

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA



“MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA OPTIMIZAR LA CONFIABILIDAD OPERATIVA DE LOS
HELICÓPTEROS MODELO EC145 Y MI-17 DE LA DIRECCIÓN
DE AVIACIÓN POLICIAL”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

AUTORES: CRISTIAN YPANAQUE SILVA.
ROBERT VARGAS CCAPA

Callao, 2019

PERÚ

DEDICATORIA

A mi papá Alberto Silva Silva, In memoriam, por su constante presencia espiritual quien, por su temprana partida, nunca pudo ver mi objetivo concretado.

Cristian Ypanaque S

A mi papá Bonifacio Vargas Sacaca, In memoriam, por su constante presencia espiritual quien, por su temprana partida, nunca pudo ver mi objetivo concretado

Robert Vargas Ccapa.

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MG. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY: PRESIDENTE

MG. VLADIMIRO CONTRERAS TITO : SECRETARIO

DR. OSCAR TEADORO TACZA CASALLO : VOCAL

MG. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO : VOCAL

ASESOR: DR. ELISEO PAEZ APOLINARIO

N° DE ACTA: S/N-SPG-FIME-UNAC

N° DE LIBRO: 001

FECHA DE SUSTETACION: 19 DE DICIEMBRE DE 2019

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y conseguir un logro más en mi vida profesional, además de enseñarme que todo sacrificio tiene al final su recompensa.

A mi esposa Shirly, por su enorme sacrificio y esfuerzo que cuando sentía que desistía por los momentos difíciles que pasamos, siempre estuvo a mi lado brindándome su amor, cariño y comprensión.

A mi amado hijo Alejandro Fabricio por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis padres y hermanas, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

Cristian Ypanaque Silva.

A mi madre y hermana, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis objetivos trazados en mi vida.

Gracias a todos...

Robert Vargas Ccapa.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
TABLA DE CONTENIDO	4
TABLA DE FIGURAS.....	5
RESUMEN	6
RESUMO	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	13
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Objetivos	14
1.4 Limitantes de la investigación.....	14
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 Bases teóricas.....	22
2.2.1 Gestión de mantenimiento	23
2.2.2 Tipos de mantenimiento.....	27
Mantenimiento preventivo.....	28
Mantenimiento Correctivo	29
2.2.3 Indicadores del Mantenimiento	30
2.2.4 Modelo de gestión de mantenimiento	33
2.2.5 Metodologías de Gestión de Mantenimiento.....	34

2.3 Conceptual	35
2.3.1 Sistema de Mantenimiento	35
2.3.2 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	39
2.4 Definición de términos básicos	52
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	57
3.1 Hipótesis.....	57
3.2 Definición de variables	57
3.2.1 Operacionalización de variables	59
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	60
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	60
4.2 Método de investigación.....	60
4.3 Población y muestra	60
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	60
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	60
V. RESULTADOS	61
5.1 Resultados descriptivos.....	61
5.3 Otros resultados	73
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	86
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	86
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	89

ANEXOS.....90

TABLA DE CONTENIDO

		Página
Tabla 1	Indicadores de Gestión	32
Tabla 2	Siete preguntas básicas del RCM	39
Tabla 3	Funciones de un activo	40
Tabla 4	Modo de falla de un activo	41
Tabla 5	Efectos de falla de un activo	42
Tabla 6	Hoja de información RCM	42
Tabla 7	Criterio para determinar la criticidad	50
Tabla 8	Criterio para determinar la criticidad	62
Tabla 9	Disponibilidad de los helicópteros modelos EC145 y MI 17 de la DIRAVPOL	63
Tabla 10	Prueba de T student para muestras relacionadas	67
Tabla 11	Áreas de Evaluación	73
Tabla 12	Identificación de columnas del cuadro de evaluación.	73
Tabla 13	Escala de Evaluación para calificar la situación	73
Tabla 14	Resultado resumen de las hojas de Información	74
Tabla 15	Calificación porcentual de la situación de mantenimiento	75

TABLA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Evolución del Mantenimiento	25
Figura 2	Tipos de Mantenimiento según Norma EN-13306	26
Figura 3	Indicadores de Mantenimiento	29
Figura 4	Indicadores de mantenimiento básicos	30
Figura 5	Grupo de revisión RCM	49
Figura 6	Matriz de criticidad	51
Figura 7	Grado de criticidad	51
Figura 8	Inoperatividad de los Helicópteros EC145 y Mi17, antes de la implementación.	60
Figura 9	Radar de la inoperatividad de los Helicópteros EC145 y Mi17, antes de la implementación.	60
Figura 10	Inoperatividad de los Helicópteros EC145 y Mi17, después de la implementación.	61
Figura 11	Radar de la inoperatividad de los Helicópteros EC145 y Mi17, después de la implementación.	61
Figura 12	Optimización de la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC145 y Mi17	62
Figura 13	Matriz de criticidad de los helicópteros Modelos EC145 Y MI 17 de la DIRAVPOL	63
Figura 14	Diagrama de Pareto de las causas de inoperatividad ocurridas en los helicópteros modelos EC145 y MI 17 de la DIRAVPOL	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objeto general proponer un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar **la confiabilidad** operativa de los Helicópteros MI-17 y EC145 de la DIRAVPOL, lo cual optimizará el funcionamiento de la administración de los recursos, las actividades y mejorará la confiabilidad en el servicio de la ciudadanía; el punto de partida de la investigación, para el modelo de gestión de mantenimiento preventivo, considera la información obtenida del personal de mantenimiento, las actividades que realizan, los objetivos institucionales, la falta de indicadores de la DIRAVPOL, la falta de filosofías de mantenimiento, motivo por el cual se ha considerado tres (3) tipos de actividades, el mantenimiento preventivo, la planificación y el control de mantenimiento., Además, para garantizar la confiabilidad operativa en las aeronaves se ha identificado tres variables bien definidas, tales como, la criticidad, la disponibilidad y el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF). El diseño de la investigación es no experimental y el tipo es longitudinal. Para el análisis de datos inferenciales y la contrastación de hipótesis se empleó el software estadístico SSPS versión 22. La conclusión del trabajo de investigación es, con un nivel de significancia del 5%, existe una evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, la DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente lo cual eleva la confiabilidad de las aeronaves para realizar los objetivos de salvaguardar el orden y la seguridad Ciudadana.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento preventivo, mantenimiento centrado en confiabilidad [rcm], disponibilidad, confiabilidad, análisis de criticidad, análisis de modo y efectos de fallas.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa é propor um modelo de gestão de manutenção preventiva para otimizar a confiabilidade operacional dos Helicópteros DIRAVPOL MI-17 e EC145, que irá otimizar a operação da administração de recursos, atividades e melhorar a confiabilidade no serviço da cidadania ; considerando as informações obtidas do pessoal de manutenção, as atividades que realizam, os objetivos institucionais, a falta de indicadores DIRAVPOL, a falta de filosofias de manutenção, razão pela qual foram considerados três (3) tipos de atividades, manutenção preventiva, planejamento e Além disso, foram identificadas três variáveis bem definidas, como criticidade, disponibilidade e análise de efeito e modo de falha (FMEA). O desenho da pesquisa é não experimental e tipo é longitudinal. Para a análise dos dados inferenciais e verificação das hipóteses, foi utilizado o software estatístico SSPS versão 22. A conclusão do trabalho de pesquisa é que, com nível de significância de 5%, há evidência estatística para rejeitar a hipótese nula; Portanto, a DIRAVPOL, ao aplicar o modelo de gestão da manutenção preventiva às suas atividades de manutenção para otimizar a confiabilidade operacional dos helicópteros modelo EC145 e Mi-17, reduz significativamente o número de aeronaves inoperantes, o que aumenta a confiabilidade das aeronaves para atingir os objetivos de ordem e segurança.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las organizaciones juegan su capacidad competitiva en función de la calidad, la responsabilidad ambiental, social y rentabilidad económica. En ese sentido, esta investigación plantea un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros MI-17 y EC-145 de la Dirección de Aviación Policial.

Así, el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas (DUFFUAA, 2007).

La historia del mantenimiento se asocia con el desarrollo técnico industrial de la humanidad, considerando como primera generación del mantenimiento, al correctivo, cuyo origen se ubica a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, durante la revolución industrial. La segunda generación del mantenimiento surge entre en la 2ª guerra mundial y finales de los años 70, durante este periodo se descubre la relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de falla, aparece el mantenimiento preventivo. La tercera generación del mantenimiento surge a principios de los años 80, realiza estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas, aparece el Mantenimiento Predictivo. La cuarta generación del mantenimiento aparece en los años 90, se concibe el mantenimiento como un proceso en la cual se involucra a todos los departamentos que integren una organización con la finalidad de lograr los objetivos. Se considera que mediante una gestión de mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costes, aparece el mantenimiento basado en el Riesgo.

Ante la preocupación del gobierno de los Estados Unidos de América, de implementar modelos de mantenimiento de tipo militar, quiso saber más acerca de la filosofía moderna en materia de mantenimiento aeronáutico, solicitando un reporte sobre éste a la industria aérea. Tal reporte fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines, publicando en el año 1978 el “RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE” (MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD).

A nivel internacional, la Industria de la aviación civil norteamericana implementó el mantenimiento centrado en la confiabilidad y se hizo realidad cuando las aerolíneas comprendieron que muchas de sus filosofías de mantenimiento eran no solo costosas sino también altamente peligrosas, ello inspiró a la industria a aunar una serie de “Grupos de Dirección de Mantenimiento” (Maintenance Steering Groups) – MSG.

En el año 1968, los representantes de varias aerolíneas junto con fabricantes y autoridades, desarrollaron el MSG-1, manual: evaluación y desarrollo del desarrollo de los programas y evaluación del mantenimiento, basada en decisiones lógicas, experiencia y procedimientos establecidos por el fabricante/aerolínea, en la operación de la entonces nueva aeronave Boeing 747.

Con el paso del tiempo, se fue haciendo más válida la idea de que la experiencia ganada con el MSG-1, debería ser aplicada para la actualización de la decisión lógica, por lo que se decidió que dicho documento podía ser aplicado para las nuevas aeronaves. Con esto, se tuvo como resultado un documento titulado Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes/Aerolíneas, que hoy conocemos como MSG-2, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los EEUU).

El reporte de Nowlan y Heap representó un considerable avance en la filosofía MSG-2 y fue usado como base para el MSG-3, documento para la planeación de programas de mantenimiento para fabricantes/Aerolíneas, empleado para desarrollar programas de mantenimiento prioritarios al servicio para nuevos tipos de aeronaves (incluyendo recientemente el boeing 777 y el Airbus 330/340) copias de MSG-3.2001 se encuentran en Air Transport Association, Washington, DC.

A nivel Nacional, el sector aerocomercial peruano era operado por el Estado, quien además de fijar las tarifas controlaba el acceso al mercado. Tal estructura fue transformada a fines del año 1991 dentro del marco de los procesos de liberación y privatización de la economía, a partir del cual se desregula al mercado, permitiéndose que las empresas privadas establezcan libremente sus

tarifas de acuerdo a criterios de mercado y admitiéndose la entrada de empresas extranjeras al sector (Indecopi,2000).

La Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, es la entidad encargada de ejercer la Autoridad Aeronáutica Civil del Perú, Considerando Aeronáutica Civil al conjunto de actividades vinculadas al empleo de aeronaves civiles, incluyendo las aeronaves de propiedad del Estado, conforme lo señala el literal c) del artículo 9° de la ley No.27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú, y el artículo 2° y 4° de su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo No.050-2001-MTC.

La Dirección de Aviación Policial es el órgano de apoyo policial de carácter técnico, operativo y especializado; responsable de la ejecución de las operaciones aéreas policiales en apoyo a los órganos y unidades orgánicas de la Policía Nacional del Perú en el cumplimiento de las funciones policiales a nivel nacional; así como, presta apoyo a los órganos del Ministerio del Interior en las actividades de acción cívica y aquellas orientadas al desarrollo nacional, además se encarga también de la instrucción y entrenamiento de su personal, y del mantenimiento y equipamiento de las aeronaves policiales.

La aviación policial es constituida legalmente a partir del 06MAR1984, contando con el apoyo de la sociedad civil y el gobierno constitucional mediante resolución Directoral N°6000-84-GC-DIOPI, firmada por el Director Superior de la Guardia Civil Tnte. Gral GC. Juan Balaguer Morales.

Desarrolla diversas operaciones aéreas en la lucha diaria contra el narcotráfico, terrorismo y el crimen organizado en su conjunto a nivel nacional y especialmente en la zona del Huallaga y el VRAEM, así mismo apoya en el transporte del personal policial y material que requieren las diferentes unidades de la PNP; contando con esto con pilotos, mecánicos, tripulantes auxiliares y personal administrativo altamente calificado en el Perú como en el extranjero, quienes a través de todo este trajinar han alcanzado, gracias a su constancia y profesionalismo el actual prestigio y reconocimiento de esta gran unidad, convirtiéndola en un orgullo de la Policía Nacional del Perú en el ámbito nacional como internacional.

El presente trabajo de investigación tiene como objeto el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC145 y Mi-17 de la Dirección de Aviación Policial de la provincia del Callao.

En el primer capítulo se plantea el problema de investigación, se destaca sus objetivos, la formulación de la hipótesis con referencia a la relación de la variable independiente, Gestión de mantenimiento y la variable dependiente, confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

En el segundo capítulo trata sobre los antecedentes de la investigación, se centra en la teoría ocupándose en primer lugar en el modelo de gestión del mantenimiento preventivo, para lo cual considera tres (03) actividades de mantenimiento principales; el mantenimiento preventivo, la gestión de planificación y la gestión de control, a fin de optimizar la confiabilidad operativa del Helicóptero MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

En el tercer capítulo se presenta la operacionalización de variantes, las estrategias para la prueba de hipótesis.

En el cuarto engloba la metodología de la investigación, comprendiendo el tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos de recolección de datos, procesamiento estadístico y análisis de datos.

En el capítulo cinco es uno de los corolarios finales del proceso investigativo llevado a cabo, refleja de manera explícita los resultados del procedimiento metodológico y que constituye la base estructural del modelo de gestión de mantenimiento preventivo que permita optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

En el capítulo seis se muestra la discusión de estos resultados demostrando así un compendio general de la importancia y validez de la investigación realizada.

En el capítulo siete se exponen, cual ha sido la principal propuesta y los resultados a modo de conclusión obtenido en la presente tesis, donde el principal

objetivo de la investigación estuvo centrado en desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento preventivo que permita optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

En el capítulo ocho se exponen las recomendaciones que debe tener en cuenta el departamento de mantenimiento de la Dirección de Aviación Policial, con la finalidad de implementar el modelo de gestión de mantenimiento para optimizar la confiabilidad operativa del Helicóptero MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La Dirección de Aviación Policial es el órgano de apoyo policial de carácter técnico, operativo y especializado; responsable de la ejecución de las operaciones aéreas policiales en apoyo de los órganos y unidades orgánicas de la policía nacional del Perú en el cumplimiento de las funciones policiales a nivel nacional; así como, presta apoyo a los órganos del Ministerio del interior en las actividades de acción cívica y aquellas orientadas al desarrollo nacional.

Se encarga también de la instrucción y entrenamiento de su personal, y del mantenimiento y equipamiento de las aeronaves policiales.

La Dirección de Aviación Policial, para el cumplimiento de sus funciones cuenta con las unidades orgánicas siguientes: División de Operaciones Aéreas, División de Seguridad Aérea, División de Mantenimiento Aéreo, División de Salvamento de Alta Montaña y Escuela de Aviación Policial.

La División de Mantenimiento Aéreo es la unidad orgánica responsable del mantenimiento de las aeronaves asignadas a la Aviación Policial.

En esta oportunidad, ante el incremento de indisponibilidad de los helicópteros modelo EC145 y MI-17, se realizó la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo, a fin de optimizar la confiabilidad operativa de dichas aeronaves. Dicho análisis se realizó a once (11) helicópteros, de los cuales cinco son modelo EC-145 y seis son modelo MI-17. La recolección de datos se realizó durante el periodo enero 2019 a agosto 2019, presentando una media de 40.364 de días inoperativos por aeronave durante dicho período.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿El modelo de gestión de mantenimiento preventivo optimiza la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial?

Problema específico

¿Qué criterios técnicos se deberían tomar en cuenta para evaluar las fallas y optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Elaborar un modelo de gestión de mantenimiento preventivo que permita optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros EC-145 y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial.

Objetivos específicos

- Determinar la criticidad de los helicópteros modelo EC-145 y MI-17, utilizando la técnica del análisis de criticidad.
- Determinar la disponibilidad de los helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 del departamento de mantenimiento de la DIRAVPOL.
- Evaluar las fallas funcionales de los equipos críticos de los helicópteros asignados a la DIRAVPOL, utilizando como herramienta el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

1.4 Limitantes de la investigación

El presente proyecto propone desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento preventivo, que permita optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 de la Dirección de Aviación Policial, lo cual logrará elevar la eficiencia y eficacia en las actividades de mantenimiento aeronáutico realizado por parte del personal policial, acompañada de una disminución de los costos por mantenimiento permitiendo reducir la inoperatividad de la aeronave. La Dirección de Aviación Policial podrá beneficiarse con este modelo de gestión de mantenimiento preventivo, que marcará un antes y un después en la batalla contra gastos y tiempo de uso del helicóptero modelo EC-145 Y Mi-17.

La importancia de esta investigación, radica en la propuesta del modelo de gestión de mantenimiento preventivo que permita optimizar la confiabilidad operativa del Helicóptero MI-17 de la Dirección de Aviación Policial, con la finalidad de realizar actividades de mantenimiento de manera segura, eficiente, eficaz, con responsabilidad social y medio ambiental.

Justificación Legal

El marco legal comprometido en el modelo de gestión de mantenimiento preventivo, ha permitido optimizar la confiabilidad operativa del helicóptero modelo EC-145 y Mi-17 de la Dirección de Aviación Policial, detallándose a continuación:

- La Constitución Política del Perú
- Convenio de Chicago sobre Aviación Civil Internacional
- Decreto Ley N° 27261 Ley de Aeronáutica Civil del Perú
- Decreto Legislativo N° 1267 – Ley de la Policía Nacional del Perú
- Resolución Directoral N° 600-84-GC-DIOPI, Creación de la Dirección de Aviación Policial.

Justificación Teórica

El presente trabajo de Investigación, comprende el Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo, que ha permitido obtener la confiabilidad operativa de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17, hace referencia al mantenimiento como un sistema. Se proporciona una breve descripción de las actividades de planeación, programación y control para dicho sistema de mantenimiento mediante el empleo de técnicas estadística y de optimización. Se hace énfasis en el empleo de técnicas cuantitativas para la operación, control, mejora de sistemas de mantenimiento.

Justificación Tecnológica

La Importancia de la tecnología se ha acentuado junto con la intensificación de los procesos de globalización de la producción. En ese

sentido, sentará las bases para la implementación de un sistema de mantenimiento computarizado para las aeronaves de la Dirección de aviación policial.

