

**VENTAJAS COMPETITIVAS UTILIZANDO  
INDICADORES PROACTIVOS PARA LA  
CONTENCION DEL ERROR HUMANO EN  
MANTENIMIENTO AERONAUTICO**

**ALUMNO: RODRIGO LERENA**

**TUTOR: VICTOR PEREYRA**

**AÑO: 2015**

**LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a Laura por su apoyo incondicional y su paciencia, no hubiera podido cumplir este objetivo sin su ayuda. A mis padres y hermanos, a mis compañeros de trabajo quienes me cubrieron cuando debía estudiar y me ayudaron con el material para preparar este trabajo. A mi tutor Víctor Pereyra por la orientación y colaboración en el desarrollo de esta Tesis. También agradezco a mis profesores, compañeros y amigos.



## RESUMEN

En la industria aeronáutica, el avance tecnológico contribuyó a disminuir el riesgo de accidentes e incidentes por fallas provocadas por factores técnicos. En la actualidad, el principal causante de estos acontecimientos es el error humano (la literatura le asigna el 80% de responsabilidad).

Identificar, definir las causas y cuantificar el potencial daño económico que este tipo de error produce, será de suma importancia para poder desarrollar e integrar una estrategia corporativa que tenga dentro de sus objetivos el control de los mismos y de esta manera, optimizar los procesos internos en virtud de conseguir ventajas competitivas dentro de la industria. Para nuestro análisis nos enfocaremos sobre el mantenimiento aeronáutico.

Siendo el mantenimiento aeronáutico una actividad completamente procedimental, las acciones humanas y su interacción con los equipos están completamente reguladas bajo normas y procedimientos que las empresas incorporan como mandatorios dentro de sus procesos internos. Sin embargo, el operador humano que es altamente flexible y adaptable, también es muy vulnerable a influencias que pueden alterar el correcto desempeño de sus actividades aunque las mismas sean rutinarias o el operador se encuentre completamente entrenado y capacitado para desarrollarlas.

Utilizamos como análisis dos tipos de estrategias de control del error humano:

- Las que tratan de evitar que sus consecuencias sean de importante magnitud (captura, recuperación, tolerancia)

- Las orientadas a evitar que este se produzca (prevención y reducción)

Una vez definidas las estrategias, podemos incorporar al análisis, las herramientas que actualmente se utilizan para lograr prácticas orientadas a contener el error humano.

El objetivo principal es demostrar que si se alinea una estrategia corporativa en función de conseguir controlar el error humano dentro de los procesos de mantenimiento aeronáutico, podemos reducir los potenciales incidentes, accidentes y fallas que son generadores de pérdidas económicas como así también demostrar que la aplicabilidad de este método



contribuye finalmente a aumentar las ventajas competitivas de la compañía por permitir realizar en forma más efectiva los procesos en mantenimiento.

Para lograr este objetivo, la propuesta que se presenta es incorporar indicadores proactivos e integrarlos dentro del sistema de gestión de seguridad SMS (*Safety Management System*) De esta manera podremos monitorear en forma más efectiva los procesos, gestionar las desviaciones, proponer mejoras y crear valor para la compañía.

## **PALABRAS CLAVE**

**Error Humano- Mantenimiento Aeronáutico- Evento- Indicadores- Reporte**

**INDICE**

INTRODUCCIÓN.....	6
CONCEPTO DE ERROR HUMANO .....	10
Errores Variables y Constantes.....	10
Deslices/ descuidos, lapsus y equivocaciones .....	12
Violaciones .....	15
Tipos de Errores.....	17
FACTORES HUMANOS EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA .....	19
Introducción a los factores humanos.....	19
Concepto de Factores Humanos.....	25
Modelo Conceptual de Factores Humanos .....	27
Los factores humanos en Mantenimiento Aeronáutico .....	33
CONTENER EL ERROR HUMANO EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO .....	43
MRM (Maintenance Resource Management).....	46
MEDA (Maintenance Error Decision Aid).....	53
LOSA (Line Operations Safety Assesment).....	62
SMS (Safety Management System).....	67
IMPLEMENTAR UN PROGRAMA PARA CONTENER EL ERROR HUMANO.....	87
Los beneficios de integrar Factores Humanos en los sistemas de gestión de seguridad ..	88
Implementar el programa el SMS según OACI.....	92
Fases de Implementación del sistema SMS .....	96
INDICADORES PROACTIVOS PARA CONTENER EL ERROR EN MANTENIMIENTO .....	99
Concepto de cuadro de mando integral (Balance Scorecard)- Indicadores Proactivos y Reactivos para la seguridad .....	100
CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA .....	128
ANEXOS.....	132



## INTRODUCCIÓN

El 27 de Marzo de 1977 a las 16:56, el comandante de la aeronave Boeing B747 destinado al vuelo KLM 4805, Jacob Louis Veldhuyzen Van Zanten, recibía autorización de la torre de control para encender sus motores, desplazarse por la pista principal y tomar una de sus salidas laterales que le permitiría llegar a cabecera y posicionarse para el despegue.

Minutos más tarde, el controlador aéreo del aeropuerto, buscando darle más dinamismo a la maniobra, decide corregir y ordena al B747 que continúe sobre la pista principal (sin tomar la salida) y que al llegar al final de la misma, hiciera un giro de 180° para posicionamiento y esperara el aviso de confirmación de pista despejada.

Mientras tanto, circulando sobre la misma plataforma, se encontraba otro Boeing B747 perteneciente al vuelo Pan Am PAA 1736 cuyo comandante, luego de recibir instrucciones de la torre de control para que se retire de esta pista tomando la tercera calle de desvío, equivoca su maniobra al no poder visualizar la entrada del camino debido a una intensa niebla. No tenía otra alternativa, debía continuar su rumbo sobre la pista de despegue e intentar tomar la próxima calle para retirarse a baja velocidad.

El comandante del KLM, cuando el avión completó el giro de 180°, aumentó la potencia de sus motores pero su copiloto le advirtió que aun no tenían autorización de la torre de control para despegar. Van Zanten, siendo el piloto instructor emblema de la línea aérea y un referente para sus colegas (cara de la publicidades de KLM), solicita a su copiloto que notifique a torre de control su posición. Este recibe las indicaciones de la ruta a seguir y las repite para su verificación terminando su frase con “estamos despegando”.

En ese instante y escuchando a su copiloto mientras realizaba la repetición de órdenes, Van Zanten, sin tener el permiso de despegue, decide iniciar el mismo. El copiloto finaliza el procedimiento de comunicación y le da el aviso a la torre de que han iniciado. El controlador verifica la correcta interpretación por parte del copiloto y luego de una pequeña pausa en la comunicación le solicita a este que aguarde confirmación para despegar.



La torre de control solicitó al Jumbo de Pan AM que se comunicase tan pronto como hubiera despejado la pista: “Reporte pista libre”. Esta comunicación se oyó perfectamente en cabina de Van Zanten. Un segundo después, el piloto del PAA 1736 contesta: “Ok, reportaremos cuando dejemos la pista libre”. Respuesta que también se escucha perfectamente en la cabina del KLM.

El controlador termina la conversación agradeciendo al Pan Am. Un instante después, el ingeniero de vuelo y copiloto del B747 del KLM presentaron dudas sobre si la pista de despegue se encontraba realmente despejada (la comunicación no era clara y la visibilidad escasa). El capitán Van Zanten decidió continuar sin tener en cuenta los comentarios de sus colegas y considerando su reconocida experiencia como piloto e instructor, ninguno de los dos, copiloto e ingeniero de vuelo, hicieron más objeciones.

Segundos más tarde, ocurrió el accidente aéreo con mayor número de víctimas mortales de la historia de la aviación cuando los dos B747 colisionaron en el aeropuerto Los Rodeos de Tenerife.

En el accidente de los Rodeos la “culpabilidad” parece clara. El avión de KLM inició la maniobra de despegue sin haber recibido autorización explícita de la torre de control, provocando la colisión, o al menos eso sería la versión más convincente. Para el mundo de la aviación comercial, sin embargo, la tragedia fue vista de forma muy distinta, era poco entendible que un comandante con el entrenamiento y la experiencia que poseía Van Zanten cometiera tan terrible error. Este fue un hecho bisagra que llevó a la industria a preocuparse considerablemente por el terrible costo de los errores humanos en la aviación.

Partiendo de la hipótesis, desarrollando una estrategia dentro del sistema de seguridad de la compañía para que incorpore indicadores proactivos, podremos llegar a contener el error humano existente en los procesos actuales y esto permitirá aumentar la ventaja competitiva en mantenimiento aeronáutico. Nuestro objetivo es demostrar que si se alinea una estrategia corporativa en función de conseguir controlar el error humano dentro de los procesos de mantenimiento aeronáutico, podemos reducir los potenciales incidentes,



accidentes y fallas que son generadores de pérdidas económicas como así también demostrar que la aplicabilidad de este método contribuye finalmente a aumentar las ventajas competitivas de la compañía por permitir realizar en forma más efectiva los procesos en mantenimiento.

Si se incluyen dentro de los programas internos los indicadores correctos para contener el error humano, podemos lograr procesos más eficientes que permitirán disminuir los riesgos de incidentes y accidentes como así también las pérdidas económicas que resultan por la falta de atención en las tareas rutinarias, saltar pasos en los procesos o utilizar las herramientas/ equipos que no son adecuadas para las tareas a desarrollarse.

