

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE
CONFIABILIDAD DE UNA AERONAVE**

POR:

FRANCISCO SEBASTIÁN LÓPEZ ROMERO

Proyecto de Grado como requisito parcial para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2004

ITSA

ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE CONFIABILIDAD DE UNA AERONAVE

2004

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
INTODUCCIÓN:	
Tema.....	1
Planteamiento del Problema.....	1
Justificación del Problema.....	1
Objetivos.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Alcance.....	2
Resumen.....	3
CAPITULO I: RESEÑAS Y CONCEPTOS.....	4
1.1.- Reseñas.....	4
- ¿Que es un Programa de Control de Confiabilidad?.....	6
1.2.- Conceptos Y Definiciones.....	6
1.2.1.- Mantenimiento Aeronáutico.....	8
1.2.1.1.- Procesos de Mantenimiento Primario.....	9
1.2.1.2.- Mantenimiento por Monitoreo.	10
1.2.2.- Fallas.....	12
1.2.3.- Mantenimiento e Inspecciones.....	13
1.2.3.1.- Mantenimiento Programado o Rutinario.....	14
1.2.3.2.- Mantenimiento no Programado.....	18
1.2.4.- Conceptos Estadísticos.....	18
1.3.- Confiabilidad.....	21
1.3.1.- Propósito.....	23

1.4.-Banco de datos.....	24
1.4.1.- Tipos de Datos.....	24
1.5.- Recolección de Datos.....	25
1.5.1.- Clasificación de los Datos.....	32
CAPITULO II: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	34
2.1.- Identificación de Alternativas.....	34
2.1.1.- Primera Alternativa.....	34
a.- RCM.....	34
2.1.2.- Segunda Alternativa.....	36
a.- AMEF.....	36
2.1.3.- Tercera Alternativa.....	37
2.2.- Estudio de Factibilidad.....	37
2.3.- Selección de la Mejor Alternativa.....	38
CAPITULO III: ELABORACIÓN.....	39
3.1.- Recepción de Datos.....	39
3.2.- Procesamiento de Datos.....	40
3.2.1.-Métodos Para Análisis de Datos.....	42
3.2.2.- Monitoreo de Datos Confiables.....	43
3.3.- Cálculo Estadístico.....	44
3.3.1.- Control Estadístico de Procesos.....	44
3.3.2.- La Distribución Normal y la Confiabilidad.....	47
3.3.3.- Distribución de Promedios Muestrales y la curva de Gauss.....	49
3.3.4.- La Distribución Normal Standard.....	52
3.4.- Procedimiento para Establecer Estándares de Rendimiento.....	54
3.4.1.- Estándar de Rendimiento.....	54

- Conclusión.....	60
3.5.- Cálculo de la Tasa Mensual o Probabilidad.....	62
- Factor de Multiplicación.....	63
a.- Retrasos y Cancelaciones por Sistemas ATA 100.....	64
A.1.- Retrasos.....	64
A.2.- Cancelaciones.....	65
b.- Reportes de Pilotos por ATA.....	66
B.1.- Pireps en horas de vuelo.....	66
B.2.- Pireps en ciclos de vuelo.	66
c.- Cortes de motor en vuelo C.E.V. (todas las causas).....	67
d.- Cortes de motor en vuelo solo motor básico.....	67
e.- Remociones de motor no programadas (remo-no-prog).....	68
f.- Remociones no programadas de componentes.....	69
3.6.- Valores de Alerta.....	69
3.6.1.- Valores de alerta en Aeronaves Nuevas.....	70
3.6.2.- Valores de Alerta – Estructuras.....	70
3.6.3.- Ajustes y Revisiones de Niveles de Alerta.....	71
3.6.4.-Tiempo de vida de un componente.....	72
3.7.- Determinación de Intervalos Óptimos de Mantenimiento.....	73
3.7.1.- Introducción.....	73
3.7.2.- General.....	74
3.7.3.- Componentes.....	76
3.7.4.- Comprobación de Intervalos.....	76
3.7.5.- Inspecciones Estructurales.....	78
3.7.6.- Escalación Corta en el Programa.....	78

3.8.- Acción Correctiva.....	79
3.9.- Reportes y Formatos.....	80
3.9.1.- Reporte de Rendimiento Mensual.....	80
3.9.2.- Formatos.....	82
3.10.- Árbol de Secuencias.....	83 - 84
CAPITULO IV: GUIA Y PRUEBA.....	85
4.1.- Aplicación.....	85
3.1.- Manual para el Software.....	86
CAPÍTULO V: REPORTE MENSUAL.....	89
CAPÍTULO VI: ESTUDIO ECONÓMICO.....	89
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES RECOMENDACIONES y OBSERVACIONES.....	90
7.1.- Conclusiones.....	90
7.2.- Recomendaciones.....	91
7.3.- Observaciones.....	92
MISCELÁNEOS: .- Referencias.....	94

LISTADO DE TABLAS:

2.1.- Comparación de Alternativas.....	38
3.1.- Plan para el Proceso de Datos.....	40
3.2.- Comparación entre una distribución Muestral y una Poblacional.....	51
3.3.- Cotización para el factor de multiplicación en fórmulas pireps.....	64

LISTADO DE GRÁFICOS:

3.1. Ejemplo de Monitoreo.....	43
--------------------------------	----

3.2. Distribución de Frecuencias.....	45
3.3. Distribución de Gauss.....	45
3.4. Distribución Normal y sus Partes.....	47
3.5. Porcentajes en una Curva Normal.....	48
3.6. Comparación entre un Gráfico Estándar y uno Normal.....	53
3.7. Distribución Normal Estándar.....	54
3.8. Ejemplo para $\pm 1 \beta$	56
3.9. Ejemplo para $\pm 4 \beta$	57
3.10. Ejemplo para $\pm 3 \beta$	58
3.11. Ejemplo para $\pm 2 \beta$	59
3.12.- Tiempo de Vida de un Componente.....	72

LISTADO DE ANEXOS:

A.- ATA 100

B.- Formatos para Recolección de Datos

INTRODUCCIÓN

TEMA: “Elaboración de un Programa de Control de Confiabilidad de una Aeronave”.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Por la falta de material académico en la institución que permita mejorar conocimientos en el diagnóstico y control del mantenimiento aeronáutico, se ha visto la necesidad de crear un “Programa de Control de Confiabilidad de una aeronave”, con la finalidad de proveer al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, de un medio didáctico para el estudio y seguimiento de una flota de aeronaves en actividad de vuelo.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA: El programa de control de confiabilidad consiste en un método para el monitoreo y control del mantenimiento en los componentes de una aeronave en cuanto a su rendimiento mecánico, tratando de asegurar su operación en vuelo, estableciendo limitaciones con tendencias estadísticas en su condición de tiempo de servicio, o pudiendo ayudar a la determinación de nuevos intervalos entre cada overhaul o inspecciones; además crea un sistema estándar de control para una flota de las mismas características, dando como resultado un conjunto de conclusiones y acciones, que ayudan al control del resto de la flota, ya sea ésta de la empresa propietaria o del fabricante.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

Elaborar un Programa de Control de Confiabilidad de una Aeronave, con la ayuda de un monitoreo diario de reportes presentados en el día de operación (datos), en una empresa explotadora, con el fin de conocer tendencias estadísticas peligrosas y así pudiendo programar el mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ◆ Obtener información referente al equipo involucrado.
- ◆ Realizar una prueba aplicada.
- ◆ Considerar nuevos intervalos de mantenimiento.
- ◆ Facilitar el registro de documentos.
- ◆ Proporcionar un manual general de confiabilidad.

ALCANCE:

La idea del estudio parte desde la necesidad de incrementar conocimientos en los estudiantes y va hasta proporcionar material pedagógico para la enseñanza y aprendizaje en el área de mantenimiento de los alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, principalmente en las Escuelas de Aviónica y Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A. por estar sujetas a esta área de trabajo.

RESUMEN:

El programa de control de confiabilidad consiste en: Un método para controlar el mantenimiento dentro de una empresa de aviación, monitoreando el desempeño mecánico de los sistemas y componentes, en este caso de una flota de aeronaves, esto se realiza por medio de un estudio estadístico que inicia con la recolección de datos desde los equipos(horas de vuelo, ciclos, daños presentados, etc.), hasta los resultados en un reporte mediante la estadística, estableciendo límites (“Nivel de Alerta”) de los diferentes componentes, los cuales al sobrepasar estos parámetros dan señales de peligro comprometiendo la aeronavegabilidad de los equipos monitoreados; además crea un sistema estándar de control para la flota de las mismas características, dando como resultado un conjunto de conclusiones y acciones, que ayudan tanto a la planificación del mantenimiento como al registro de datos diarios del resto de la flota, ya sea ésta de la empresa propietaria o del fabricante.

CAPITULO I

RESEÑAS Y CONCEPTOS

1.1.- Reseñas.-

La Aviación ha sido desde siempre un medio de transporte que está directamente relacionada con la “SEGURIDAD”.

En décadas pasadas (por los años 50) la tasa de accidentes en aviación era alta, se calculaba que existían sesenta accidentes por cada millón de despegues. Si en la actualidad se presentara el mismo porcentaje en accidentes se estaría sabiendo de tres a cuatro accidentes por día en el mundo (incluyendo a aeronaves de más de 100 pasajeros) de los cuales la mayoría serían debido a una falla de los componentes instalados.

Esto era motivo de preocupación de los fabricantes y operadores lo que motivó a la inversión en estudios para mejorar la seguridad en los componentes.

Todos creían que al transcurso del funcionamiento de un componente o sistema, éste tenía que desgastarse lo que hacía que la gente realizara mantenimientos periódicos y costosos.

De todas maneras, la idea no estaba funcionando como se esperaba todo daba a entender que las reparaciones se las realizaba muy tarde después que el desgaste ya estaba presente, naturalmente lo que se hizo en un principio fue acortar los intervalos de mantenimiento incrementando los costos a las empresas.

De esta manera nació la idea de prevenir el Mantenimiento a finales de los años 60, luego de una investigación realizada por la empresa americana United Airlines, planteando a un patrón de falla conocido actualmente como RCM

(mantenimiento centrado en la confiabilidad), la misma que hace uso de la estadística aplicada como una herramienta viable, y acentuando sus fundamentos cuando la industria aeronáutica aceptó que mucha de su filosofía en mantenimiento no solamente era costosa sino también altamente peligrosa.

El desarrollo inicial del tema fue realizado por la industria de la aviación civil americana con los fabricantes de equipo aéreo y sus aerolíneas, quienes montaron un equipo de personas en este tema a los que llamó "Grupos de Dirección de Mantenimiento" ellos reexaminaron el proceso para tratar de mantener las aeronaves operando.

El grupo estaba conformado por representantes de los Fabricantes, de los Operadores, y la Fuerza Aérea Americana.

Desde entonces la historia del mantenimiento aeronáutico ha ido evolucionando. En la actualidad se estima que existen menos de dos accidentes por millón de despegues esto quiere decir que hay un accidente cada tres o cuatro semanas en el mundo. Dando lugar a decir que hoy el Transporte aéreo es "La forma segura de viajar". (*ref. 1*).

La programación del mantenimiento dentro de una empresa es importante para optimizar la vida útil de las aeronaves, pueden surgir novedades dentro de la actividad diaria por lo que se debe dar un constante monitoreo registrando a los intervalos de inspección y remociones de componentes. Muchos operadores se apoyan como referencia, en el Programa de Confiabilidad del fabricante el cual establece su propio Programa para la flota mundial de aeronaves producidas, pero el operador dependiendo de la cantidad de unidades que posean también puede establecer un Programa de Control de Confiabilidad propio. Este es caso considerado para el presente trabajo.

Existen métodos para poder predecir daños en un componente, así como también para establecer intervalos de inspección rutinaria siendo uno de los más eficientes El Programa de Control de Confiabilidad.

- ¿Que es un Programa de Control de Confiabilidad?

El programa de control de confiabilidad (PCC) consiste en un método de recolección de datos del rendimiento mecánico de los diferentes sistemas de una aeronave (horas de vuelo, ciclos, daños presentados, etc.), los cuales pasan a ser analizados y procesados adecuadamente, estableciendo limitaciones de tiempo o determinando nuevos intervalos entre cada overhaul e inspecciones de mantenimiento; además crea un sistema estándar de control para una flota de las mismas características de la aeronave modelo, dando como resultado un conjunto de conclusiones y acciones que optimizan los recursos, además ayudan al control del resto de la flota, ya sea ésta de la empresa propietaria o del fabricante, mediante reportes.

Este programa se limita a procesar datos desde la aeronave hasta los reportes, en caso de encontrarse una alerta, el proceso pasa a manos de otro sistema de estudio. (ref. 11,12 ,13).

1.2.- Conceptos y Definiciones.-

Para un mejor entendimiento del contenido se expone la siguiente información de conceptos técnicos:

Accidente.- Es un acontecimiento negativo que da lugar a desgracias personales.

Banco de Prueba.- Un aparato estándar para realizar pruebas o serie de pruebas las cuales determinarán la serviciabilidad de un componente.

Bitácora.- Documento legal en el cual se registra datos y parámetros de la aeronave en vuelo.

CDL. - Configuration Deviation List.

Ciclo. - Período que va desde el encendido de motores de la aeronave hasta su corte después de un aterrizaje completo.

Componente.- Cada parte, sub-parte o unidad.

Despegue.- Una aeronave en el aire.

Falla de componente.- Es la falla de un componente que este realiza al intentar funcionar.

Horas de vuelo.- Tiempo con el cual la aeronave registra su actividad en el aire. Se mide desde que el tren de aterrizaje abandona el suelo y va hasta su próximo toque de tierra.

IAS.- Velocidad aerodinámica indicada.(directo del manómetro).

Incidente.- Es un acontecimiento negativo que afecta a la integridad de un equipo siempre y cuando no existan desgracias personales.

Inspección.- Verificación, comprobación.

Interrupción Programada.- Espacio de tiempo en el cual la aeronave se somete a una inspección pre-establecida.

Interrupción no Programada.- Espacio de tiempo en cual la aeronave suspende su actividad por acontecimientos adversos a su aeronavegabilidad.

MEL.- Minimum Equipment List.

MGM.- Manual General de Mantenimiento.

No rutina.- Aquellas discrepancias mecánicas o estructurales que son encontradas durante una inspección.

Operador.- Propietario o empresa que desarrolla actividades aeronáuticas en base a la utilización de una o varias aeronaves.

P/N.- Número de parte. (Part Number).

Prueba Funcional.- La prueba de rendimiento de un componente, parte o sistema removido fuera de la aeronave.

Prueba operacional.- La prueba de rendimiento de un componente, parte o sistema instalado en la aeronave.

Record.- Documentación que respalda la presentación legal de un componente o equipo.

Reporte.- Notificación que indica una acción o trabajo realizado.

Remoción.- Cambio de un componente.

Sistema.- Una combinación interrelacionada de componentes que realizan una función específica.

S/N.- Número de serie. (Serial Number).

T.S.N.-Tiempo desde nuevo. (Time Since New).

T.S.O.- Tiempo desde el último Overhaul (Time Since Overhaul).

T.S.I.- Tiempo desde su última inspección. (Time Since Inspection).

UTC.- Hora universal coordinada. (Ref. 2)

1.2.1.- Mantenimiento Aeronáutico.-

DEFINICION:

“Es el conjunto de normas y actividades para el manejo y control correcto de una aeronave el mismo que deberá conservar sus mejores características prolongando así su vida útil”. (Ref.2)

El Mantenimiento viene organizado por un conjunto de personas que se encargan de ejecutar las diferentes actividades técnicas y legales proporcionando el material necesario para la óptima operación de la aeronave.

1.2.1.1.- Procesos de Mantenimiento Primario.-

1.- Por Condición (On – Condition).- Esto es un proceso de mantenimiento preventivo primario que requiere un sistema, un componente, o un artefacto que necesite ser inspeccionado periódicamente o requiera una inspección física para determinar si continúa en servicio.

El estándar asegura que la unidad sea removida estando en servicio antes de que se presente una falla en operación normal. Aquellos estándares pueden ser ajustados en experiencias o pruebas de operación mediante un programa aprobado o por un manual de mantenimiento.

2. – Tiempo Duro (Hard Time, Overhaul time limit, or Part Life – Limit). - Este es un proceso de mantenimiento primario preventivo que puede requerir determinado sistema, componente, o artefacto que necesita ser desarmado e inspeccionado periódicamente (tiempo límite). Tiempos límites que pueden ser ajustados basándose en experiencias o test de operación.

La principal característica del concepto Hard Time es que un componente, aparato ó sistema es removido desde un avión después de un determinado intervalo de tiempo de vida útil. Este intervalo es normalmente basado en tiempo

(horas de vuelo), tiempo calendario, también en ciclos o en un número de inspecciones cumplidas.

El intervalo debe ser determinado por autoridades que certifiquen la aeronavegabilidad y/o el fabricante de la aeronave, especialmente cuando se encuentra involucrada la seguridad de la aeronave. El Límite es calculado desde análisis teórico de fallas, realizado por el fabricante. En algunos casos los intervalos son realizados por sistemas especializados y los límites son basados en buenas o malas experiencias con el componente o sistema. Usando esta experiencia la persona que desarrolla el sistema asegurará de mejor manera los límites.

Los límites Hard Time pueden ser largos o cortos. En algunos casos estos resultados han traído desventajas. También un intervalo corto puede resultar en mucho trabajo. Cuando es escogido un intervalo largo el riesgo de una falla no planificada aumentará. En general las fallas no planificadas son más costosas que remociones planeadas. *(ref. 10)*

1.2.1.2.- Mantenimiento por Monitoreo.