Justificación Económica

El modelo de gestión de mantenimiento preventivo, ha permitido optimizar la confiabilidad operativa del Helicóptero modelo MI-17 de manera eficaz y eficiente, a través de los siguientes beneficios:

- Optimización de recursos: disminuir los gastos de adquisición de repuestos, al aumentar la eficacia en la gestión de logística.
- Optimización de todos los costos del mantenimiento, logrando al mismo tiempo los objetivos fijados por la Dirección de Aviación Policial.

Justificación Social

El modelo de gestión de mantenimiento preventivo, ha permitido proporcionar seguridad, vigilancia y control aéreo policial a nivel nacional en cumplimiento de la función policial, así como, prestar apoyo a los órganos del Ministerio del Interior en las actividades de acción cívica.

Justificación Práctica

Haciendo uso de los diversos métodos y estrategias de mantenimiento considerados en el presente trabajo de investigación, se ha incrementado la confiabilidad operativa del Helicóptero modelo EC145 y Mi-17 de la Dirección de Aviación policial, reduciendo la cantidad de Aeronaves inoperativas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Los antecedentes de investigación evidencian el interés tanto en el ámbito nacional como internacional al estudio de las variables presentadas. Al respecto, Rojas (2010, p.2) señala que se refiere a los estudios previos y tesis de grado relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema de estudio. En este punto se deben señalar, además de los autores y el año en que se realizaron los estudios, los objetivos y principales hallazgos de los mismos. Aunque los antecedentes constituyen elementos teóricos, éstos pueden proceder a los objetivos, ya que su búsqueda es una de las primeras actividades que deba realizar el tesisista, lo que ha permitido precisar y delimitar el objeto de estudio y por consiguiente los propósitos de la investigación. Se ha podido establecer diversos antecedentes de investigación que guardan relación con el tema planteado. Los antecedentes que describen y ponen en práctica el modelo de gestión de mantenimiento preventivo, teniendo tres (03) actividades fundamentales, la planificación, la programación y el control de mantenimiento; asimismo la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) logrando optimizar la confiabilidad operativa del Helicóptero modelo EC145 y Mi-17.

Antecedentes internacionales

Enriquez, W. (2016) presentó el trabajo de investigación: “Manual para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento para los equipos principales de generación de energía eléctrica de la central Paute Molino de Celec EP Hidropaute”. Tesis para optar el título de Magister en Gestión de Mantenimiento, Cuenca-Ecuador.

Resumen

El punto de partida de la investigación, estará basado en el establecimiento de la metodología para determinar la criticidad de los

equipos (grupos de criticidad), luego de un análisis de las diferentes estrategias de mantenimiento (MBC, TPM, RCM) se establecerán los criterios básicos a considerar para definir la estrategia o conjunto de estrategias aplicables a cada grupo de criticidad, y finalmente la metodología establecida se aplicará a un sistema o equipo a manera de ejemplo.

Objetivo

Establecer un manual para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento para los equipos principales de generación de energía eléctrica de la Central Paute Molino de CELEC EP HIDROPAUTE.

Conclusiones

- No se puede implementar un modelo de gestión de mantenimiento sin antes haber establecido una jerarquización de los equipos en términos de criticidad.
- El análisis de criticidad se basa en el registro de fallas funcionales, por tanto, es necesario un registro confiable y con información suficiente para permitir la identificación de los modos de falla.
- El análisis de criticidad tiene su componente cualitativo y por lo tanto tiene cierta subjetividad, entonces se requiere la participación del personal de experiencia y conocimiento de las diferentes áreas.

Hurtado, C. (2015) presentó el trabajo de investigación: “Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de la ciudad de México”. Tesis para optar el grado académico de magister en ingeniería industrial, México.

Resumen

Para resolver el problema, se proponen una serie de filosofías y herramientas de calidad para que puedan ser adoptadas en las actividades cotidianas dentro de los diferentes sitios de intervención del personal, se realiza un análisis FODA para poder conocer los factores

internos y externos que interfieren en el ambiente y situación actual de la empresa, se propone una metodología de gestión de proyectos propuesta por el instituto para el manejo de proyectos (Project Management Institute) y la adecuación e implementación de los indicadores de fiabilidad y disponibilidad.

Objetivo

Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el Departamento de Alta tensión del sistema de transporte metro de la ciudad de México.

Conclusiones

Los elementos claves de éxito del mantenimiento son la calidad, la disponibilidad, la fiabilidad y el desempeño; los cuales se logran mediante la aplicación de herramientas y técnicas que indiquen qué hacer y cómo hacerlo en el mínimo tiempo (mantenibilidad), que se inicie lo antes posible (soportabilidad), al mínimo costo y con la calidad que aseguren las operaciones confiables de los equipos.

Villacrés, S. (2016) presentó el trabajo de investigación: “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa etapa EP”. Tesis para optar el grado académico de Maestro en gestión del mantenimiento industrial, Riobamba-Ecuador.

Resumen

En el trabajo de investigación se realiza un análisis de criticidad para determinar los equipos críticos a los cuales se aplicará la metodología RCM. Luego de haber determinado los equipos críticos, se procedió a realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF); para lo cual es necesario definir las funciones principales y secundarias; sus modos de falla, los efectos de falla y las causas potenciales. Luego de aplicar el plan resultante se obtuvo una reducción: 45% en la tasa de fallas, el 58 % horas

de parada y el 80% en costos por concepto de mantenimiento y alquiler de un camión hidrocleaner sustituto.

Objetivo

Desarrollar un plan de mantenimiento aplicándola metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de un vehículo de la flota de Hidrocleaners de la empresa ETAPA EP, para reducir la tasa de fallos.

Conclusiones

Previo al análisis de la aplicación de la metodología RCM, se determinaron los equipos críticos del vehículo hidrocleaner M654, resultado que existe un (1) solo equipo con riesgo alto, que es el chasis; tres (3) equipos con riesgo medio alto (Motor de combustión interna, Transmisión de potencia, Compresor de lóbulos); tres (3) equipos con riesgo medio bajo y dos (2) equipos con riesgo bajo.

En el proceso de aplicación de la metodología RCM, en base a los datos registrados en el software SisMaC y con la participación del personal taller automotriz se realizó el análisis de Modos de Fallo y Efecto (EMFE) de cinco (5) sistemas del vehículo hidrocleaner M654 (sistema de frenado, eléctrico, dirección, suspensión, hidráulico).

Antecedentes Nacionales

Palomares, D. (2015) presentó el estudio: "Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad "El Porvenir"". Tesis para optar el grado académico de Maestro en gerencia de mantenimiento, Lima.

Resumen:

El presente trabajo de investigación contempla el estudio y el uso efectivo de estrategias de mantenimiento propuesto por la metodología del

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) aplicado al sistema de izaje de la compañía minera Milpo, unidad “El Porvenir”.

Objetivo

Elaborar un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para aumentar el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) de los equipos que conforman el Sistema de Izaje Mineral.

Conclusiones

- La confiabilidad del Sistema de Izaje logró alcanzar el objetivo de incrementar el MTBF entre 100-120 horas sin fallas en el Sistema de Izaje y encontrando una frecuencia adecuada para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivos programados de los equipos.
- Luego de un año (2012) de aplicación del RCM se verificó que el costo de mantenimiento se redujo de \$33000 a \$22000 por mes.

Huari, N. (2017) presentó el trabajo de investigación: “Programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar”. Tesis para optar el grado académico de Magister en Gestión de Mantenimiento de sistemas energéticos, Huancayo.

Resumen

La investigación que se realizó es tecnológica y de nivel aplicado. Se encuentra dentro de la investigación de Energía Solar, con lo que se pretendió diseñar un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de un colector cilíndrico solar. Para ello se construyó un colector parabólico-cilíndrico y se simuló fallas y tiempos de fallas con ayuda de herramientas informáticas.

Objetivo

Diseñar un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de un colector parabólico cilíndrico solar.

Conclusiones

- Luego del proceso de investigación, la disponibilidad del colector parabólico cilíndrico solar mejoró de 92.21% a 94.71%.
- Al aplicar el programa de mantenimiento basado en RCM disminuyeron los riesgos y fallas reflejados en la mejora de la disponibilidad.

2.2 Bases teóricas

En este capítulo se presentan y analizan los diversos modelos de gestión de mantenimiento que hay en la actualidad, siendo en el ámbito organizacional una estrategia de competitividad. La competitividad está determinada por la productividad, definida como el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital y es función de la calidad de los productos y de la eficiencia productiva, es decir; la competitividad es la capacidad de una organización de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permiten alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico (Porter, 1999).

El grado de performance con que se realizan las actividades del sistema de mantenimiento determina el nivel de competitividad de una organización y su posibilidad de supervivencia, toda vez que afecta los costos, la calidad, la seguridad, el buen servicio y otros aspectos.

La eficiencia total es la combinación de los niveles de competitividad interna y externa de una organización y se refiere, por un lado, a la capacidad de una organización para lograr el máximo rendimiento de los recursos disponibles como personal, capital, materiales, ideas y los procesos de transformación. Es decir, es la expresión del esfuerzo constante de superación y mejoramiento continuo (Hill & Jones, 2011).

La estrategia de mantenimiento siempre está a la par de las evoluciones tecnológicas, lo que ha permitido incrementar significativamente el aprendizaje acerca del comportamiento degenerativo interno de los

equipos, así como los análisis probabilísticos de modos de fallas que hace unos años eran prácticamente desconocidos. Los continuos avances tecnológicos registrados en la última década han permitido el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico del estado de los equipos, potenciando el mantenimiento preventivo y correctivo y, a su vez, han permitido la evolución de las filosofías de gestión de mantenimiento basadas en la fiabilidad y la productividad integral del activo.

Los fundamentos teóricos son el sustento de la investigación e implica las teorías, los enfoques teóricos que se consideren válidos para el desarrollo adecuado del estudio de manera que esté dentro de patrones universales basados en los desarrollos científicos puros o sociales. Para desarrollar este marco conceptual es necesario exponer el conjunto de conceptos y definiciones que caracterizan a estas filosofías de gerencia y que le dan a cada una su propia línea estratégica y modelo de acción en función del logro de los objetivos, enmarcados dentro de la visión de calidad, costo y tiempo apropiado.

2.2.1 Gestión de mantenimiento

“La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo” (Mora, 2009, p. 3).

Según DUFFUAA (2007), “El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (García, 2003).

El mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

Por consiguiente, para la satisfacción de necesidades se deben reunir los aspectos de funcionalidad, prestaciones y condiciones operativas a fin de obtener una imagen completa del sistema que satisfaga la necesidad. De esta forma, aparece el concepto de funcionabilidad como mecanismo de unión de estos tres aspectos, definiéndolo como:

La capacidad inherente de un ítem para desempeñar una función requerida con unas prestaciones concretas, cuando es utilizado según se especifica.

A pesar de que un sistema sea funcionable al comienzo de su vida operativa, todo usuario es consciente de que, independientemente de la perfección del diseño de un sistema, de la tecnología de su producción o de los materiales empleados en su fabricación, durante su vida operativa se producirán unos cambios irreversibles.

Estos cambios son el resultado de procesos tales como: corrosión, abrasión, acumulación de deformaciones, distorsión, sobre calentamientos, fatiga, difusión de un material en otro, etc. A menudo, estos procesos se superponen e interactúan los unos con los otros, provocando un cambio en el sistema a consecuencia del cual se modificarán sus características de actuación. La desviación de esas características respecto a los valores especificados se considera un fallo del sistema.

Hay multitud de sistemas creados por el hombre cuya funcionabilidad debe ser conservada por el usuario a lo largo de su utilización. El proceso de mantenimiento se define como:

El conjunto de tareas de mantenimiento realizadas por el usuario para mantener la funcionabilidad del sistema durante su vida operativa.

Cuando se analiza un proceso de mantenimiento es imperativo considerar tanto los recursos como las restricciones, a fin de conseguir un óptimo control de unas operaciones tan complejas que tienen un gran impacto en la seguridad, fiabilidad, coste, prestigio y otras características decisivas para la conducción competitiva de las operaciones.

Según Gonzales (2002), “se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de cuatro generaciones” (p. 8).

Primera Generación

La primera Generación cubre el período que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquina no era de mayor importancia.

Segunda Generación

Ya en los años 50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas. La industria estaba empezando a depender de ellas. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos podían y deben ser prevenidas, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo.

En los años 60's, los esfuerzos se orientan a obtener la máxima eficiencia de las máquinas y el mantenimiento se focaliza en extender la vida útil de los equipos y el óptimo de utilización de la capacidad nominal (Bona, 1999).

Al principio la idea era simplemente que a medida que los elementos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la “mortalidad infantil” llevó a la Segunda Generación a creer en la curva de “bañera”.

Tercera Generación

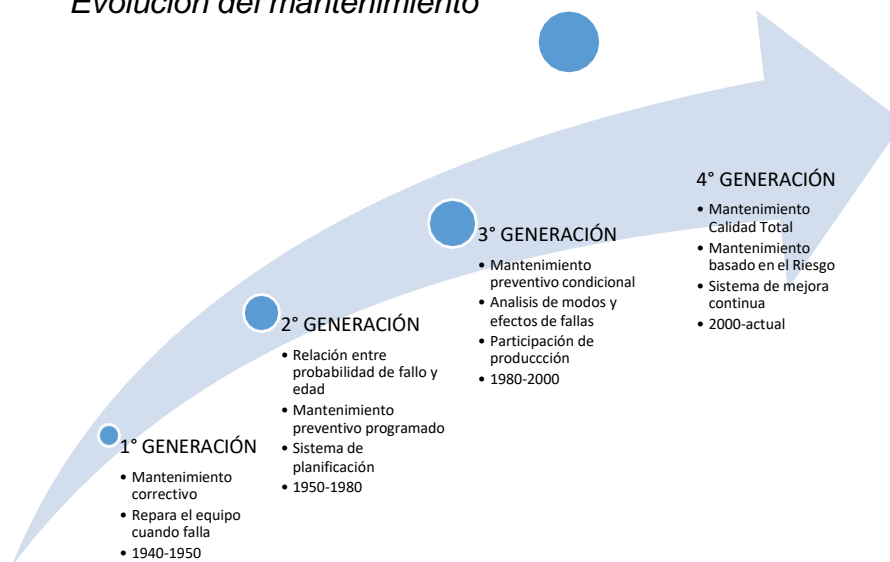
En la década de los 70's y 80's, nace en Japón, orientado a las nuevas filosofías de calidad total (círculos de calidad y gerencia de calidad total), el Mantenimiento Productivo Total (Cáceres, 2011), que se basa en cinco principios fundamentales:

- Incrementar la confiabilidad de los equipos buscando cero fallas (equipos libres de mantenimiento).
- Mantenimiento autónomo, basado en que el operador debe efectuar parte del mantenimiento.
- Prevención del mantenimiento, que implica equipos de trabajo entre las gerencias de ingeniería, proyectos y mantenimiento para prevenir fallas desde el diseño.
- Capacitación del personal centrado en formar mantenedores multi oficio y programas de motivación personal.
- Trabajo basado en pequeños grupos integrados por operadores y mantenedores en la búsqueda de la causa raíz de las fallas de los equipos.

Cuarta Generación

Aparece en los primeros años 90. El mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: “mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costes, es el mantenimiento basado en el riesgo (MBR)”.

Figura 1
Evolución del mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

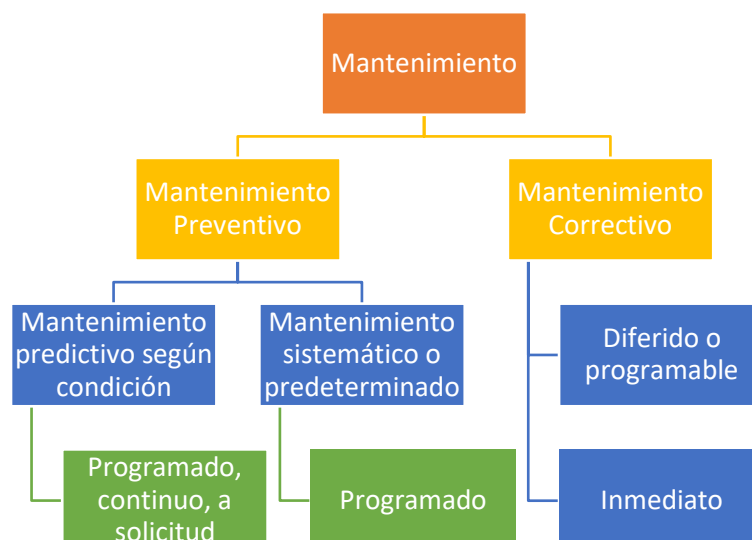
2.2.2 Tipos de mantenimiento

Según García (2003), “tradicionalmente, se han distinguido cinco (05) tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento hard time o cero horas, Mantenimiento en uso” (p.17).

La norma EN-13306 denominada “Terminología del Mantenimiento”, fue aprobada por el Comité CEN el 7 de marzo de 2001, y su contenido versa sobre las diversas definiciones existentes respecto a fallos, tipos de mantenimiento y estrategias y actividades de manteniendo.

Como se puede ver en la figura 2.5, el mantenimiento para el Comité Normalizador tiene únicamente dos subdivisiones: Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo. El mantenimiento preventivo a su vez, se subdivide en sólo dos tipos: mantenimiento basado en condición (o predictivo) y mantenimiento predeterminado (preventivo sistemático) y mantenimiento correctivo, o la conocida reparación de fallos, como segundo aspecto a resaltar, tiene dos subdivisiones a su vez a un nivel inferior: mantenimiento programable (o diferido) y mantenimiento inmediato (o urgente).

Figura 2
Tipos de mantenimiento según Norma EN-13306



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede ser definido como: las medidas que descubren el inicio de un mecanismo de degradación, permitiendo la eliminación o control de cualquier imperfecto antes de que ocurra cualquier empeoramiento significativo en el estado físico del componente. El mantenimiento predictivo está basado principalmente en la necesidad de mantenimiento de la condición real de la máquina antes que en algún programa surja (Padilla, 2014).

Este tipo de mantenimiento, tiene por finalidad prevenir la ocurrencia de fallos que aún no se han producido. Sus acciones son de dos (02) tipos principales:

Acciones de prevención de fallos incipientes detectados por inspección;

Acciones de rutina, como atenciones de lubricación, reapriete, reglaje, etc., de las partes que lo requieran y reposición de dispositivos susceptibles al desgaste a intervalos preestablecidos.

Tanto las inspecciones como las acciones de rutina se ajustan a un programa, por lo que al mantenimiento preventivo se le conoce también por mantenimiento programado. Esta técnica aplica la experiencia acumulada (estadística de fallos) a la identificación de un modelo de degradación con el fin de aplicar acciones específicas de mantenimiento y que el ítem vuelva a un nivel deseable de actuación.

El tiempo para efectuar el mantenimiento, T_p , se determina incluso antes de que el elemento haya comenzado a funcionar. A intervalos predeterminados de la vida en estado funcionable, se llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo específicas.