La presente investigación estará delimitada al análisis de las herramientas existentes para contener el error humano, los sistemas de seguridad requeridos por las autoridades aeronáuticas, su incorporación dentro de la estructura de mantenimiento aeronáutico, analizar las herramientas reactivas como así también las proactivas y predictivas e identificar los indicadores que proactivamente permitan contener el error humano y de esta manera obtener ventajas competitivas.

Con un sistema de gestión correctamente diseñado (conociendo el objetivo, las barreras y las herramientas necesarias) podremos alinear la estrategia de las diferentes unidades de la línea aérea y haciendo foco en el control del error humano principalmente en mantenimiento, área de análisis para esta tesis, se conseguirán ventajas competitivas.

Para este análisis, el modelo de control a implementar es el modelo SHELL (*Software-Hardware- Environment- Liveware-Liveware*, analiza las interfaces entre hombre-máquina, hombre-software, hombre-hombre y hombre-entorno).

Este modelo, aplicado a la industria aeronáutica, consiste en establecer barreras que contengan los errores. Intenta discriminar con más riqueza y precisión, las variables del juego, estudiar los problemas, buscar soluciones y proponer medidas preventivas (dentro de las cuales están las herramientas propuestas para lograr mejores prácticas operativas)



**Objetivo Específico:**

- ✓ Investigar y analizar el aumento de la contribución de los factores humanos a los accidentes
- ✓ Analizar herramientas que permitan contener el error humano en mantenimiento
- ✓ Analizar el sistema de gestión de seguridad requerido por las autoridades reguladoras de la industria.
- ✓ Dentro del sistema de seguridad incorporado en las compañías, analizar los tipos de indicadores disponibles para contener el error.
- ✓ Proponer indicadores proactivos que permitan conocer los procesos donde al contener los errores humanos, podremos generar ventajas competitivas en mantenimiento.

## CONCEPTO DE ERROR HUMANO

Quizás nuestra percepción sobre la naturaleza de los procesos que realizamos día a día nos llevaría a pensar que la probabilidad de ausencia de error en los mismos es prácticamente nula. Existe una o pocas formas de realizar una tarea encomendada en forma correcta pero en cada uno de los pasos que realizamos en la secuencia del proceso, nos encontramos con la oportunidad de generar desvíos involuntarios o inadecuados. Si nos detenemos a pensar en la cantidad de formas en que podríamos equivocarnos al realizar cierto procedimiento, esto nos permitiría afirmar que es prácticamente improbable que seamos capaces de poder describir adecuadamente las variedades del error humano.

Sin embargo, de acuerdo a estudios realizados por investigadores, estos errores que, dentro de los procesos son mucho menos frecuentes que las acciones correctas, tienden a adoptar un número limitado de formas.

Los especialistas han calificado los tipos de errores que se pueden cometer dentro de diferentes modelos y teorías. Esta categorización se realizó con el fin de poder identificar su naturaleza y sus características. A continuación describiremos las posibles formas en que puede manifestarse el error humano según lo han expresado los expertos.

### Errores Variables y Constantes

Se nos introduce al modelo de error humano por medio de la teoría del error predecible (Reason, 1990). Este concepto, sin más descripción, es muy difícil de entender ya que si los errores fueran predecibles, se tomarían las medidas correspondientes que nos permitieran evitarlos y problema resuelto no más errores pero de todas formas, lamentablemente, estos se siguen produciendo.

Reason desarrolla con bastante claridad este concepto partiendo del análisis de dos tipos de errores humanos: Variables y Constantes.

Si observamos los dos blancos de la Figura 1, podremos notar que el tirador A y el B efectuaron disparos con el fin de atinar en el centro de sus respectivos blancos y obtuvieron

resultados muy diferentes (Entendemos que error es todo aquel disparo que no se encuentra en centro del blanco).

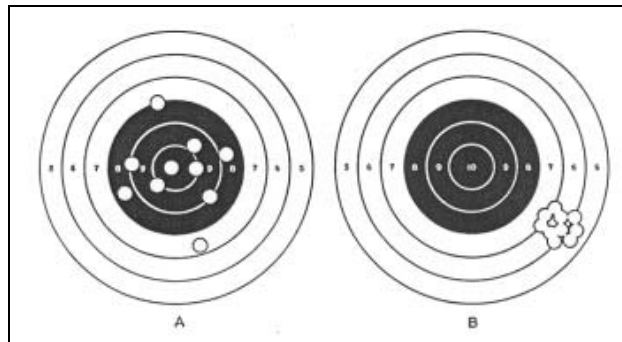


Figura 1. Error variable y error constante-  
**A** muestra error variable y **B** muestra gran error constante y poco variable (extraído de Chapanis, 1951).  
 Fuente (James Reason, 1990)

Los errores que podemos notar en (A) son variables, de una naturaleza aleatoria no constantes, mientras que los errores en (B) son constantes y poco variables.

En este ejemplo podemos identificar a la variabilidad como la dispersión de los disparos, indicando de esta manera, la regularidad del tirador. El error constante queda reflejado cuando observamos la distancia entre el promedio del grupo de disparos y el centro del blanco.

De este simple análisis, podemos rápidamente extraer como primera conclusión que, (A) es irregular disparando pero tiene la mira enfocada en el centro, mientras que (B) es un muy buen tirador solo que tiene la mira fuera de foco. Si estos tiradores siguieran disparando, podríamos estar en condiciones de asegurar donde van a impactar los disparos de (B) sin embargo, la gran variabilidad que posee (A) en sus disparos hace que sea imposible realizar una correcta predicción del destino de sus disparos.

El mensaje que este ejemplo nos acerca es que los errores constantes pueden predecirse y, por tanto, pueden ser controlados, mientras que los errores variables, no se pueden predecir y son mucho más difíciles de tratar. Entonces, el profesor Reason nos sugiere que, si



sabemos lo suficiente acerca de la naturaleza de la tarea, el entorno en el que se lleva a cabo, los mecanismos que rigen el rendimiento y el carácter del individuo, tenemos una mayor probabilidad de controlar el error.

Sin embargo, es poco común tener suficiente información como para poder realizar predicciones exactas. Estas se basarán fundamentalmente en la probabilidad y por lo tanto adoptarán generalmente, una estructura de estudio generalizada más que puntual. Es posible perfeccionar las predicciones cuando aumenta la cantidad de información disponible para ser estudiada pero siempre habrá errores aleatorios a los cuales no nos podremos anticipar.

### **Deslices/ descuidos, lapsus y equivocaciones**

El profesor James Reason, a diferencia de los anteriores estudios realizados sobre error humano, plantea que la noción de intención y error son inseparables. Las distintas variedades en la conducta intencionada deben estar en el comienzo del análisis cuando se intenta definir el error humano o clasificar sus formas.

En sus estudios, intenta definir el error humano y clasificar sus formas de acuerdo a la intención del comportamiento. (Ver Figura 2).

Distingue entre diferentes clases de comportamiento intencional, que parten de la formulación de tres preguntas que están relacionadas con la secuencia de la acción desarrollada:

¿Las acciones se basaron en alguna intención previa?

¿Se desarrollaron los pasos de acuerdo a lo planificado?

¿Se logró el fin deseado?

Para cada pregunta, hay una respuesta que explica la intención de la acción adoptada por el individuo durante la ejecución de una tarea o actividad. La intención comprende dos fundamentos:

- a) Una expresión del estado final a ser logrado
- b) Una indicación de los medios por los cuales será logrado.

La investigación llevada a cabo por Reason, establece que el error se presenta cuando la acción está supeditada por algún tipo de intención. Elimina del concepto de error a las acciones que surgen en forma involuntaria. En este caso no podríamos llamar error cuando por ejemplo caminando por una vereda somos víctimas de una caída debido a una superficie resbaladiza no identificada como tal.

Elabora una clasificación de los errores fundamentada en procesos psicológicos que derivan de ciertas actitudes del ser humano, cuando por diferentes agentes es perturbado su estado de equilibrio. Estos agentes perturbadores que se describirán a continuación se conocen como deslices, lapsus y equivocaciones.