1.- Monitoreo por Rendimiento (Condition Monitoring).- Este proceso es para sistemas, componentes, o aplicaciones que no están considerados dentro de el mantenimiento de tipo primario Hard Time u On Condition. El mejor uso del Control de Confiabilidad de sistemas o equipos se basa en conocimientos alcanzados por análisis de fallas anteriores u otras indicaciones de deterioraciones o mal funciones.

El programa de confiabilidad estadístico es un elemento activo de Condition Monitoring, es prácticamente un monitoreo continuo, grabando y analizando el desempeño operacional de los componentes y sistemas de la aeronave. Los resultados serán medidos y comparados con un nivel de comportamiento normal pre-establecido, lo cual se necesita para tomar las acciones correctivas oportunas.

El programa de mantenimiento de condition monitoring tiene dos funciones básicas:

- 1.- Por medio del cálculo estadístico, proporciona un resumen de confiabilidad rápida, y por consiguiente, refleja la efectividad del proceso de mantenimiento.
- 2.- Para proporcionar información técnica significativa y oportuna para que puedan lograrse mejoras en la confiabilidad por medio de cambios en el diseño de procedimientos.

El manejo apropiado del programa contribuye no solamente a la aeronavegabilidad continua, sino también a la confiabilidad de la flota, con una buena planificación y reducción de costos en mantenimiento.

Luego del cálculo estadístico, viene el desarrollo de las acciones correctivas para el Programa de Control de Confiabilidad, lo que es una parte esencial del mantenimiento por Monitoreo del Rendimiento.

El comportamiento del programa de control de confiabilidad será periódicamente revisado en conjunto con los operadores y las autoridades, así como también el orden de implementación de las acciones correctivas que vendrán como resultado del proceso de datos. *(ref. 4,10)*

1.2.2.- Fallas.-

Unicamente un programa de confiabilidad aprobado es capaz de clasificar a un equipo en operación. La medida de que un equipo es confiable se da indagando con que frecuencia de tiempo ocurren las fallas en la aeronave. Un buen diseño del programa de mantenimiento dará lugar a que el nivel de fallas en operación disminuya.

Lamentablemente a veces, las malas experiencias son las que determinan las acciones a corregirse.

Existen tres tipos de fallas que pueden estar asociadas con el operador:

a.- FALLA TEMPRANA.- Es el resultado de una mala manufacturación y/o del mal control de calidad durante la producción. Esta clase de falla puede ser eliminada por un proceso llamado “burn-in”, donde el equipo es testeado, operándolo por un cierto tiempo bajo condiciones similares a las de que cuando estuvo nuevo.

b.- FALLA POR DESGASTE, Aquellas fallas que ocurren cuando el equipo no es mantenido apropiadamente. Fallas por desgaste son un sinónimo de componente viejo. En muchos casos este tipo de fallas puede ser prevenido a través de un mantenimiento calificado.

c.- FALLA FORTUITA.- Este tipo de fallas no puede ser eliminado por burn-in o técnicas de mantenimiento preventivo. Las fallas fortuitas son causadas por acumulaciones de tensión repentinas que están más allá de la resistencia del diseño del componente. Las fallas ocasionales ocurren en intervalos repentinos, irregulares e inesperados. Nadie puede predecir cuando ocurrirá una falla fortuita; a veces, ellas obedecen ciertas reglas de conductas colectivas que ocurren con frecuencia durante períodos aproximadamente constantes relativos de tiempo. Se

dice que un acontecimiento es negativo cuando 2 ó 3 errores se interceptan en un punto. (ref. 8)

1.2.3.- Mantenimiento e Inspecciones.-

De manera general existen tres tipos de inspecciones para con una aeronave: Detallada, Visual General y Detallada Especial.

a.- Inspección Detallada.-

Se denomina así a toda verificación visual intensiva de un sistema, área estructural o parte para detectar daños, fallas o irregularidades. Para esta inspección es posible que se necesite limpiar áreas o remover accesos, a la vez se puede hacer uso de herramientas como espejos, lupas, lámparas, etc.

b.- Inspección Detallada Especial.-

Se denomina así al análisis intensivo de un trabajo o ítem en un área, componente o parte específica, con el fin de determinar el motivo del daño en el mismo.

c.- Visual General.-

Es una mirada general al interior o exterior de la aeronave, con el fin de encontrar alguna discrepancia.

Toda empresa aeronáutica realiza de una u otra forma mantenimiento en sus aeronaves, para lo cual deberá seguir un programa de mantenimiento calificado y aprobado por la autoridad, los mismos que son emitidos por los fabricantes del equipo.

La documentación constituye el apoyo fundamental para la ejecución del Mantenimiento Preventivo.

Entre la documentación de estos manuales se encuentran:

- El programa de inspección recomendado por el fabricante.
- Las inspecciones de componentes limitadas por tiempo.
- Lista de componentes con Tiempo Límite de Vida y que requieren Mantenimiento Mayor.
- Programa de Inspección Continua.
- Chequeos de Mantenimiento no Programado y Prácticas de Mantenimiento.
- Requerimientos de Inspección estructural.
- Lo que contempla a motores.
- Lo que contempla a Hélices. (Si aplica). (ref. 2)

1.2.3.1.- Mantenimiento Programado o Rutinario.-

Es de índole preventivo y constituye el conjunto de tareas o cartillas de servicio, inspecciones visuales o con ayuda de equipos especiales y/o reemplazo de componentes.

Para la ejecución de este tipo de mantenimiento se hará uso de documentación y formas que contengan la información técnica suficiente de los manuales de la aeronave.

Debe existir un departamento dentro de la empresa que se encargará del funcionamiento del mantenimiento rutinario, el cual responderá por el cumplimiento y organización de los trabajos.

Se tiene varios tipos de mantenimiento preventivo como son:

a.- Inspecciones de Línea de Vuelo.-

Comprende las actividades de mantenimiento rutinario como son:

- Inspecciones de prevuelo tránsito y pernocta.
- Reabastecimiento y servicio a la aeronave.
- Trabajos menores, que no modifiquen la configuración inicial de la aeronave.

b.- Inspección Final (prevuelo).-

Se realiza una hora antes de la salida de la aeronave. La aeronave se someterá a este chequeo aún cuando esta haya salido de una inspección de escala superior. El propósito de esta inspección es asegurarse de que la aeronave no ha sufrido daño estructural alguno, que todas las compuertas y paneles estén cerrados que todos los sistemas han recibido los servicios necesarios y que los registros de la aeronave estén completos.

c.- Inspección de Tránsito.-

Se lleva acabo en cada parada intermedia; es esencialmente una parada para embarque de pasajeros, carga o reabastecimiento de combustible. La labor de mantenimiento normalmente se limitará a garantizar la continuidad del vuelo.

Su propósito es verificar la seguridad de las puertas y paneles de acceso, inflado de llantas y de los amortiguadores, presencia de fugas y fluidos o daños estructurales y otro daños obvios que puedan afectar la seguridad de la aeronave, a mas de todas las tareas de servicio requeridas.

d.- Inspección de Pernocta.-

Se realiza después del último vuelo de la aeronave de cada día. Un chequeo de tránsito es incluido en cada pernocta. Con este tipo de chequeo al final del último vuelo se asegura que la condición del avión al día siguiente será la más óptima.

e.- Inspecciones de Servicio.-

Son tareas de mantenimiento y servicio recomendadas por el fabricante las cuales deben realizarse cada cierto número de horas de vuelo. Este tipo de inspección está dividido de tal forma que la aeronave será inspeccionada en su totalidad luego de un cierto número de chequeos.

f.- Inspecciones Estructurales.-

Constituyen aquellas inspecciones que permitirán detectar, prevenir y reparar cualquier degradación estructural causada por fatiga, contaminación ambiental, o daño accidental durante la vida operacional de la aeronave.

g.- Inspección Zonal.-

Consiste en inspecciones internas y externas de las instalaciones de la aeronave y planta de poder, componentes, y estructura por su seguridad, condición física general o por daño accidental. En general las inspecciones son visuales y no requieren de ayudas de inspección aparte de una linterna y un espejo.

h.- Programa de Envejecimiento.-

Comprenden programas de inspección complementarios que permiten la operación de la aeronave más allá del límite de vida económica de la aeronave. Básicamente se establecen los siguientes programas: Control de Corrosión, Procedimientos de Inspección de Programas Suplementarios, (Repair Assessment). Este se aplicará cuando afecte al número de serie de las aeronaves que posee la empresa.

i.- Mantenimiento de Base.-

Comprende la ejecución de tareas de mantenimiento rutinario mas complicadas y que requieren de equipos de apoyo o herramientas especiales,

como son chequeos de la condición general de la aeronave, motores o sistemas; inspección de estructuras adyacentes que implican la apertura de paneles o desmontaje de componentes mayores. Comprende además la corrección de discrepancias, trabajos diferidos o cualquier otro tipo de trabajo que no se pueda ejecutar en línea de vuelo.

i.- Mantenimiento de Motores.-

Para el mantenimiento de motores se sigue lo contemplado en el programa de mantenimiento así como se implementaran las inspecciones boroscópicas cada cierto número de horas de vuelo o tiempo calendario. Los motores son monitoreados por programas de mantenimiento manuales los que trabajan en base a datos proporcionados por el operador, los datos ingresan a un software especialmente diseñado para el efecto. Todo esto hasta que se cumpla su primer overhaul, para luego pasar a controlar el mismo como un ítem de hard time.

Las empresas mantienen convenios y respaldo de los fabricantes de los motores para el desarrollo de este mantenimiento.

k.- Mantenimiento de Equipos Aviónicos.-

Los equipos de aviónica abordo tienen intervalos de inspección requeridos ya sea por fabricantes o por la autoridad de acuerdo a las regulaciones.

Estos intervalos podrán variar de acuerdo a la operación y experiencia de la empresa bajo la aprobación de la autoridad.

l.- Mantenimiento de Interiores.-

Tiene que ver con los productos y materiales utilizados para el mantenimiento interior de la aeronave, tales como alfombras, forros de los asientos, cojines, pintura, etc., los mismos que deberán poseer la documentación y certificados de las pruebas de flamabilidad exigidas por las regulaciones vigentes.

m.- Mantenimiento de Compartimientos de Carga y de Cabina.-

Todo el material que se utilice en este mantenimiento debe ser resistente a altas temperaturas e incendios. (ref. 2)

1.2.3.2.- Mantenimiento no Programado.-

Constituyen las tareas de Mantenimiento Correctivo que deben ejecutarse en las aeronaves y sus componentes como resultado de los reportes de la tripulación de vuelo y/o de las inspecciones programadas de mantenimiento.

Para realizar el mantenimiento no programado se debe tener el respaldo de documentación extraída de los manuales del avión y registrar las diferentes discrepancias encontradas en formatos establecidos, esto es con el fin de proporcionar datos para el programa de confiabilidad y para otras dependencias.

1.2.4.- Conceptos Estadísticos.-

La siguiente información provee una introducción a algunos conceptos estadísticos usados en trabajos de confiabilidad.

Media Aritmética.- Comúnmente conocido como un promedio. Se la encuentra sumando todos los valores observados, divididos para el número de observaciones.

$$X = \frac{\sum (X1 + X2 + \dots + Xn)}{n} \quad (1.1)$$

Formación.- Ordenar en forma particular un número de datos de acuerdo al tamaño.

Media Asumida.- Cuando de una escala de datos se toma un valor significativo que represente al resto, simplificando el trabajo de cálculo.

Frecuencia de clase.- Un número de ítems fallando dentro de una clase particular de distribución de frecuencia.

Carta de Control.- Decide periódicamente si un proceso está dentro del mando estadístico. Es utilizada en análisis de datos pasados.

Datos.- Es el resultado de un experimento, eventos u observaciones. Se deben asegurar que las observaciones sean las mas acertadas posibles.

Distribución.- Se usa para los datos observados en términos específicos, se hace referencia su dispersión global y es también como un sinónimo para la distribución de frecuencia.

Periodo de falla temprana.- Un intervalo corto de tiempo, inmediatamente seguido por falla de un componente.

Modo de falla.- Describir las características de la falla incluyendo la operación específica o la prueba en el tiempo de falla.

Tendencia a fallar.- La razón momentánea negativa que un ítem experimenta después de un tiempo dado. La tendencia a fallar se la expresa en porcentaje de fallas por cada período de horas o ciclos de vuelo. Para una distribución exponencial de fallas (tendencia a falla constante) la tendencia es recíproca a la época en la que ocurrió la falla, (TPEF) Tiempo Promedio Entre Fallas.

Frecuencia.- El número de ítems, o casos, que esperan fallar dentro de una categoría o clasificación.

Distribución de Frecuencias.- Una tabla u otro arreglo que indican las frecuencias con sus respectivos números de ítems fallando dentro de cada clase.

Datos Agrupados.- Un conjunto de datos que pueden ser agrupados o clasificados de acuerdo a alguna característica cualitativa o cuantitativa, esto significa que cada dato debe ser puesto dentro de una distribución de frecuencia.

Variación Irregular.- Se lo establece como tiempo de análisis de la serie, es decir las fluctuaciones de las fallas. Es el presente siempre, aunque individualmente no es predecible, atiende para determinar el promedio de falla de una larga carrera.

Pruebas de Vida.- Es una prueba realizada en orden para determinar características estadísticas concernientes al tiempo en que un componente funcionará con las mejores características de diseño.

Desviación de Promedios.- Una medida de variación de un conjunto de datos lo cual viene dado por el promedio de las variaciones absolutas.

Tiempo promedio entre fallas (TPEF).- Es el límite donde un componente es operado en condiciones normales. El mejor tiempo promedio entre fallas estimado es un tiempo finito, T.

Tiempo medio para fallar.- Es el promedio de vida de un aparato irreparable.

Período de falla normal.- Aquel período de tiempo durante el cual la tendencia a fallar del equipo es constante.

Parámetro.- La cantidad para la cual el operador puede asignar arbitrariamente valores para motivos de cálculo.

Rango.- Es la diferencia entre un valor máximo y un valor mínimo de un conjunto de números o datos.

Datos primarios.- Valores que no han sido sujetos a ciertas medidas de tratamiento estadístico son: un grupo, la codificación, etc.

Radio.- Es el cociente entre dos números o cantidades.

Periodo de desgaste fuera de límite.- Es cuando el período de vida de un equipo siguiendo una operación normal incrementa su tendencia a fallar.

Medidas de Dispersión.- “Son las medidas que nos indican de que forma se reparten los datos de un punto medio hacia un lado u otro. También conocido como variación, éste valor puede indicar tendencias descartables o peligrosas de un valor. Cuando se aborda el problema de la dispersión lo primero que se piensa es el campo de recorrido de la variable y está determinado por la diferencia entre el mayor y menor valor de ella.”(ref. 3.0, página 57.)

En la práctica la variedad o dispersión no es solo lo negativo sino la esencia de la estadística. Los datos cuantitativos son materia prima para el análisis estadístico, se caracterizan siempre por diferencias de valor entre las observaciones individuales. Estas diferencias cuantitativas son tan importantes como la tendencia de las cifras a agruparse alrededor de un valor central de una serie de igual modo que se dice que la estadística es la ciencia de los promedios, se puede decir igualmente que todos los métodos estadísticos son técnicas para estudiar la variación.

Las principales medidas de variabilidad son: La desviación media, “Varianza y Desviación estándar”, intervalo semicuartílico, coeficiente de variación, entre otras. (ref. 3.0 ,3.1 , 3.6)

1.3.- Confiabilidad.- Confiabilidad en Mantenimiento.-

El trabajo realizado entorno a una actividad aeronáutica debe poseer un respaldo fehaciente que confirme su calidad y veracidad.

Existen documentos que respaldan a todas las actividades técnicas programadas, lo que no sucede con la predicción de un desconocido futuro. La

confiabilidad enmarca todo este tipo de conceptos tratando de enfocar una mejor distribución de recursos en el mantenimiento.

La confiabilidad ha llegado a ser una herramienta importante dentro de la aviación civil y militar en todo el planeta, está desarrollada de tal forma que permita conocer rápidamente cuando un sistema, subsistema o componente está dando señales de mal funcionamiento, esto es, su tasa de falla está por encima del rango óptimo de operación.

En el caso de que suceda lo antes indicado se deberán tomar las acciones necesarias que no permitirán que ocurra uno o varios acontecimientos negativos.

Los cuatro puntos fundamentales que produce un programa de confiabilidad son:

- Eliminación de Fallas.
- Creación de Estrategias.
- Técnicas Avanzadas de Administración de Mantenimiento.
- Creación de Cultura para Mejoras Continuas.

Este tipo de programas puede traer también un proceso de fallas continuas que se los debe tener en cuenta todo un siempre. Aquí se presentan las principales pistas para que se presenten fallas, son:

- Falta de definir bien los requerimientos para el trabajo.
- Falta de apoyo de la Gerencia alta o media.
- Falta de capacitación o calidad de capacitación.
- Falta de entendimiento para los beneficios que se intentan lograr con el programa.
- Falta de comunicación antes, durante y después del desarrollo del programa.

Cada empresa tiene desgastes en la operación de cada día, otro de los objetivos de la confiabilidad es eliminarlos de alguna forma. Los tipos de desgaste de recursos más comunes aparecen:

- Esperando materiales y refacciones.
- Esperando equipo para darle mantenimiento.
- Falta de conocimientos en procedimientos e información técnica.
- Materiales y/o refacciones equivocadas.
- Esperando permisos de trabajo y otros documentos claves.
- Excesos de movimiento y viajes no requeridos.

Es con la buena aplicación de planeación y programación que podremos eliminar este desgaste diario, Mejorando la productividad de los recursos corporativos.

(ref. 1 , 2 , 7)

1.3.1.- Propósito.-

La confiabilidad dentro de una empresa viene a ser en la actualidad un proceso de suma importancia ya que por medio de la misma se podrán anticipar los posibles daños en los equipos, así como prever los recursos tanto humanos como materiales para su corrección.