Este mantenimiento puede aplicarse a ítem que cumplan alguno de los siguientes requisitos:

Al realizar la tarea se reduce la probabilidad de fallos futuros.

- El coste total de aplicar este mantenimiento es sustancialmente menor que el de optar por el mantenimiento correctivo.
- La observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.
- Las tareas de mantenimiento preventivo se realizan para reducir la probabilidad de fallo del ítem o para maximizar el beneficio operativo.

Mantenimiento Correctivo

En el mantenimiento correctivo se reparan o sustituyen los dispositivos fallados a fin de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema considerado, por lo que también se conoce como mantenimiento por reparación; sus acciones tienen lugar sólo cuando se produce un fallo.

El mantenimiento correctivo se realiza para identificar o corregir un problema, es decir, reparar cuando algo falla. Consiste en actividades realizadas cuando se reacciona a una interrupción de un sistema, subsistema, o parte de un equipo o servicio (Cuero, 2012).

Este tipo de mantenimiento engloba varios tipos de gestiones correctivas, las cuales pueden ser:

- Mantenimiento de emergencia.
- Mantenimiento de rutina (parada y no parada).
- Trabajo menor. Este trabajo incluye las tareas que pueden llevar menos de una hora, no requieren partes y no hay ningún tipo de beneficio evidente para capturarlo en un historial.

Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales (personal técnico), a la ausencia de aplicación de técnicas de prevención o detección, a requerimientos de producción que generan políticas como la de “repara cuando falle”. Pero también pueden ser causadas por modos de falla asociadas al equipo. Dentro de las acciones correctivas de mantenimiento se pueden contemplar en dos tipos de enfoque:

- Acción paliativa o de campo: es la acción que se efectúa de manera rápida para restablecer la operatividad, es decir; se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.
- Acción curativa (de reparación): esta se encarga de reparar propiamente, para restablecer el funcionamiento y eliminando las causas que han provocado la falla.

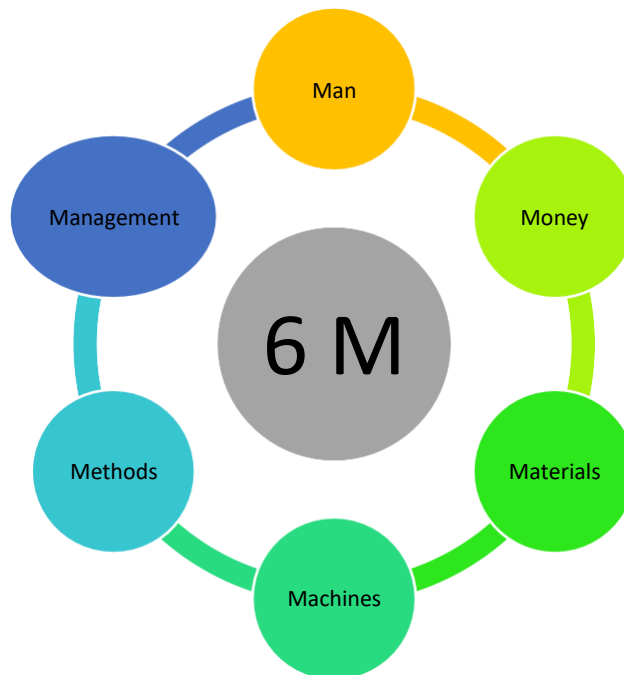
2.2.3 Indicadores del Mantenimiento

Análisis basado en ratios e indicadores

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

Figura 3

Indicadores de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Robert M. Williamson (1999) indica que la información debe ser la justa y para ello, aporta tres orientaciones:

- Los datos clave o indicadores deben referirse sólo a las áreas críticas, a los procesos básicos y a los equipos fundamentales. Elija por tanto aquellos imprescindibles; sólo los que él denomina KPIs (Key Performance Indicators)
- El personal debe ver cómo los datos e indicadores definidos se usan para mejorar los resultados y para hacer su trabajo más fácil y mejorable con el tiempo.
- Convertir los datos o indicadores en “datos o indicadores útiles”. Para ello, además de ser intrínsecamente válidos para los Gerentes de Mantenimiento, deben presentarse en formatos “fáciles de leer” y amigables.

Figura 4

Indicadores de mantenimiento básicos



Fuente: Elaboración propia

Indicadores de Mantenimiento Elaborados

Son aquellos que, normalmente interrelacionados dos ratios o valores, nos aportan una visión complementaria que evalúa diversos aspectos de la gestión de nuestro Departamento.

La confiabilidad: $C = \text{MTBF}/(\text{MTBF}+\text{MTTR})$

La disponibilidad: $D = \text{MTTF}/(\text{MTTF}+\text{MTTR})$

Donde:

MTBF (Mean Time Between Failures): Es el Tiempo promedio entre Fallas (no confundir con el MTTF (Tiempo promedio para fallar))

MTTR (Mean Time To Repair): Es el Tiempo Promedio para Reparar

MTTF: Tiempo promedio para fallar (MTTF)

Mantenibilidad es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o

componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados.

La ecuación clásica de la Mantenibilidad es:

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)}$$

Cuando μ o ratio de reparación es constante.

El MTTR (Mean Time To Repair) es el tiempo promedio para reparar un componente cuando éste falla.

Podemos definir el ratio de reparación (μ) en función del MTTR como: $\mu = 1/\text{MTTR}$

Podemos concluir entonces que la confiabilidad ideal es 100% pero en la práctica los equipos fallan y cuando fallan la Mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido para

realizar las actividades de Mantenimiento necesarias para que el equipo ingrese nuevamente en operación.

Indicadores de Gestión

Es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas.

Para intentar clarificarlos según la información que podemos obtener de cada uno de ellos, y más concretamente de sus variaciones y curvas de tendencia, se han distribuido según el aspecto que valoran.

Tabla 1
Indicadores de gestión

INDICADOR DE GESTIÓN	ASPECTO VALORADO
A1,A2,A3,A4	Eficiencia global del Departamento
B1,B2,B3,B4	Avance tecnológico y utilización de recursos
C1,C2,C3,C4	Gestión económica
D1,D2,D3,D4	Calidad y desarrollo recursos humanos

2.2.4 Modelo de gestión de mantenimiento

Se llama así a un modelo dinámico, secuencial y trabaja en bucle cerrado y determina en forma precisa la lista de acciones a llevarse en el proceso de gestión con el fin de asegurar la eficiencia, eficacia y la mejora continua del mismo. Además, tiene inmerso el concepto de ciclo de mejora continua, por lo que se pueden citar algunos modelos de gestión:

Gestión por resultados

Esta gestión de mantenimiento se basada en resultados se basa en las metas y objetivos de la organización, que deben estar de acuerdo con la planificación estratégica. La idea de este modelo de gestión es involucrar

a gerencia y colaboradores en la definición y búsqueda de resultados previamente establecidos.

Gestión democrática

En la gestión democrática de mantenimiento, los empleados participan en los procesos de toma de decisiones y participan activamente en la definición de estrategias.

Gestión basada en procesos

La gestión de procesos se centra en la mejora constante de los procesos organizacionales. La empresa que adopta este modelo busca monitorear y evaluar el desempeño de los procesos y estandarizarlos, además de identificar e implementar siempre las mejores prácticas.

Gestión centralizada

Si en el modelo anterior se compartía el poder de decisión, aquí la decisión se concentra en la figura del líder.

2.2.5 Metodologías de Gestión de Mantenimiento

Con el constante avance de la tecnología, han surgido innumerables modelos de gestión del mantenimiento, todos ellos orientados a eliminar o minimizar las consecuencias de las fallas y por ende mejorar la productividad y la competitividad. Consisten en aplicar en el área de mantenimiento la excelencia gerencial y empresarial como práctica gerencial sistémica e integral que busque el mejoramiento constante de los resultados, utilizando todos los recursos disponibles al menor costo. Dentro de las metodologías de gestión del mantenimiento se pueden citar:

- Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC).
- Mantenimiento basado en costos.
- Mantenimiento basado en riesgos.
- Mantenimiento productivo total (TPM).
- Mantenimiento de clase mundial (MCM).

2.3 Conceptual

2.3.1 Sistema de Mantenimiento

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común.

Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, refacciones, equipos, etc., y la salida es equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planeada. Esto nos permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas de un sistema de mantenimiento.

Planificación de Mantenimiento

La planeación es el proceso mediante el cual se determina los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento que se inicie el trabajo.

La planeación a largo plazo de la capacidad de mantenimiento implica determinar los recursos de mantenimiento necesarios para satisfacer la carga de mantenimiento a fin de alcanzar los objetivos de la organización como disponibilidad, confiabilidad, tasas de calidad y fechas de entrega. Un elemento esencial en la planeación de la capacidad es la determinación de las habilidades de los trabajadores, el número exacto de los diversos tipos de trabajadores. La asignación óptima de los recursos de mantenimiento para satisfacer una carga de trabajo aleatoria y variable es un problema complejo y desafiante. Las técnicas de planeación de la carga desempeñan funciones muy importantes en el manejo de este complejo problema.

La planificación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planificación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición

de compras, los planos, la hoja de planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

Programación de Mantenimiento

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo. Un programa confiable debe tomar en consideración lo siguiente:

- Una clasificación de prioridades de trabajos que refleje la urgencia y el grado crítico del trabajo.
- Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (si no hay orden de trabajo no debe programarse)
- EL programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones
- Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá, y no lo que el programador desea.
- Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento, el programa se revisa y actualiza con frecuencia).

El programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte: 1) el programa a largo plazo o maestro, que cubre un periodo de 3 meses a 1 año; 2) el programa semanal que cubre 1 semana; y 3) el programa diario que cubre el trabajo que debe completarse cada día.

Elementos de una programación acertada

La planeación del trabajo de mantenimiento es un requisito previo de su programación correcta: En todos los tipos de trabajo de mantenimiento, los siguientes requerimientos son necesarios para una programación eficaz:

- Órdenes de trabajo escritas que se derivan de un proceso de planeación bien concebido. Las órdenes de trabajo deberán explicar con precisión el trabajo que se va a realizar, los métodos a seguir, los técnicos por especialidad necesarios, las refacciones que se necesitan y la prioridad.
- Estándares de tiempo que se basan en las técnicas de medición del trabajo.
- Información acerca de la disponibilidad de técnicos por especialidad para cada turno.
- Existencias de refacciones e información para su reabastecimiento.
- Información sobre la disponibilidad de equipo y herramientas especiales, necesarios para el trabajo de mantenimiento.
- Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento. Estas prioridades deben desarrollarse con una estrecha coordinación entre mantenimiento y producción.
- Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento. Estas prioridades deben desarrollarse con una estrecha coordinación entre mantenimiento y producción.
- Información acerca de los trabajos ya programados pero que se han atrasado con respecto al programa (trabajos pendientes)

El procedimiento de programación deberá incluir los siguientes pasos:

- Clasificar las ordenes de trabajo pendientes por especialidad.
- Ordenar las ordenes por prioridad.
- Compilar una lista de trabajos completados y restantes.
- Considerar la duración de los trabajos, su ubicación, distancia de traslado y la posibilidad de combinar trabajos en la misma área.
- Programar trabajos de oficios múltiples para iniciarlos al comienzo de cada turno.
- Emitir un programa diario.
- Autorizar a un supervisor para que se les asigne los trabajos.

En caso de trabajos grandes o proyectos de mantenimiento, especialmente de los trabajos de mantenimiento con paros generales, el programador puede utilizar las técnicas cuantitativas disponibles para generar el programa y equilibrar los requerimientos de mano de obra. Estas técnicas incluyen el método de la ruta crítica (CPM), la técnica para evaluación y revisión de programas (PERT).

Operación y Control de Mantenimiento

El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia. Un sistema eficaz de operación y control debe incorporar todas las siguientes características:

- Demanda de mantenimiento (es decir, qué trabajo tiene que hacerse y cuándo)
- Recursos de mantenimiento (es decir, quién hará el trabajo y qué materiales y herramientas son necesarias)
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo)
- Normas de rendimiento y calidad (es decir, cuánto tiempo se requiere para hacer un trabajo y las especificaciones aceptables)
- Retroalimentación, monitoreo y control (es decir, el sistema debe generar información y reportes para el control del costo de calidad, también es esencial un mecanismo de recopilación de datos y un seguimiento regular para la retroalimentación y el control).

El sistema de órdenes de trabajo es el vehículo para planear y controlar el trabajo de mantenimiento. También proporciona la información necesaria para vigilar e informar sobre el trabajo de mantenimiento. Una meta clara y procedimientos específicos son esenciales para la implantación del sistema de órdenes de trabajo y el control de las actividades de mantenimiento.

Registro de la historia del equipo

El archivo de historia del equipo es un documento en el que se registra información acerca de todo el trabajo realizado en un equipo. Contiene información acerca de todas las reparaciones realizadas, el tiempo muerto, el costo de las reparaciones y las especificaciones del mantenimiento planeado. Es necesario registrar lo siguiente:

- Especificaciones y ubicación del equipo
- Inspecciones, reparaciones, servicio y ajustes realizados, y las descomposturas y fallas con sus causas y las acciones correctivas emprendidas.
- Trabajo realizado en el equipo, componentes reparados o reemplazados, condición de desgaste o rotura, erosión, corrosión, etc.
- Mediciones o lecturas tomadas, tolerancia, resultados de inspecciones.
- Hora de la falla y tiempo consumido en llevar a cabo las reparaciones.

2.3.2 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Definición de Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo o elemento desempeñe la función específica para el cual está destinado para el cual fue adquirido, de acuerdo con las condiciones de operación, en un intervalo de tiempo específico.

Historia del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Según la norma SAE JA 1011 (SAE: JA1011, 1999), el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, (MCC) o en inglés RCM (Reliability Centred Maintenance); fue desarrollado con el objetivo de mejorar la seguridad y la confiabilidad de los equipos de la industria de la aviación.

Fue documentado por primera vez en 1978, escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de U.S. en 1978. A lo largo de los años, ha sido empleado en diferentes áreas de trabajo

con el propósito de formular estrategias de mantenimiento de activos físicos, en casi todos los países industrializados.

En la actualidad, existen normas como la SAE JA 1011 y SAE JA 1012 en las que se describen los criterios mínimos que debe cumplir un proceso para que sea considerado como RCM. Aunque la misma norma SAE JA 1011, indica que no intenta definir un proceso específico; la norma SAE JA 1012, es una Guía que amplifica, y donde se realizan aclaraciones a conceptos y términos clave, especialmente las que son exclusivas de RCM (SAE: JA1012, 2002).

Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Todo procedimiento para el desarrollo de la metodología RCM, debe responder a las siete preguntas que ha definido RCM, es obligatorio seguir el orden que plantea la norma (SAE: JA1011, 1999), en la tabla de contenido N° 2.1, se indican las preguntas y el orden:

Tabla 2
Siete preguntas básicas del RCM

N° de pregunta	Descripción de la pregunta	Requisito
1	¿Cuáles con las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto?	Funciones
2	¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?	Fallos funcionales
3	¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?	Modos de fallo
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?	Efectos de fallo
5	¿De qué manera afecta cada fallo?	Consecuencias
6	¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallo?	Tareas proactivas y frecuencias de ejecución
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva	Acciones predeterminadas

Un fallo es definido como “la incapacidad de un bien de cumplir con las funciones que el usuario espera realice” (Moubray, 1997), por tal razón

lo primero que se debe realizar en el proceso de la aplicación de la metodología RCM, es definir las funciones del activo, éstas indicarán cuándo se ha producido un fallo.

Las funciones

Para responder a la primera pregunta que plantea la metodología RCM; se deben definir las funciones de un activo, según la norma SAE: JA1011,1999; una función es lo que el usuario desea que el activo haga.

Tabla 3
Funciones de un activo

Funciones de un activo
Definir el contexto operacional de un activo.
Identificar todas las funciones del activo/sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).
Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño.
Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo/sistema en su contexto operacional.

Contexto operacional: Para aplicar la metodología RCM, se debe primeramente definir el contexto operacional del activo que vamos a analizar, esto es definir por parte del usuario qué se desea que el activo haga, sin sobrepasar las características de diseño del mismo, pero considerando el ámbito en el que se desempeña el equipo.

Los fallos funcionales

El fallo funcional es el incumplimiento a la función requerida, así lo indica la literatura al afirmar que “Una falla funcional se define como la incapacidad de todo bien de cumplir una función a un nivel de desempeño aceptable por el usuario” (Moubray, 1997). En el caso que el activo siga funcionando, pero si no cumple con el desempeño deseado, ya se considera un fallo funcional (UNE 20812, 1995).

Los modos de fallo

Cuando ha ocurrido un fallo funcional, lo que se debe hacer es identificar qué es lo que causa este fallo funcional, a la causa se le llama modo de fallo y es definido como “cualquier suceso que cause una falla funcional” (Moubray, 1997).

Tabla 4

Modos de falla de un activo

Modos de fallo
Identificar los modos de falla “probables” que puedan causar cada falla funcional.
El método utilizado para decidir que constituye un modo de falla “probable” debe ser aceptado por el dueño o usuario del activo
Identificar los modos de falla en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas apropiada.
Las listas de los modos de falla deben incluir los modos de falla que han ocurrido antes, los modos de falla que están siendo prevenidos actualmente por la existencia de programas de mantenimiento, y los modos de falla que no han ocurrido aún pero que se piensan probables (creíbles) en el contexto operacional. Las listas de los modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores (a menos que el error humano esté siendo activamente dirigido por un proceso analítico aparte del RCM).

Los efectos de fallo

Una vez que se han identificado los modos de fallo, se debe describir qué sucede cuando se presentan los modos de fallo. Un efecto del fallo, no debe ser confundido con las consecuencias de un fallo. El efecto del fallo responde a la pregunta, ¿qué sucede cuando se presenta el modo de fallo?, mientras que las consecuencias se refieren a los efectos que el modo de fallo tiene en áreas como: operativa, económica, seguridad y medio ambiente (Moubray, 1997).

Tabla 5
Efectos de falla de un activo

Efectos de fallo
<p>Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.</p> <p>Los efectos de falla deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de la falla, tales como:</p> <p>a. ¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?</p> <p>b. ¿Qué hace (si ocurre algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?</p> <p>c. ¿Qué hace (si hace algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?</p> <p>d. ¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla? e. ¿Qué (si existe algo) debe ser hecho para restaurar la función del sistema después de la falla?</p>

Para realizar la recolección de información, la metodología RCM ha desarrollado una hoja informativa, en el que se presente un resumen de las funciones, fallos funcionales, modos de fallo, efectos y consecuencias.

La hoja de información permite, establecer un código para la función y lo que de ello se deriva, por ejemplo: el código 1A1, se refiere a la función número 1; A, se refiere al fallo funcional A de la función 1 y el tercer dígito, se refiere al modo de fallo 1 del fallo funcional A.

Tabla 6
Hoja de información RCM

Hoja de Información RCM		Área		Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°	
		Sistema		Subsistema N°	Auditor:	Fecha:	de	
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla		
1	A			1				
				2				
				:				
				n				
	B				1			
					2			
					:			
					n			

Las consecuencias del fallo

Las consecuencias de cada modo de fallo responden a la pregunta ¿De qué manera afecta cada fallo?, entonces las consecuencias son determinantes para el usuario o dueño para catalogar si los fallos son importantes o no.