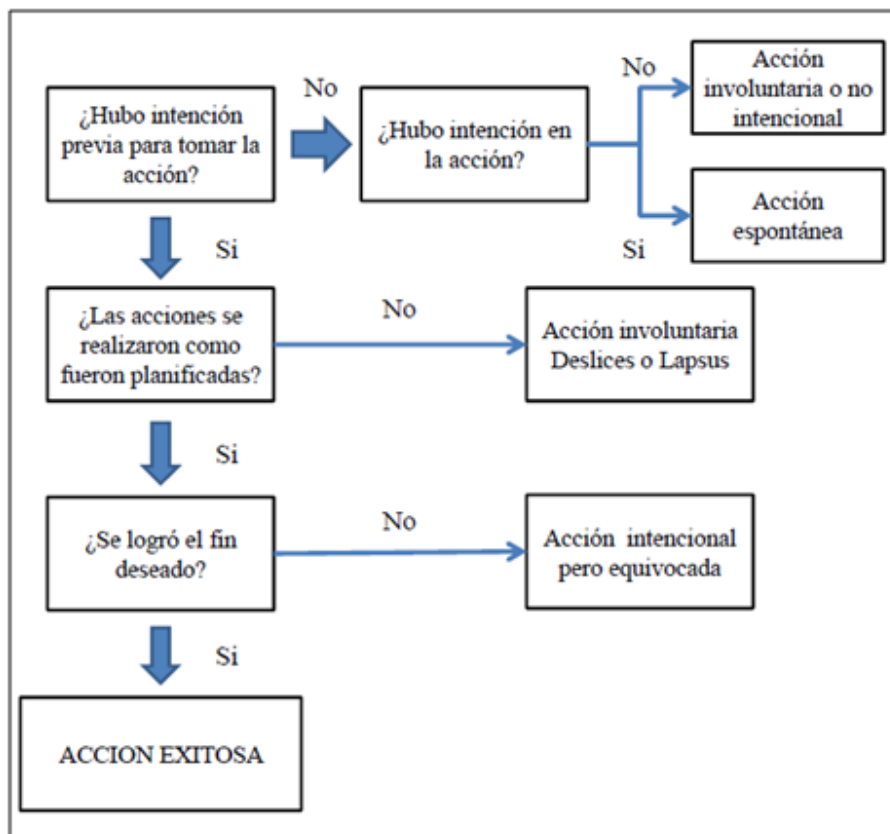


Figura 2. Algoritmo para distinguir las variedades de comportamiento intencional. Las tres categorías principales son el comportamiento sin intención, el comportamiento no intencional (deslices y lapsus) y el comportamiento intencional pero equivocado. Fuente (James Reason, 1990)



Para la mayor parte de las acciones que realizamos diariamente, las intenciones previas o planes consisten en una serie de imágenes mentales y referencias verbales. Todos asociamos un recuerdo o una indicación verbal que podemos repetir en nuestro interior para acordarnos de la secuencia de una actividad. Cuando repetimos una secuencia de acciones, las referencias basadas en la intención son cada vez menores en cantidad y las secuencias se hacen cada vez más largas. Cuanto más rutinaria es la acción, menor es la cantidad de instrucciones que necesitamos contener en nuestra mente para realizarla. Mientras realizamos actividades no rutinarias, necesitamos en cierta forma verbalizar nuestras acciones y de esta manera, poder guiar las actividades que estamos desarrollando por el empleo de una atención más focalizada en la tarea, función que requiere de un cierto esfuerzo.

Estamos entonces en condiciones de utilizar la definición de error para abarcar en esta, a todas aquellas ocasiones en las que una secuencia planificada de acciones no consigue el resultado esperado y cuando este fracaso, no puede ser atribuido a la intervención del azar.

Las acciones planeadas pueden no terminar en el resultado que nosotros esperábamos, esto se debe a que no se desarrollaron como se habían originalmente ideado, el plan de acción no era adecuado o por ambas razones.

Tenemos que entender que los errores que estudiaremos son consecuencia de un comportamiento intencional y pueden subdividirse a su vez en deslices, lapsus y equivocaciones, dependiendo del grado de intencionalidad que los preceda.

Los deslices/ descuidos, son potencialmente observables como acciones que no han sido planificadas (deslices en el habla, la escritura, la acción) son acciones resultantes de una falta de atención apropiada, provocada por distracciones, secuencias mal ordenadas o acciones mal coordinadas.

Los lapsus, son la falta de acción u omisión por una falla de memoria debido al olvido, la pérdida de una referencia u omisión de aspectos previstos. Cuando alguien ha dejado de hacer algo debido a falta de memoria y/o atención porque se lo ha olvidado.



Las equivocaciones, son un tipo específico de error provocado por la falta juicio al no disponer de toda la información necesaria para tomar la decisión o por realizar un diagnóstico inadecuado de la situación en la que se deben ejecutar las acciones. Pueden identificarse claros ejemplos de estas cuando notamos que alguien realiza una acción errónea creyendo estar haciendo lo correcto o cuando alguien se pierde dirigiéndose a un sitio.

Cuando describimos al error por su tipo, este se relaciona con su supuesto origen dentro de las fases que implican su concepción y posterior desarrollo de una secuencia de acciones.

A estas fases las podemos identificar como: Planificación, Almacenamiento y Ejecución.

Planificación, hace referencia a los procesos que contemplan la creación del objetivo a cumplir y la asignación de los medios/ recursos para lograr el mismo. Como estos planes no se llevan a cabo inmediatamente, existe una fase denominada almacenamiento, esta es de duración variable entre los tiempos en que se planifica y se ejecutan las acciones previstas. La fase de ejecución involucra a los procesos asociados a la implementación del plan almacenado.

La relación entre estas tres fases y los tipos de error se puede ver a continuación:

<b>Fase</b>	<b>Tipo de error característico</b>
Planificación	Equivocaciones
Almacenamiento	Lapsus
Ejecución	Deslices/ descuidos

### **Violaciones**

Dentro de los errores que estudiamos y como vimos en la Figura 2, están involucradas dos tipos bien diferenciadas de desviación: la desviación involuntaria de la acción respecto a la intención (deslices, lapsus) y la desviación de las acciones planeadas respecto a un camino elegido que conduciría a la acción exitosa (equivocación).



A este análisis faltaría añadir el concepto de que los seres humanos planifican y ejecutan sus acciones dentro de un entorno social regulado. Por lo tanto, las violaciones, deben ser definidas dentro de un contexto social en el que el comportamiento se rige por procedimientos operativos, códigos, reglas, etc.

A diferencia a los errores, las violaciones son desviaciones intencionadas sobre las reglas, normas o procedimientos establecidos. Pueden ser analizadas de distintas formas:

- Rutinaria
- Situacional
- Optimizante
- Excepcional
- Sabotaje

Existen dos factores importantes a tener en cuenta cuando analizamos el origen de las violaciones y estos son:

- ✓ La tendencia humana a realizar una tarea con el mínimo esfuerzo
- ✓ La existencia de un entorno que premie el cumplimiento de las normas y castigue al que no las cumpla.

Se encuentra comprobado que si el camino más corto, rápido y cómodo para realizar una tarea consiste en trasgredir un procedimiento y esta trasgresión no es penalizada, el procedimiento en cuestión será rutinariamente violado.

La violación rutinaria, se considera como una alteración habitual para conseguir un atajo en las tareas y/o procedimientos. Son las acciones que se han convertido en la forma normal de llevar a cabo una tarea por ejemplo, cuando dentro de un grupo de trabajo se decide tomar atajos para ahorrar tiempo y esfuerzo.





Violaciones situacionales se producen debido a los factores particulares que existen en el momento, como la presión para entregar a tiempo, alta carga de trabajo, procedimientos impracticables, herramientas inadecuadas y malas condiciones de trabajo. Esto ocurre a menudo cuando, con el fin de hacer el trabajo, se considera que un procedimiento no puede seguirse con las herramientas que están disponibles. Para decirlo con otras palabras, es la brecha entre lo que requieren los procedimientos y los medios que están disponibles para cumplirlos.

Se considera una violación optimizante cuando una actividad es realizada para conseguir objetivos personales buscando tener rédito por aumento de productividad.

Cuando una tarea es realizada en circunstancias inusuales por razones particulares u operativas que la hacen inevitable la consideramos una violación excepcional.

Definimos al sabotaje como un acto consciente, realizado con la intención de hacer daño.

### **Tipos de Errores**

Cuando intentamos estudiar el aporte del ser humano a las fallas en los sistemas, necesitamos distinguir dos tipos de errores: Los considerados errores activos, cuyos efectos son percibidos inmediatamente y los errores latentes, cuyas consecuencias pueden permanecer latentes en sistema durante mucho tiempo antes de salir a luz y se harán visibles solo cuando existe la combinación de diferentes factores que rompen las barreras de defensa del sistema.

Los errores activos, generalmente están asociados con el trabajo de los empleados de primera línea, los que están relacionados con el producto final, como pueden ser los pilotos. Los latentes están más asociados con las actividades de las personas que están alejadas tanto temporal como espacialmente del punto de control directo, como pueden ser los encargados de la gestión a alto nivel, diseñadores, personal de mantenimiento, etc. Estos últimos (errores latentes) son los que representan la mayor amenaza para la seguridad de los sistemas que se desarrollan en industrias complejas.



Luego de realizar los análisis de causa raíz de los principales accidentes que se produjeron en industrias con sistemas de operación complejos, se ha detectado que si bien el operador suele cometer errores con bastante frecuencia, muchas de las fallas desencadenantes de accidentes ya se encontraban en el sistema tiempo antes de que el operador pudiera cometer el error como última línea. Dicho con otras palabras, los operadores más que los principales causantes de fallas suelen ser los herederos de los defectos del sistema que provienen por ejemplo de un diseño incorrecto, mantenimiento defectuoso, falencias en la gestión de los proyectos, etc.

Los estudios dedicados a fiabilidad humana están comprobando que los intentos por descubrir el origen y poder controlar los errores latentes tendrán un mayor beneficio sobre la seguridad de los sistemas que las acciones dedicadas a neutralizar errores activos. Parte de esta teoría es lo que intentamos demostrar en esta tesis.

Por lo tanto, como veremos en el próximo capítulo, el termino Factores Humanos adquirió un concepto más amplio que el se aplica a los trabajadores de primera línea desde que se pudo comprobar que cuanto más alejados están los individuos de las actividades de primera línea mayor es el aporte al peligro potencial de los sistemas.