Las señales se presentan por medio de un cálculo estadístico para lo cual necesitamos la recopilación de datos reales en forma diaria. Los datos procesados darán un número el mismo que es comparado con una tabla que indicará si la tasa de falla está dentro del rango óptimo de operación.

Otra característica del sistema es poder determinar los motivos de falla de los componentes pudiendo aplicar las acciones correctivas necesarias para mantener la aeronave aeronavegable.

En resumen su objetivo fundamental es encontrar una norma o ley de comportamiento general de cada uno de los sistemas o componentes de tal forma que cuando uno de ellos se salga de esta ley prevista de comportamiento, se lo identifique fácilmente junto con la causa del problema y se puedan aplicar las acciones correctivas necesarias para que el avión en general se mantenga siempre en condiciones seguras de vuelo mientras los costos del mantenimiento disminuyan al menor valor posible.

1.4.- Banco de Datos.-

El uso de una herramienta muy importante en la actualidad como es el computador será de carácter obligatorio en este tipo de trabajos, puede diseñarse un software, el que vendrá a facilitar el trabajo de los operadores ahorrando tiempo y dinero.

De todas formas el banco de datos en este programa es el lugar donde se archivarán todos los formatos (papeles) captadores de datos en forma clasificada y ordenada de acuerdo a la fecha. Los documentos vienen a ser un respaldo para cualquier tipo de auditoria que pueda presentarse por lo que deben ser guardados adecuadamente. Debe designarse un área libre de humedad, de polvo, y de agentes externos que puedan alterar su calidad.

1.4.1.- Tipos de Datos.-

Al hablar de tipos de datos se refiere a la fuente que proporciona los mismos, para lo cual pueden ser primarios o secundarios.

Primarios.- son los datos que provienen desde equipos propios de la empresa, y;

Secundarios.- los que se obtienen desde otras aeronaves externas a la empresa. Estos pueden ser solicitados al fabricante o a otros operadores que posean equipo operando en las mismas características que las propias de la empresa. (ref. 4)

1.5.- Recolección de Datos.-

Es la primera operación mediante la cual inicia el proceso de confiabilidad. Recolectar datos es ponerse en contacto con la realidad de operación del equipo, éste proporciona el material necesario para poder realizar posteriormente el análisis estadístico.

Lo mas importante de este paso a la confiabilidad, es que los datos que provienen de la aeronave sean los mas reales posibles de esta manera los resultados serán los mas óptimos.

Los datos provienen de un equipo que se encuentre funcionando bajo distintas condiciones de operación.

Para la obtención de datos se a propuesto una serie de “Formatos de Recolección” con los cuales se trata de abarcar toda la información necesaria y recomendada por otros programas en funcionamiento; los “Formatos de Recolección” son los siguientes:

Reportes de Piloto, Retrasos técnicos, Cancelaciones técnicas, Remociones de componentes no Programadas, Cortes de motor en vuelo, Aeronave en Servicio, Datos de Motores Instalados, Datos de APU Instalado (si lo tiene), Datos de Hélices Instaladas (si las tiene), etc.

a.- Reportes de Piloto.- Estos son originados por los tripulantes al mando de la aeronave, se los registra en un formato llamado Bitácora de mantenimiento del avión a la culminación de cada ciclo. Los reportes de Piloto vienen a ser el principal medio de determinación de la confiabilidad de mantenimiento. Los datos son prontamente evaluados, corregidos y almacenados.

Lo siguiente aplica como criterio de cuando generar un reporte de piloto:

- Los reportes de piloto son acumulados durante todos los vuelos, incluyendo: entrenamiento de pilotos, vuelos ferry, excepto aquellos que ocurran luego de una inspección que requiera vuelo de prueba, para lo cual deberá ser liberado para el servicio fuera de la inspección.
- Hacer un reporte de piloto cuando exista diferidos.
- Hacer un reporte de piloto una vez confirmada la falla por mantenimiento
- Hacer un reporte de piloto para varios ítems como son: diez luces de lectura inoperativas, asientos inseguros, etc.
- No hacer reportes de pilotos relatando comentarios.

Contar los reportes de piloto cada vez que se tome una acción correctiva.

Los reportes de piloto deben contener sólo la información necesaria para poder corregir la falla o discrepancia. Los reportes deben incluir lecturas de manómetros, secuencia de eventos, etc. El personal de mantenimiento realizara las correcciones necesarias y deberá registrar en la bitácora el trabajo realizado,

además los S/N y P/N de las partes removidas e instaladas, la fecha, el ATA 100 capítulo y sub-capítulo, nombre de la estación y la firma correspondiente.

Una vez registrada toda esta información se procederá a hacer la entrega de las bitácoras al responsable de procesarlos, siguiendo las instrucciones del manual general de mantenimiento.

b.- Interrupciones Mecánicas.- El reporte de las Interrupciones Mecánicas debe incluir la siguiente información:

- Tipo e identificación de la aeronave.
- Fecha, Número de vuelo, momento en el que ocurrió el incidente (Previos, Prevuelo, despegue, subida, crucero, descenso, aterrizaje, o inspección)
- En caso de procedimiento de emergencia que consecuencias produjo: (aterrizaje no programado, descenso de emergencia)
- La naturaleza de la falla, mal función o defecto.
- Identificación del sistema involucrado en la falla, incluyendo información del componente mayor y sub-componente además del tiempo desde el último overhaul.
- Causa aparente que dio lugar a la falla. (desgaste, rotura, diseño deficiencia, o error humano).
- Lugar donde el avión fue parado.
- El número de motores removidos prematuramente por la mal función, falla o defecto, con sus correspondientes S/N y P/N.

c.- Cartas de No Rutina.- Las cartas de no rutina son usadas para almacenar discrepancias y acciones correctivas tomadas por mantenimiento y para monitorear las remociones de componentes. Estas pueden nacer en: Inspecciones programadas como una inspección A o B, Servicios, etc.

- Es generada por el inspector o mecánico que descubrió la discrepancia.
- Se debe incluir la inicial de quien escribió: P piloto, M mecánico, S programado, D diferido por mantenimiento, como sea aplicable.
- Las cartas de no rutina deberán ingresar al banco de datos de acuerdo a las instrucciones del Manual General de Mantenimiento.

d.- Datos del Motor.- Registra las horas y ciclos mensuales y acumulados del motor instalado.

Además lleva:

- Fecha (año, mes, día)
- P/N y S/N del motor instalado.
- T.S.N. (horas y ciclos)
- T.S.O. (horas y ciclos)
- T.S.I. (horas y ciclos).

e.- Datos del APU (si aplica).- Registra las horas y ciclos mensuales y acumulados del APU instalado.

Contiene:

- Fecha (año, mes, día)
- P/N y S/N del motor instalado.
- T.S.N. (horas y ciclos)
- T.S.O. (horas y ciclos)
- T.S.I. (horas y ciclos).

f.- Datos de hélice (si aplica).- Registra las horas y ciclos mensuales y acumulados de la hélice instalada.

Incluye:

- Fecha (año, mes, día)

- P/N y S/N del motor instalado.
- T.S.N. (horas y ciclos)
- T.S.O. (horas y ciclos)
- T.S.I. (horas y ciclos).

g.- Datos de monitoreo de motor en vuelo.- Es necesario cumplir con lo siguiente:

- En el primer vuelo del día luego que la aeronave haya sido estabilizada, los datos se registran durante cinco minutos por lo menos.
- Este reporte contiene los parámetros de operación del motor y provee información que puede relatar mal funciones en el equipo.
- Esta Forma es llenada en su mayor parte por la tripulación mayor.
- Los datos del motor son enviados a diario por ley al fabricante los que son sometidos a una evaluación comparativa.

El formato contiene:

- Tipo de aeronave y matrícula.
- Fecha.
- Nombre del capitán del Avión
- Nombre del primer oficial.
- Nombre de la tripulación extra.
- Nombre de sobrecargos.
- Tiempo estimado de vuelo.
- Número de vuelo.
- Lugares, hora y fecha de salida y destino del vuelo.
- Hora en UTC en el momento de la parada total del avión en la ciudad de destino.

- Hora en UTC al momento de empezar en carreteo del avión en la pista de la ciudad de salida.
- Tiempo del push back.
- Tiempo en UTC contando del momento del carreteo del avión anterior al descolaje hasta la parada final después del aterrizaje.
- Hora en UTC al momento del aterrizaje.
- Horas de vuelo.
- Tiempo de vuelo nocturno.
- El nombre de quien realizó los servicios de repostado de Combustible y servicios de Aceite con las respectivas cantidades.(Motores y APU)
- Remanentes de combustible al momento de llegada en cada uno de los motores.
- Medida total de remanente de combustible en toda la aeronave.
- La cantidad de aceite dado a cada uno de los motores después de apagarlos.
- La cantidad de aceite dado al APU después de apagarlo.
- Lecturas de la cantidad de aceite y combustible en los motores y APU antes del encendido.
- La cantidad de combustible drenado. (si aplica).

Los parámetros de observación en crucero son:

- Velocidad en IAS.
- Valores de N1, N2.
- Presión de aceite.
- Temperatura de aceite.
- EPR. (Diferencia de presión entre la entrada y salida de gases B727.)

- Temperatura de gases de salida.

Debe señalarse la posición del motor.

h.- Evaluación Hidráulica.- Este registra discrepancias en los sistemas hidráulicos como fugas, pruebas, servicios, pudiendo ajustar intervalos de mantenimiento.

Contiene:

- Matrícula y tipo de aeronave.
- Ubicación del componente. (ATA 100).
- Tipo de servicio.
- Materiales utilizados.
- Fallas encontradas.

i.- Aeronave en servicio.- En este formato se registra mensualmente las horas y ciclos realizados por la aeronave. Además contiene el total de horas y ciclos acumulados en la aeronave.

Contiene:

- La fecha, (año, mes, día)
- Matrícula de la aeronave.
- Horas y Ciclos mensuales.
- Horas y Ciclos acumulados o totales.
- Días operados en el mes.

Los datos son tomados generalmente de las bitácoras de mantenimiento de abordo.

j.- Descripción de Interrupciones Programadas.- Este documento almacenará los detalles de las interrupciones programadas.

El formato contiene:

- Fecha (mes y año).
- Matrícula de la aeronave.
- ATA 100 capítulo y sub-capítulo del sistema involucrado.
- Descripción del problema.
- Acción y solución tomada.
- Tipo de problema que produjo (Retraso, Cancelación, Retorno a la pista de taxi, Retorno desde el aire, etc.).
- Tiempo que duró el problema.

Los datos provienen de un formato llenado en mantenimiento.

k.- Remociones de componentes.- Es uno de los mas importantes compiladores de información no solo para la confiabilidad sino también para el control de almacén.

El formato contiene:

- Fecha (mes, año, día)
- Registro y tipo de la aeronave.
- P/N
- Nomenclatura del componente.
- S/N
- TSI.
- TSO.
- Motivo de la remoción
- Confirmación de la falla.(si o no)
- Remoción programada o no programada. (ref. 2 ,11 , 12)

1.5.1.- Clasificación de los Datos.-

En este programa los datos son clasificados de acuerdo a:

- Tipo de aeronave (Matrícula, S/N).
- Por fecha.
- Lapso de recopilación de los datos (diario, semanal, mensual, etc).
- Por ATA 100.
- Por la descripción del problema.
- Por Remociones.

De esta manera se garantiza una clasificación que facilitarán los procesos.

CAPITULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.-

2.1.- Identificación de Alternativas.-

Se han puesto en consideración Modelos de Estudio que ayudarán en el diseño del programa de confiabilidad, enfocándose al Monitoreo del Rendimiento de los equipos. De acuerdo a departamentos de mantenimiento no sólo en aviación sino también en otras áreas, los modelos más sobresalientes y que poseen relación son:

RCM (Reliability Centered Maintenance)/ SRCM (Supplemental RCM)/ FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla). (ref. 5)

Por otro lado, ya que se trata de un estudio estadístico, otro factor fundamental es considerar el número de datos que van a ser analizados cada vez que se monitoreen los equipos para esto se puede indicar lo siguiente:

- Una de las propuestas es trabajar con un número de 24 datos, es decir, una inversión para el seguimiento previo de 2 años a una flota de aeronaves.
- Ó, la consideración de 12 meses de captación de datos o sea 1 año de monitoreo.

De estos patrones que se proponen como alternativas y considerando los objetivos que se desea alcanzar, se podrá determinar al proceso adecuado.

2.1.1.- Primera Alternativa.-

a.- RCM.- Es una de las nuevas metodologías de mantenimiento aunque existe desde hace 30 años.

RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), se escuchó por primera vez en la aviación en un reporte hecho por los señores Nowlan y Heap, ellos lograron diferenciar paradigmas de mantenimiento que no satisfacían las necesidades sino que al contrario eran la causa de pérdidas para la compañía, como la mal interpretada “tabla de mantenimiento” que consistía en inspecciones seguidas a costos elevados.

El descubrimiento principal que cambió la estructura del mantenimiento fue establecer un Patrón de falla de equipos y componentes, para luego ser comparados con otros similares. En el principio se trató de una forma de determinar las funciones, fallas y efectos en los equipos. Además la metodología dio un método para establecer las políticas adecuadas para conservar las funciones de los equipos y activos.

Las políticas a seguirse son la principal característica de este proceso para lo cual se tocan puntos como:

- Disminución del mantenimiento cíclico.
- Reducción del consumo de repuestos.
- Mejora de relaciones entre mantenimiento y producción.
- Eliminación casi total de las sustituciones no programadas.
- Disminución de trabajos que requieren especialización.

Tratando así de conservar y asegurar la continuidad de las funciones de diseño del sistema y destacando la reducción de recursos económicos del operador.

Otra característica del RCM es el no requerir entradas significantes o inversiones de la alta dirección, es más, se considera su gasto dentro del

presupuesto de mantenimiento, el RCM trata de actuar con la fiabilidad y el mantenimiento aisladamente de los costos y ganancias.

2.1.2.- Segunda Alternativa.-

a.- AMEF.- (Análisis de Modos y Efectos de Fallas). Es una técnica utilizada en la industria aeroespacial a partir del descubrimiento del RCM que sirvió para encontrar los problemas en las aeronaves antes de que despeguen, en esencia es una forma de mirar hacia el futuro y determinar donde podrían estar los problemas potenciales. Este concepto es verdaderamente maravilloso en teoría sin embargo en la práctica lleva mucho tiempo y recursos en ser implementado. Reconociendo que las empresas dudarían mucho en invertir recursos en este tipo de estudios se trata de reducir el trabajo a realizarse mediante una pequeña modificación en el proceso; es decir en vez de mirar hacia el futuro, se considera en el estudio de datos históricos o en información probabilística. Esta metodología disminuye el impacto tanto en los recursos como en el tiempo hombre llegando a tomarse apenas semanas de investigación.

El proceso consiste en la compilación de datos de operación de cada uno de los sistemas de una aeronave y compararlos con un parámetro de rendimiento de toda la flota mediante reportes. Los datos son sometidos a una clasificación, y con una herramienta importante como el cálculo estadístico y la Dispersión de Datos se establecen límites de alerta en su rendimiento, en el caso que un componente sobrepase estos límites el componente se somete a un estudio superior, llegando a tener resultados que llevan a los directivos de la empresa a tomar decisiones de

cambio en el factor que intervino en la falla del componente. Ej.: (Prácticas de mantenimiento, mala operación, ajuste de intervalos, etc.). (ref. 5)

2.1.3.- Tercera Alternativa.-

Otra alternativa para el programa de confiabilidad es una Fusión de los métodos antes mencionados, ya que abarcan las necesidades dentro de una empresa explotadora, tanto en el sentido Técnico así como en el sentido Económico, y sobre todo, en la anticipación de fallas y la Seguridad Operacional.

Se habla del factor Técnico a la forma de ejecución del programa y las normas a seguir dentro de una empresa; por otra parte fundamental es el punto económico ya que se debe considerar a éste estudio como una inversión que tratará de rebotar con beneficios de mejoras en los equipos y en ganancias para la empresa.

2.2.- Estudio de Factibilidad.-

¿Es posible realizar el programa de control de confiabilidad mediante una aplicación de estos métodos?

En la investigación realizada se tomó en cuenta esta pregunta desde su inicio, por lo que se trató de dirigirse específicamente a operadores que se encuentren en la práctica de la confiabilidad, con lo que se pudo concluir que son estándares mundiales los que se toman en este tipo de estudio.

Las técnicas mencionadas anteriormente fueron modelos de otros programas y en la actualidad se encuentran funcionando bajo la supervisión de la autoridad

aeronáutica, por lo que se puede establecer un cuadro comparativo de las opciones anunciadas.

Tabla 2.1.- Comparación de alternativas.

Parámetros Cualitativos	Observación y necesidad	Importancia
- Aspecto Técnico	- Técnica aprobada por la autoridad. - La observación de datos para pronóstico.	50%
- Aspecto Económico	- Inversionista requiere resultados inmediatos. - Debe estar dentro del presupuesto del mantenimiento.	50%

2.3.- Selección de la Mejor Alternativa.-

Tomando en cuenta estos factores se ha considerado a la Tercera Alternativa como la apropiada y también se ha podido considerar un período de año de estudio previo para el monitoreo de datos es decir, 12 meses de captación de datos propios, por cuanto, ahorraría tiempo y dinero a un posible inversionista.

CAPITULO III

ELABORACIÓN

3.1.- Recepción de Datos.-

La recepción de datos debe sujetarse a un plan que describe la forma en que los datos vienen desde el campo hasta el departamento encargado de su proceso. La norma que pueda llegarse a establecer debe constar en el MGM de la empresa de tal forma que ésta se convierta en responsabilidades de cada una de las personas involucradas. Es necesario que el personal conozca la forma de registrar los datos en los diversos formatos a utilizar, para lo cual deben integrarse a un curso de capacitación.