Será necesario evaluar dos aspectos:

1. Si vale la pena realizar actividades proactivas para reducir las consecuencias: Si fuese posible reducir los efectos de un fallo, en lo relacionado a su frecuencia de ocurrencia y severidad, consecuentemente se podrán reducir las consecuencias, especialmente cuando se refiera a consecuencias graves para la seguridad humana, ambiental o económica. Existe la posibilidad que las consecuencias que se deriven de un fallo sean insignificantes; en tal caso la mejor estrategia será un mantenimiento correctivo, dejar que el fallo ocurra para luego realizar las correcciones (Moubray, 1997).
2. Si las actividades proactivas son técnicamente posibles de realizar: Se debe investigar si físicamente es posible aplicar una tarea proactiva que reduzca la consecuencia de los fallos a un grado que sea aceptable por el usuario o dueño del bien.

Las consecuencias deben ser formalmente categorizadas como sigue (SAE: JA1011, 1999):

- Consecuencias provocadas por modos de fallo ocultos y modos de fallo evidentes.
- Consecuencias que tengan afecto sobre la seguridad y/o el ambiente, debe ser distinguidas de los que sólo tengan consecuencias económicas (consecuencias operacionales y no operacionales).
- La valoración de las consecuencias de falla se debe llevar a cabo como si ninguna tarea específica se esté llevando a cabo actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla.

Funciones evidentes y consecuencias de un fallo

Según Moubray, una función evidente “es aquella cuya falla es inevitablemente evidente por sí misma para los operarios bajo circunstancias normales”.

La literatura clasifica en tres categorías a las funciones evidentes, su grado de importancia va en orden descendente (MOUBRAY, 1997; SAE: JA101, 1999):

Consecuencias a la seguridad humana y medioambiente: Se dice que un fallo tiene consecuencias de seguridad humana, cuando el fallo puede dañar o terminar con una vida. Mientras que las consecuencias en el área medioambiental, podrán ser verificadas si el fallo pudiera llevar a una violación de cualquier norma medioambiental corporativa, regional o nacional.

1. Consecuencias Operativas: Las consecuencias operativas se encuentran en segundo lugar en grado de importancia. Se afirmará que un fallo tiene consecuencias operativas, si afecta la producción o las operaciones (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente, o costos operativos, además del costo directo de reparación).
2. Consecuencias no operativas: Un fallo de esta categoría no afecta ni a la seguridad, ni a la producción, implica únicamente costos directos de reparación.

Funciones ocultas

Según J. Moubray, una función oculta “es aquella cuya falla no será evidente a los operarios bajo circunstancias normales si esta se presenta por sí misma”, generalmente el fallo será evidente cuando ocurre otro fallo, que evidenciará la función oculta, al presentar un fallo asociado a esta función. Este tipo de función está ligado a equipos de protección que se ponen funcionamiento que existe un fallo en el equipo al que protege (Moubray, 1997).

Los equipos de protección, generalmente son empleados para:

- Alertar a los operadores de condiciones anormales del equipo protegido.
- Apagar el equipo en caso de fallo.
- Eliminar o aliviar las condiciones anormales que siguen a un fallo y que podrían causar daños más serios.
- Reemplazar una función que fallo.
- Prevenir la aparición de situaciones de peligro.

Selección de las políticas de manejo de fallas

Una vez que se han identificado las funciones, modos de fallo y efectos; así como las consecuencias de un fallo, el procedimiento continúa con la selección de la política de manejo de fallas, para lo cual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos (SAE: JA1011, 1999):

- La probabilidad condicional de algunos modos de fallo del equipo se incrementará con el tiempo (o con la exposición al esfuerzo),
- La probabilidad condicional de que otros modos de fallo del equipo no cambiará con el tiempo
- La probabilidad condicional de que otros modos de fallo del equipo tampoco decrecerá con el tiempo.
- Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles, es decir que sean aplicables al equipo y que valgan la pena hacerlas, es decir que sean efectivas en tratar la causa del fallo.
- Si dos o más políticas de manejo de fallas propuestas son técnicamente aplicables y efectivas, se deberá optar por la selección de la política que sea mejor costo- efectiva.
- La selección de las políticas de manejo de fallas debe llevarse a cabo como si ninguna tarea específica estuviese realizándose actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla del equipo.

Política de manejo de fallas – Tareas programadas

Todas las tareas programadas deben cumplir con los siguientes criterios (SAE: JA1011,1999):

Cuando la consecuencia de un modo de fallo tiene efectos sobre la seguridad o el medio ambiente, se debe plantear una tarea que reduzca la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo hasta un nivel aceptable para el dueño o usuario del activo.

- Cuando las consecuencias de un modo de fallo que se ocasione un modo de fallo múltiple asociado provocado por un fallo oculto afecta a la seguridad y medio ambiente, se debe plantear una tarea que reduzca la probabilidad de ocurrencia a un nivel que se disminuya la probabilidad de ocurrencia del fallo múltiple asociado, a un nivel que se ha tolerable para el dueño y el usuario.
- Para los modos de fallo que no tengan consecuencias en la seguridad y medio ambiente, se debe verificar que los costos de la tarea que se propone, sea menor que los costos directos o indirectos del modo de fallo, calculados en periodos comparables de tiempo, en caso de ser así la tarea es aplicable.
- Para el caso en el que no se produzcan consecuencias para la seguridad y medio ambiente, en presencia de un modo de fallo oculto que genere un fallo múltiple asociado; los costos directos o indirectos de las tareas que se planteen deben ser menores que los costos directos e indirectos de una falla múltiple más los costos de reparación del fallo oculto, calculado en un periodo de tiempo que sea comparable.

Manejo de fallas – Cambios una vez y operar hasta fallar

La aplicación de tareas programadas, no siempre son las más efectivas; por lo que otro tipo de tareas que se pueden adoptar dentro de la política de fallo, es el cambio del sistema o equipo, este tipo de estrategia debe contemplar los siguientes criterios (SAE: JA1011, 1999):

- En los casos donde la falla es oculta, y la falla múltiple asociada tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, es mandatorio cambios una vez que reduzcan la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable para el dueño o usuario del activo.
- En los casos donde el modo de falla es evidente y tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, es mandatorio cambios una vez que reduzcan la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable para el dueño o usuario del activo.
- En casos donde el modo de falla es oculto y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias en la seguridad ni en el ambiente, cualquier cambio una vez debe ser costo-efectivo en opinión del dueño o usuario del activo.
- En casos donde el modo de falla es evidente y no tiene consecuencias en la seguridad ni en el ambiente, cualquier cambio una vez debe ser costo-efectivo en opinión del dueño o usuario del activo.

Otra manera que se considera para el manejo de fallo es “operar hasta fallar”, esta política debe aplicarse cuando satisfaga los criterios apropiados como sigue:

- Para el caso, en donde el fallo es oculta y no exista ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni el ambiente, entonces se operará hasta que el equipo o sistema falle.
- En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente, entonces se operará hasta que el sistema o equipo falle.

Un programa de vida

Una vez que se ha implementado la metodología RCM, en cualquier tipo de infraestructura, se deberá realizar revisiones periódicas, debido a que (SAE: JA1011, 1999):

- En la mayoría de casos, la información que inicialmente se emplea para la aplicación de la metodología RCM, es imprecisa; una vez que se inicia con el proceso y se continúa en él, será posible disponer de datos más precisos al transcurrir el tiempo.
- La aplicación de la metodología RCM, se realiza inicialmente con determinadas expectativas en cuanto a funcionamiento y desempeño de un sistema o equipo, esto puede cambiar al transcurrir el tiempo; así como la manera en la que es operado el equipo.
- La evolución que la tecnología de mantenimiento es constante a través del tiempo.

Por estas razones la metodología RCM, debe ser frecuentemente sometida a revisión, las decisiones que se han tomado, así como los documentos de sustento de las políticas de manejo de fallos.

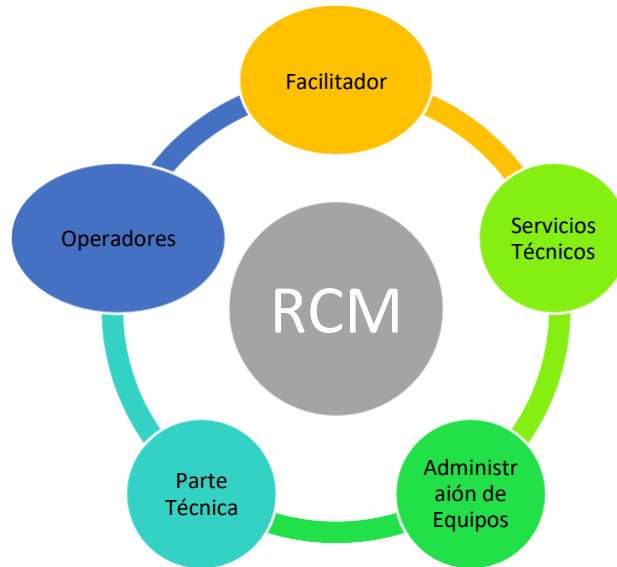
El grupo de trabajo como componente del RCM

Parte de la metodología RCM, indica la conformación de grupo trabajo, quienes generalmente lo forman, son las personas que conocen los sistemas, que incluye a personal de mantenimiento y operaciones o producción, quienes son capaces de responder a las siete preguntas que plantea el RCM, con entrenamiento sobre lo que se desea lograr, al responder cada pregunta.

El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones, según lo indica (Moubray, 2000).

La conformación típica de un grupo de revisión RCM se muestra en la imagen N°2.5

Figura 5
Grupo de revisión RCM



Tasa de Fallos

Todos los equipos en algún momento, presentan fallos; entendiéndose como un fallo al “cese en la capacidad de un elemento para desarrollar una función requerida” (UNE-EN 13306, 2002). El número de fallos puede ser evaluado a través de un indicador, que se obtiene matemáticamente relacionando el número de fallos y un tiempo de operación determinado del equipo.

$$\lambda = \frac{Tf}{Tp}$$

En donde:

λ : Tasa de fallos (fallos/horas)

Tf: números de fallos totales en el periodo de análisis

Tp: periodo analizado

Análisis de criticidad de los equipos

Un análisis de criticidad es una metodología, que puede ser cualitativa o cuantitativa; que se emplea para identificar una jerarquía de criticidad de instalaciones, sistemas, equipos, etc.

La evaluación se realiza a través de la estimación de la ocurrencia de fallas de un periodo de tiempo determinado, y la evaluación del impacto del fallo en el área operativa, económica, de seguridad humana y medio ambiente. La determinación de una jerarquía de criticidad de los sistemas, equipos, etc. servirá como un instrumento para la toma de decisiones, así como para el direccionamiento del esfuerzo y los recursos (AGUERO Y CALIXTO, 2007).

Una vez que se han definido la frecuencia de fallo y el grado de impacto que presente en las diferentes áreas de interés que se analizan, se determina el grado de criticidad a través de la siguiente expresión matemática:

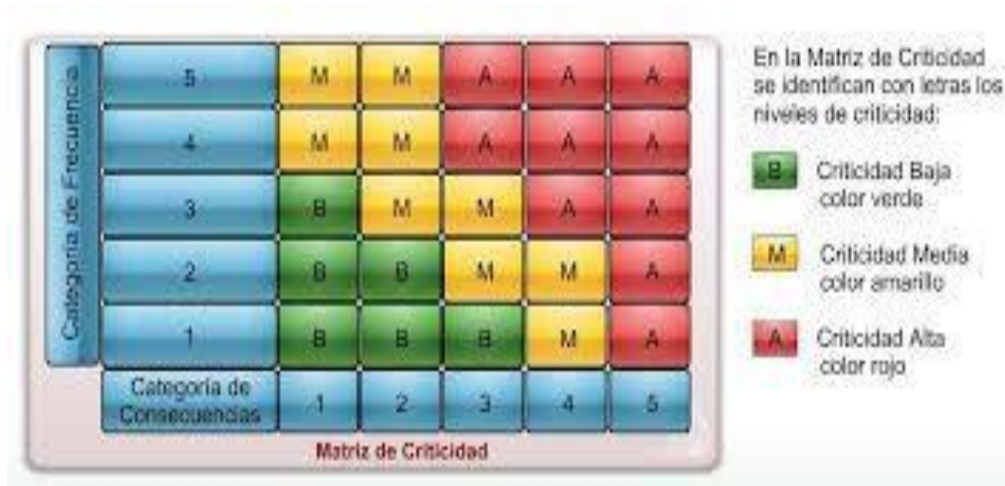
Tabla 7
Criterio para determinar la criticidad

ITEM	N° INTERNO	SERIE	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	EVALUACIÓN
1	PNP 127	9616	5	3	15
2	PNP 128	9619	1	2	2
3	PNP 129	9623	4	4	16
4	PNP 130	9612	1	1	1
5	PNP 131	9645	1	3	3
6	PNP 501	96019	3	1	3
7	PNP 502	96021	3	3	9
8	PNP 503	96024	3	2	6
9	PNP 505	96028	5	4	20
10	PNP 506	96069	1	4	4
11	PNP 508	95615	5	5	25

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencia

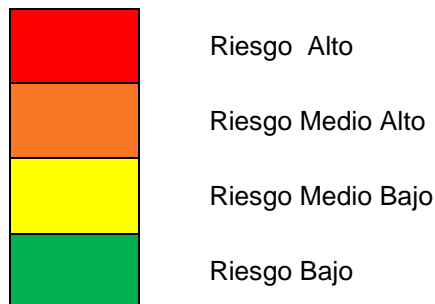
Una vez que se obtiene el valor total de criticidad, se determina el grado de criticidad de elementos analizados, a través de la matriz que se indica en la figura 6.

Figura 6
Matriz de criticidad



La matriz de criticidad, se expresa una gama de colores que representa un grado de criticidad:

Figura 7
Grado de criticidad



2.4 Definición de términos básicos

Activo: Plantas, maquinas, propiedades, edificios, vehículos y otros elementos que tengan un valor específico para la organización.

Adquisición: Acción de adquirir una determinada cosa.

Aeronave: Cualquier vehículo capaz de transitar con autonomía en el espacio aéreo con personas, carga o correo.

Autoridad Aeronáutica: La Secretaría de comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Ciclo de vida: Es el intervalo de tiempo que comienza con la identificación de la necesidad de un activo y termina con la puesta fuera de servicio del activo o de cualquier responsabilidad asociada.

Componente: Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física, que, conjugado a otro (s) crea (n) el potencial de realizar un trabajo.

Confiabilidad: Probabilidad de que una unidad de producto se desempeñe satisfactoriamente cumpliendo con su función durante un período de tiempo diseñado y bajo condiciones previamente especificadas.

Contratación: Es la concreción de un contrato a un individuo a través de la cual se conviene, acuerda, entre las partes intervinientes, generalmente empleador y empleado, la realización de un determinado trabajo o actividad a cambio de la cual el contratado percibirá una suma de dinero estipulada en la negociación de las condiciones o cualquier otro tipo de compensación negociada.

Correctivo: Que corrige o atenúa una falta, un defecto o un problema, o es útil para ello.

Directiva: Disposición, generalmente establecida por un organismo, que han de cumplir todos sus miembros.

Diseño de Tipo: Descripción de todas las características de un producto aeronáutico, incluidos su diseño, fabricación, limitaciones e instrucciones sobre mantenimiento de la aeronavegabilidad, las cuales determinan sus condiciones de aeronavegabilidad.

Disponibilidad: Es la probabilidad de que un producto funcione normalmente en cualquier momento del tiempo, cuando es operado bajo condiciones específicas.

Equipo: Conjunto de componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

Equipo/herramienta especial: Equipo/herramienta que se utiliza para una marca y modelo o modelos de aeronave o componente determinado.

Estado: Comunidad social con una organización política común y un territorio y órganos de gobierno propios que es soberana e independiente políticamente de otras comunidades.

Falla: Evento que ocurre sobre un producto o proceso que hace que éste salga abrupta o paulatinamente fuera de servicio, provocando toda clase de acciones improductivas que se reflejan en el costo y en el comportamiento productivo del sistema.

Gestión: Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa.

Gestión de Activos: Consiste en la optimización del ciclo de vida de un activo para ofrecer el rendimiento específico por el fabricante de una manera segura, socialmente beneficiosa y ambientalmente responsable.

Gestión del Mantenimiento: Garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando rupturas en el proceso por averías de máquinas y equipos.

Información Técnica: Toda la información requerida para la actividad aeronáutica sobre diseño, fabricación, armado, mantenimiento, capacitación y operación.

Logístico: Conjunto de los medios necesarios para llevar a cabo un fin determinado de un proceso complicado.

Mantenimiento: Cualquier acción o combinación de acciones de inspección, reparación, alteración o corrección de fallas o daños de una aeronave, componente o accesorio.

Métodos: Son los medios usados para el desarrollo ordenado de las tareas de un sistema, o sea, las normas, procedimientos e informaciones disponibles en la organización.

Operatividad: Capacidad para realizar una función.

Oportuno: Que sucede o se realiza en unas circunstancias o un momento bueno para producir el efecto deseado.

Orden de trabajo: Una instrucción por escrito que especifica el trabajo que debe realizarse, incluyendo detalles sobre refacciones, requerimientos de personal, etc.

Preventivo: Que previene un mal o un peligro o sirve para prevenirlo.

Pieza: Todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo. Es la parte del equipo donde, de una manera general, serán desarrollados los cambios y eventualmente, en casos más específicos, las reparaciones.

Procedimiento: Método o modo de tramitar o ejecutar una cosa

Proceso: Formados por un conjunto de tareas ejecutadas de manera ordenada.

Programa de Mantenimiento: es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos.

Razón de falla: Es la razón de cambio del número de unidades que han fallado en una prueba de laboratorio o de campo sobre el número de unidades que han sobrevivido a esa prueba en un cierto período de tiempo.

Reparación: El restablecimiento de un equipo y restablecimiento del equipo, o una parte importante del mismo, a una condición aceptable.

Renovación: Trabajo extenso con la intención de que el equipo alcance condiciones funcionales aceptables, que frecuentemente implica mejoras.

Sistema: Conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): Es el tiempo medio transcurrido entre fallas sucesivas de un producto reparable. Sea que existe un periodo de tiempo en el cual el producto o pieza fallada es reparada. Se busca en estos casos desarrollar metodologías que agilicen el tiempo de reparación.

Tiempo medio de falla (MTTF): Es el tiempo medio transcurrido para la falla de un producto o pieza no reparable.

Tiempo medio de primera falla (MTFF): Es el tiempo medio transcurrido para la primera falla de un producto reparable

Vida útil: Es el período en que una unidad de producto funciona como una razón de falla que se considera aceptable por el cliente.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis general

Si la DIRAVPOL, en sus actividades de mantenimiento aplicará el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa del helicóptero modelo EC145 y Mi-17, entonces la cantidad de aeronaves inoperativas disminuirán significativamente.