## FACTORES HUMANOS EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

### Introducción a los factores humanos

En los comienzos de la aviación comercial, aproximadamente el 80% de los accidentes fueron causados debido a desperfectos mecánicos y el 20% fueron atribuidos a errores humanos. Hoy en día, con el avance de la tecnología, esta estadística se ha invertido y aproximadamente el 80% de los accidentes que se registran en la aviación se deben a errores humanos (pilotos, controladores de tránsito aéreo, mecánicos, etc.) y solo el 20 % se deben a fallas mecánicas. Figura 3.

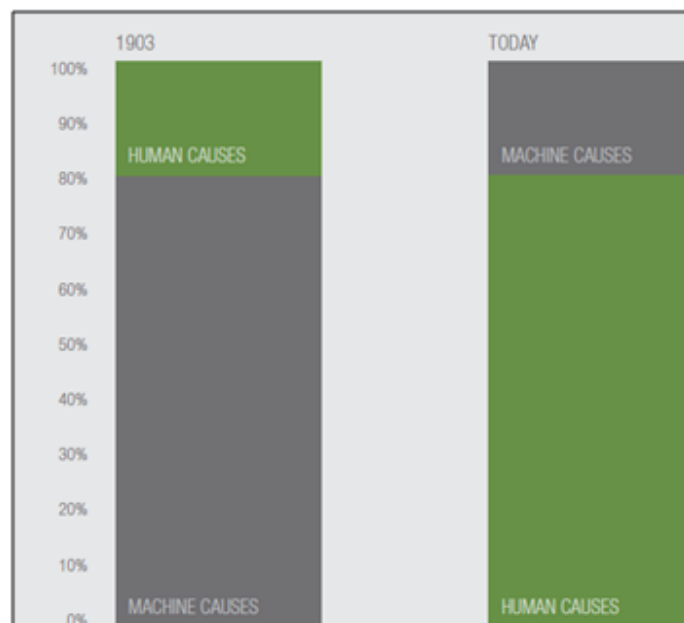


Figura 3.Causa de Accidentes Aéreos. Fuente: (IATA  
[http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_2\\_07/AERO\\_Q207](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/AERO_Q207))

Tanto el comportamiento como el rendimiento humano se encuentran dentro de las principales causas de accidentes aéreos. Teniendo como objetivo disminuir esta tasa de accidentes, los factores humanos, se deben comprender mejor y su teoría, como veremos a continuación, se tiene que aplicar de la manera más amplia posible, llegando a todos los sectores críticos de esta industria.



Para conocer el origen de este concepto, debemos remontarnos a la historia porque desde que los seres humanos comenzaron a fabricar sus propias herramientas, la aplicación de la ergonomía básica y elemental mejoró la eficiencia del trabajo. Pero esta eficiencia, aumentó considerablemente cuando se originó la evolución de la ergonomía moderna o Factores humanos hace aproximadamente cien años.

Durante la Primera Guerra Mundial, la necesidad de optimizar la producción fabril, poder asignar miles de reclutas de manera más efectiva a las tareas militares y el hecho de que durante la Segunda Guerra Mundial, la creación de equipos tan sofisticados que para ser operados con la máxima efectividad presentaban un desafío importante a la capacidad humana, generaron los estímulos suficientes para que se genere el progreso en los Factores Humanos. Funciones como la selección y entrenamiento del personal comenzaron también a ser abordados más científicamente.

Es importante destacar las primeras estadísticas tomadas durante la guerra, los británicos de la Royal Flying Corps registraron que de cada 100 pilotos muertos durante el vuelo, dos encontraron la muerte a manos del enemigo, ocho murieron a causa de las fallas mecánicas o estructurales de sus aviones y 90 murieron como resultado de sus propias deficiencias individuales (U.S Army Technical Manual, 1941)

Los comandantes militares rápidamente se interesaron en tratar de reducir el número de aviones y tripulantes que estaban perdiendo como resultado de las deficiencias operacionales de sus pilotos. Podría decirse que estas acciones dieron a luz a la práctica de los Factores Humanos en la investigación de accidentes.

Como resultado de la observación sobre variabilidad entre la capacidad de los pilotos para volar correctamente y, por tanto, del rendimiento humano, se puso énfasis en la búsqueda de formas más efectivas para seleccionar a las personas que tuvieran las habilidades y las actitudes correctas.

Sin embargo, también se llegó a reconocer que incluso después de haber seleccionado a los candidatos que se consideraban más adecuados para las tareas a desarrollar, se siguieron



cometiendo errores que terminaron en accidentes. Muchos de estos sucesos se atribuyeron a la falta de capacitación. De esta manera, la formación de pilotos se convirtió en un recurso fundamental para limitar variabilidad del rendimiento humano, especialmente cuando se comenzaron a fabricar aviones más grandes, rápidos y de mayores prestaciones.

En los comienzos de la segunda Guerra Mundial, con el antecedente de haber perdido muchos aviones durante la Primera Guerra y reconociendo que durante las operaciones de 1920 y 1930, las aeronaves ya había cambiado de manera significativa tanto en prestaciones como en diseño, los británicos y los estadounidenses comenzaron a invertir fuertemente en la aplicación de los factores humanos para las operaciones aéreas. Estos esfuerzos no sólo se focalizaron en los profesionales como los pilotos e ingenieros sino que también, se le dio más participación a especialistas de universidades reconocidas.

Al final de la Segunda Guerra Mundial, las investigaciones en los Factores Humanos continuaron en el ámbito civil y se expandieron a muchas universidades de todo el mundo.

Reconocer que era necesario entrenamiento en Factores Humanos dentro de la industria aeronáutica, permitió varios abordajes formales al concepto en diferentes países. Este reconocimiento se enfatizó notablemente luego de la tragedia de Tenerife, que como vimos en la introducción de esta tesis, fue una catástrofe producida por una serie de deficiencias en la aplicación de los Factores Humanos.

El acuerdo firmado en 1976 entre la FAA (United States Federal Aviation Administration) y la NASA (National Aeronautics and Space Administration) para establecer un reporte no-punitivo voluntario y confidencial (ASRS, Aviation Safety Reporting System) demostró que este tipo de actividades eran muy productivas para poder obtener datos que permitan analizar el comportamiento humano y determinar de esta manera, las causas de error. Para el año 1989, más de 110000 reportes ASRS habían sido recibidos y gracias a este sistema se generaron casi 1000 boletines de alerta y se realizaron más de 1500 estudios especiales. Luego, este esquema de reportes, en formatos similares, fue rápidamente implementado en el Reino Unido, Canadá y Australia.



Uno de los primeros entrenamientos formales se conoce como 'Cockpit Resource Management', CRM (Helmreich, 1987). Este se centró fundamentalmente en la capacitación para la tripulación de cabina. Sin embargo, pronto se dieron cuenta que mientras se mejoraban las gestiones en la comunicación entre los pilotos, las relaciones entre estos y los demás tripulantes (asistentes de vuelo) eran también importantes debido a la información crítica sobre el estado de la aeronave que estos podían aportar.

Partiendo de un enfoque mucho más amplio en Factores Humanos y ahora teniendo en cuenta no sólo las acciones de los individuos, sino también a grupos de personas, ya sean gerentes u operadores, un nuevo concepto se comenzó a desarrollar para la investigación de accidentes "investigaciones sistémicas". Este término se refiere simplemente a una investigación con un enfoque más amplio. Estas investigaciones observan no sólo a aquellas cosas o personas que se encontraban próximas al accidente o incidente sino a todo el sistema que soporta la operación de la aeronave que pueda haber participado en el mismo.

Este cambio evolutivo ha llevado a la definición de otro término conocido como "accidentes organizacionales". Uno de los defensores más notables de este concepto es el profesor James Reason a quien ya hemos citado durante el capítulo anterior.

En su trabajo, el profesor afirma:

*"Hay dos tipos de accidentes: los que le suceden a las personas y los que le suceden a las organizaciones. Accidentes individuales son por lejos los más numerosos, pero no son la principal preocupación. Nuestro enfoque será sobre "accidentes organizacionales". Estos son relativamente los que suceden en raras ocasiones pero a menudo son catastróficos. Ocurren dentro de tecnologías complejas, como las plantas de energía nuclear, aviación*

comercial, la industria petroquímica, plantas de procesos químicos, el transporte marítimo y ferroviario.”<sup>1</sup>

Los accidentes organizacionales tienen múltiples causas que involucran a muchas personas que operan en los diferentes niveles de sus respectivas compañías.

Considerando la naturaleza (aunque no necesariamente la frecuencia) de los accidentes individuales, estos se han mantenido relativamente sin cambios en los últimos años, los accidentes organizacionales en cambio, son un producto de las innovaciones tecnológicas que han alterado radicalmente la relación entre los sistemas y el elemento humano.

Reason ha desarrollado un modelo, el cual lleva su nombre, para que se pueda entender con más claridad cómo se producen los accidentes organizacionales. Este, suele ser más conocido como el modelo del "queso suizo".