La recepción al banco de datos debe diseñarse para que se realice diariamente al final de la jornada de cada turno.

Es responsabilidad de las personas encargadas de registrar datos la legitimidad de los mismos.

El proceso de recepción puede cambiar de forma en cada usuario pero en forma general se consideraría al siguiente grupo de personas con sus distintas responsabilidades para que lo realicen.

a.- Pilotos.- Son los encargados de registrar las discrepancias de la aeronave en operación ya sean éstas en tierra o en el aire, su registro se lo hace en las hojas de bitácora al final de cada aterrizaje.

b.- Sobre Cargos.- Son los encargados de registrar las discrepancias de la cabina de pasajeros, por ejemplo: fechas de caducidad en el equipo de emergencia, luces, aseguramiento de asientos, etc.

c.- Personal de QC.- Registran en la bitácora de la aeronave cualquier novedad no detectada antes por los pilotos u otro personal. También anotan diferimiento de trabajos de acuerdo a MEL, CDL y respaldan trabajos señalados como RII's.

d.- Mecánicos.- Son las personas encargadas de registrar los trabajos de corrección de fallas en los formatos, con sus respectivos respaldos. (Firmas, manuales utilizados, números de licencias, descripción del trabajo realizado, etc.)

e.- Jefes de Grupo.- Son los encargados de recolectar y llevar todas las hojas de bitácoras u otros formatos utilizados en la jornada, desde el sitio de su origen hasta la oficina de mantenimiento al final de su turno de trabajo. Luego del registro del mantenimiento diario pasan al departamento de planificación en donde se verifican y se clasifican los formatos que ingresarán al análisis.

f.- Planificadores.- Son los responsables del Banco de Datos desde archivo de datos, clasificación de datos, hasta cálculo y graficación estadística, es decir la operación de confiabilidad.

g.- Ingenieros.- Se encargan de la supervisión y revisión del trabajo realizado por los planificadores, asegurando su calidad.

h.- Gerente de Mantenimiento.- Es la persona encargada de la aprobación de las conclusiones encontradas tras el cálculo estadístico antes de las decisiones a tomarse en la reunión del personal del Programa de Aeronavegabilidad Continua.

3.2.- Procesamiento de Datos.-

Tabla 3.1. Plan para el Proceso de Datos.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Clase de información requerida.- Ámbito de Desarrollo.- Recursos necesarios.- La organización.- Calendario.- Presupuesto. |
|--|

(ref. 3.0)

- Clase de información requerida.- La investigación consistirá en plasmar la información de las discrepancias encontradas en los equipos lo mas claras posibles y con los respectivos respaldos de veracidad (firmas, números de licencias de los mecánicos, fechas, manuales de respaldo, resumen del trabajo realizado, fecha del cumplimiento, P/N y S/N on-off de componentes involucrados.), en los formatos que se encontrarán en el área asignada del departamento de mantenimiento.

- Ámbito de desarrollo.-Esto es en: En la aeronave (en el aire o en tierra, en el hangar, en el taller), y en la oficina responsable del proceso de datos. Cada una de estas dependencias debe contar con las respectivas autorizaciones MGM y los materiales necesarios.

- Recursos necesarios.- Los recursos a utilizarse son:

Recurso Humano.- Pilotos, Sobre Cargos, Agentes QC, Jefes de Grupos, Mecánicos, Planificadores, Ingenieros, Gerente de Mantenimiento.

En la Aeronave.- Un libro de bitácoras para pilotos y otro para cabina de pasajeros.

En el Hangar y Talleres.- Un área para los diversos formatos para mantenimiento.

En la Oficina Responsable.- Un computador, y una área para archivos.

- La organización.- Comprende los siguientes aspectos:

- Asesorías. (Fabricantes, Otros operadores)

- Desarrollo de Formatos y Número de Copias.

- Entrenamiento de personal.

- Materiales y Equipos.

- Estudios preliminares.

- Calendario.- Es el tiempo de inicio y fin de un estudio. En éste programa se estima a realizarse:

Un desarrollo diario de reportes de campo, (de acuerdo a las fallas presentadas)

Reportes mensuales del departamento responsable, y

Una actualización semestral del programa.

- Presupuesto.- Comprende el cálculo de gastos para la inversión y su financiamiento. Los encargados son el Gerente de Mantenimiento y el departamento de Contabilidad. (ref. 3.0.)

3.2.1.-Métodos para Análisis de Datos.-

Análisis de datos es el proceso de evaluación mecánica para identificar las tendencias de cada sistema (ATA 100), indicando las necesidades para el ajuste del programa, revisión de prácticas de mantenimiento, etc.

El paso inicial en el análisis de datos es la comparación de datos recopilados para un estándar que represente un nivel de rendimiento aceptable. Estos estándares pueden ser comparados con: manejo promedios y rangos de los nuevos datos, tabulaciones de tendencias en remociones de períodos pasados, gráficos, o cualquier otro método que describa promedios. Análisis de datos es reconocer una necesidad para una acción correctiva, estableciendo que acción correctiva es necesitada, y determinando la efectividad de la acción tomada.

Para proveer seguridad, confiable y económica de una aeronave, la Confiabilidad continuamente busca métodos sustentables proponiendo cambios

en los programas, procesos de mantenimiento e intervalos de tiempo, alterándolos de manera productiva. (ref. 5)

3.2.2.- Monitoreo de Datos Confiables.-

Para monitorear la confiabilidad de datos de un sistema es necesario recoger parámetros verdaderamente reales y esquematizarlos en un Gráfico Estadístico, de esta manera se podrá llegar a una discrepancia con un solo vistazo del gráfico. Aquellos datos pueden ser muchas veces diferentes pero en muchos casos ellos representan algún fenómeno significativo que altera la curva de tendencia variando en función del tiempo. (ref. 3.6)

Por ejemplo, se va a tomar datos significativos como son: fallas por 100 horas de vuelo, retrasos por cada 100 despegues y cortes de motor en vuelo por cada 100 horas divididos en trimestres durante un año de operación y graficarlos para detectar desde la recolección de datos cambios (lentos o rápidos) en la operación en un período de tiempo. Suponiendo que para el tercer período se presentó una tasa de 0,85% en cortes de motor, y el nivel de alerta fue 0,7% veremos que el parámetro sobresale del resto de puntos y se puede identificar de un vistazo la señal de peligro.

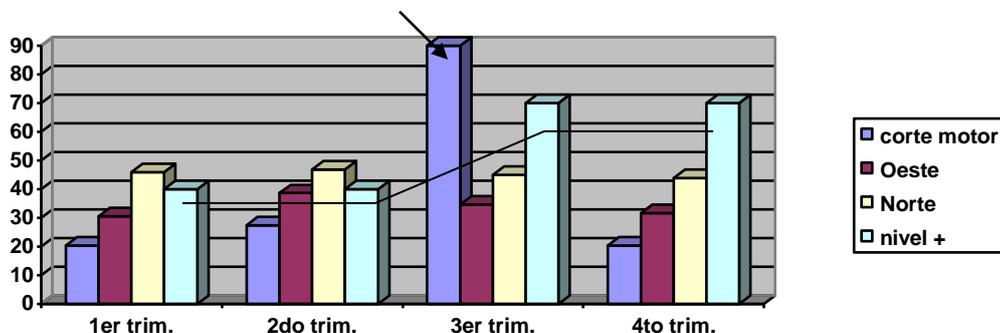


Gráfico 3.1. Ejemplo de Monitoreo

De este gráfico se puede observar casi inmediatamente la tendencia a incrementar de nuestra curva en el tercer trimestre en cortes de motor y las fluctuaciones que pueden ocurrir, colocando al analista inmediatamente en este punto para revisar los motivos y causas del fenómeno. (ref. 3.3)

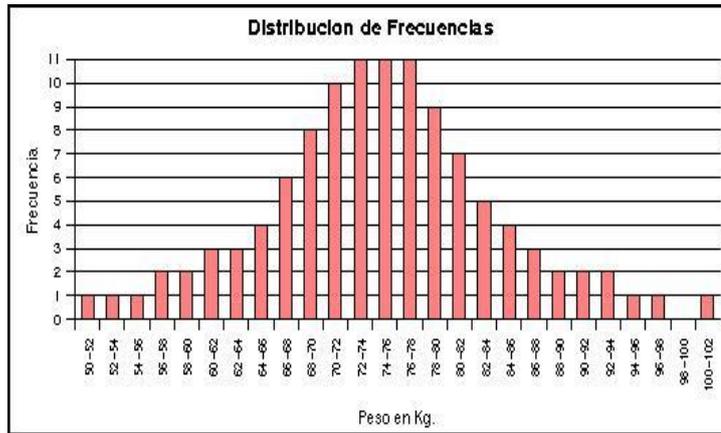
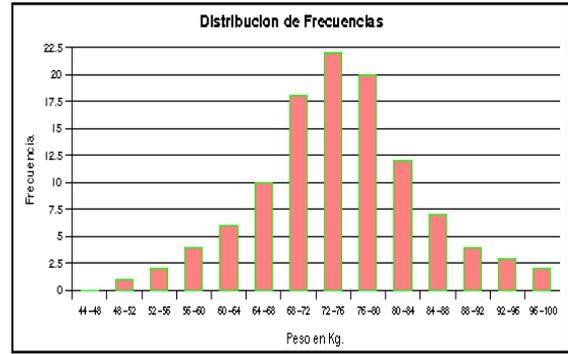
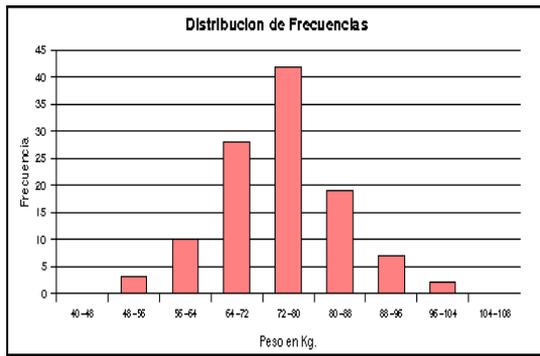
3.3.- Cálculo Estadístico.-

Se ha considerado a la estadística como herramienta fundamental en los estudios para el monitoreo de componentes en varios tipos de maquinaria, en la aviación se lo consideró como punto de partida para un estudio de confiabilidad, mediante el análisis de los reportes y datos que presenta una flota de aeronaves. (ref. 4)

3.3.1.- Control Estadístico de Procesos.-

- Funciones de Distribución de Probabilidades.-

Se puede construir un gráfico de frecuencias con datos extraídos de una población. A medida que se aumenta la cantidad de observaciones que se toma de la población, se puede construir el gráfico con un número mayor de intervalos, aunque de menor amplitud (El rango total cubierto por la población es el mismo).



Gráficos 3.2. Distribución de Frecuencias.

Si se continúa este proceso, con intervalos cada vez más estrechos y numerosos, los altibajos en el gráfico de la distribución de frecuencias tienden a desaparecer:

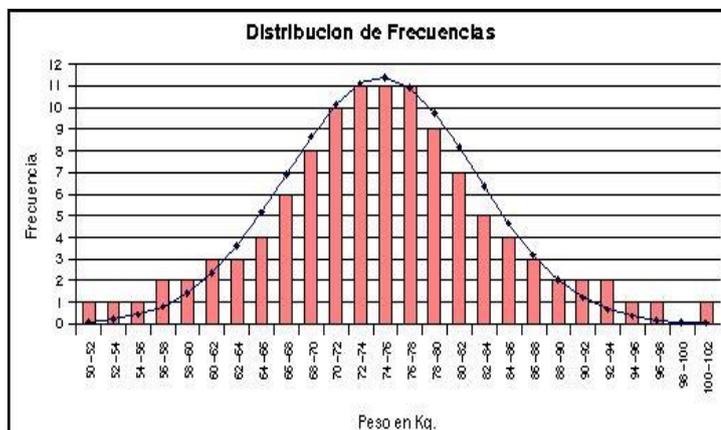


Gráfico 3.3. Distribución de Gauss.

En el límite, el ancho del intervalo tiende a cero y la población puede representarse por una distribución de probabilidad continua. Cuando, para representar esta distribución de probabilidad continua se utiliza una función matemática, esta se denomina Función de Densidad de Probabilidad. La forma de la curva en el gráfico de la función de distribución es característica de la población de observaciones asociada con la misma, y depende de variables internas del proceso que generó los datos de la población.

Existen distintas funciones de distribución teóricas, cada una de las cuales está basada en un modelo de comportamiento del proceso que generó el universo de observaciones. La aplicación de una de estas distribuciones teóricas a una población particular está justificada si las hipótesis (suposiciones) del modelo de comportamiento del proceso que generó la población se cumplen. Dicho de otro modo, si se conoce el proceso, es decir, el conjunto de fenómenos que dieron lugar a la población de mediciones u observaciones, y además se está seguro de que el mismo se ajusta a un modelo de comportamiento determinado, entonces se puede decir que la distribución de probabilidades de la población es la que corresponde al modelo.

En la práctica, se sabe que ciertos procesos y fenómenos generan resultados numéricos cuya distribución de probabilidades se puede ajustar a determinados modelos teóricos.

Existen muchas otras distribuciones teóricas, como la Binomial, la Exponencial, la de Weibull, etc. Cada una de ellas tiene su propio campo de

aplicación, que se sostiene en un determinado comportamiento de los fenómenos, y al aplicarla se está haciendo en forma implícita la suposición de que se cumplen las suposiciones del modelo.

Por la necesidad y forma de los datos que se observan en este programa se utilizará la distribución Normal como nuestro punto de partida hacia la confiabilidad. (ref. 3.2)

3.3.2.- La Distribución Normal y la Confiabilidad.-

Una importante distribución teórica es la Distribución Normal.

La distribución normal es una curva con forma de campana, con eje de simetría en el punto correspondiente al promedio del universo μ . La distancia entre el eje de simetría de la campana y el punto de inflexión de la curva es igual a σ , la desviación estándar de la población:

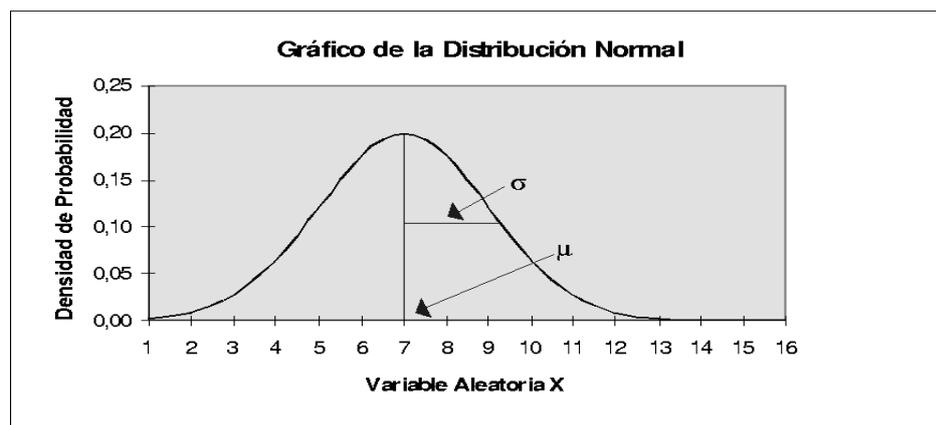


Gráfico 3.4. Distribución Normal y sus Partes

El área total debajo de la curva es igual a 1. El área debajo de la curva comprendida entre $m - \beta$ y $m + \beta$ es aproximadamente igual a 0,68 del área total; entre $m - 2\beta$ y $m + 2\beta$ es aproximadamente igual a 0,95 del área total:

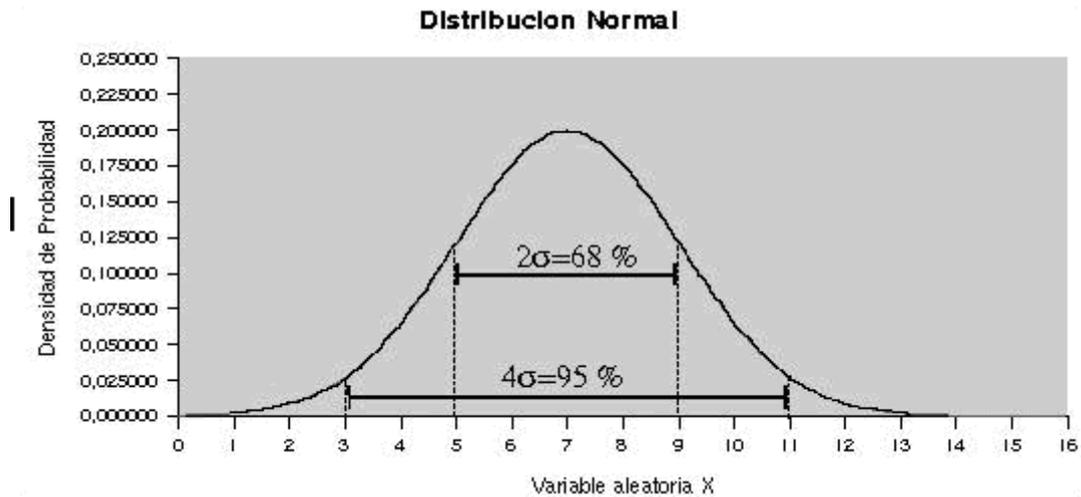


Gráfico 3.5. Porcentajes en una Curva Normal.

Es importante ver que los únicos parámetros necesarios para dibujar el gráfico de la distribución normal son m y β (Media y desviación estándar de la población). Con estos dos parámetros se sabe donde situar la campana de Gauss (En el punto correspondiente a la media) y cual es su ancho (Determinado por la desviación estándar).

- Características de la Curva Normal.

Las principales características de la curva normal son:

- La curva normal es acampanada, en consecuencia es simétrica por sus extremos.
- Es asintótica por sus extremos, o sea que nunca la curva toca al eje de las abscisas y por lo tanto se dirige hacia el infinito.
- La curva normal esta comprendida entre $-\infty$ y $+\infty$.