Hipótesis Especifica

- Existe una diferencia significativa en la criticidad de los Helicópteros modelo EC-145 Y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
- Existe una diferencia significativa entre la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
- Identificando las fallas funcionales de los equipos críticos de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 optimiza la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.

3.2 Definición de variables

Gestión de Mantenimiento Preventivo.

La gestión de mantenimiento puede ser definida como "la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento.

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras

cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

La gestión de mantenimiento tiene como finalidad conservar o restituir los equipos de producción a unas condiciones que les permitan cumplir con la función requerida, utilizando una serie de métodos y técnicas específicas para la resolución de problemas muy concretos, ligados por completo al proceso de toma de decisiones en mantenimiento. La gestión de mantenimiento se aplica a toda parte, componente, unidad funcional, equipo o sistema que pueda considerarse individualmente. Estos sistemas requieren hoy en día unos altos niveles de eficacia para ser competitivos; es decir, deben mantener una determinada capacidad durante un periodo de tiempo en que se programa su funcionamiento.

Confiabilidad operativa

La confiabilidad es la probabilidad de que un equipo o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo promedio de Fallas, es decir intervalos de tiempos entre una falla y otra.

La Confiabilidad Operativa se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la producción industrial.

Es un proceso específico utilizado para identificar las políticas que deben ser implementadas para el manejo de los modos de falla que pueden causar una falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operacional dado.

3.2.1 Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODO	TÉCNICA
Variable independiente, Gestión de mantenimiento preventivo	Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad • Disponibilidad • Mantenibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • RCM 	<ul style="list-style-type: none"> • AMEF • Análisis de criticidad
	Gestión de planificación de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación • Programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Misión • Visión • Políticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Radar • Árbol de problemas
	Gestión de operaciones y control de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Control de trabajo • Control de equipos • Control de costo • Control de la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad global • Vida útil de del equipo. • Historial del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de dispersión • Gráficos de control
Variable dependiente Confiabilidad operativa	Criticidad	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de criticidad de los Helicópteros modelo EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de riesgo
	Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la razón de falla o función de daño de los Helicóptero modelo EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. 	<ul style="list-style-type: none"> • fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de Pareto
	Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modo y efecto de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Modo de fallas • Efectos de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de análisis y efecto de falla

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación utilizada en nuestro trabajo de investigación es Correlacional. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular (Hernandez,2014)

La investigación que se desarrolla presenta el diseño no experimental.

4.2 Método de investigación

El método que utilizaremos es longitudinal.

4.3 Población y muestra

La población y la muestra está conformada por once (11) helicópteros modelo EC-145 y Mi- 17, asignados a la Dirección de Aviación Policial.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El trabajo de investigación se realizó en el Departamento de Mantenimiento Aeronáutico de la Dirección de Aviación Policial

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

- Registro de datos.
- Inspección.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

Figura 8

Inoperatividad de los helicópteros Modelo EC145 Y MI17, antes de la implementación

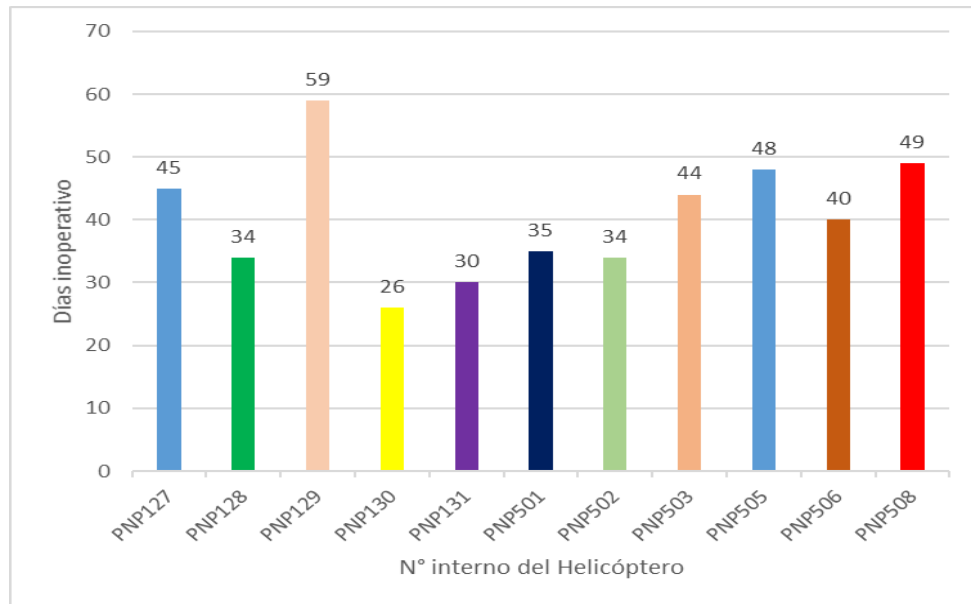


Figura 9

Radar de la inoperatividad de los helicópteros modelo EC145 y MI17, antes de la implementación

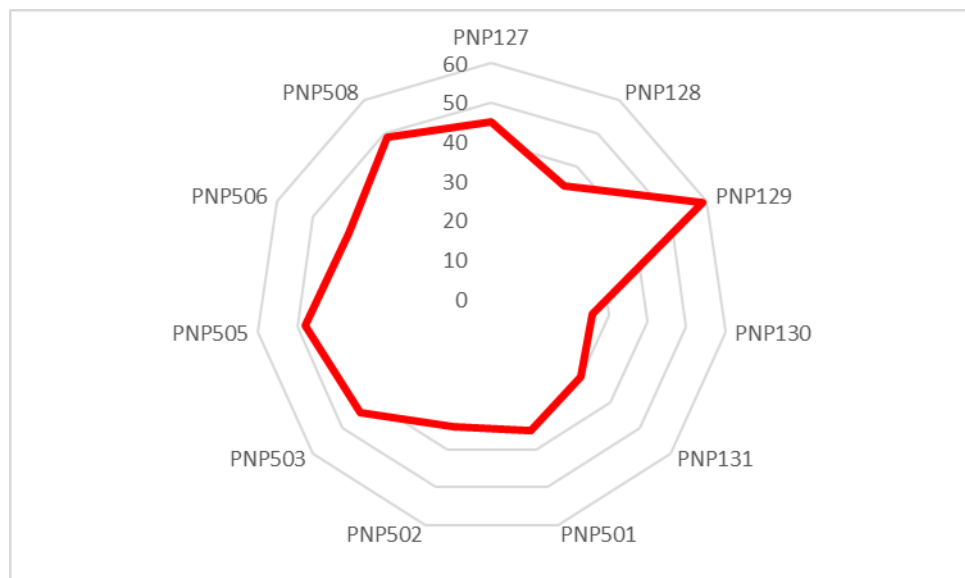


Figura 10

Inoperatividad de los helicópteros modelo EC145 y MI17, después de la implementación

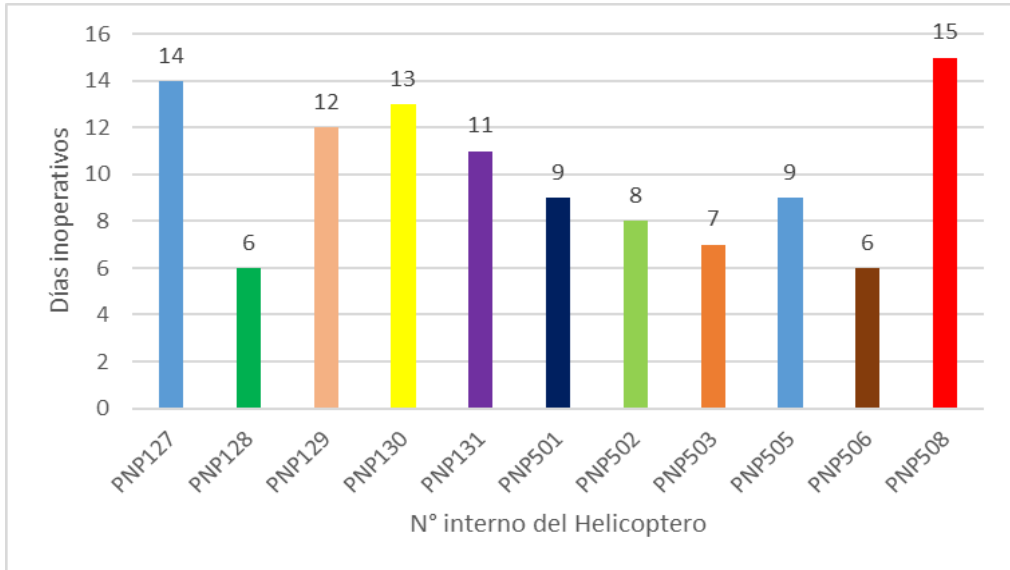


Figura 11

Radar de la inoperatividad de los helicópteros Modelo EC145 y MI17, antes de la implementación

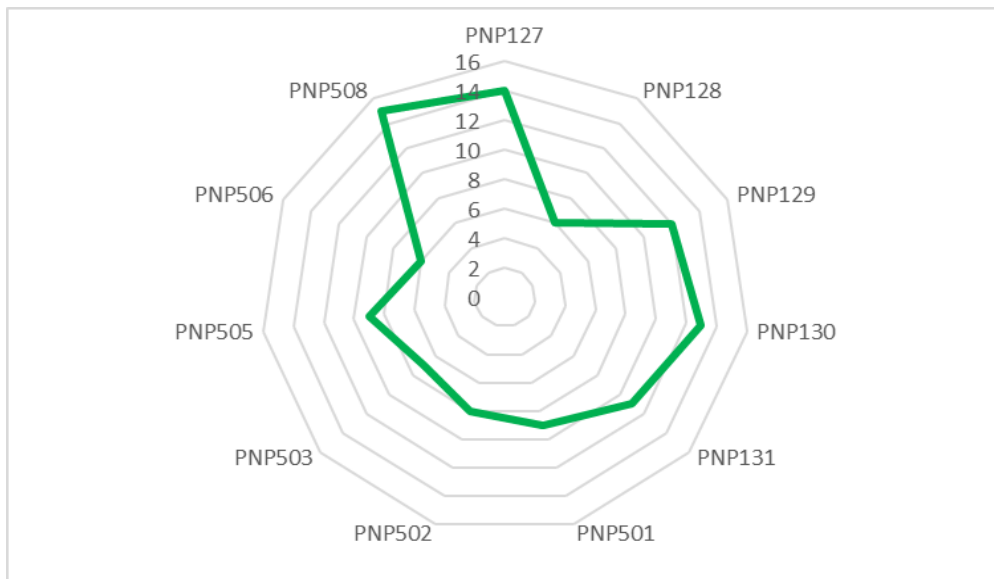


Figura 12

Optimización de la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y MI17, antes y después de la implementación del modelo de gestión de mantenimiento preventivo

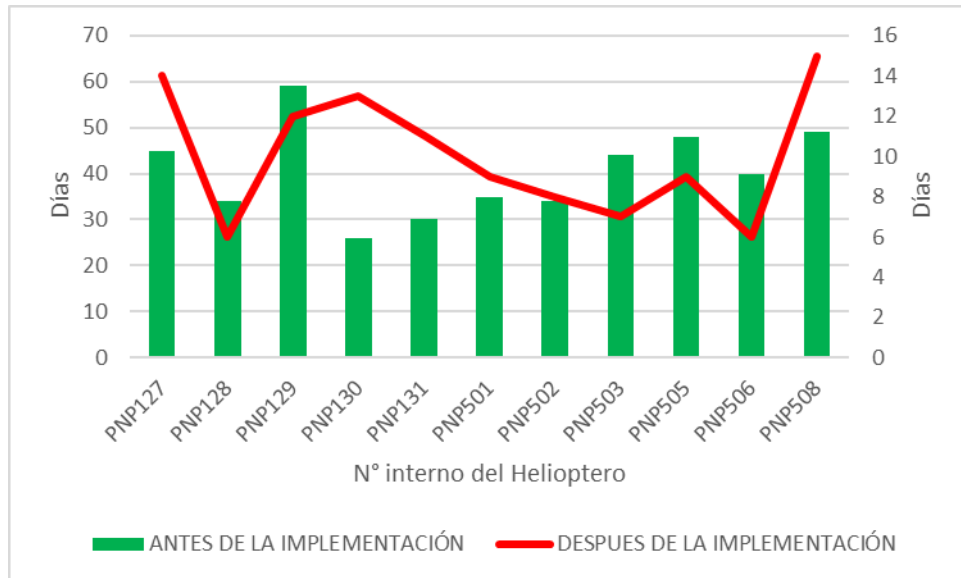


Tabla 8

Criterio para determinar la criticidad

ITEM	N° INTERNO	SERIE	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	EVALUACIÓN
1	PNP 127	9616	5	3	15
2	PNP 128	9619	1	2	2
3	PNP 129	9623	4	4	16
4	PNP 130	9612	1	1	1
5	PNP 131	9645	1	3	3
6	PNP 501	96019	3	1	3
7	PNP 502	96021	3	3	9
8	PNP 503	96024	3	2	6
9	PNP 505	96028	5	4	20
10	PNP 506	96069	1	4	4
11	PNP 508	95615	5	5	25

Figura 13

Matriz de criticidad de los helicópteros Modelos EC145 Y MI 17 de la DIRAVPOL

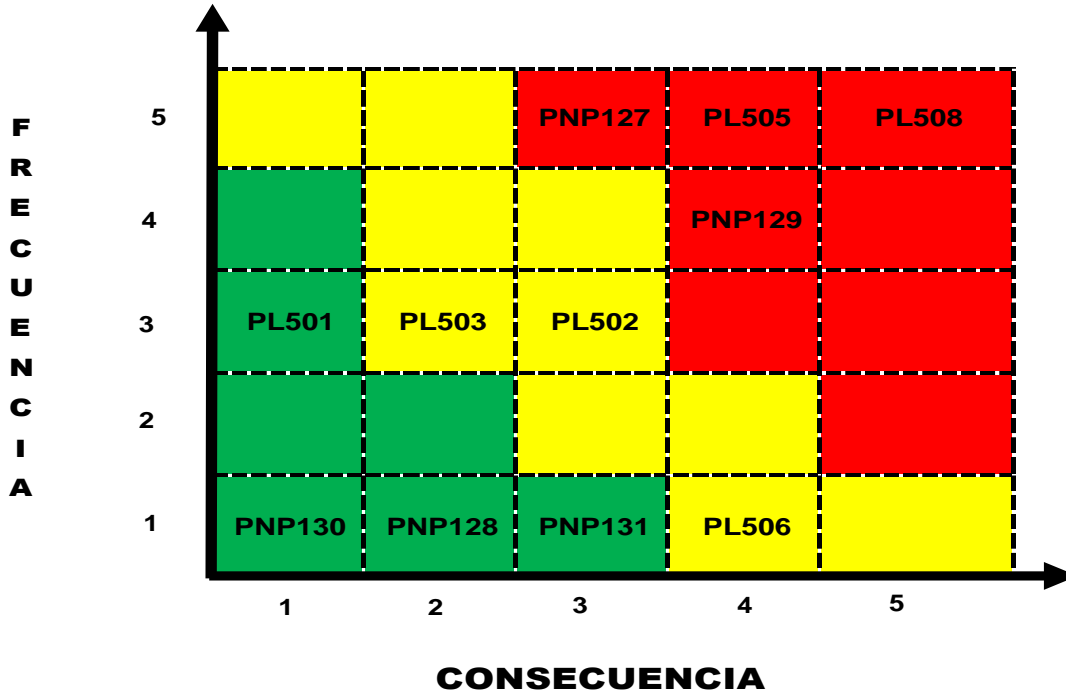


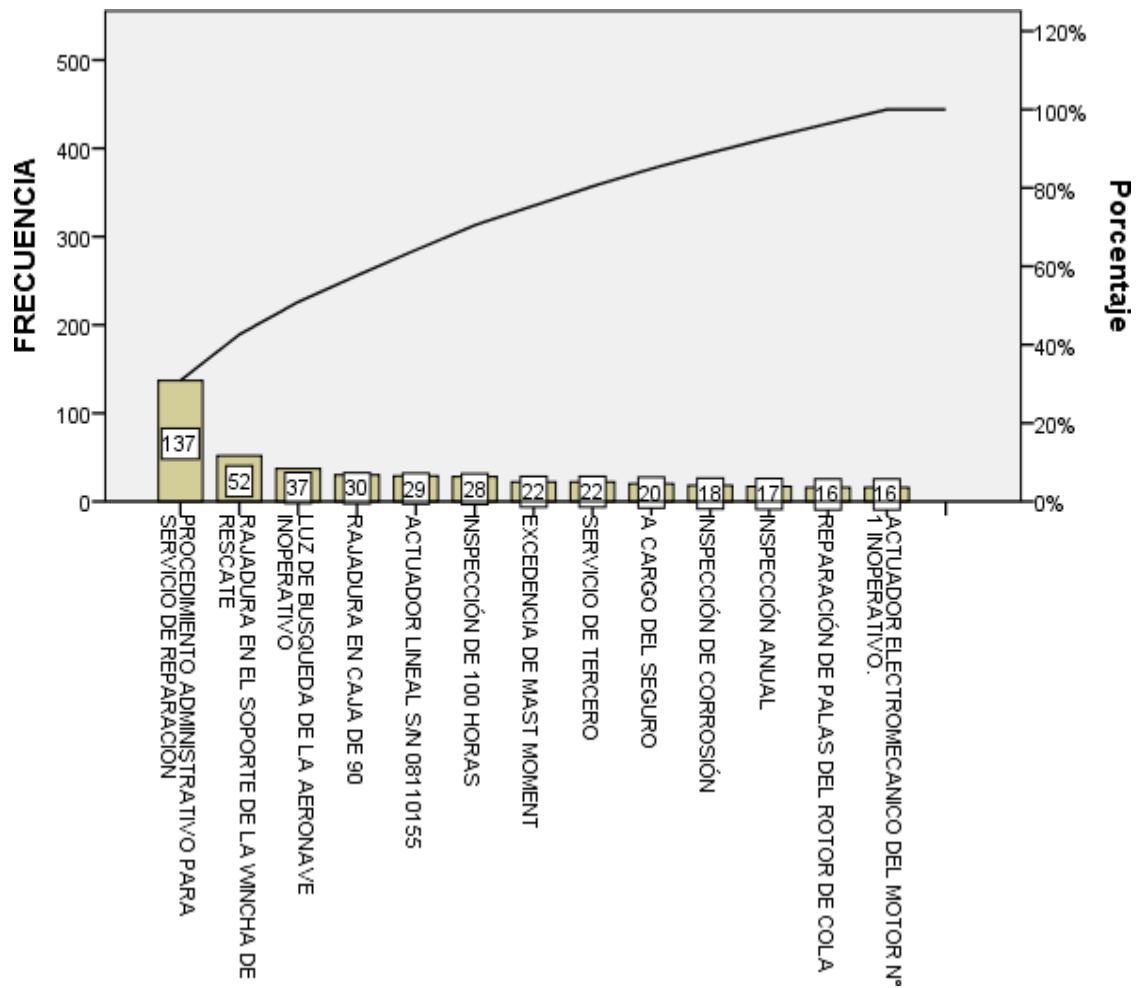
Tabla 9

Disponibilidad de los helicópteros modelos EC145 y MI 17 de la DIRAVPOL

N° INTERNO	SERIE	MODELO	TIEMPO TOTAL		TIEMPO POR PARADA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO (Días)			ACUMULADO		DISPONIBILIDAD
			Días	Horas	ENERO 2019	FEBRERO 2019	MARZO 2019	Días	Horas	
PNP 127	9616	EC-145	90	2160	15	15	15	45	1080	50%
PNP 128	9619	EC-145	90	2160	11	12	11	34	816	62%
PNP 129	9623	EC-145	90	2160	20	20	19	59	1416	34%
PNP 130	9612	EC-145	90	2160	9	9	8	26	624	71%
PNP 131	9645	EC-145	90	2160	10	10	10	30	720	67%
PNP 501	96019	MI-17	90	2160	12	11	12	35	840	61%
PNP 502	96021	MI-17	90	2160	12	11	11	34	816	62%
PNP 503	96024	MI-17	90	2160	14	15	15	44	1056	51%
PNP 505	96028	MI-17	90	2160	16	16	16	48	1152	47%
PNP 506	96069	MI-17	90	2160	13	13	14	40	960	56%
PNP 508	95615	MI-17	90	2160	17	16	16	49	1176	46%

Figura 14

Diagrama de Pareto de las causas de inoperatividad ocurridas en los helicópteros modelos EC145 y MI 17 de la DIRAVPOL



5.2 Resultados inferenciales

PRIMER PASO: PRUEBA DE HIPOTESIS

HIPOTESIS DEL INVESTIGADOR

La DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.