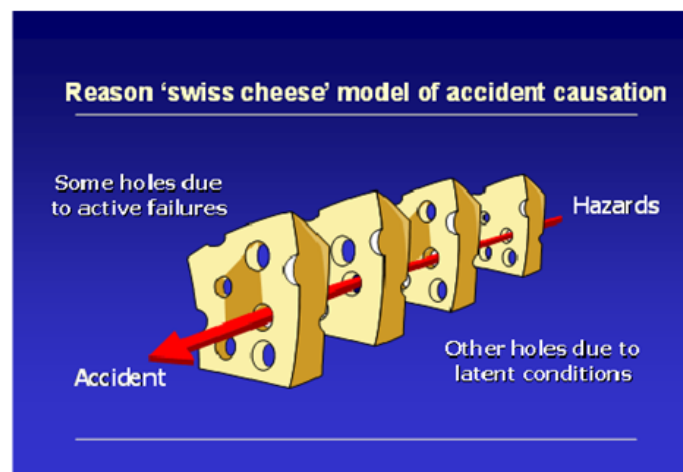


Figura 4. Modelo de Reason.

Fuente: David Adams (June, 2006). *A Layman's Introduction to Human Factors in Aircraft Accident and Incident Investigation*

---

<sup>1</sup> Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot, UK: Ashgate



El principio fundamental del modelo, como vimos en el capítulo anterior de esta tesis, es que los factores organizacionales, como así también las decisiones gerenciales, se pueden combinar con los factores que afectan al personal directo que realiza el trabajo, como por ejemplo, las tareas de mantenimiento mal ejecutadas, personal mal entrenado, etc.

Dicho de otra manera, algunas fallas están latentes, lo que significa que se han gestado en algún momento en del pasado y permanecen inactivas. Estas se pudieron haber generado durante el diseño de la aeronave o pueden estar asociadas con una mala decisión realizada por los encargados de la gestión. Los errores cometidos por el personal de primera línea de trabajo, como pueden ser los pilotos, son fallas "activas".

Cuanto más agujeros haya en las paredes de defensas de un sistema, lo más probable es que los errores que se cometen den lugar a incidentes o accidentes. Sin embargo, esto sólo se cumple en determinadas circunstancias y es cuando todos los agujeros están alineados, tal lo demuestra la Figura 4.

Generalmente, si un error ha superado las barreras de defensa de ingeniería y luego alcanza a las barreras de operaciones de vuelo (por ejemplo, una alarma en vuelo) y esta alteración es detectada a tiempo, posiblemente se pueda gestionar en esta etapa y la falla será contenida. Sin embargo, ocasionalmente en la aviación, como todos sabemos, un error puede superar todas las barreras de defensa (ejemplo. El piloto ignora una alarma de vuelo creyendo que no es importante) y esta situación tendería a terminar en un accidente. Recordemos el trágico caso del vuelo 3142 de LAPA como uno de los accidentes más graves de la aviación en Argentina.

El elemento humano es la parte más flexible, adaptable y valiosa del sistema de aviación pero también es la más vulnerable a las influencias que pueden afectar negativamente su rendimiento. A lo largo de los años, tres de cada cuatro accidentes se han producido por lo que comúnmente se ha clasificado como "error del piloto".





El término "error del piloto" no es de mucha ayuda especialmente cuando se busca prevenir accidentes y sabemos que en muchos casos hasta puede llegar a ser contraproducente su utilización. Esta definición, nos indica donde está la falla del sistema pero no nos dice nada de las razones por las cuales esta se produce.

Un error en el sistema atribuido a los seres humanos puede haber sido generado por una formación inadecuada del personal, procedimientos mal diseñados o poseer un concepto organizacional erróneo de la tarea a realizar. Además, el término "error del piloto" solo permite ocultar el trasfondo de los accidentes en perjuicio de que estos sean prevenidos. En el caso LAPA, recordemos que la primer definición que escuchamos fue "esto fue un error del piloto porque hizo caso omiso a las alarmas". ¿Pero alguien se preguntó por qué las alarmas sonaban continuamente y los pilotos decidían ignorarlas?

Entender las capacidades y limitaciones humanas y aplicar este conocimiento es la tarea principal de quienes estudian los Factores Humanos. El estudio de este tema se ha desarrollado progresivamente, mejorado e institucionalizado y hoy en día es una herramienta fundamental para mejorar la seguridad en las actividades complejas como es la industria aeronáutica.

### **Concepto de Factores Humanos**

Las primeras preocupaciones en la aviación estaban relacionadas con los efectos generados sobre las personas por el ruido, las vibraciones, el calor y el frío. Por lo general, la persona con un conocimiento relacionado a estos temas era un médico. Esto pudo haber generado una la idea de que este concepto es una rama de la medicina.

Sin embargo, con el correr del tiempo y tras varios estudios realizados este concepto se trasladó hacia los aspectos más cognitivos de las tareas de vuelo y hoy en día esta está fuera del ámbito de la medicina. Optimizar el desempeño de las personas en un entorno de trabajo complejo involucra todos los aspectos del rendimiento y el comportamiento humano: toma de decisiones y otros procesos cognitivos, el diseño de las pantallas de navegación y los controles, el diseño de la cabina de vuelo teniendo en cuenta la



ergonomía, la comunicación y equipo de software; mapas y cartas de navegación, manuales de operación de aeronaves, listas de control, etc.

El conocimiento de los Factores Humanos también se utiliza cada vez más en la selección del personal, entrenamiento y en la investigación de accidentes.

Los Factores Humanos, son de carácter multidisciplinario. Por ejemplo, extraen conceptos de la psicología y filosofía para entender cómo las personas procesan la información y toman decisiones. Las medidas y los movimientos del cuerpo que son esenciales para optimizar el diseño y la disposición de los mandos de control, y otras características del lugar de trabajo.

La Biología y su sub-disciplina, la cronobiología, son necesarias para comprender la naturaleza de los ritmos del cuerpo, el estudio del sueño y los efectos provocados por el cambio de husos horarios. Por último, no se puede realizar análisis correcto o presentaciones de los datos provenientes de encuestas y/o estudios si no se tiene una formación básica en estadísticas.

Los Factores Humanos estudian a la gente en su vida personal y en las situaciones de trabajo, la relación con las máquinas, con procedimientos y con el medio ambiente. También se incluye el estudio de las relaciones interpersonales. En la aviación, los factores humanos implican un conjunto de consideraciones personales, médicas y biológicas para optimizar las operaciones aéreas.

Podemos citar una definición de Factores Humanos, según lo propuesto por el profesor Edwards: "*Factores Humanos se ocupa de optimizar la relación entre las personas y sus actividades, mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integrado en el marco de la ingeniería de sistemas*"<sup>2</sup>. Sus objetivos pueden ser claramente considerados

---

<sup>2</sup> Edwards, E. (1988). Introductory Overview. In E.L. Wiener & D.C. Nagel (Eds), Human Factors in Aviation (pp. 3-25). San Diego, CA: Academic Press



como la eficacia del sistema, la cual incluye la seguridad, eficiencia y el bienestar del individuo dentro del mismo.

Cuando se refiere a integración dentro de la ingeniería de sistemas esto se relaciona con los intentos de los Factores Humanos para entender los objetivos y los métodos, como así también las dificultades y las limitaciones con las que encuentran las personas que trabajan en áreas interrelacionadas y que deben tomar decisiones. Los Factores Humanos utilizan esta información en función de su relevancia a los problemas prácticos.

### **Modelo Conceptual de Factores Humanos**

Para comprender la idea de Factores Humanos es de gran ayuda utilizar un modelo conceptual de interrelación entre sus diferentes componentes.

Este modelo puede ser construido de un bloque o componente a la vez y luego relaciona a este bloque o componente con este mismo y con los demás que componen y completan el modelo.

El nombre del modelo fue desarrollado por el profesor Elwyn Edwards en 1972 quien lo describió como SHEL por las iniciales en inglés de sus componentes Software, Hardware, Environment y Liveware. El capitán Frank Hawkins en 1975, realizó modificaciones a este concepto incorporando una L más, de Liveware, debido a la propia interacción del elemento humano, como veremos más adelante, quedando así identificado el modelo final como SHELL. Figura 5.

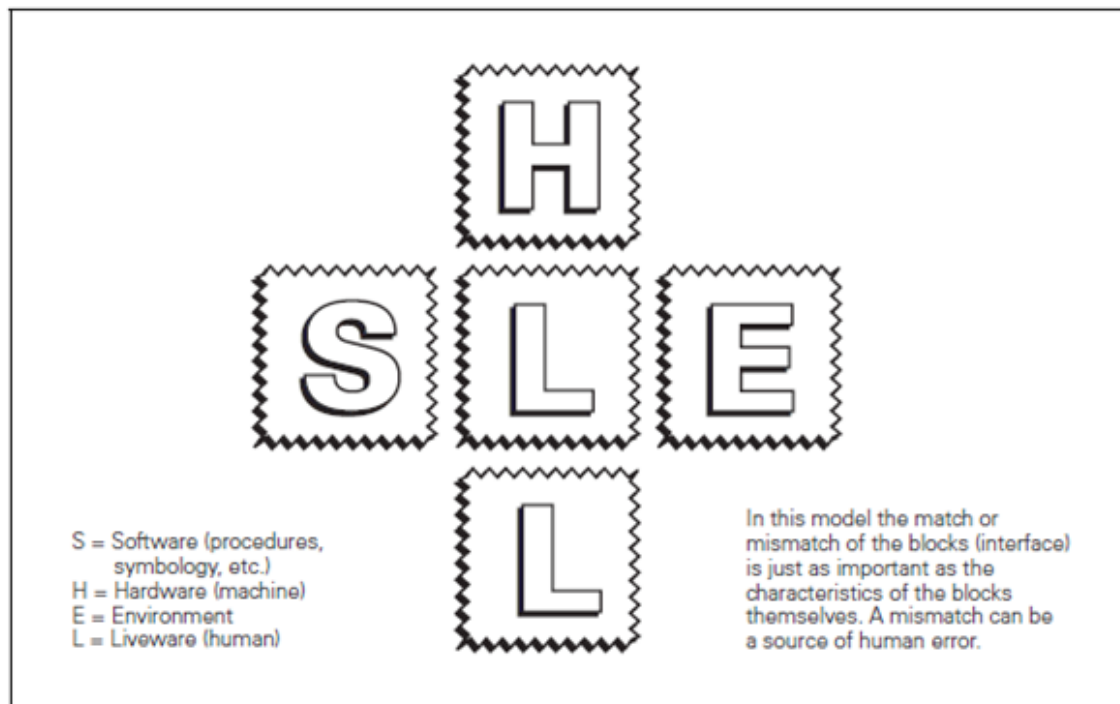


Figura 5. Modelo SHELL adaptado por Hawkins, 1975. Fuente (ICAO Cap.718)

Como hemos mencionado durante la redacción de esta tesis, actualmente, la mayoría de los accidentes aéreos son causados por errores humanos mientras que los que se adjudican a fallas puramente mecánicas han disminuido notablemente debido al gran avance tecnológico.

