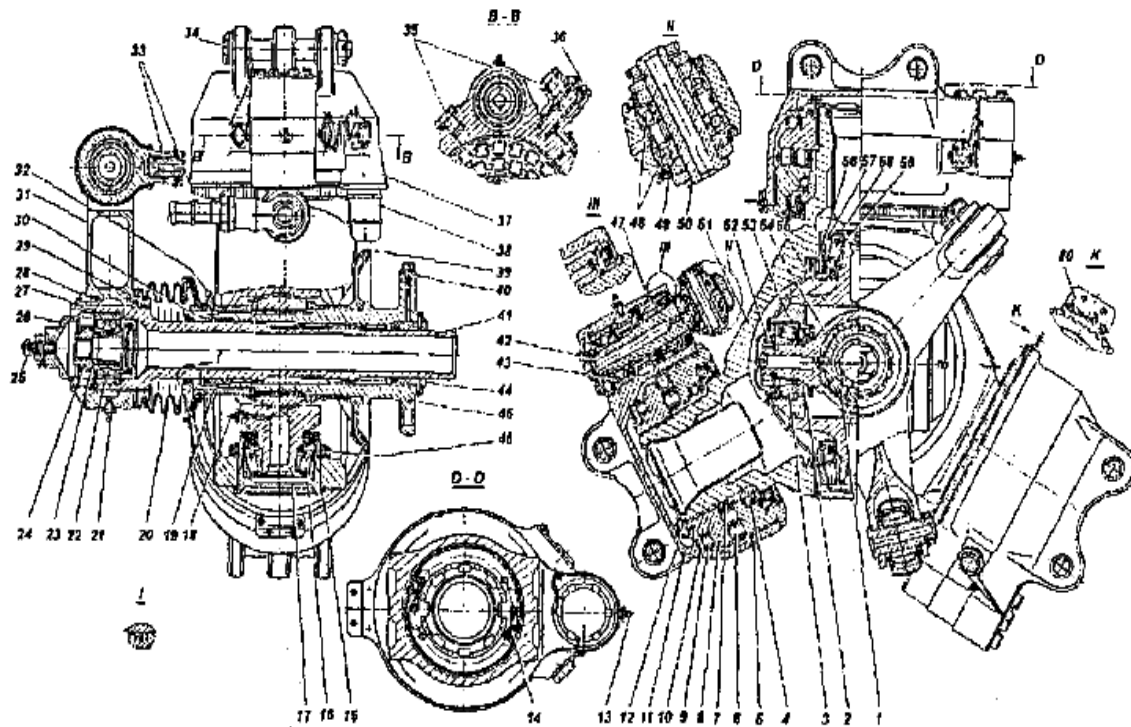


Fig. 2. Cubo del rotor de cola

- | | | |
|---|---|---|
| 1. Pasador de fijación de la corredera con el núcleo | 21. Engrasador de la cavidad del cojinete del vástago | 41. Corredera |
| 2. Anillo de regulación | 22. Cojinete de rodillos de dos filas | 42. Eje del brazo de orientación de la pala |
| 3. Cojinete de rodillos cónico | 23. Arandela del freno | 43. Cojinete de bolas de dos filas |
| 4. Cojinete de rodillos | 24. Tuerca del vástago | 44. Casquillo inferior de la corredera |
| 5. Tuerca del cuerpo de la articulación de movimiento axial | 25. Válvula | 45. Núcleo |
| 6. Cojinete de rodillos | 26. Tapa | 46. Tuerca |
| 7. Aro de empuje | 27. Anillo de retención | 47. Cojinete de agujas |
| 8. Tuerca | 28. Pasador | 48. Cojinetes de bolas |
| 9. Cojinete de rodillos de empuje | 29. Tuerca | 49. Manguito de empaquetadura |
| 10. Aro del cojinete de empuje | 30. Casquillo superior de la corredera | 50. Perno |
| 11. Cuerpo de la articulación de movimiento axial | 31. Perro de arrastre | 51. Tapa |
| 12. Cuerpo del cubo | 32. Engrasador para lubricar la corredera | 52. Tuerca |
| 13. Engrasador para lubricar el eje de la pala | 33. Varilla de orientación de la pala | 53. Vaso del cojinete |
| 14. Placa del freno | 34. Perno de sujeción de la pala | 54. Travesaño |
| 15. Anillo de regulación | 35. Tapones | 55. Cuerpo del cardán |
| 16. Cojinete de rodillos cónico | 36. Perno del depósito de aceite de la articulación de movimiento axial | 56. Tuerca |
| 17. Vaso del collar exterior del cojinete | 37. Depósito de aceite de la articulación de movimiento axial | 57. Anillo de regulación |
| 18. Engrasador para lubricar el cardán | 38. Capacele transparente (vaso de control) | 58. Vaso del collar exterior del cojinete |
| 19. Tuerca del núcleo | 39. Limitador de aleteo | 59. Cojinete de rodillos cónico |
| 20. Funda ondulada de goma | 40. Válvula | 60. Placa del freno |