H1= Existe una diferencia significativa entre la media de los días transcurridos por Inoperatividad de los Helicópteros modelo EC145 y Mi-17, antes y después de aplicar el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa.

H0= No Existe una diferencia significativa entre la media de los días transcurridos por Inoperatividad de los Helicópteros modelo EC145 y Mi-17, antes y después de aplicar el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa.

SEGUNDO PASO: NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$\alpha = 0.05$ (5%)

TERCER PASO: ELECCION DE LA PRUEBA ESTADISTICA

T de Student para muestras relacionadas

CUARTO PASO: LECTURA DE P VALOR

PRUEBA DE NORMALIDAD

Kolmogorov-Smirnov: Muestras grandes (>30)

Shapiro Wilk: Muestras pequeñas (<=30)

Criterio para determinar la Normalidad.

P-valor \Rightarrow α Acepta H_0 = Los datos provienen de una distribución normal

P-valor $<$ α Acepta H_1 = Los datos no provienen de una distribución normal

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar	
Días inoperativos antes de la implementación	Media	40,364	2,9210	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	33,855	
		Límite superior	46,872	
	Media recortada al 5%	40,126		
	Mediana	40,000		
	Varianza	93,855		
	Desviación estándar	9,6879		
	Mínimo	26,0		
	Máximo	59,0		
	Rango	33,0		
	Rango intercuartil	14,0		
	Asimetría	,398	,661	
	Curtosis	-,245	1,279	
	Días inoperativos después de la implementación	Media	10,000	,9630
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	7,854	
		Límite superior	12,146	
Media recortada al 5%		9,944		
Mediana		9,000		
Varianza		10,200		
Desviación estándar		3,1937		
Mínimo		6,0		
Máximo		15,0		
Rango		9,0		
Rango intercuartil		6,0		
Asimetría		,225	,661	
Curtosis		-1,365	1,279	

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días inoperativos antes de la implementación	,165	11	,200 [*]	,968	11	,870
Días inoperativos después de la implementación	,168	11	,200 [*]	,934	11	,454

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

NORMALIDAD Tiempo

P-Valor (EC-145) = 0.870 > α = 0.05

P-Valor (MI-17) = 0.454 > α = 0.05

CONCLUSION:

La variable días inoperativos antes y después de la implementación del modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL, en ambos grupos se comporta normalmente.

Tabla 10

Prueba de T student para muestras relacionadas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Días inoperativos antes de la implementación	40,364	11	9,6879	2,9210
	Días inoperativos después de la implementación	10,000	11	3,1937	,9630

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Días inoperativos antes de la implementación & Días inoperativos después de la implementación	11	,233	,491

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Días inoperativos antes de la implementación - Días inoperativos después de la implementación	30,3636	9,4686	2,8549	24,0025	36,7247	10,636	10	,000

CRITERIO:

P-valor $\leq \alpha$, Se rechaza la Hipótesis nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1).

P-valor $> \alpha$, Se acepta la Hipótesis nula (H_0) y se rechaza la Hipótesis Alternativa (H_1).

ENTONCES:

P-valor (0.000) $< \alpha$ (0.05), Se rechaza la Hipótesis nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1).

CONCLUSIÓN:

La DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.

Otro tipo de resultados estadístico, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.

Gráfico Q-Q normal de Días inoperativos antes de la implementación

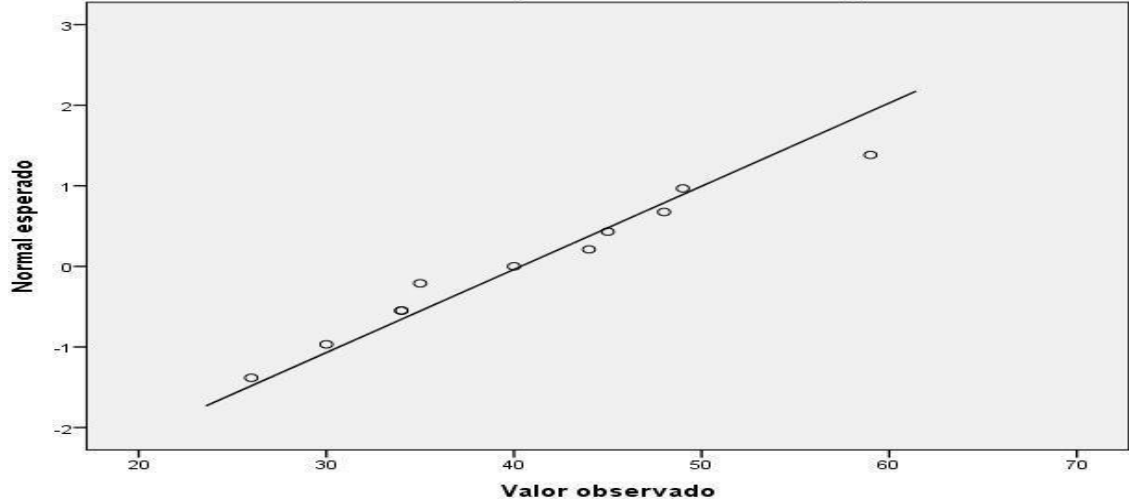
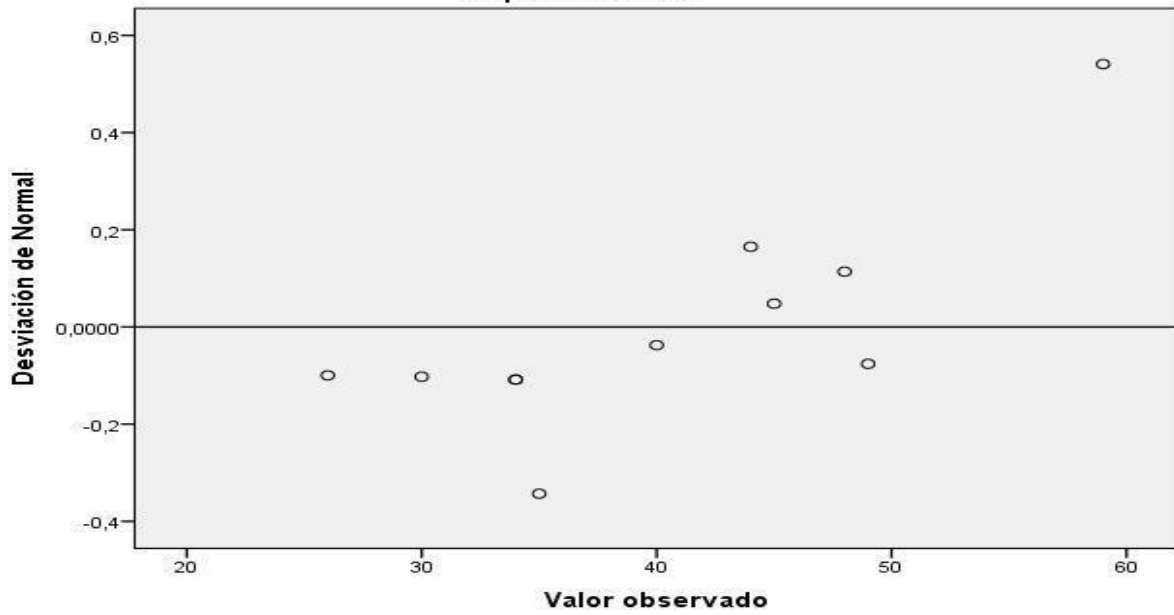


Gráfico Q-Q normal sin tendencia de Días inoperativos antes de la implementación



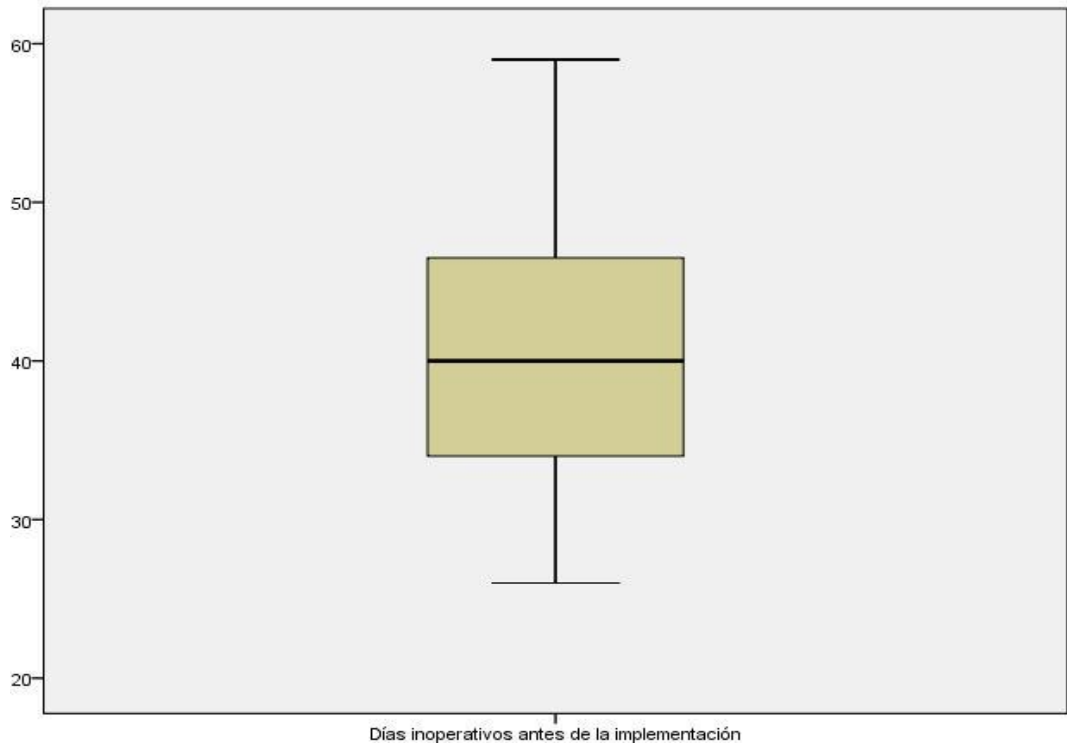


Gráfico Q-Q normal de Días inoperativos después de la implementación

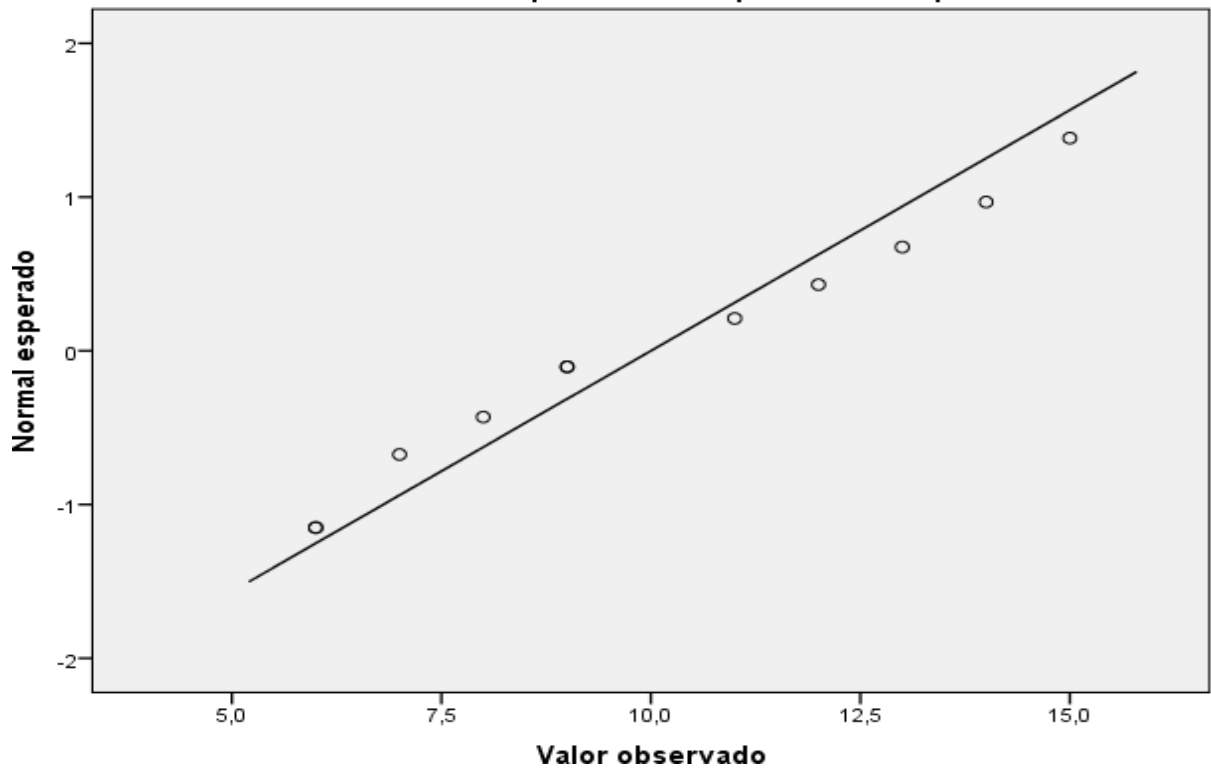
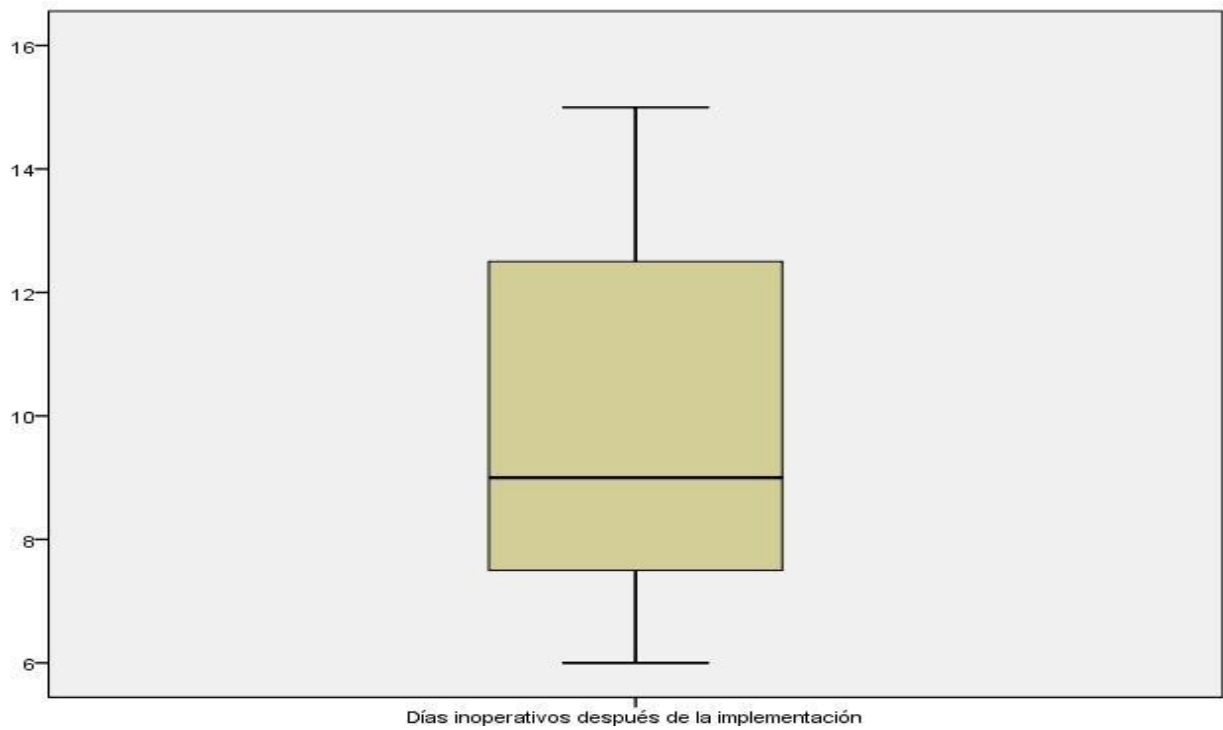
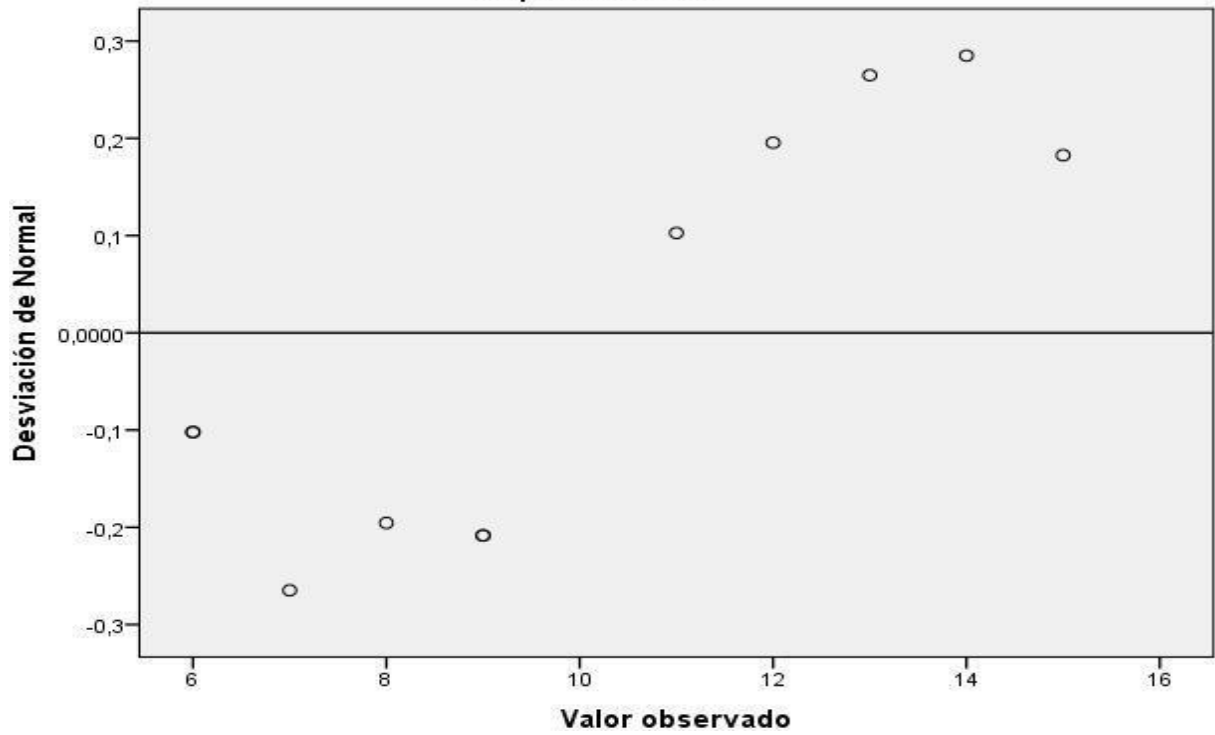


Gráfico Q-Q normal sin tendencia de Días inoperativos después de la implementación



5.3 Otros resultados

DESARROLLO DEL MODELO DE GESTION

Al Desarrollar el Modelo de Gestión de Mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC-145 Y MI-17 de la DIRAVPOL se realizó los siguientes puntos:

Primero se hace un diagnóstico de la Gestión de Mantenimiento que se da en la DIRAVPOL.