- Para una curva normal los valores de la media, mediana y moda son los mismos y se hallan ubicados en el centro de la curva.

- Como se trata de una función de densidad de probabilidad cumple las dos condiciones:

$f(x) = 0$; es positiva.

$f(x)$ = densidad de probabilidad en cada valor de x (gráficamente es la ordenada de la curva para todo valor x).

Cuando se presente una población de observaciones, y si se afirma que la distribución correspondiente es normal, sólo hace falta estimar la media y la desviación estándar para tener toda la información necesaria acerca de dicha población. (ref. 3.3, 3.4)

3.3.3.- Distribución de Promedios Muestrales y la curva de Gauss.-

La distribución de promedios muestrales se la realiza con el fin de graficar la curva normal o de Gauss.

Se ingresa un número de 12 datos en una tabla #1, en cada una de las cuales figura un dato X . Esta tabla representa la población de observaciones X , y tiene media m y varianza s^2 . A continuación se realiza lo siguiente:

- 1) Se toma una muestra de $n=6$ datos.
- 2) Se calcula la media X y la anotamos.
- 3) Se coloca este nuevo valor en una nueva tabla #2.
- 4) Y se sigue generando datos mensualmente.
- 5) Se repite toda la operación muchas veces hasta que la segunda tabla tenga 6 nuevos datos.

Entonces, los números de la segunda tabla forman una población de promedios muestrales. Esta es una población derivada de la anterior, y tiene la misma media o promedio que la distribución original, pero su varianza es una sexta parte de la varianza de la distribución original:

$$V(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{n} \quad (3.3)$$

En el caso de la segunda tabla, si se considera:

σ_m^2 A la varianza

μ_m A la media

Se tiene:

$$\mu_m = \mu \quad (3.4)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sigma^2}{6} \quad (3.5)$$

La distribución de medias muestrales está situada en el mismo lugar (alrededor de la misma media) que la distribución original, pero es mucho más angosta, porque su varianza es la sexta parte de la varianza original. La distribución original de observaciones representada en la primera tabla se denomina comúnmente distribución madre o base. Al construir la población de promedios muestrales, se realiza extracciones de 6 datos aleatoriamente. Es decir, que se estaba realizando un muestreo aleatorio de la población madre, porque cada una de los datos originales tenía la misma posibilidad de ser elegido para integrar la muestra. Aunque la población original no sea de distribución normal, si el muestreo es aleatorio, la población de promedios muestrales se aproximará a la normalidad, es decir, será casi de distribución normal. Este efecto

se debe a un teorema de estadística matemática denominado Teorema Central del Límite.

El Teorema Central del Límite dice que si se tiene un grupo de variables independientes y todas ellas siguen el mismo modelo de distribución (cualquiera que éste sea), la suma de ellas se distribuye según una distribución normal.

En resumen, si se cumple la hipótesis de muestreo aleatorio, se tiene:

Tabla 3.2. Comparación entre una distribución Muestral y una Poblacional.

	Distrib. De x	Distrib. de X
Media	M	m
Varianza	s ²	$\frac{\sigma^2}{n}$
Desv. Standard	β	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
Forma de la curva	Cualquiera	más cerca de la Normal

En general, se desconoce el nuevo dato que se obtendrá en el mes de monitoreo, por lo que se puede decir que existe una población de observaciones cualquiera, de la cual se toma una muestra aleatoria, y de la cual se intenta conocer todo lo que sea posible acerca de la población de donde fue extraída. El promedio de la muestra de n elementos pertenece a la distribución de promedios muestrales de la población original. Es decir, que el promedio de la muestra que

se obtuvo es uno de los muchos promedios muestrales que se distribuyen alrededor de m con desviación estándar:

Por lo tanto, si la muestra es mas grande (n mayor), estaremos en una distribución de promedios con desviación estándar mas pequeña, por lo cual, el promedio de la muestra estará mas cerca del promedio del universo. Es por esto que es razonable pensar que el promedio de la muestra es una estimación del promedio del universo. (ref. 3.4, 3.5, 3.6)

3.3.4.- La Distribución Normal Standard.-

En el desarrollo de éste estudio puede existir un número infinito de distribuciones normales posibles, cada una con su propia media y su desviación estándar. Ya que obviamente no se puede analizar un número grande de posibilidades, es necesario convertir todas estas distribuciones normales a una forma estándar.

La fórmula de la distribución normal es:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\mu - x}{\sigma} \right]^2} \quad (3.6)$$

Se debe buscar Z cuya fórmula de conversión es:

$$Z = \frac{\mu - x}{\sigma} \quad (3.7)$$

De donde:

Z = es la desviación Normal.

X = algún valor específico de la variable aleatoria

la función queda así:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}z^2}$$

(3.8)

Esta es la fórmula de la Distribución Normal Standard o Tipificada. Como se observa, en ella hay un sólo parámetro, Z, que incluye al promedio y la desviación estándar de la población. Esta función está tabulada, y para ingresar en la tabla es necesario calcular Z, para lo cual se necesita la media y la desviación estándar de la población.

Al calcular Z, lo que se hizo en realidad, es un cambio de variable por el cual movemos la campana de Gauss centrándola en el 0 del eje X, y modificamos el ancho para que la desviación estándar sea 1:

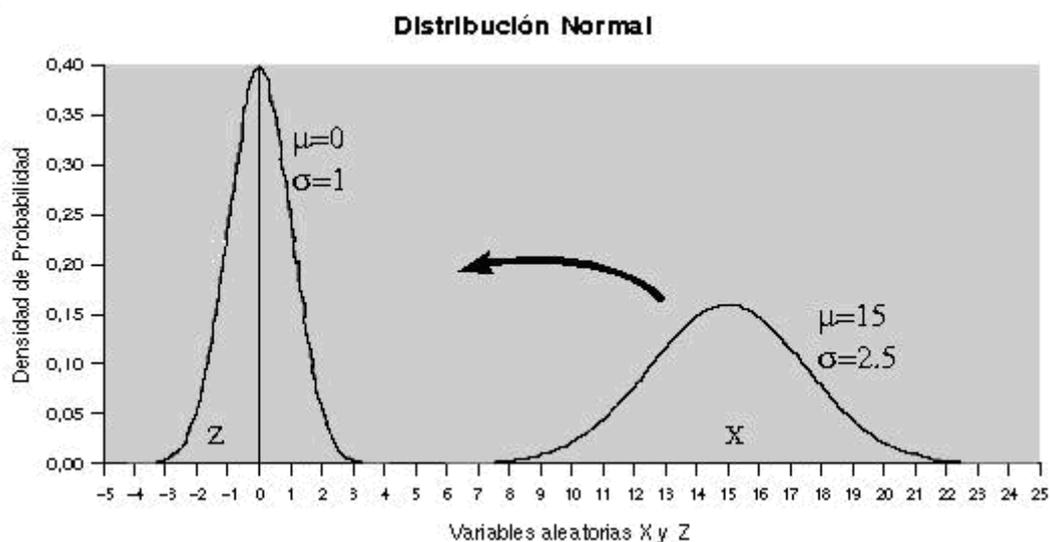


Gráfico 3.6. Comparación entre un Gráfico Estándar y uno Normal.

De esta manera se tabula una función de Gauss que no depende de cual sea el promedio y la desviación estándar de la población real. El cambio de variable hace que se conserve la forma de la función y que sirva para cualquier población, siempre y cuando esa población tenga una distribución normal.

Cuando se requiera calcular las probabilidades para una población real, se calcula Z y se considera en la tabla de la función normal estándar:

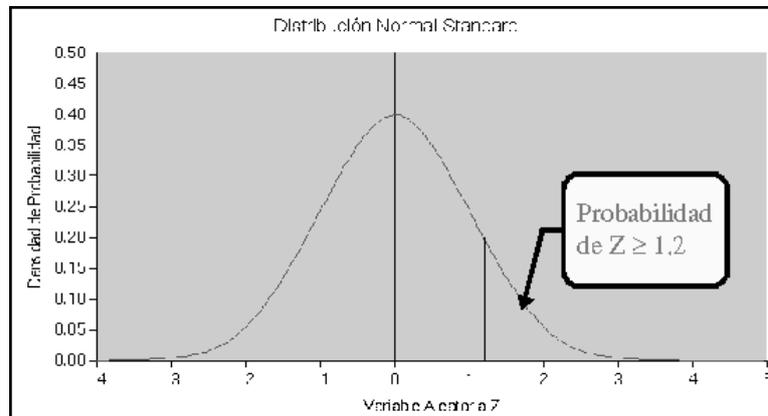


Gráfico 3.7. Distribución Normal Estándar

La estandarización de la curva normal se la realiza en función del número de desviaciones estándar que había de la media hacia la derecha o izquierda, de la siguiente manera: Si a la media se le suma y se le resta una desviación estándar el área bajo la curva comprendida entre estos dos valores equivale aproximadamente al 68.26% del área total, de igual manera si a μ se le suma y se le resta 2β el área dentro es = 95.44% del área total. Si se suma y se resta 3β = 99.74%, Y si se suma y se resta 4β = 99.994%. (ref. 3.6, 3.6)

3.4.- Procedimiento para Establecer Estándares de Rendimiento.-

3.4.1.- Estándar de Rendimiento.-

El estándar de rendimiento es un nivel estadístico el cual si es excedido constituye en una “Alerta” ítem que requiere una consideración en su “Confiabilidad”.

Para que se forme la curva normal estándar con los últimos doce datos se pueden usar la distribución de promedios muestrales. Las gráficas a continuación, son de tipo normal estándar y están expresadas en: # de desviaciones estándar vs. % densidad de probabilidad. (ref. 3.5)

Para escoger el mejor nivel de alerta de un componente en términos de desviación estándar, se debe considerar cualquiera de estos intervalos determinados por la Distribución Normal Estándar ($\pm 1\beta$, 2β , 3β ,.... Etc.) Que al sumarse y restarse a la última tasa mensual proveerán el ancho de banda más confiable para separar probabilidades peligrosas e innecesarias. Se debe considerar varios aspectos al momento de establecer el número de estándares de rendimiento que van a sumarse y restarse. (ref. 13)

Por ejemplo si se aplica en la práctica $\pm 1\beta$:

Un pequeño intervalo como es $+1\beta$ dará un límite donde aproximadamente 1/3 (33%) de datos que podrán salir de los límites verdaderos para luego ser colocados en probabilidad de peligro. Ejemplo 1:

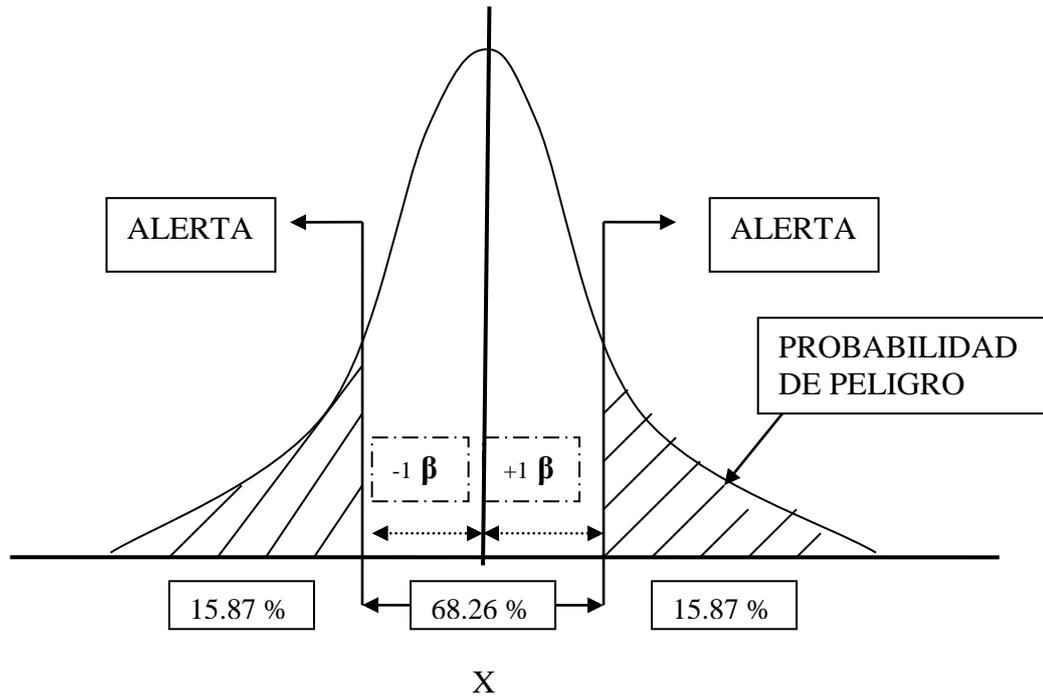


Gráfico 3.8. Ejemplo para $\pm 1 \beta$.

Si se considera a un intervalo como $\pm 4\beta$ dará límites de alerta que inclusive tienen tendencias peligrosas pero no son mayormente detectados.

Ejemplo2:

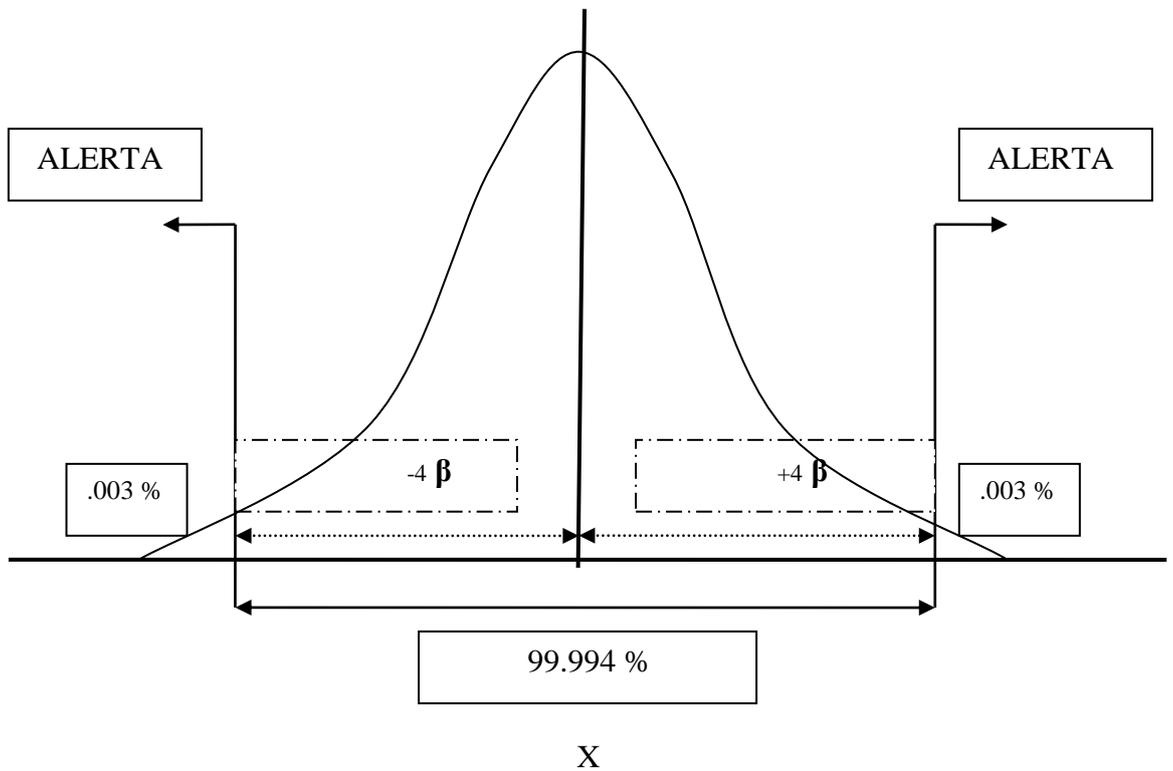


Gráfico 3.9. Ejemplo para $\pm 4 \beta$.

En otro caso, si la naturaleza de los datos fue escasamente descartada (baja desviación estándar) entonces un intervalo $+3\beta$ será el mejor para detectar tendencias de peligro con una alerta siendo llamada cada vez que se exceda el límite, en este caso una alerta puede descartarse solo 0.3% de el tiempo. Ejemplo

3:

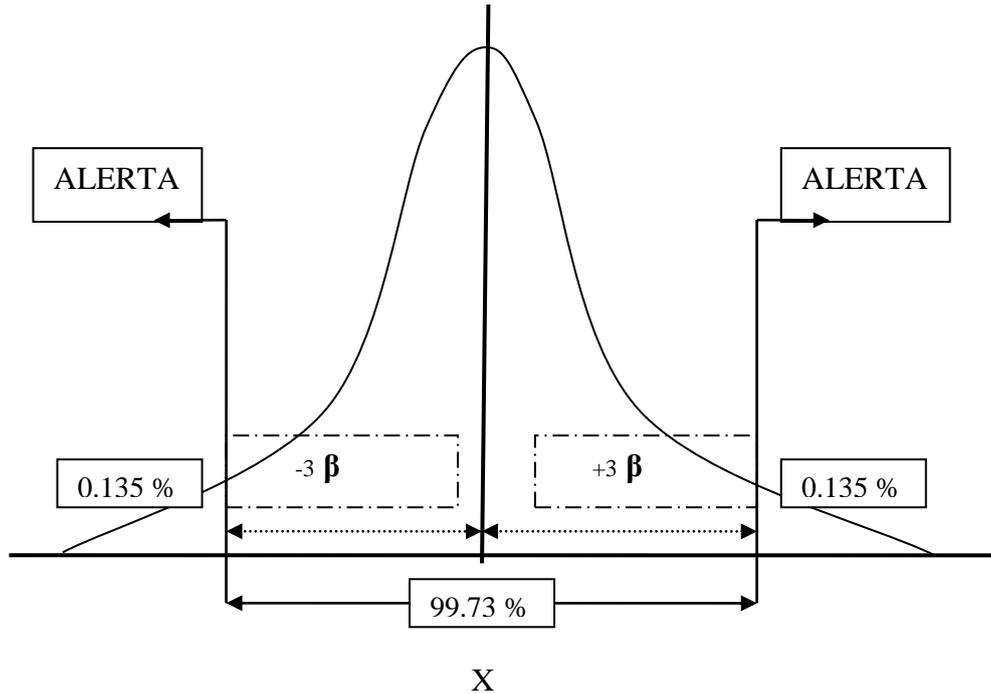


Gráfico 3.10. Ejemplo para $\pm 3 \beta$.