Anexo N°10: Pala de Rotor de Cola

Mu-17-1B
MANUAL DE EMPLEO TÉCNICO

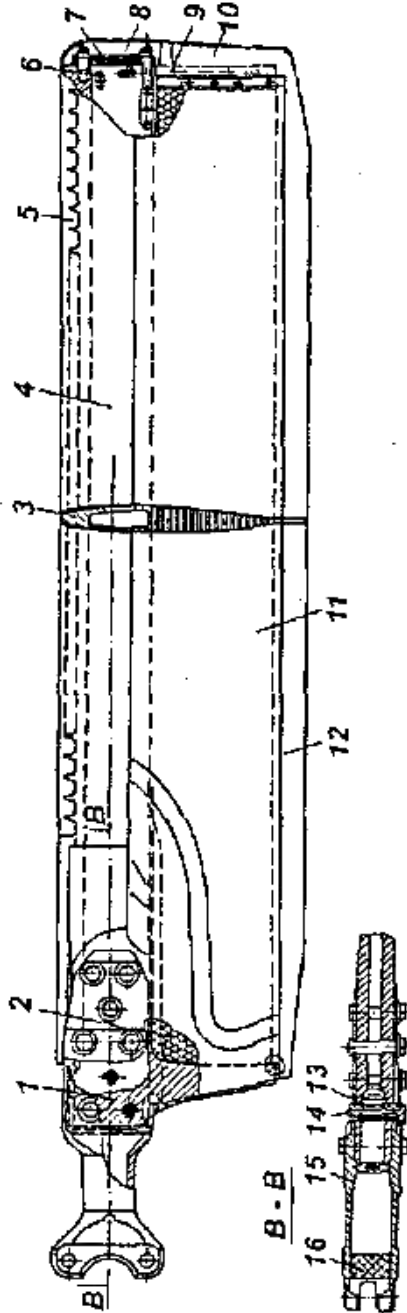


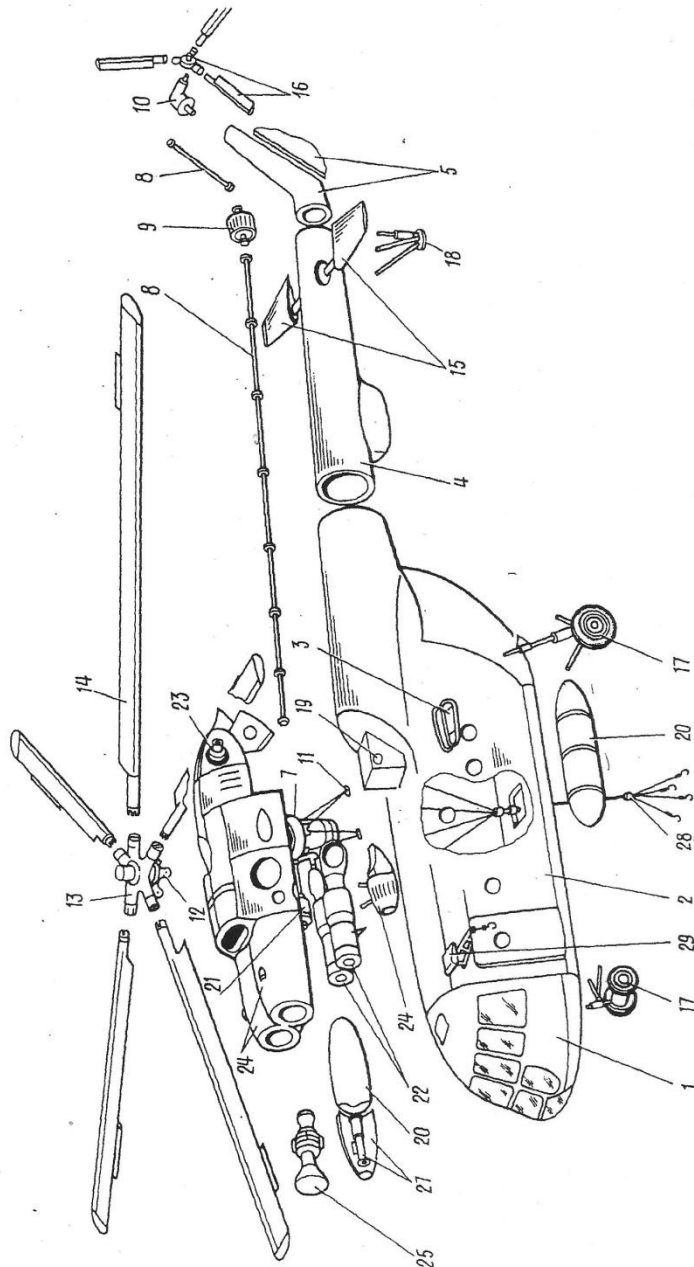
Fig. 3. Pala del rotor de cola

- | | |
|-----------------------|----------------------------------|
| 1. Soporte | 11. Revestimiento |
| 2. Relleno alveolar | 12. Larguero del borde de escape |
| 3. Larguero | 13. Casquillo |
| 4. Cubreplaca térmica | 14. Perno |
| 5. Refuerzo metálico | 15. Terminal |
| | 16. Obiurador |

Anexo N°11: Unión de la nariz del fuselaje y la sección central, el botalón de cola y el sistema de transmisión del Rotor