Segundo se realiza parámetros de mantenimiento mediante indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad.

Tercero se diseña hojas de información para realizar la gestión de mantenimiento.

Cuarto se diseña planes de mantenimiento preventivo para los helicópteros de ala giratoria.

Quinto se brinda estrategias para mejorar la Gestión de mantenimiento preventivo.

1. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento en la DIRAVPOL

Con el fin de realizar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de Mantenimiento desarrollado para la DIRAVPOL., se recolectó información mediante hojas de información; lo cual permitió evaluar la situación actual del área de mantenimiento, lugar donde se encuentran ubicadas los helicópteros de ala giratoria, cuyo fin es determinar la capacidad de gestión dentro del área de mantenimiento, estas hojas de información se basan en una metodología cuantitativa, la cual contempla áreas a evaluar, las cuales se mencionan a continuación:

Tabla 11.
Áreas de Evaluación

AREAS DIRAVPOL	CODIGO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MP
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MC
AREA DE ABASTECIMIENTO	AB
AREA DE ALMACEN	AL
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	PE
PLANIFICACION	PL

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Tabla 12.
Identificación de columnas del cuadro de evaluación.

SECCIONES DE CUESTIONARIO	LETRA
MANUAL DE FUNCIONES	A
PUNTOS MAXIMOS OBTENIBLES	B
VALOR DE DEMERITOS OBTENIDOS	C
SUMA DE DEMERITOS	D
VALOR MAXIMO PORCENTUAL OBTENIDO	E

Fuente: Elaboración Propia.

Al aplicar esta hoja de información, se puede evaluar la capacidad de gestión de mantenimiento en la DIRAVPOL. Asimismo, a través de este método cuantitativo se puede reflejar las deficiencias que se presenta en el área de Mantenimiento de los helicópteros de la DIRAVPOL.

Tabla 13
Escala de Evaluación para calificar la situación

SITUACION	CALIFICACION
EXCELENTE	90-100
BUENO	80-89
REGULAR	60-79
MEJORABLE	40-59
GRAVE	0-39

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14
Resultado resumen de las hojas de Información.

DIRECCION DE AVIACION POLICIAL	EVALUADOR: CHRISTIAN IPANAQUE			FECHA:										
AREAS	PRINCIPIOS	CALIFICACION	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANUAL DE FUNCIONES	40	24%											
	PLANIFICACION	50	29%											
	CONTROL Y EVALUACION	50	29%											
	PERSONAL IDONEO	30	18%											
	TOTAL OBTENIDO	170	100%											
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MANUAL DE FUNCIONES	50	24%											
	PLANIFICACION	60	29%											
	CONTROL Y EVALUACION	45	22%											
	PERSONAL IDONEO	50	24%											
	TOTAL OBTENIDO	205	100%											
AREA DE ABASTECIMIENTO	MANUAL DE FUNCIONES	40	24%											
	PLANIFICACION	45	26%											
	CONTROL Y EVALUACION	35	21%											
	PERSONAL IDONEO	50	29%											
	TOTAL OBTENIDO	170	100%											
AREA DE ALMACEN	MANUAL DE FUNCIONES	45	20%											
	PLANIFICACION	60	26%											
	CONTROL Y EVALUACION	65	28%											
	PERSONAL IDONEO	60	26%											
	TOTAL OBTENIDO	230	100%											
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	MANUAL DE FUNCIONES	10	7%											
	PLANIFICACION	40	30%											
	CONTROL Y EVALUACION	45	33%											
	PERSONAL IDONEO	40	30%											
	TOTAL OBTENIDO	135	100%											
PLANIFICACION	MANUAL DE FUNCIONES	50	25%											
	PLANIFICACION	45	23%											
	CONTROL Y EVALUACION	55	28%											
	PERSONAL IDONEO	50	25%											
	TOTAL OBTENIDO	200	100%											

Terminada dicha evaluación, la puntuación total es de (1100) puntos, el cual corresponde a un 46 %, con esto se puede deducir que la Gestión de Mantenimiento se encuentra en un estado “Mejorable” según la escala de la evaluación de la tabla N°03. Asimismo, en la Tabla N°05 se observa la calificación obtenida del diagnóstico cuantitativo realizado al área de mantenimiento de los helicópteros.

Tabla 15

Calificación porcentual de la situación de mantenimiento.

AREAS DIRAVPOL	CODIGO	RESULTADO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MP	42.50%
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MC	51.25%
AREA DE ABASTECIMIENTO	AB	42.50%
AREA DE ALMACEN	AL	57.50%
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	PE	33.75%
PLANIFICACION	PL	50.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Conforme a la Tabla N°5 se puede evidenciar que existe una situación de alarma en cuanto a la gestión de mantenimiento, toda vez que el más bajo porcentaje se presenta en el personal de Mantenimiento y Mantenimiento preventivo 33.75% y 42.50% respectivamente.

Análisis de baja calificación.

La baja calificación conlleva a realizar un análisis FODA que permita definir las fortalezas y las debilidades del sistema de gestión de mantenimiento.

Fortalezas.

Las fortalezas del sistema actual de gestión de mantenimiento son las siguientes:

- ✓ La institución cuenta con personal para las actividades de mantenimiento.
- ✓ Existe tiempo disponible para el mejoramiento continuo de cada personal mecánico.
- ✓ Se cuenta con manuales para la puesta en práctica de actividades de mantenimiento preventivo.

• Debilidades.

Las Debilidades del sistema actual de gestión de mantenimiento son las siguientes:

- ✓ Los Helicópteros pueden ser propensos a paradas continuas debido a las averías y aplicación de mantenimiento correctivo.
- ✓ Falta de repuestos en la sección de almacén.
- ✓ Falta de herramientas que permitan determinar y llevar un control de las fallas ocurridas, desempeño, tiempo de operación de los equipos y la gestión de mantenimiento de estos.

• **Oportunidades.**

Las oportunidades del sistema actual de gestión de mantenimiento son las siguientes:

- ✓ En la zona existen varias instituciones encargadas de impartir cursos de capacitación al personal.
- ✓ Existe proveedores del estado los cuales pueden ofrecer equipos y repuestos requeridos para la ejecución de actividades de Mantenimiento.
- ✓ En la institución existe jerarquía con las que se puede tomar decisiones de separar al personal no idóneo para las actividades de mantenimiento.

• **Amenazas.**

Las amenazas del sistema actual de gestión de mantenimiento son las siguientes:

- ✓ Accidentes de vuelos, sanciones o destitución al personal encargado.
- ✓ No atender al estado cuando lo requiera.
- ✓ Aumento de la inseguridad de la ciudadanía a la que la DIRAVPOL se debe.

2. Desarrollo de Parámetros de mantenimiento mediante indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad.

2.1 Indicadores de mantenimiento.

Actualmente La DIRAVPOL no tiene instrumentos de medida que permitan determinar y llevar a cabo un control de las fallas ocurridas, así como el desempeño de los Helicópteros, tiempo de operación, entre otros factores importantes que se deben tener en cuenta en todas las áreas de mantenimiento, así como tampoco existen herramientas que permitan medir la gestión de mantenimiento.

Se realiza TRES (03) tipos de indicadores de mantenimiento, entre los que se encuentran, el indicador de disponibilidad, Mantenibilidad y confiabilidad, los mismos que se diseñan de manera tal, que cualquier personal que integre el área de mantenimiento pueda de una manera fácil y segura ejecutar estas instrucciones y así de esta forma maximizar la efectividad en el cumplimiento de la planificación y proporcionar un servicio de mantenimiento eficiente y oportuno, para así mejorar significativamente la gestión de mantenimiento.

Indicador de Disponibilidad

Nombre	Responsable	Descripción	
Disponibilidad de Helicóptero	Jefe de Mantenimiento	Mide porcentaje del tiempo en el cual el equipo está disponible para producir.	
Formula	Unidad de Medida	Frecuencia	
$DISP = ((TPO - TSB) / (TPO)) * 100$	%	Semanal	
Leyenda	Consideraciones del indicador		
TPO: Tiempo programado de Operaciones. TSB: Tiempo stan Byte	Condiciones	Significado	Rango (%)
Justificación	Bajo control	Los valores del índice se encuentran dentro del rango de control.	$70 < \text{índice} \leq 100$
Los rangos de control fueron propuestos debido a la ausencia de registro histórico.	Pérdida de control pero no crítico	Los valores del índice se encuentran en un estado medio de control. Se deben tomar acciones preventivas.	$50 < \text{índice} \leq 70$
Fuente de Información	Fuera de control Critico	Los valores del índice se encuentran fuera del rango de control. Se debe tomar acciones correctivas.	$\text{índice} \leq 50$
La información necesaria para el cálculo del índice será extraída del programa semana de las líneas de producción de la institución.			

Indicador de Mantenibilidad

Nombre	Responsable	Descripción	
Mantenibilidad del Equipo	Jefe de Mantenimiento	Mide la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.	
Formula	Unidad de Medida	Frecuencia	
MANT= (TPEF/(TPEF+TPPR))*100	%	Semanal	
Leyenda	Consideraciones del indicador		
<p>TPEF: Tiempo promedio entre fallas.</p> <p>FREC: Frecuencia de fallas. (TPEF=TPO/FREC)</p> <p>TPPR: tiempo promedio para reparar, TPPR=TF/NF, TF= Tiempo de fallas. NF= Numero de fallas.</p>	<u>Condiciones</u>	<u>Significado</u>	<u>Rango (%)</u>
<p>Los rangos de control fueron propuestos debido a la ausencia de registro histórico.</p> <p>Fuente de Información</p> <p>La información necesaria para el cálculo del índice será extraída de los formularios propuestos.</p>	Bajo control	Los valores del índice se encuentran dentro del rango de control.	70< índice<=100
	Pérdida de control, pero no crítico	Los valores del índice se encuentran en un estado medio de control. Se deben tomar acciones preventivas.	50< índice<=70
	Fuera de control Crítico	Los valores del índice se encuentran fuera del rango de control. Se debe tomar acciones correctivas.	índice<=50

Indicador de Confiabilidad

Nombre	Responsable	Descripción	
Confiabilidad del Equipo	Jefe de Mantenimiento	Mide la probabilidad de que un helicóptero pueda operar sin fallas durante un periodo de tiempo estipulado.	
Formula	Unidad de Medida	Frecuencia	
$CONF = ((TPO - TMC) / (TPO)) * 100$	%	Semanal	
Legenda	Consideraciones del indicador		
TPO: Tiempo programado de Operaciones. TMC: Tiempo del mantenimiento correctivo.	Condiciones	Significado	Rango (%)
Los rangos de control fueron propuestos debido a la ausencia de registro histórico.	Bajo control	Los valores del índice se encuentran dentro del rango de control.	$70 < \text{índice} \leq 100$
	Pérdida de control pero no crítico	Los valores del índice se encuentran en un estado medio de control. Se deben tomar acciones preventivas.	$50 < \text{índice} \leq 70$
	Fuera de control Crítico	Los valores del índice se encuentran fuera del rango de control. Se debe tomar acciones correctivas.	$\text{índice} \leq 50$
Fuente de Información	La información necesaria para el cálculo del índice será extraída de los formularios propuestos.		

3. Hoja de información para realizar la gestión de mantenimiento

Al carecer de herramientas la DIRAVPOL para la recolección de información de los helicópteros, se diseñó una hoja de información que nos permitirá llevar un mejor control y diagnóstico de cada uno de los helicópteros de ala giratoria.

Es preciso aclarar que estas hojas de información son una importante fuente de Información ya que aquí se registrarán los tiempos de operación de los helicópteros, las fallas y el tiempo de reparación de estos, de esta se podrá llevar un control de factores necesarios a la hora del cálculo de los respectivos indicadores de mantenimiento, los cuales suministrarán información sobre la

situación de los helicópteros de ala giratoria en cuanto a su gestión de mantenimiento.

Hoja de Información N°01

DIRAVPOL		Reporte Diario de Mantenimiento	Pág.
Código del Helic. _____ Ubicación _____		Nro. de Orden de Trabajo _____ Responsable _____	
Mantenimiento realizado		Parte o sistema comprometido	
Falla que presento el Helicóptero	Tipo de Mantenimiento	Tiempo de Parada	
		Hr. de Inicio _____ Hr. de Terminó _____	
Personal	N° de Personas	Observación	
Instrucciones de la Tarea			
Repuestos		Herramientas	
Que tareas de Mantenimiento deben realizarse para prevenir esta falla			
Técnico Mecánico		Jefe de Mantenimiento	
CIP: _____		CIP: _____	
Apellidos y Nombres: _____		Apellidos y Nombres: _____	
Fecha: _____		Fecha: _____	
Firma: _____		Firma: _____	

4. Elaboración de Plan de Mantenimiento Preventivo.

La DIRAVPOL al no presentar una Gestión de Mantenimiento, carece de un plan de Mantenimiento Preventivo, es por esta razón que se diseñó un plan teniendo en cuenta la necesidad de este tipo de mantenimiento a los helicópteros de ala giratoria.

La elaboración fue en conjunto con el personal de mantenimiento y el Jefe de mantenimiento, ya que son ellos quienes poseen el conocimiento de los helicópteros y de los componentes que requieren de mantenimiento preventivo.

Para dicho plan se tomaron a cada uno de los (11) helicópteros, además se diseñó un Plan Anual para llevar un control y seguimiento al mantenimiento requerido por cada helicóptero. A continuación, se muestra el formato del Plan de mantenimiento Preventivo, donde destaca al helicóptero, la ubicación, el componente del mismo, la actividad a realizar para el mantenimiento, la frecuencia, herramientas necesarias, personal requerido, tiempo de ejecución, implementos de seguridad y observaciones, como se puede observar en el Formato N°01.

FORMATO N°01 Actividades de mantenimiento preventivo

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
CODIGO DE HELICOPTERO		UBICACIÓN					HT: MP0001
COMPONENTE	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HERRAMIENTAS	PERSONAL REQUERIDO	TIEMPO ESTIMADO	EPP	OBSERVACION
SOPORTE DE WINCHA DE RESCATE	Ajuste de puntos de conexión.	CADA 3 MESES	DIFERENTES	2 MECANICOS	2H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Lubricacion de wincha	CADA MES	DIFERENTES	1 MECANICO	2H	CASCO, GUANTES , TIVEX Y BOTAS	
	Cambio de alineador	CADA 6 MESES	DIFERENTES	3 MECANICOS	4H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
LUZ DE BUSQUEDA	Verificacion de conexiones electricas	CADA MES	DIFERENTES	1 ELECTRICISTA	2H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
CAJA DE 90	Sustitucion de correas y poleas	CADA 6 MESES	DIFERENTES	3 MECANICOS	4H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Lubricacion de componentes	CADA MES	DIFERENTES	2 MECANICO	2H	CASCO, GUANTES , TIVEX Y BOTAS	
	Verificacion de componentes	CADA MES	DIFERENTES	1 MECANICO, 1 ELECTRICISTA	1H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
ACTUADOR LINEAL	Sustitucion de Oring	CADA 6 MESES	DIFERENTES	2 MECANICO	3H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Verificacion de fugas	CADA MES	DIFERENTES	1 MECANICO	1H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Verificacion de sellos	CADA MES	DIFERENTES	1 MECANICO	2H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
ROTOR DE COLA	Cambiar rodillo conducido	CADA 6 MESES	DIFERENTES	3 MECANICO	4H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Lubricacion de rodamientos	CADA MES	DIFERENTES	2 MECANICO	1H	CASCO, GUANTES , TIVEX Y BOTAS	
	Sustituir correas	CADA 3 MESES	DIFERENTES	3 MECANICO	2H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
ACTUADOR ELECTROMECHANICO	Inspeccionar sellos	CADA MES	DIFERENTES	1 MECANICO	2H	CASCO GUANTES Y BOTAS	
	Lubricar componentes	CADA MES	DIFERENTES	2 MECANICO	2H	CASCO, GUANTES , TIVEX Y BOTAS	
	Cambiar Retenes	CADA 6 MESES	DIFERENTES	3 MECANICO	4H		
	REVISADO POR:			REALIZADO POR:			

A su vez seguido del Plan de Mantenimiento Preventivo, también se puede visualizar el formato N°02 de Plan Anual de Mantenimiento en el cual se da a conocer cada cuanto tiempo se le debe aplicar el mantenimiento preventivo a los sistemas que conforman los helicópteros de ala giratoria.