El modelo de estudio “SHELL” nos proporciona una teoría la cual indica que el ser humano es rara vez, o nunca, la única causa de un accidente aéreo.

Dicho en otras palabras, considera que es muy poco probable que un accidente se deba pura y exclusivamente a una responsabilidad humana. Trata de entender el medio y bajo qué circunstancias se llevan a cabo las actividades que desembocan en errores. Este análisis conceptual también involucra al entorno de trabajo y los recursos que posee una persona para desarrollar sus funciones y cumplir con sus obligaciones.

Es un modelo conceptual que nos ayuda a entender el alcance de los factores humanos que intervienen y las interrelaciones entre estos y los sistemas que comprenden a la aviación como actividad comercial. Cada componente (software, hardware, el medio ambiente, persona) representa un bloque de estudio en cual se centra la atención de los factores humanos.

Como se mencionó anteriormente, este modelo considera que las performances del trabajador aeronáutico están afectadas por una variedad de factores contextuales que interactúan con este. Como resultado, el modelo SHELL analiza tanto las fallas activas como las latentes.

El elemento o bloque destinado a la persona como trabajador (L), se encuentra en el centro del modelo debido a que se nos propone, poder comprender la relación entre las cuatro interfases que interactúan con este.

Por otro lado, debemos entender que este análisis está solo relacionado a los factores humanos por lo tanto, el modelo no es aplicable cuando se desean cubrir las interfases que están fuera de estos tales como Hardware –Hardware y Medio Ambiente-Software.

El objetivo, es demostrar que la mayoría de los incidentes y/o accidentes están más relacionados con un desajuste entre la relación de dos bloques o componentes del modelo que con la falla de un solo componente en particular.

### **Elementos que componen el modelo**

Software. Comprende todos los aspectos no físicos, intangibles de los sistemas de aviación que nos indican como esta actividad debe desarrollarse. Llamando de esta manera, a todo lo que tuviera que ver con reglamentos, manuales operacionales, leyes, convenios internacionales, procedimientos, indicaciones, etc.,



Hardware. Los elementos físicos, equipos, herramientas, aviones (incluidos los controles, superficies, pantallas, sistemas funcionales y asientos), lugar de trabajo, edificios, etc.

Entorno. El entorno involucra factores que pueden influir en las actividades de las personas tales como el clima, la temperatura, ruido, vibración y también aquellos socio-políticos y económicos.

Persona. Considera el comportamiento humano, sus capacidades y limitaciones. Incluye factores como comunicación, liderazgo y administración de personal.

Persona en posición central. La persona que se encuentra en el centro del modelo se puede definir a factores como el conocimiento, actitudes, cultura y stress.

### **Interfases del Modelo SHELL**

#### **Sistema L-H (Persona- Hardware)**

Esta interacción comúnmente es llamada sistema hombre-máquina, contempla los aspectos físicos de la aeronave y sus equipos, sistemas de control, alarmas, asientos, motores, etc. Comúnmente se pueden identificar los desperfectos originados desde la incorrecta interacción L-H cuando los especialistas en factores humanos encuentran errores que se producen debido a fallas en el diseño de los controles del avión, sus indicadores de vuelo, falla en los componentes de algún sistema que perjudican la operatividad y el control, en los sistemas de alerta, etc. Existen errores de interpretación de indicaciones de instrumentos debido a un diseño inapropiado o poco práctico y confuso para la operación.

Como un caso de desajuste en el sistema L-H podemos citar el caso del vuelo de Birgenair ALW-301 cuando el 6 de Febrero de 1996 un Boeing 757-225 se impactó en el Océano Atlántico generando la muerte de 189 pasajeros debido a una falla en la indicación de la velocidad indicada (IAS, Indicated Air Speed) por una obstrucción en el tubo pitot (instrumento que se utiliza para tomar este parámetro)

### Sistema L-S (Persona-Software)

Este sistema está basado en la relación entre el ser humano y los sistemas de apoyo no físicos tales como reglamentaciones, manuales, lista de comprobación, publicaciones, Standard Operation Procedures (SOPs) y los sistemas informáticos. Por ejemplo, considerando el lado operativo, durante el entrenamiento los pilotos incorporan gran parte del software en forma de procedimientos, asociados estos a determinadas condiciones y situaciones de vuelo. Este conocimiento queda almacenado en la memoria y forma parte de las habilidades adquiridas. Sin embargo, esta no es la única información necesaria para operar los equipos. Información adicional se obtiene referenciándose a manuales, listas de control y cartografía. En un sentido físico estos documentos se consideran hardware sin embargo, en el diseño de la información que estos proporcionan, los consideramos dentro de la interfaz L-S.

Los desajustes en la interfaz L-S pueden ocurrir cuando los procedimientos son insuficientes o inapropiados, mala interpretación de la simbología utilizada, listas de chequeos confusas, documentos desordenados, cartografía desactualizada, etc.

Como ejemplo de un desperfecto en este sistema, podemos exponer el caso del accidente del Vuelo 801 de Korean Air que chocó el 6 de agosto de 1997 en Guam mientras realizaba su aproximación al Aeropuerto Internacional Antonio B. Won Pat. La investigación de la Junta Nacional de Seguridad del Transporte reportó que *“el capitán falló a la hora de ajustar el sistema de aproximación instrumental, descendió de manera prematura por debajo de la altura mínima de seguridad. Contribuyó también al accidente la fatiga del capitán, la falta de entrenamiento de la tripulación y el no funcionamiento del sistema de aterrizaje instrumental del aeropuerto de Guam”*<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> National Transportation Safety Board. (2000). Controlled Flight Into Terrain, Korean Air Flight 801, Boeing 747-300, HL7468, Nimitz Hill, Guam, August 6, 1997. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-00/01. Washington, DC



### Sistema Persona- Entorno

Este sistema está basado en la relación entre la persona que ejecuta tareas aeronáuticas como el piloto, ingeniero, técnico, tripulante, etc. y el entorno tanto interno del avión como el externo. El interno comprende temperatura, ruido, iluminación, etc. El externo incluye aspectos organizacionales, culturales, regulatorios, etc.

Los desajustes en la interfaz L-E pueden ocurrir cuando se reduce el rendimiento debido a alteraciones biológicas producidas por el jet lag luego de largos vuelos y alteraciones en las condiciones de descanso. Errores de percepción por parte del piloto inducidos por las condiciones ambientales, como las ilusiones visuales durante la aproximación de aeronaves y/o aterrizaje en la noche.

Otras causas podrían ser, bajo rendimiento y errores del operador como resultado de la falta de gestión para abordar adecuadamente los problemas relacionados a esta interfaz L-E: El estrés del operador debido a cambios en la demanda laboral, toma de decisiones bajo presión económica provocada por la competencia entre líneas aéreas, etc.

Como ejemplo de una falla en este sistema podemos citar el accidente ocurrido el 3 de febrero de 2005, cuando un Boeing B-737-200 perteneciente al vuelo 904 de Kam Air no pudo aterrizar en el aeropuerto de Kabul el cual era su el destino, debido a una fuerte tormenta de nieve y se estrelló contra una montaña durante la fase de aproximación.

### Sistema Persona-Persona

Existe una interfase en el modelo que es la interacción entre el elemento humano. Involucra interrelaciones entre individuos dentro y entre los grupos de trabajo, incluyendo el personal de mantenimiento, ingenieros, diseñadores, personal de tierra, tripulación de vuelo, tripulación de cabina, personal de operaciones, los controladores de tráfico aéreo, pasajeros, instructores, estudiantes, directores y supervisores.





Esta interfase L-L también puede ser relacionada con el liderazgo, la cooperación de la tripulación y la interacción entre personas. Los expertos en factores humanos han demostrado que los desajustes de interacción L-L tales como problemas con el trabajo en equipo, han causado una gran cantidad de accidentes.

Como ejemplo de problema en esta interfaz podemos citar el caso del accidente de Tenerife, visto en la introducción de esta tesis, donde hubo graves errores de comunicación.