**Ми-17
PARTS CATALOG**

DETAILED PARTS LIST



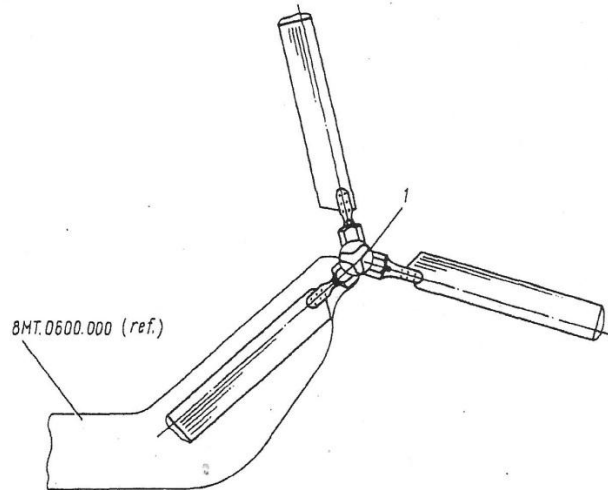
Joining of Fuselage Nose and Center Sections, Tail Boom and Anti-Torque Rotor Pylon

Figure 1

Book 1
Pages 2/1
Sep 14/89

Anexo N°12: Rotor de Cola

Ми-17 PARTS CATALOG



Tractor Anti-Torque Rotor Installation
Figure 54

FIG.	ITEM	PART NUMBER	NOMENCLATURE							UNITS PER ASSY	INTERCHANGEABILITY AND MODIFICATIONS
			1	2	3	4	5	6	7		
54		8MT.3900.000	TRACTOR ANTI-TORQUE ROTOR INSTALLATION								
	1	246.3901.000	.Rotor, tractor, anti- torque							1	