Entonces, el mejor control de intervalo límite podría encontrarse aproximadamente entre estos dos extremos (ejemplo 1 y 2) dependiendo de la naturaleza de los datos recolectados.

Por ejemplo, si la naturaleza de los datos fue altamente descartada (mucha desviación estándar) entonces un intervalo intermedio de $+2\beta$ aproximadamente puede ser el mejor satisfactoriamente para detectar tendencias de peligro, teniendo en cuenta que una alerta puede ser llamada cada vez que el límite sea excedido,

Ejemplo 4:

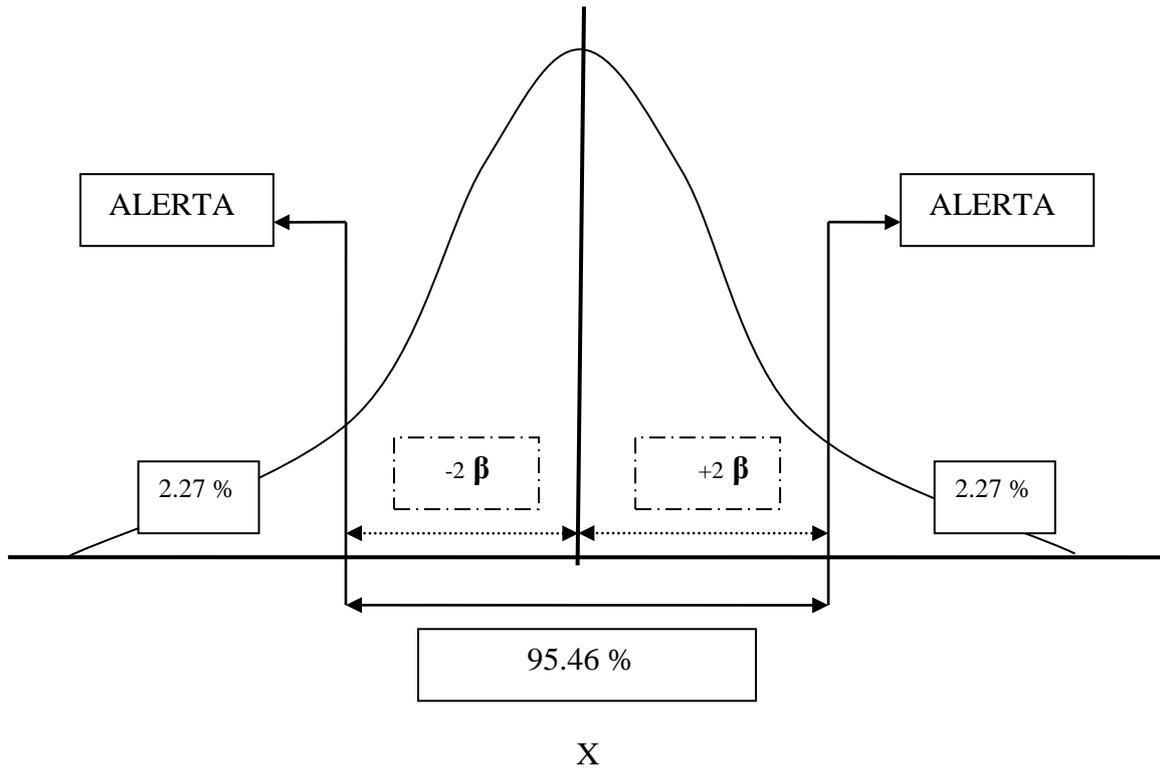


Gráfico 3.11. Ejemplo para $\pm 2 \beta$.

“Para proponer un buen control del nivel límite se debe proveer una alta probabilidad para detectar tendencias de peligro y una baja probabilidad de llamada de alerta a causa de una probabilidad de peligro”.

El Estándar de Rendimiento expresado en términos matemáticos determina a:

“El Área de Confiabilidad Aceptable de la Aeronave y cada uno de los Sistemas Controlados por el Programa de Confiabilidad”.

La medida de tendencia de confiabilidad aceptable son aquellas que están dentro del Nivel Estándar de Rendimiento.

Las medidas de tendencia de confiabilidad cuando exceden el Estándar de Rendimiento no son aceptables y requieren de una Acción Correctiva.

Los factores utilizados en la selección de parámetros para el Estándar de Rendimiento son:

- 1.- Experiencia en Operación Pasada.
- 2.- Capacidad del parámetro para indicar aceptabilidad o no aceptabilidad en un sistema de confiabilidad de una aeronave. Es decir si el valor de la Desviación Estándar es grande o pequeño.
- 3.- Relevancia en parámetros de Rendimiento, o sea, si el Parámetro es representativo.
- 4.- Comparabilidad de datos entre parámetros de la empresa con los datos de otro operador con similar equipo. (ref. 13)

- **Conclusión:** De acuerdo a una reexaminación en los parámetros de la curva de distribución estándar, el cálculo que se propone será el Estándar de Rendimiento es el siguiente:

- 1.- La última tasa compilada (en éste caso solo en Enero y/o Julio), + (más) dos desviaciones estándar β , calculada con los 6 últimos datos provenientes de la tabla de muestras aleatorias de un componente o un sistema de la aeronave. El valor servirá para un lapso de los seis meses posteriores al cálculo incluyendo el mes que fue calculado.
- 2.- Este programa esta propuesto para usar un Estándar de Rendimiento simple el mismo que genera un nivel de alerta simple. Una vez que este estándar es excedido, el componente o sistema pasa a ser considerado y analizado directamente para poder generar su Confiabilidad, tomando una acción correctiva e investigando los motivos de la falla.
- 3.- El ajuste de los Estándares de Rendimiento se propone que se cumpla cada **6 Meses** lógicamente con los nuevos datos compilados en los últimos 6 meses. Por motivos de actualización.

Fórmula:

$$\text{“}\underline{X} + 2\beta = \text{Estándar de Rendimiento (Nivel de Alerta)”}. \quad (3.9)$$

- Referencia 7.

Al calcular la desviación estándar o típica del grupo de los seis datos de la tabla aleatoria, se interpreta que este valor indica la forma cómo se reparten o se dispersan los datos a través de una comparación estadística ya sea a un lado o a otro del centro del grupo de datos en la curva normal estándar.

“Desviación Típica.- Se entiende por desviación típica o varianza a la media aritmética del cuadrado de las desviaciones de los valores no agrupados de la variable respecto a la media aritmética sobre el número de casos, restado 1”.

$$\beta = \left[\frac{\sum (x - \underline{X})^2}{n - 1} \right]^{1/2} = \text{Desviación Estándar o Típica}. \quad (3:10)$$

De donde:

x = tasa mensual.

$\sum x$ = sumatoria de tasas mensuales por un período de 6 meses acumulativos.

n = Número de meses.

$\underline{X} = \frac{\sum x}{n}$ = Media Aritmética.

$x - \underline{X}$ = Diferencia entre la tasa mensual y la media aritmética.

$\sum (x - \underline{X})^2$ = Sumatoria de diferencias al cuadrado. (ref. 3.0)

Los estándares de rendimiento tomados para éste programa de confiabilidad son establecidos por cálculos estadísticos de rendimiento operacional para un lapso de **6 meses acumulativos** de la flota, de donde se tomará un promedio (media aritmética) para graficar la curva normal estándar; también se tomará en cuenta períodos de tres meses para cálculos de promedio trimestrales necesarios

para reportes de comparación en cada sistema a ser analizado por el programa de control de confiabilidad.

Nota.- Cualquier cambio que se haga a estos parámetros de cálculo deben ser revisados y aprobados por la autoridad aeronáutica local.

Este programa de confiabilidad hace referencia a los niveles estadísticos de Desviación Estándar con la curva de distribución normal estándar para establecer el “Nivel de Alerta“, y podrá ser utilizado en cualquier tipo de aeronave que se encuentre en operación, pero con los reajustes necesarios.

3.5.- Cálculo de la Tasa Mensual o Probabilidad.-

¿Qué significa probabilidad? La probabilidad es la posibilidad o la oportunidad de que ocurra un evento específico. En este caso se estima la probabilidad hipotética de que un sistema o componente tienda fallar en el transcurso de un vuelo; o la probabilidad de que el desarrollo del mantenimiento tenga fallas, para lo cual la probabilidad es una fracción cuyo valor sea o esté entre los valores 0 y 1. Se observa que un evento que no tiene posibilidad de ocurrir, es decir el evento imposible tiene un valor de 0 % de probabilidad, mientras que un evento que ocurrirá con seguridad tiene una probabilidad de 100 %.

La probabilidad de ocurrencia es:

$$\text{Tasa mensual} = R / T \quad (3.11)$$

R = número de veces que ocurre el evento que se observa.

T = cantidad total de eventos.

El enfoque de cálculo de probabilidad de la propuesta planteada para este programa se ajusta al tipo de Probabilidad Clásica, que se basa en datos

observados y reales, es decir puede referirse a la proporción de componentes o sistemas que en realidad presentaron problemas en un lapso de tiempo de desgaste (para este caso un mes acumulativo). (ref. 3.1, 3.4)

Las fórmulas propuestas en este programa fueron diseñadas de acuerdo a un estudio estadístico, las mismas que dan una tasa mensual de valores probabilísticas, y, a su vez, se comparan en la curva normal estándar pudiendo generar un valor de alerta mensualmente e independientemente por cada sistema o consideración; además se podrá considerar para un nuevo estudio (acción correctiva) las probabilidades peligrosas al momento que se excedan los niveles de alerta límite.

Las fórmulas relacionan al dato mensual presentado en un sistema o componente de la flota vs. El espacio de tiempo donde se presenta el desgaste o la falla experimentada por el componente.

- **Factor de Multiplicación:** También, se ha considerado que para que se produzcan valores porcentuales en los índices mensuales los datos compilados se multipliquen por un valor que será determinado de acuerdo al: Promedio de Tiempo en cuanto al uso diario de la flota, y el número de reportes o consideraciones por cada sistema o componente, esto de acuerdo a investigaciones realizadas en reportes de confiabilidad de algunos operadores locales y extranjeros. Ejemplo: Se puede determinar que para Reportes de Piloto es:

Tabla 3.3.- Cotización para el factor de multiplicación en fórmulas pireps.

Promedio de uso diario de la flota en horas de vuelo	Valor a multiplicarse
De 0:30 horas a 2:00 horas	x 10 ó 100
De 2:00 horas a 15:00 horas	x 1000

Con este factor se trata que el valor localizado en el numerador (# de discrepancias mensuales), sea siempre menor que el valor del denominador (espacio de desgaste), de esta manera se podrá obtener un tasa entre 0 y 1.

Se debe tener en cuenta que no es obligatorio el uso del factor de multiplicación, debiendo ser usado sólo cuando sea necesario. Los valores al ser multiplicados no alteran de ninguna manera el porcentaje de falla, ya que son comparados en la curva normal estándar, además que intentan estandarizar los gráficos para los reportes. (ref. 11, 12, 13)

Los sistemas o componentes que se pueden rastrear para el control por monitoreo son:

a.- Retrasos y Cancelaciones por Sistemas ATA 100.-

Los retrasos y cancelaciones pueden ser considerados por fallas técnicas por incidentes o por cualquier tipo de percance que se presente (fuego en un sistema, repostado de combustible, etc.) y retrase o cancele la hora programada de despegue.

A.1.- Retrasos.-

$$\frac{\text{total.retrasos.mes.actual.en.sistemas.ata.x.factor.de.multiplificación}}{\text{total.despegues.del.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.12)

- 1.- En el numerador el total de retrasos marcados por la flota en el mes actual de acuerdo al capítulo ATA y por el factor de multiplicación. Ej. (ATA 32 – Landing gear: fuego = 1 reporte).
- 2.- En el denominador el total de despegues realizados por toda la flota en el mismo mes actual.
- 3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de acuerdo al ATA y al mes actual.

Nota.- Cuando un vuelo programado sobrepasa 15 minutos (norma internacional) al tiempo que fue establecido para el despegue, éste se convierte en un retraso.

A.2.- Cancelaciones.-

$$\frac{\text{total.cancelaciones.mes.actual.x.factor.de.multiplificación}}{\text{total.despegues.del.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.13)

- 1.- En el numerador el total de cancelaciones marcadas por la flota en el mes actual multiplicado por el factor de multiplicación.
- 2.- En el denominador el total de despegues realizados por toda la flota en el mismo mes actual.
- 3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de acuerdo al mes actual.

b.- Reportes de Pilotos por ATA.-

B.1.- Pireps en horas de vuelo.-

$$\frac{\text{total.pireps.mes.actual.en.sistemas.ata.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.horas.de.vuelo.del.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.14)

- 1.- En el numerador el total de reportes de pilotos marcados por la flota en el mes actual de acuerdo al capítulo ATA y multiplicado por el factor de multiplicación. Ej. (ATA 34 -Navigation).
- 2.- En el denominador el total de horas de vuelo realizadas por toda la flota en el mismo mes actual.
- 3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de acuerdo al ATA y al mes actual.

B.2.- Pireps en ciclos de vuelo.-

También se puede considerar a los reportes de piloto en un espacio de desgaste como son los ciclos de una flota de aeronaves.

$$\frac{\text{total.pireps.mes.actual.en.sistemas.ata.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.ciclos.del.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.15)

- 1.- En el numerador el total de reportes de pilotos marcados por la flota en el mes actual de acuerdo al capítulo ATA y multiplicado por el factor de multiplicación.
- 2.- En el denominador el total de ciclos realizados por toda la flota en el mismo mes actual.

3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de acuerdo al ATA y al mes actual.

c.- Cortes de motor en vuelo C.E.V. (todas las causas).-

$$\frac{\text{total.CEV.mes.actual.en.todas.las.causas.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.hrs.motor.en.vuelo.del.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.16)

1.- En el numerador el total de cortes de motor en vuelo en todas las causas marcados por la flota en el mes actual y multiplicado por el factor de multiplicación.

2.- En el denominador el total de horas de motor en vuelo realizadas por toda la flota en el mismo mes actual.

Nota.- El total de horas de vuelo en el mes de la aeronave multiplicadas por el número de motores en la aeronave dará como resultado el número de horas de vuelo del motor.

3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de cortes de motor en vuelo al mes actual.

d.- Cortes de motor en vuelo solo motor básico.-

Nota.- Solo motor básico = Los fabricantes diseñan a la aeronave con un mínimo número de componentes requeridos para pruebas y emergencias de operación de cada motor.

$$\frac{\text{total.CEV.mes.actual.solo.motor.básico.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.hrs.de.motor.en.vuelo.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.17)

1.- En el numerador el total de cortes de motor en vuelo solo motor básico marcados por la flota en el mes actual y multiplicado por el factor de multiplicación.

2.- En el denominador el total de horas de motor en vuelo realizadas por toda la flota en el mismo mes actual.

Nota.- El total de horas de vuelo en el mes de la aeronave multiplicadas por el número de motores en la aeronave dará como resultado el número de horas de vuelo del motor.

3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular de cortes de motor en vuelo motor básico al mes actual.

e.- Remociones de motor no programadas (remo-no-prog).-

$$\frac{\text{total.remo-no-prog.mes.actual.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.horas.motor.en.vuelo.mes.actual.de.la.flota}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.18)

1.- En el numerador el total de remociones no programadas de motor marcadas por la flota en el mes actual y multiplicado por el factor de multiplicación.

2.- En el denominador el total de horas de motor en vuelo realizadas por toda la flota en el mismo mes actual.

Nota.- El total de horas de vuelo en el mes de la aeronave multiplicadas por el número de motores en la aeronave dará como resultado el número de horas de vuelo del motor.

3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” particular para remociones de motor no programadas en el mes actual.

f.- Remociones no programadas de componentes.-

$$\frac{\text{total.remo - no - prog.de.componentes.mes.actual.x.factor.de.multiplicación}}{\text{total.horas.vuelo.del.mes.actual.de.la.flota.x.nº.de.unidades.en.la.aeronave}} = \text{tasa.mensual}$$

(3.19)

- 1.- En el numerador el total de remociones de un componente específico removidas desde la flota en el mes actual y multiplicado por el factor de multiplicación.
- 2.- En el denominador el total de horas de vuelo realizadas por toda la flota en el mismo mes actual y multiplicado por el número de componentes específicos operacionales llevados en la flota de aeronaves. Este número se lo encuentra en el IPC, y relaciona directamente a las horas de vuelo en los componentes.
- 3.- Como resultado hay una “Tasa Estadística” para la flota y para un componente particular en el mes actual. (ref. 7 , 9 , 11 , 12 , 13).

3.6.- Valores de Alerta.-

Los valores de alerta usados en este programa son expresiones numéricas aplicadas para todos los sistemas o componentes de la aeronave de acuerdo al sistema ATA 100 y representa una tasa de discrepancias considerados un suficiente punto de partida aceptable para desarrollar una investigación.

El sistema de alertas utilizados en este programa es racional no es influenciado por variaciones en los datos pasados ya que las variaciones son absorbidas al momento de el cálculo del promedio. (ref. 11)

3.6.1.- Valores de alerta en Aeronaves Nuevas.-

- Deben ser establecidos valores de alerta temporales desde la aeronave y los sistemas del motor (hélice) de otros operadores que posean el mismo equipo en iguales condiciones de uso; ya que el nuevo no tiene experiencia previa acumulada.