### **Los factores humanos en Mantenimiento Aeronáutico**

Existen diferentes estimaciones del porcentaje atribuido a incidentes o accidentes debido a errores humanos en mantenimiento. Si tomamos las estadísticas por parte de los fabricantes de aeronaves e investigadores, esta atribución parte desde el 12% de los casos hasta llegar al 20%. Teniendo en cuenta el avance tecnológico de los últimos 40 años en la industria, vale la pena estudiar el impacto que esto produce y las acciones que se podrían tomar para reducir y/o contener el error humano en mantenimiento.

El error humano en el mantenimiento, generalmente se manifiesta como una discrepancia entre el estado correcto que debería presentar el avión y el que posee al momento de ser liberado al servicio, sea por omisión de una tarea que debería cumplirse o falla en las tareas realizadas, atribuibles a las acciones o inacciones del técnico de mantenimiento de aeronaves. La palabra "atribuible" se usa porque el error humano en el mantenimiento puede adoptar dos formas básicas. En el primer caso, se puede provocar una falla específica en la aeronave que no estaba presente antes de que se inicien las tareas de mantenimiento. Ejemplos de este tipo de falla se podría presentar cuando se instala en forma incorrecta un componente en la aeronave en una tarea rutinaria o cuando por realizar una tarea sobre el avión se termina dañando un componente (cañería, estructura, etc.) por el uso incorrecto de herramientas, utilizar puntos de apoyo incorrectos, etc. (estos son los ejemplos que demuestran fallas en la interfaz L-H, hombre-máquina del modelo SHELL).



El segundo motivo, es cuando luego de realizar una inspección programada o no programada para detectar anomalías, estas no son detectadas como deberían, generando de esta manera una condición insegura. Para este caso, ejemplos típicos podrían citarse cuando luego de una inspección estructural no es detectada una grieta con capacidad de propagarse o fallas en la aviónica del avión que tras un diagnóstico incorrecto, permanecen en el mismo.

Este tipo de error puede ser causado por fallas latentes en el sistema, manifestadas como información incorrecta, problemas en la asignación de recursos y herramientas de mantenimiento, presiones sobre el personal de mantenimiento para realizar las tareas en menos tiempo, etc. Estos también pueden ser atribuidos a una falta de consideración en el diseño ergonómico de herramientas (interfaz L-H), documentación o manuales incompletos (Interfaz L-S).

Tradicionalmente, los esfuerzos en los Factores Humanos se han dirigido hacia el rendimiento de la tripulación de vuelo y en menor medida, hacia el desempeño de los controladores aéreos. Hasta hace poco tiempo, la literatura referida a este concepto mostró poca consideración en los factores humanos para las cuestiones que podrían afectar al personal de mantenimiento de aeronaves. Esto ha sido un descuido grave, ahora sabemos que el error humano en el mantenimiento ha tenido un efecto tan dramático sobre la seguridad de las operaciones de vuelo (medido en impacto y no en cantidad) como los errores de los pilotos y los controladores aéreos.

El mantenimiento e inspección de aeronaves pueden ser muy complejos y varían notablemente en un ambiente donde las oportunidades para el error abundan. Los mecánicos, muchas veces, trabajan bajo presión con respecto al tiempo para poder tener el avión disponible lo antes posible para su operación comercial con el fin de contrarrestar los problemas económicos del sector. Adicionalmente a esta presión, se opera con una flota que aumenta en promedio de edad, en muchos casos no bajan de 20 a 25 años y cómo



podemos suponer, la edad de un avión y la cantidad de trabajo de mantenimiento requerido sobre el mismo están directamente relacionados.

En la actualidad, existe una gran conciencia de la importancia de los factores humanos en el mantenimiento e inspección de aeronaves. La seguridad y eficacia de las operaciones aéreas también se encuentran cada vez más relacionadas directamente con el desempeño del personal de mantenimiento. Podemos traer como ejemplo algunos accidentes donde el factor causante de los mismos se atribuyó a una falla en los trabajos de mantenimiento.

El vuelo 191 de American Airlines del 25 de mayo de 1979 era un vuelo regular que operaba desde el Aeropuerto Internacional O'Hare de Chicago al Aeropuerto Internacional de Los Ángeles. El avión se estrelló inmediatamente luego del despegue. El accidente se produjo debido a un procedimiento fallido de cambio de motor, donde se removieron e instalaron parte de la estructura perteneciente al avión y el motor como unidades juntas en vez de hacerlo en forma separada como lo indicaba el manual. Este procedimiento no estaba aprobado (una falla latente, probablemente relacionada con las interfaces L-H y L-S) y terminó con una avería en la estructura del avión que se hizo evidente cuando se soltó la estructura en el momento del despegue.

En 1985, Boeing 747 de Japan Airlines sufrió una descompresión rápida en vuelo cuando falló un mamparo de presión trasero debido a una reparación mal realizada (una falla latente con las interfaces L-H y L-S).

En algunos accidentes que se atribuyen al error de mantenimiento e inspección, este era un factor principal de la causa del accidente mientras que, en otros casos, el error de mantenimiento era sólo un eslabón de una cadena de acontecimientos que llevaron al accidente.

La Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (UK CAA) ha publicado una lista de las fallas recurrentes en mantenimiento. De acuerdo con esta lista, los problemas que más se repiten, entre otros, son:



- Instalación incorrecta de componentes
- Montaje de piezas equivocadas
- Incorrecto cableado eléctrico
- Objetos sueltos (herramientas, etc.) que quedan en los aviones
- Lubricación inadecuada
- Capots, paneles de acceso y los carenados no asegurados
- Tapas de paneles de abastecimiento de combustible / aceite no asegurados
- Pernos fijadores del tren de aterrizaje que no retiran antes de la salida

CAA decidió analizar los datos relacionados con el error de mantenimiento, estos se encuentran capturados y almacenados bajo los requisitos de la Notificación Obligatoria de Incidentes (MOR) que tiene como objetivo, el análisis de la causa raíz de los incidentes de riesgo y la reducción de los mismos. El análisis incluyó datos que fueron cargados por la CAA entre el 1 de enero de 1996 y 31 de diciembre 2006.

Es importante destacar de este análisis la cantidad de MORs que surgen por parte de mantenimiento como así también las causas de los mismos. Estos fueron catalogados de la siguiente manera:

- ✓ Control de Mantenimiento: Un evento atribuido a un control de mantenimiento ineficaz
- ✓ Mantenimiento Incompleto: Un evento en el que la actividad de mantenimiento finaliza prematuramente. En estas circunstancias, los procedimientos de mantenimiento parecen haber sido tenidos en cuenta pero existe algo que no fue correctamente desmontado, ajustado o fue mal colocado al final del proceso.
- ✓ Acción Mantenimiento incorrecta: Un evento en el que se completó el procedimiento de mantenimiento pero no se logró el objetivo planeado a través de las acciones del mecánico. Se encuentra relacionado a la intencionalidad que con un error u omisión.

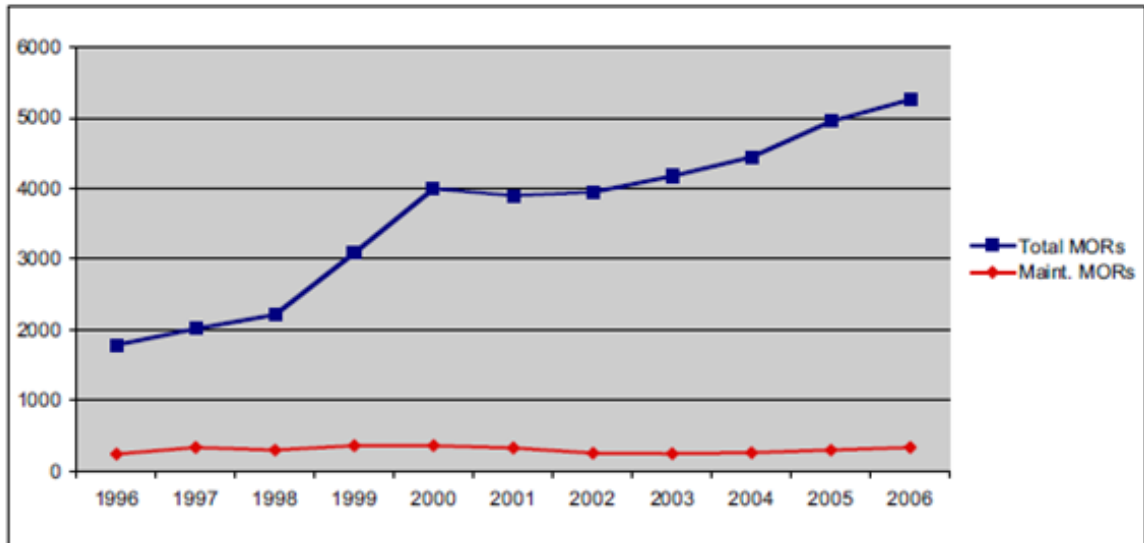


Figura 6- Número total de MROs vs. El número de MROs debido a mantenimiento por año.  
Fuente (CAA paper 2009/05)