FORMATO N°02 Plan Anual de Mantenimiento Preventivo

HELICOPTERO PNP 127			PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												2019		
N°	COMPONENTES	ACTIVIDADES	EJECUCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1	SOPORTE DE WINCHA DE RESCATE	Lubricacion de wincha	PROGRAMADO	X		X		X		X		X		X		X	
			REALIZADO														
2	CAJA DE 90	Lubricacion de caja	PROGRAMADO			X			X			X			X		
			REALIZADO														
3	ACTUADOR LINEAL	Verificacion de sellos	PROGRAMADO	X		X		X		X		X		X		X	
			REALIZADO														
		Cambio de oring	PROGRAMADO							X						X	
			REALIZADO														
		Verificacion de fugas	PROGRAMADO		X		X		X		X		X		X		X
			REALIZADO														
4	ROTOR DE COIA	Verificacion de rodamientos	PROGRAMADO			X							X				
			REALIZADO														
		Lubricacion de componentes	PROGRAMADO	X		X		X		X		X		X		X	
			REALIZADO														
5	MOTOR	Cambio de aceite	PROGRAMADO		X			X		X		X		X		X	
			REALIZADO														
		Cambio de filtros	PROGRAMADO		X			X		X		X		X		X	
			REALIZADO														

REALIZADO POR: _____

REVISADO POR: _____

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Con un nivel de significancia del 5%, existe una evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, la DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Los resultados del presente trabajo de investigación se asemejan a los obtenidos por Sr. ORTIZ ORTIZ José Manuel guirre y Díaz (2014) que llegaron a la misma conclusión textualmente en la investigación sobre el sistema integral de gestión de mantenimiento en una empresa aeroservicio S.A en Chile.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

Estos resultados demuestran estadísticamente los reportes omitidos por la tesis de investigación del Sr. ORTIZ ORTIZ José Manuel guirre y Díaz (2014) que llegaron a la misma conclusión textualmente en la investigación sobre el sistema integral de gestión de mantenimiento en una empresa aeroservicio S.A en Chile. Todo esto indica que no existe una sola conclusión, esto varía en función al contexto y condiciones particulares de cada empresa.

CONCLUSIONES

1. Con un nivel de significancia del 5%, existe una evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, la DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.
2. Existe una diferencia significativa en la criticidad de los Helicópteros modelo EC-145 Y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
3. Existe una diferencia significativa entre la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
4. Identificando las fallas funcionales de los equipos críticos de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 optimiza la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.

RECOMENDACIONES

1. La DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo permitirá optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduciendo la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.
2. Determinando la criticidad de los Helicópteros modelo EC-145 Y Mi-17 permitirá optimizar la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
3. Determinando la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 permitirá optimizar la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.
4. Identificando las fallas funcionales de los equipos críticos de los Helicópteros modelo EC-145 y MI-17 permitirá optimizar la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Besterfield, D. (2009). *Control de Calidad*. (8 edición) México: Pearson Educación.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. México: Pearson Educación
- Deming, E. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad: La salida de la Crisis*. (2 Ed.) España: Editorial Diaz de Santos, S.A
- Duffuaa, S. & Raouf, A. & Dixon, J. (2009). *Sistema de Mantenimiento: Planificación y Control*. México: Editorial LIMUSA S.A
- Garcia, S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. (2 Ed.) España: Editorial Diaz de Santos, S.A
- Gutérrez, H. & De la Vara, R. (2009) *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. (2 Ed.) México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Masaaki, I. (2001) *Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. (13 Ed.) México
- Miranda, F. & Chamorro, A & Rubio, S. (2007) *Introducción a la Gestión de la Calidad*. (1 Ed.) España: Editorial Delta.
- Moubray J. (2004). *Reliability Centred Maintenance*. (Edición en español)
- Rabelo, C. (1997). *Ingeniería del Mantenimiento*. Argentina: Editorial Nueva Librería Argentina.
- Salgueiro, A. (2001) *Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando*. España: Editorial Díaz de Santos, S.A
- Tavares, A (2000). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Editorial Novo Polo.
- Whittington, O. & Pany, Kurt. (2005). *Principios de Auditoría*. (Decimocuarta edición) México: McGraw-Hill Interamericana

ANEXOS

- MATRIZ DE CONSISTENCIA
- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES
- ARBOL DE PROBLEMAS
- CONSENTIMIENTO INFORMADO
- BASE DE DATOS
- ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS
- CALCULO DE CRITICIDAD
- DIAGRAMA DE PARETO

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

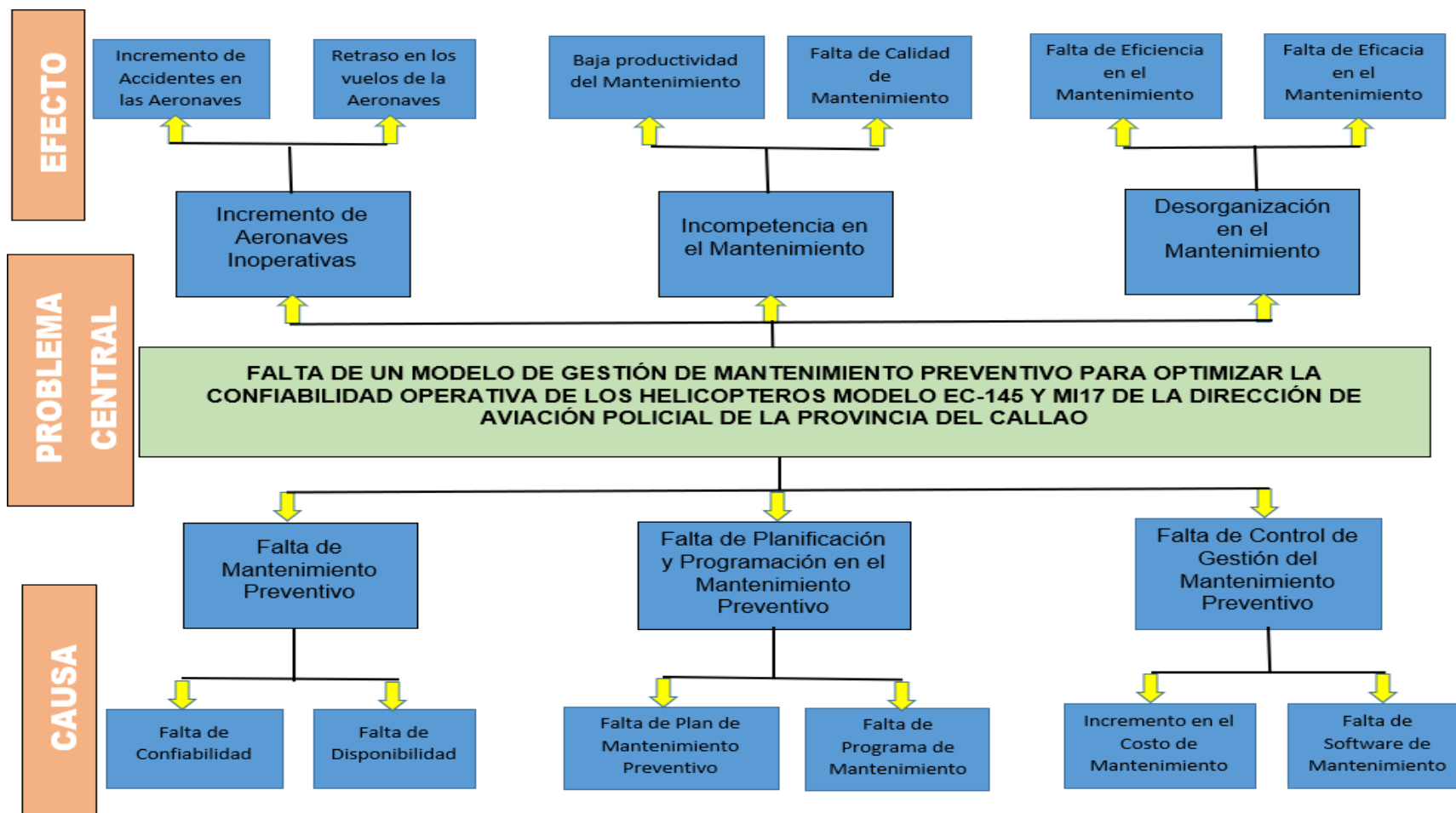
TÍTULO: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA OPTIMIZAR LA CONFIABILIDAD OPERATIVA DE LOS HELICOPTEROS MODELO EC-145 Y MI-17 DE LA DIRAVPOL.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	TÉCNICA	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cuál es la realidad del departamento de mantenimiento aeronáutico de la DIRAVPOL, en relación a la aplicación de la Gestión de Mantenimiento preventivo para la optimización de la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC-145 y Mi-17?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuál es la realidad de la criticidad de los Helicópteros de la DIRAVPOL modelo EC-145 y Mi-17 del departamento de mantenimiento de la DIRAVPOL?</p> <p>¿Cuál es la realidad de la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 del departamento de mantenimiento de la DIRAVPOL?</p> <p>¿Cuáles son las fallas funcionales de los sistemas críticos de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 de la DIRAVPOL?</p>	<p>Objetivo general Elaborar un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los Helicóptero modelo EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL</p> <p>Objetivos específicos Determinar la criticidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 asignados a la DIRAVPOL, utilizando la técnica del análisis de criticidad.</p> <p>Determinar la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 del departamento de mantenimiento de la DIRAVPOL.</p> <p>Evaluar las fallas funcionales de los equipos críticos de los helicópteros modelo EC145 y MI17, asignados a la DIRAVPOL.</p>	<p>Hipótesis general La DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente.</p> <p>Hipótesis específicas Existe una diferencia significativa en la criticidad de los Helicópteros modelo EC-145 Y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.</p> <p>Existe una diferencia significativa entre la disponibilidad de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 que disminuye la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.</p> <p>Identificando las fallas funcionales de los equipos críticos de los Helicópteros modelo EC-145 y Mi-17 optimiza la confiabilidad operativa de las aeronaves en la DIRAVPOL.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Gestión de mantenimiento preventivo</p>	<p>Mantenimiento Preventivo</p> <p>Gestión de Planificación del Mantenimiento</p> <p>Gestión de operaciones y control de mantenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad • Disponibilidad • Mantenibilidad <ul style="list-style-type: none"> • Planificación y programación <ul style="list-style-type: none"> • Control de trabajo • Control de equipos • Control de costo • Control de la Información 	<ul style="list-style-type: none"> • AMEF • Análisis de criticidad <ul style="list-style-type: none"> • Radar de mantenimiento o • Árbol de problemas <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de dispersión • Gráficos de control 	<p>TIPO DE INVESTIGACION</p> <p>El tipo de investigación según el propósito es Correlacional, permite conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables.</p> <p>METODO</p> <p>El método que utilizaremos es Longitudinal.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIFACION</p> <p>La investigación que se desarrolla presenta el diseño No Experimental</p> <p>POBLACIÓN.</p> <p>La población está conformada por once (11) Helicópteros, de los cuales Seis (06) Helicópteros MI- 17 y Cinco (05) Helicópteros EC-145.</p> <p>MUESTRA:</p> <p>La muestra está conformada por Once (11) Helicópteros de la DIRAVPOL.</p>
			<p>Variable dependiente</p> <p>Confiabilidad operativa</p>	<p>Criticidad</p> <p>Disponibilidad</p> <p>fiabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de criticidad de los Helicóptero modelo EC-145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la razón de falla o función de daño de los Helicóptero modelo EC-145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modo y efecto de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de Riesgo <ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de Pareto <ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de AMEF 	


ANEXO 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODO	TÉCNICA
Variable independiente, Gestión de mantenimiento preventivo	Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad • Disponibilidad • Mantenibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • RCM 	<ul style="list-style-type: none"> • AMEF • Análisis de criticidad
	Gestión de planificación de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación • Programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Misión • Visión • Políticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Radar • Árbol de problemas
	Gestión de operaciones y control de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Control de trabajo • Control de equipos • Control de costo • Control de la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad global • Vida útil de del equipo. • Historial del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de dispersión • Gráficos de control
Variable dependiente Confiabilidad operativa	Criticidad	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de criticidad de los Helicópteros modelo EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de riesgo
	Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la razón de falla o función de daño de los Helicóptero modelo EC145 y Mi-17 de la DIRAVPOL. 	<ul style="list-style-type: none"> • fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de Pareto
	Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modo y efecto de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Modo de fallas • Efectos de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de análisis y efecto de falla

ANEXO 3. ARBÓL DE PROBLEMAS



ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO

	PERÚ	Ministerio del Interior	Policía Nacional del Perú	Dirección de Aviación Policial
---	------	-------------------------	---------------------------	--------------------------------

5

"AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL"

Callao, 10 JUL 2018

OFICIO N° 75 -2018-DIRAVPOL/SEC-UNITRDOC

SEÑOR : Coronei PNP
Carlos Arturo PAZ LINARES
JEFE DE LA DIVISION DE LOGISTICA PNP

ASUNTO : Sobre solicitud presentada por Oficiales PNP para realizar investigación en temas de aviación, por motivo que se indica.


REF. : OFICIO N° 703-2018-DIRADM-PNP/DIVLOG/DEPMAN-ADM del 24MAY18.

Me dirijo a Ud., en atención al documento signado en la referencia, con relación a la solicitud presentada por dos Oficiales PNP a su mando, peticionando permiso para realizar un tema de investigación en la DIRAVPOL, a fin de obtener el grado académico de Magister en Gerencia de Mantenimiento, sobre el particular a fin de contribuir con el avance profesional de los miembros de la institución policial es FACTIBLE dar autorización al CAP. S. PNP Cristian IPANAQUE SILVA y el CAP. S PNP Robert VARGAS CCAPA, para la elaboración de dicha investigación el mismo que al término deberá ser remitido a este despacho, para conocimiento.

Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi consideración y deferente estima personal.

AROGR/OAPP

Dios guarde a Ud.


OA-211193
ORLANDO VELASCO MUJICA
GENERAL PNP
DIRECTOR DE AVIACION POLICIAL

DIRECCION DE AVIACION POLICIAL
Av. Elmer Faucett N° 3900 - Callao
Central Telefónica 575-0879/575-4696/575-4697/575-4698 - fax:575-3036
Correo Electrónico : ceopoldiravpol@hotmail.com

ANEXO 5. BASE DE DATOS

N° INTERNO	MODELO	SERIE	INOPERATIVIDAD DE LOS HELICOPTEROS PERIODO ENERO HASTA MARZO 2019 (DIAS)	INOPERATIVIDAD DE LOS HELICOPTEROS PERIODO ABRIL HASTA JUNIO 2019 (DIAS)
PNP127	EC145	9616	45	14
PNP128	EC145	9619	34	6
PNP129	EC145	9623	59	12
PNP130	EC145	9612	26	13
PNP131	EC145	9645	30	11
PNP501	MI17	96019	35	9
PNP502	MI17	96021	34	8
PNP503	MI17	96024	44	7
PNP505	MI17	96028	48	9
PNP506	MI17	96069	40	6
PNP508	MI17	95615	49	15



13 : MEDICIÓN1

Visible: 3 de 3 variables

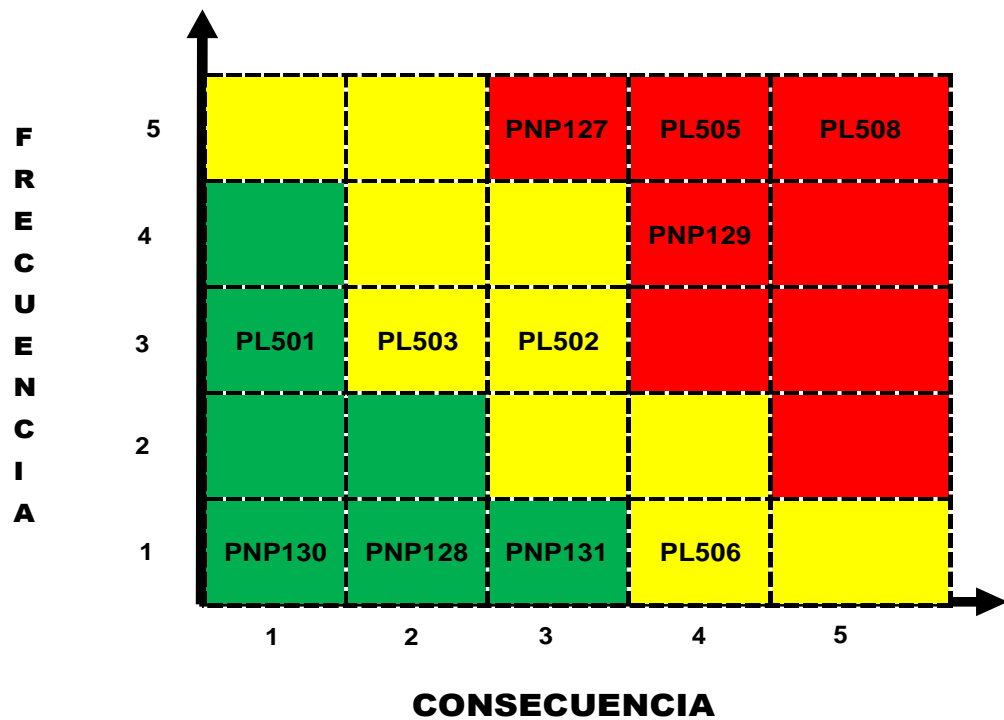
	HELICOPTERO	MEDICIÓN1	MEDICIÓN2	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	EC145	45	14												
2	EC145	34	6												
3	EC145	59	12												
4	EC145	26	13												
5	EC145	30	11												
6	MI17	35	9												
7	MI17	34	8												
8	MI17	44	7												
9	MI17	48	9												
10	MI17	40	6												
11	MI17	49	15												
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															

ANEXO 7. CALCULO DE CRITICIDAD

CALCULO DE CRITICIDAD DE LOS HELICOPTEROS MODELO EC145 Y MI 17 DE LA DIRAVPOL

ITEM	Nº INTERNO	SERIE	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	EVALUACIÓN
1	PNP 127	9616	5	3	15
2	PNP 128	9619	1	2	2
3	PNP 129	9623	4	4	16
4	PNP 130	9612	1	1	1
5	PNP 131	9645	1	3	3
6	PNP 501	96019	3	1	3
7	PNP 502	96021	3	3	9
8	PNP 503	96024	3	2	6
9	PNP 505	96028	5	4	20
10	PNP 506	96069	1	4	4
11	PNP 508	95615	5	5	25

MATRIZ DE CRITICIDAD



ANEXO 8. DIAGRAMA DE PARETO

FALLAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO PARA SERVICIO DE REPARACIÓN	137	30.86%	137	30.86%
RAJADURA EN EL SOPORTE DE LA WINCHA DE RESCATE	52	11.71%	189	42.57%
LUZ DE BUSQUEDA DE LA AERONAVE INOPERATIVO	37	8.33%	226	50.90%
RAJADURA EN CAJA DE 90	30	6.76%	256	57.66%
ACTUADOR LINEAL S/N 08110155	29	6.53%	285	64.19%
INSPECCIÓN DE 100 HORAS	28	6.31%	313	70.50%
SERVICIO DE TERCERO	22	4.95%	335	75.45%
EXCEDENCIA DE MAST MOMENT	22	4.95%	357	80.41%
A CARGO DEL SEGURO	20	4.50%	377	84.91%
INSPECCIÓN DE CORROSIÓN	18	4.05%	395	88.96%
INSPECCIÓN ANUAL	17	3.83%	412	92.79%
ACTUADOR ELECTROMECHANICO DEL MOTOR N° 1 INOPERATIVO.	16	3.60%	428	96.40%
REPARACIÓN DE PALAS DEL ROTOR DE COLA	16	3.60%	444	100.00%
TOTAL	444	100.00%		