- Los valores de alerta para el resto de sistemas también pueden tomarse desde la experiencia ganada como industria y/o como empresa operadora.

- Al final de seis meses del monitoreo inicial, los valores de alerta prestados deberán ser cambiados por los adquiridos en la empresa, pero sin dejar de observar a los reportes del operador que facilitó los datos.

3.6.2.- Valores de Alerta – Estructuras.-

No existen valores de alerta establecidos para esta sección. Se establecen valores “Hipotéticos “, se pueden guardar reportes o defectos encontrados para disminuir la necesidad de evaluaciones posteriores. El detectar un número x de defectos en la misma área estructural de la flota no puede significar que toda la flota se vea involucrada al mismo fallo, para esto existen otro tipo de inspecciones y pruebas que exige el fabricante.

Los defectos estructurales significantes encontrados en otros equipos son reportados en:

- Boletines del fabricante, alertas, cartas de servicio, etc.
- cartas de no rutina.

Las cuales traerán la información necesaria para mantener una integridad estructural en la flota, además pueden contener tipos de inspecciones, intervalos de inspecciones, modificaciones, etc. Si se presenta un número exagerado de reportes estructurales en la misma zona por un periodo corto, la aeronave se deberá someter a una evaluación especial de fábrica. (*ref. 11, 13*)

3.6.3.- Ajustes y Revisiones de Niveles de Alerta.-

Una variación significativa de cotizaciones puede producir un reajuste en los niveles de alerta (+1 β , 2 β , 3 β ...etc.).

¿Cuándo se hace reajustes?

- Los reajustes a los niveles de alerta se proponen realizar cada 6 meses acumulativamente, “estudiando el desempeño del programa de control de confiabilidad, observando si los parámetros se encuentran en la curva normal estándar”.

- Es necesario conocer el campo de recorrido de la variable (amplitud) que no es más que la diferencia entre el valor superior y el inferior de una tabla de datos, esto podrá hacer que se comparen datos de una tabla con otra y determinar cuan grande es la variación o fluctuación de un período operativo.

- También por sugerencias escritas del fabricante, en vista que, todos los estudios se presentan en reportes mensuales al fabricante.

- Cuando los niveles de alerta salgan del rango de alerta (\pm) frecuentemente.

Además se recuerda que si se modifican los valores de alerta se deberá:

- Reajustar los cálculos en el programa automatizado.

- Reportar a la autoridad pertinente el cambio hecho.

3.6.4.-Tiempo de vida de un componente.-

3.7.- Determinación de Intervalos Óptimos de Mantenimiento.-

Pese a que el estudio se limita al cálculo de rendimiento, se plantea introducir un poco a lo que se refiere como La Acción Correctiva, con lo que se complementarían el espacio de estudio, y se ayudaría con herramientas en la toma de decisiones en las acciones correctivas.

3.7.1.- Introducción.-

La manera en como un avión puede ser mantenido puede ser dividido de “dos categorías tradicionales”. La una categoría es la corrección de fallas sin embargo ellas ocurren, y la segunda categoría es realizada con un plan de mantenimiento en intervalos predeterminados, por su puesto considerando sus costos de ejecución.

La primera categoría, mantenimiento no planificado, viene dada por circunstancias: cuando un sistema o componente falla, este es reemplazado o reparado. La cantidad y tipo de mantenimiento que se realizaría en la segunda categoría es extremadamente difícil de determinar y varias veces éste aún se encuentra probando un ensayo óptimo cuando la aeronave esta fuera de servicio, por lo que se debe tener en consideración:

- Un óptimo nivel de mantenimiento calificado como vemos desde un punto de vista económico y también por requerimientos de seguridad.

- También la frecuencia con que el mantenimiento puede cambiar con la edad de la aeronave.

-También un pequeño mantenimiento planificado puede resultar en fallas o eventos y situaciones peligrosas pero al mismo tiempo es importante que se considere esto, si aumenta el mantenimiento planificado, éste no es tan fuerte.

En general el mantenimiento calificado es realizado en sistemas o componentes que son afectados por desgaste.

Todos estos puntos son estudiados al momento de tomar decisiones en la reunión del directorio en el Programa de Aeronavegabilidad Continua. (ref. 9)

3.7.2.- General.-

Como se sabe generalmente, para el mantenimiento de un avión y componentes de un avión son usados tres tipos de procesos básicos que tratan de delimitar en forma objetiva las ventajas y desventajas de cada componente, estos son: Hard Time. (HT), On Condition. (OC), Condition Monitoring. (CM)

Se considerarán componentes dentro de **hard time** cuando:

- Las evaluaciones indiquen que existe una relación entre *tiempo de servicio y falla*.
- Componentes o unidades están *sujetas a desgaste y deterioración debido al medio donde trabaje*.

El tiempo a establecerse también depende del análisis de dos factores: *seguridad en vuelo y economía*.

- Unidades esenciales para la seguridad de vuelo deberán tener intervalos cortos de mantenimiento para asegurar una tendencia a fallar lo menos posible.

- Unidades esenciales que tengan gran impacto económico en caso de falla, deberán someterse a mantenimiento con ajustes de tiempo pequeños para evitar que la tendencia a fallar sea alta.

Serán componentes **On Condition**:

- Unidades que se las asigne con un límite de condición aceptable desde un punto de vista de aeronavegable, por medio de una inspección visual, medidas, pruebas, etc., sin que el componente sea desarmado.

Las unidades **Condition Monitoring** serán aquellas unidades que no indican modo de falla que fue un efecto directo en la operación ni esta influenciada por el tiempo de estándares de condición.

El Condition Monitoring o Monitoreo del Rendimiento no deberá ser asignado a un elemento si éste presenta una libre indicación de relación entre tiempo en servicio y falla en la unidad ya que esos son los límites que da un hard time.

Sustancialmente el “monitoreo del rendimiento” para componentes requiere una *revisión del rendimiento de unidades y/o el impacto que pueden tener en caso de presentar una falla*. Normalmente esto se puede cumplir con una revisión histórica de datos del componente.

Antes de recomendar a un elemento dentro de un programa de monitoreo por rendimiento, debe ser necesario asegurar que el adecuado monitoreo de la unidad es posible.

Las herramientas incluyen a: Pilotos, retrasos (por reportes por compras de bodega o por mantenimiento mecánico), sumario de componentes usados, y el análisis de rendimiento en componentes.

El grado de monitoreo en artefactos usados depende en experiencia ganada desde el monitoreo anterior, por lo que puede tomarse experiencias de otros operadores que tengan el mismo equipo.

Algunas unidades podrían presentar tendencias a falla temprana por lo que no requerirían datos anteriores y debe ser monitoreado por prácticas básicas de mantenimiento. *(ref. 10)*

3.7.3.- Componentes.-

Según experiencia de otros operadores la principal fuente de ajustes de intervalos en el programa de confiabilidad es el cambio de una unidad por mal función ya sea por fabricación o por mala operación (más común).

Las unidades consideradas como esenciales en la seguridad de vuelo deben tener un alto grado de control de confiabilidad. Una falla que afecte gravemente la economía también es considerada crítica. Estas unidades reciben una evaluación más detallada, la evaluación consiste en: pruebas con desarmado de componentes, inspecciones desarmado y prueba; las evaluaciones deben darse cuando los límites en los niveles de rendimiento hayan sido sobrepasados en forma evidente a lo normal. Como recomendación estas novedades deberán ser escritas como programas de acciones correctivas para futuras fallas. *(ref. 9)*

3.7.4.- Comprobación de Intervalos.-

1.- Se ha propuesto intervalos de revisión semestral, intermedia y además comprobaciones programadas mensuales que provean prácticas de mantenimiento correcto al programa en:

- a.- Servicio de mantenimiento apropiado. (Aceite, grasa, líquido hidráulico, etc.)
- b.- Comprobación de componentes en seguridad y condición.
- c.- Comprobación de sistemas en función
- d.- Inspecciones visuales y estructurales con rayos-x y ultrasonido.
- e.- Comprobación de motores.
- f.- Overhauls progresivos.
- g.- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- h.- Modificaciones.

- Los intervalos entre cada comprobación pueden ser aprobados para ajustes basados en un análisis cuidadoso de comprobaciones realizadas en el pasado.

- Todos los datos guardados de ítems de no-rutina luego de una comprobación completada, deben ser evaluados.

- Cuando la evaluación no revele "tiempo en servicio", escribir las discrepancias que puedan afectar a la aeronavegabilidad de la aeronave y realizar una comprobación de tiempo extendido esta extensión debe ser aprobada.

- Cuando son encontrados ítems con "tiempo en servicio" en este análisis la comprobación de tiempo debe ser extendida dando a estos ítems programaciones para cumplirse en la próxima comprobación mas cercana. Ejemplo: Una visita especial, o escalar desde una comprobación intermedia hasta una mensual.

2.- En sistemas que son de emergencia y/o standby la comprobación se la realizará frecuentemente (intermedia) para garantizar su funcionamiento al momento de su actuación.

Las veces que se compruebe funcionalmente a los sistemas de emergencia o de standby deben ser extendidas o acortadas tomando en cuenta puntos como:

- Revisiones de archivos donde existan overhauls realizados en sistemas o componentes asociados con los de emergencia o de standby.
- Un análisis de comprobaciones funcionales realizadas y de resultados negativos. (ref. 5)

3.7.5.- Inspecciones Estructurales.-

Los intervalos de inspecciones estructurales que se encuentran en el SRM, CCP, etc., deben ser incrementados cuando la evaluación no revele defectos hallados en la flota que puedan afectar a la aeronavegabilidad en la estructura de la aeronave.

Varios defectos de la flota mundial normalmente se los encuentra en Boletines del fabricante, Cartas de alerta y de servicio en la misma área de la estructura, Operadores con equipo de las mismas características y condiciones de uso, resultado de pruebas realizadas por el fabricante, etc.

Nota.- En aeronaves nuevas es recomendable tomar datos de operadores con el mismo equipo y en similares condiciones de uso.

3.7.6.- Escalación Corta en el Programa.-

La escalación corta en el programa se la realiza en períodos aplicados solo a un número determinado de aviones motores o componentes.

Una escalación corta puede ser aprobada para:

- Períodos de mantenimiento, de comprobación o de inspección rutinaria.
- Permitir una comprobación de tiempo cuando un componente va a expirar.

Todas estas escalaciones para ser ejecutadas antes deberán ser aprobadas por la autoridad aeronáutica.

Una escalación corta no puede ser aprobada para:

- Corregir deficiencias del programa de mantenimiento básico.
- Intervalos específicos encontrados en Directivas de Aeronavegabilidad.
- Intervalos específicos en el reemplazo de partes o componentes encontrados en el certificado tipo de la aeronave.
- Intervalos específicos encontrados en el MEL o CDL. (*ref. 6*)

3.8.- Acción Correctiva.-

Se toman acciones correctivas para mejorar la confiabilidad de la flota. Las acciones correctivas vienen del resultado de un análisis en una reunión del Comité de Análisis y Vigilancia Continua cuando un estándar de rendimiento ha sido sobrepasado (valor de alerta) y pueden ser:

- Cambios en los procedimientos operacionales.
- Mejorar las técnicas en el caza fallas.
 - Cambios en el campo y la frecuencia con que se realizan los servicios, inspecciones, test, overhaul, etc.
- Cambios en el diseño.
- Inspecciones de no rutina o ajustes en los mismos.
- Cambio de materiales a usarse como lubricantes, combustibles, etc.
- Uso de otro proveedor de repuestos o de otro taller.
- Cambios de las condiciones de almacenamiento en la bodega.

- Implementación de entrenamiento y manuales técnicos.

Todas las acciones correctivas tomadas dentro de una empresa deben ser reportadas al fabricante del equipo por medio de las revisiones del Manual de Mantenimiento, Service Bulletins, Information Bulletins, y sobre todo en la **AC 120 - 17**, como se requiera, el cual dará un visto bueno a las decisiones alcanzadas.

El Comité de Análisis y Vigilancia Continua constituyen: El Gerente de Mantenimiento, el Jefe de Control de Calidad, el Jefe de Ingeniería y Planificación, el Jefe de Mantenimiento, los Planificadores, y un staff de miembros sin voto como son el Jefe de Requisiciones, y Supervisores Técnicos; los mismos que tienen la obligación de reunirse en cada ajuste del programa de confiabilidad. (ref. 4, 7, 9)

3.9.- Reportes y Formatos.-

a.- Reportes.-

Se ha establecido formatos de reportes disponibles en el banco de datos y después del cálculo estadístico del Programa de Control de Confiabilidad, los mismos que serán expuestos cada vez que sean requeridos para la empresa, para la autoridad o para el respectivo fabricante.

3.9.1.- Reporte de Rendimiento Mensual.-

Se lo cumple obligatoriamente con su publicación mensual luego del cálculo estadístico. Se lo realiza en forma general por todos los datos tomados y en forma independiente por cada sistema.

Parte 1.- En la primera página se ubicarán los logos de la empresa y las especificaciones generales de la flota estudiada.

Parte 2.- Un resumen general con las novedades del mes actual, con, número de alertas, extensiones por MEL detalle de los sistemas registrados en alerta.

Parte 3.- (Banco de datos) Aquí se ubicará un cuadro con los datos recopilados en el mes actual llamado Reporte Estadístico General.

Parte 4.- (Banco de Datos) Consta de un cuadro con la utilización mensual de la flota detallada por cada aeronave.

Parte 5.- (Banco de Datos) Se reportará en ésta un cuadro de comparación de la utilización sumaria de la flota.

Parte 6.- (Banco de Datos) En esta parte se registra el número de retrasos y cancelaciones por razones mecánicas; hace uso del sistema ATA 100.

Parte 7.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto a los retrasos del mes actual.

Parte 8.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en lo que es cancelaciones del mes actual.

Parte 9.- Un detalle de las interrupciones mecánicas del mes actual y tiempo de retraso por motivos de la misma interrupción.

Parte 10.- Se detalla en este reporte el número de remociones realizadas del mes actual con sus respectivos nombres de componentes removidos y registros.

Parte 11.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto al número de reportes de pilotos del mes actual.

Parte 12.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad para cada uno de los sistemas en ATA 100 de los reportes de pilotos del mes actual.

Parte 13.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto a remociones de motores del mes actual.

Parte 14.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto a cortes de motor en vuelo todas las causas.

Parte 15.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto a cortes de motor en vuelo solo motor básico.

Parte 16.- Un cuadro estadístico con la aplicación de la teoría de confiabilidad en cuanto a remociones no programadas de componentes.

Descripción de interrupciones.- Formato que detalla los motivos de las interrupciones y sus soluciones con detalle del tipo y tiempo tomado en su reparación o corrección.

Incorporación de Boletines de Servicio.- Tabla que indica el ingreso de boletines de servicio al equipo.

Incidentes Técnicos Significantes.- Es un detalle de los principales incidentes que sucedieron en el mes de operación. (ref. 2, 9)

3.9.2.- Formatos.-

General.-

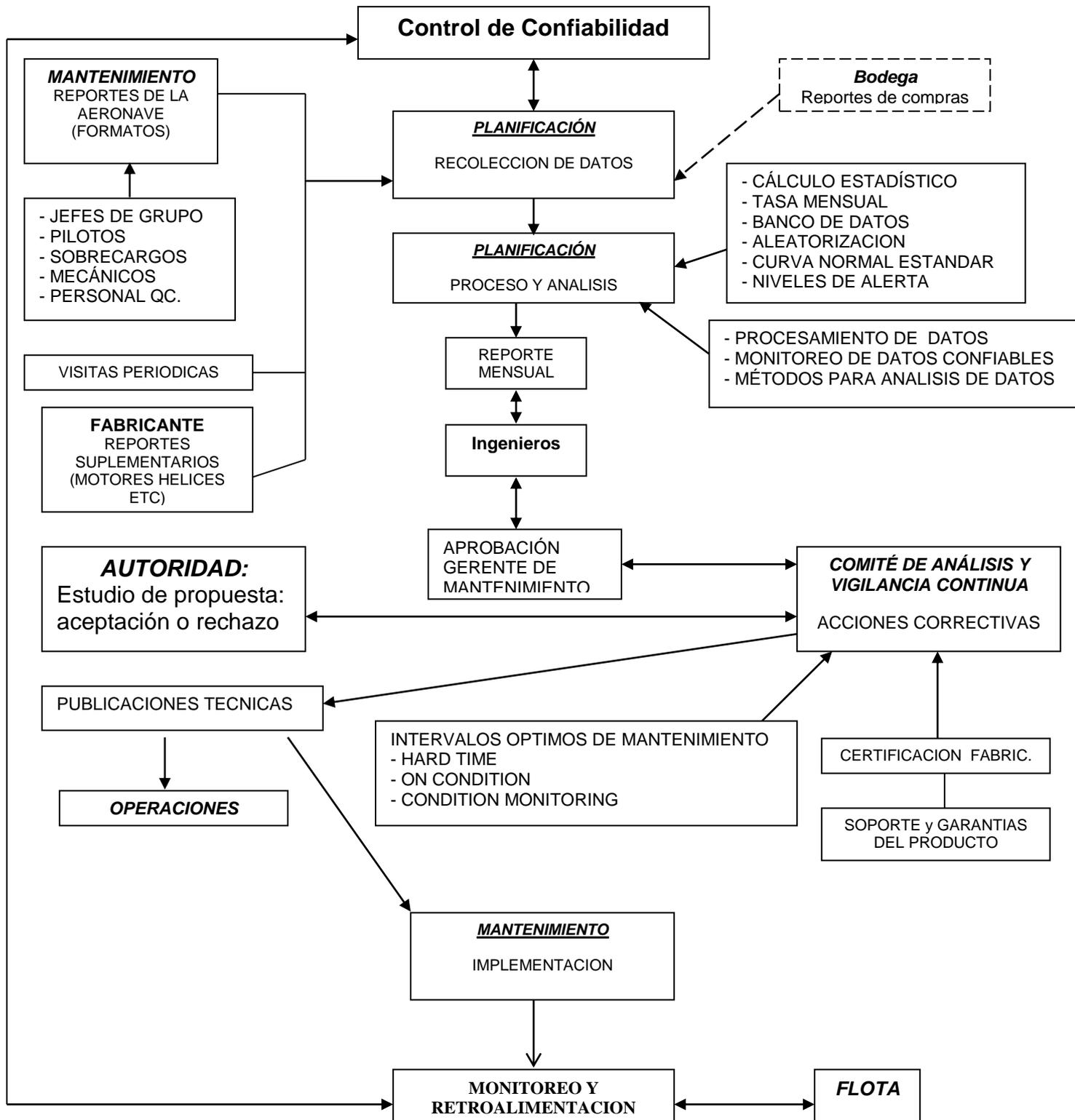
Formatos para Recolección de Datos.- Los siguientes modelos están diseñados para compilar de forma efectiva datos desde la aeronave.

1.- Bitácora de Aeronave.-

- 1.1.- Utilización de la Flota. (Horas y Ciclos)
- 1.2.- Descripción de Reportes de Piloto y Corrección de la Falla.
- 1.3.- Datos de Motor.
- 1.4.- Datos APU.
- 1.5.- Datos de Hélice. (Si aplica).
- 1.6.- Promedio de uso Diario.
- 1.7.- Tiempo entre aterrizaje.
- 2.- Programa de Mantenimiento.-
 - 2.1.- Interrupciones Programadas.
 - 2.2.- Remociones Programadas de Componentes.
 - 2.3.- Descripción de Interrupciones Programadas.
- 3.- Boletines de Servicio Incorporados.
- 4.- Incidentes Técnicos Significantes.
- 5.- Bitácora de Mantenimiento.-
 - 5.1.- Remociones de Componentes no Programadas.
 - 5.2.- Retrasos y Cancelaciones por Motivos Mecánicos.
 - 5.3.- Descripción de Trabajos realizados.
- 6.- Operaciones.-
 - 6.1.- Despegues programados.
 - 6.2.- Vuelos Programados Completados.
 - 6.3.- Sustitución de Aeronave por motivos de Mantenimiento. (ref. 2, 9)

3.10.- Árbol de Secuencias.-

**PROGRAMA PROPUESTO PARA CONTROL DE CONFIABILIDAD DENTRO
DE UNA EMPRESA.**



CAPITULO IV:

GUIA Y PRUEBA.

4.1.- Aplicación.-

En éste capítulo se realiza un desarrollo de estudio de campo con todos los pasos a seguir desde el momento en que se generan los datos hasta el reporte mensual de confiabilidad a manera de guía. *(ref. Capítulo 3.10)*

1.- Inicia con la recolección de datos:

La recolección de datos comienza en la flota de aeronaves dispuestas para el estudio, se considera como datos a:

- Aeronave en servicio:

- Horas y ciclos de la flota.

- Interrupciones programadas:

- Check A, B, C, D, Servicios, Etc.

- Descripción de Interrupciones Programadas:

- Programación y Planificación.

- Descripción de los Reportes de Piloto:

- Maintenance Log.

- Descripción del Mantenimiento:

- Maintenance Log, Cabin Log.

- Datos de Motor:

- Aircraft Flight Log.

- Datos APU:

- Aircraft Flight Log.

- Datos Hélice:

Si aplica desde Aircraft Flight Log (parte de motores).

- Remociones Programadas de Componentes:

Componentes Hard Time u On Condition.

- Boletines de Servicio Incorporados:

Fabricante y/o Autoridad.

- Incidentes Técnicos Significantes:

Fabricante y Autoridad.

2.- Luego continúa en el ingreso de datos (horas, ciclos, retrasos, cancelaciones, etc.) hasta el banco de datos virtual (reporte mensual) que se encuentra en el archivo del Departamento de Planificación, de acuerdo a la Flota y por cada Aeronave, y por sistema ATA 100.

3.- Se procesa los datos estadísticamente de tal forma que se generen los Niveles de alerta en cada ítem correspondiente, como muestra el capítulo 3 del texto.

3.1.- Manual para el Software.-

Para optimizar recursos se ha propuesto el uso de un software de Excel que contiene características de poder almacenar datos y calcular los límites de alerta de una forma automática, activando macros y graficando la tendencia mensual del sistema o componente monitoreado.

Será utilizado de la siguiente manera:

3.1.1.- Se abre el archivo que contiene el programa. Las tablas Excel están ubicadas en:

Cap4/Prueba/.

- Al ingresar a estas tablas lo primero en realizar es ubicarse en la hoja que contiene el respectivo sistema que desea monitorear, esto es mediante hipervínculos. Luego se deberá realizar una “actualización” de las fechas, nombres y los datos de campo (horas de vuelo de la flota, número de despegues, horas motor). A continuación se puede observar en las tablas estadísticas un cuadro con 12 celdas que deberán estar llenadas con los datos en un período de 12 meses previos de captación de acuerdo al sistema o componente que va a ser monitoreado, ó con los datos prestados de otra empresa como se estableció en el capítulo 3 de este estudio denominado: 3.6.1.-Valores de alerta en aeronaves nuevas; es indispensable la efectividad de estos datos necesarios para comenzar el monitoreo.

- Luego se ubica en la celda B21 e ingresa la nueva fecha del mes actual con el siguiente formato a escribirse (mmm-yyyy), ejemplo: Ene-2001.

Luego ubicarse en la siguiente celda C21 e ingresa el dato mensual con formato de número, ejemplo: 2. y presionamos Enter.

Se ejecuta la macro “recorrer” presionando el botón del mismo nombre, y el programa hará avanzar automáticamente la tabla ingresando al gráfico el nuevo dato, y a la vez borrando el primer dato de la tabla.

Luego se ejecuta la macro “aleatorio” presionando el botón con el mismo nombre, y el programa escogerá 6 datos de la tabla en forma aleatoria lo que hace que se produzca la Curva Normal, y así, poder establecer el nivel de alerta, con la ayuda de la Desviación Estándar que se graficará automáticamente en los meses de Enero y Julio de cualquier año.

4.- Se prevé proporcionar el reporte mensual máximo al cuarto día del mes en curso, al Comité de Análisis y Vigilancia Continua, con lo que se optimizará recursos.

5.- Luego de las decisiones alcanzadas en la reunión de éste Comité los ítems considerados como “Peligrosos” serán sometidos a un nuevo estudio de clasificación de partes, componentes, materiales usados, y reordenamiento del mantenimiento.

6.- Los resultados de este nuevo estudio serán estudiados y aprobados por la autoridad, para luego pasar a ser publicados y ejecutados dentro de la empresa.

CAPÍTULO V:

REPORTE MENSUAL.

En el reporte mensual se escribirán todos los datos recopilados y alcanzados tras el análisis estadístico realizado. El reporte será distribuido a todas las dependencias que lo necesiten.

(Ver hoja de Excel en el archivo con nombre Reporte).

CAPÍTULO VI:

ESTUDIO ECONÓMICO.

PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO

<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>COSTOS</u>
25 horas	Internet	\$ 25
1 caja	Caja de disquetes	\$ 5
1 ejemplar	Elaboración del borradores	\$ 30
300 hojas	Papel	\$ 10
100 horas aprox.	Alquiler de computadoras	\$ 50
-	Fotocopias	\$ 5
-	Imprevistos y movilización	\$ 60
TOTAL		\$ 185

CAPÍTULO VII:

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES.

7.1.- Conclusiones.-

1.- La prueba que se realiza en el presente estudio se hizo con datos no reales, en vista que esa información es confidencial dentro de una empresa y no puede ser publicada.

2.- Considerando al monitoreo del rendimiento de una aeronave y a la confiabilidad, como una herramienta para detectar tendencias peligrosas futuras en cuanto se refiere a fallas de un componente o sistema, se observa que es una técnica necesaria en la transportación aérea contemporánea ya que podría ahorrar recursos.

3.- Una empresa explotadora de transporte aéreo al acogerse al monitoreo por rendimiento en todas sus modalidades, logra detectar tendencias peligrosas en el desempeño de la flota logrando planificar de mejor manera cualquier tipo de programación en el mantenimiento.

4.- En la industria nacional de transportación aérea presenta dificultades para la adquisición de repuestos y materiales de consumo aeronáutico se puede anticipar su compra, logrando eficiencia en los departamentos de materiales.

5.- Se puede asegurar que las empresas que en la actualidad hacen uso de un programa de control de confiabilidad minimizan los riesgos, por ende incrementan su seguridad, en vista que todos los estudios hablan de un “futuro hipotético” en cuanto a fallas.

6.- En el proceso de investigación realizada para el presente trabajo se pudo ver que de acuerdo a reportes emitidos por empresas que usan esta herramienta en el departamento de mantenimiento, existe una mejor optimización de los recursos, tanto humanos, como materiales y económicos.

7.- El uso de este programa de confiabilidad puede hacer que los operadores locales, obtengan información del equipo y proporcionen reportes con estadísticas propias a los fabricantes ayudando en el monitoreo de la flota mundial.

8.- El estudio de confiabilidad por flotas de aeronaves contribuyen a un mejor control para la Dirección de Aviación Civil, y el Departamento de Aeronavegabilidad Continua.

9.- Con la implementación de este tipo de estudios dentro de una empresa de aviación se puede reforzar el control interno de la misma, ya que se puede usar un registro de datos.

10.- El presente trabajo trata de enfocarse también como guía para otro diseño de confiabilidad de equipos.

7.2.- Recomendaciones.-

1.- Asegurarse de compilar los datos de la manera más verás y real posible de esta manera se garantizaran los resultados del monitoreo.

2.- Al momento de usar referencias externas a la organización para los primeros meses de monitoreo, tratar de tomar datos de aeronaves que estén sometidas a una operación similar a la propia de la empresa, esto es: promedio

de horas de vuelo al día, condiciones geográficas de las rutas, uso de materiales, etc.

3.- Se debe trabajar con un grupo de datos de por lo menos 12 meses de captación previa, para graficar tendencias relevantes.

4.- Para el desarrollo de la prueba de este trabajo, se consideró una flota de por lo menos 8 aeronaves, con esta aclaración se deberán realizar los ajustes necesarios en el programa, cada vez que se lo vaya a modificar en algún punto, por cuanto puede alterarse en sus funciones.

5.- Es de esperar que en un futuro nuestro país logre alcanzar una mejor categoría frente a las empresas extranjeras, y que para el desarrollo, los empresarios deban implantar e impulsar este tipo de estudios en su gestión.

6.- El uso del monitoreo de una flota de aeronaves debe ser estudiado y aprobado por la autoridad aeronáutica local debido a la utilidad práctica que tiene.

7.- Se debe promover el uso del mantenimiento por monitoreo como un medio alternativo y confiable dentro de una empresa.

8.- Las instituciones de educación y adiestramiento técnico en el área aeronáutica y mantenimiento del país deben promover éste tipo de estudios dentro de su orden académico mejorando las características de educación de sus alumnos.

7.3.- Observaciones.-

1.- El presente trabajo presentó dificultades para su culminación debido a la falta de información en el medio, además se tuvo que acudir a reportes de

empresas que poseían los documentos, pero en una forma muy limitada por las restricciones que existían.

2.- Para lograr culminar el texto, las bases en los conocimientos fueron reforzadas externamente especialmente en las materias de estadística, computación y en mantenimiento.

3.- Con el transcurso del desarrollo del trabajo, se encontraron factores que no se consideraron al inicio, y requerían información extra, por lo que se amplió el tiempo y los sub-capítulos del contenido.

MISCELANEOS:

Referencias.-

1: WWW. soporte.com

2: Saereo S. A. 2003. Manual General de Mantenimiento. Quito – Ecuador.

3.0: Marcelo Andrango Cuesta. Estadística Básica Econ. Universidad Central
Quito – Ecuador.

3.1: Mark L. Berenson y David M. Levine. 1996. Estadística Básica en
Administración Conceptos y Aplicaciones. Sexta Edición. Prentice Hall
Hispanoamericana México.

3.2: William Mendenhall. Estadística para Administradores. 1996. Grupo Editorial,
Iberoamericana. México.

3.3: Allen L. Webster. Estadística Aplicada a Negocios y a la Economía. 2000.
Tercera Edición. Colombia.

3.4: Feller W: Introducción a la Teoría de las Probabilidades y sus Aplicaciones.
1996. Volumen 1. Editorial Limusa México.

3.5: Ciro Martinez Bencardino. Ecoe Ediciones. 1998. Novena Edición. Bogotá.

3.6: William Stevenson. Estadística para Administración y Economía. 1981. Harla S.A. México.

4: FAA. AC 120 – 17A. 1978. Initiated by: AFS-230.

5: La Cultura de Confiabilidad. 2001. Suscripción a revista mensual.

6: Circular dispositiva de la DGAC. 2004. Quito.

7: Saeta. Reliability Program. Quito.

8: Anthony A.F. Vogelpoel. Reliability in Engineering. Reliability Engineering Dept. SPL / CA.

9: Ícaro Air. Dpto. Ingeniería y Planificación. Confiabilidad.

10: Airworthiness Inspector's handbook. ATP 8300.10

11: Icaro Air. Programa de Confiabilidad. Jun 2003. Reporte Mensual. Fokker F28.

12: Saereo S.A. Dpto. Ingeniería y Planificación. Abr. 2004. Programa de Confiabilidad. Reporte Mensual. Emb 120.

13: Reliability Program Manual. Express One.

A. - Anexos.-

a.1. - ATA 100.

B. - Formatos.-

b.1.- Formatos para Recolección de Datos.

Tiempo de Vida de un Componente

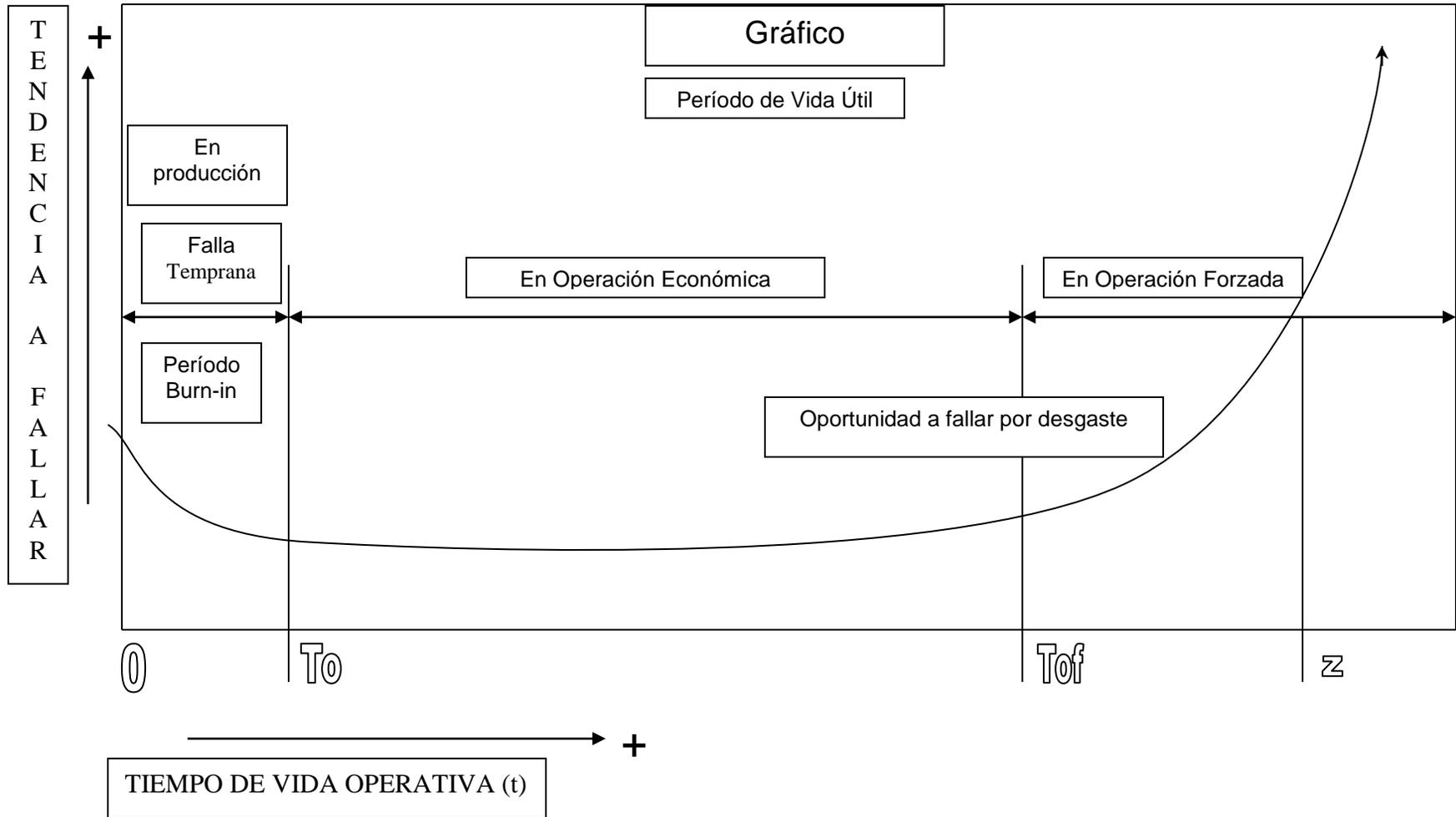


Gráfico 3.12. Gráfico del Tiempo de Vida de un Componente.

Referencia: 8.