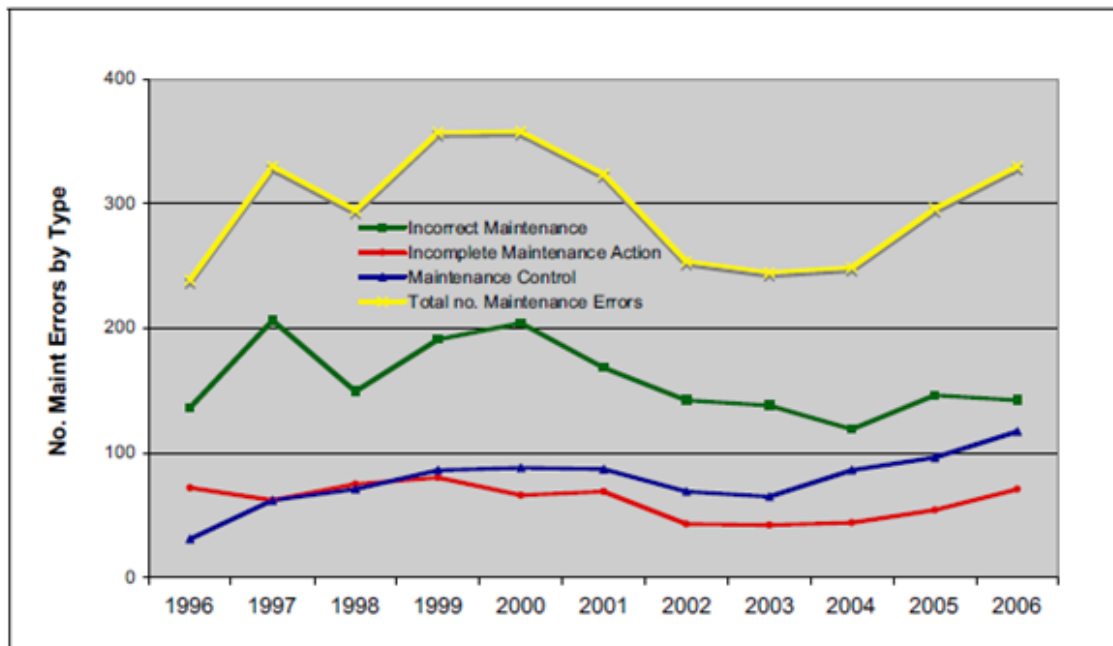


Figura 7- Número de errores de mantenimiento por clase por año.  
Fuente (CAA paper 2009/05)



Como podemos observar en los gráficos de las Figuras 6 y 7, las estadísticas indican que la instalación incorrecta de los componentes y la falta de una adecuada inspección y control de calidad representan los errores de mantenimiento más recurrentes.

Podemos citar algunos ejemplos clásicos que nos pueden ayudar a comprender hasta donde llega, en ciertos casos, esta problemática:

El 5 de mayo de 1983, el vuelo 855 de Eastern Airlines un avión Lockheed L-1011, partió del aeropuerto internacional de Miami rumbo a Nassau, Bahamas. Pocos minutos después del despegue, se encendió la luz de baja presión de aceite del motor N°2 (este avión posee tres motores). Como medida de precaución, la tripulación apagó el motor y el piloto decidió volver a Miami. Inmediatamente, los dos motores restantes tuvieron una caída de presión de aceite llegando a tener indicación nula manifestándose en el corte de los motores en vuelo. La tripulación realizó reiterados intentos para encender los motores pero no fue hasta que a pocas millas de Miami lograron reencender el motor N°2 y aterrizar de emergencia produciendo un humo considerable.

Se pudo comprobar que este incidente se produjo debido a que los tapones que se utilizan para detectar partículas metálicas en el sistema de aceite, se habían colocado sin los sellos correspondientes luego de una tarea de mantenimiento.

La compañía aérea estimó que cada mecánico involucrado en el incidente, había realizado en forma exitosa más de cien cambios de tapones detectores de partículas y también estaban en conocimiento de que la tarjeta de trabajo (procedimiento rutinario) indicaba que cada tapón necesita su sello correspondiente. Sin embargo estos no instalaron los sellos y pusieron en riesgo la seguridad del vuelo.

La investigación reveló que existía un procedimiento alternativo, no contemplado en la tarjeta de trabajo ni en los manuales, que los mecánicos habían adoptado para realizar esta



tarea y mediante el cual, no reemplazaban los sellos del tapón cuando hacían un cambio del mismo, esto se entiende como un claro problema en la interfaz L-S.

El 10 de junio de 1990, el vuelo 5390 de British Airways, un BAC 1-11, que despegó desde Birmingham, Reino Unido con destino a Málaga, España sufrió el desprendimiento del parabrisas izquierdo a unos 5000 m de altitud, succionando al capitán, que quedó sujeto dentro del avión gracias a que sus piernas estaban entrelazadas en los mandos del avión.

Tras la pérdida del parabrisas, ocurrió una descompresión explosiva que succionó al capitán hacia afuera y lo dejó atorado en el agujero de la cabina de mando. Durante unos segundos, la cabina se llenó de una densa niebla como consecuencia de la sobresaturación del aire al no poder retener su vapor de agua con la reducción casi instantánea de la presión en cabina. Dos miembros de la tripulación sostuvieron al capitán de las piernas mientras el copiloto tomaba los controles del avión e intentaba aterrizar.

La investigación reveló que el accidente se produjo debido a que un parabrisas había sido reemplazado y se habían colocado tornillos de sujeción incorrectos. Los factores causales fueron:

- Una tarea fundamental de seguridad, no fue identificada como un "Punto Vital" (falla latente), fue llevada a cabo por un solo individuo que cargó con toda la responsabilidad por la calidad del trabajo realizado y el sistema no fue probado en tierra antes de salir a volar (falla latente)
- La falta de responsabilidad del encargado de mantenimiento para lograr la calidad en el proceso de montaje del parabrisas fue demostrada por su falta de atención en la tarea, falta de compromiso con los estándares de seguridad de la compañía y la no utilización de un equipo adecuado (problema interfaz L-H).
- La gerencia local de British Airways, Auditores de Productos y de Calidad no habían detectado la existencia de las prácticas inadecuadas que llevaba a cabo la gerencia de mantenimiento porque no controlan directamente sus prácticas de trabajo (falla latente).



El 11 de septiembre de 1991, el vuelo de Continental Express 2574, operado con un equipo Embraer 120, partió del aeropuerto internacional de Laredo, Texas hacia el aeropuerto de Houston. El avión sufrió una ruptura estructural repentina en vuelo y se estrelló.

La NTSB (National Transportation Safety Board) reveló en su investigación que los pernos que se habían retirado del estabilizador horizontal durante el mantenimiento de la noche antes del accidente no fueron reemplazados en el cambio de turno.

En estos casos, se reemplaza en primera oportunidad la frase “error del piloto” por “error del mecánico” como la causa principal del incidente. Pero es evidente que una cadena de fallas latentes, se encuentra presente en este tipo de eventos no deseados, vulnerando al último eslabón de la cadena de defensa. Por lo tanto, es imperativo que los factores que causan incidentes se aborden en el contexto de la organización con el fin de evitar que estos ocurran nuevamente.

Las estadísticas indican que los errores de organización o sistémicos dentro de las organizaciones de mantenimiento de aeronaves no se limitan a una organización o región. En los tres accidentes analizados anteriormente, el comportamiento de las organizaciones y de los individuos fue similar antes del evento.

- El personal de mantenimiento e inspección falló al momento de comprometerse con los procedimientos (falla activa)
- Los responsables de asegurar que el personal siga los procedimientos de establecidos, fallaron en no supervisar (falla activa y latente)
- Falta de compromiso de la Gerencia de Mantenimiento (falla latente)
- Incorrecta comunicación extendiendo la cadena del error (falla latente)

Es fácil comprender ahora, que los problemas que más se repiten dentro del mantenimiento aeronáutico, pueden llegar a impactar en gran medida sobre la seguridad del vuelo.





Inicialmente consideramos que la consecuencia más crítica del error humano es cuando este afecta directamente la vida de las personas. Probablemente, se consideró importante empezar de esta manera para que se pudiera tener en cuenta la magnitud y la importancia de este. Sin embargo, el foco de esta tesis no está en los accidentes fatales como caso de estudio sino que se centra en desarrollar un enfoque en esos errores humanos que afectan a los resultados económicos de la empresa sin que se llegue a sufrir una tragedia. Lógicamente, estas fallas pueden poner en riesgo la seguridad operacional pero no es el propósito analizar el impacto económico de un accidente fatal.

Necesitamos entender que este error humano también es causante de pérdidas económicas. Para poder concretar este objetivo, es importante conocer cuáles son los de errores más frecuentes que se dan en el mantenimiento aeronáutico y que sin llegar a terminar en un accidente, afectan económicamente a la operación.

De la lista de las fallas recurrentes en mantenimiento, podemos dar a conocer a través de la información que suministran las compañías aéreas, cuales son aproximadamente los costos de los eventos que se producen.

Se puede estimar que en promedios generales de las flotas comerciales, los errores humanos en mantenimiento son causantes de:

- 20% al 30% de los cortes de motor en vuelo a un costo estimado de USD 500.000 por motor.
- 50% de las demoras en los vuelos a un costo de USD 9.000 por hora.
- 50% de las cancelaciones de vuelo debido a problemas en los motores a un costo de USD 66.000 por cancelación.

Para conocer un poco mejor el impacto económico, de acuerdo a las flotas de aviones más utilizadas por las compañías aéreas integrantes de IATA (International Air Transport Association), la siguiente tabla nos indica el costo asociado con los principales eventos.

Evento Operacional	300 Pasajeros		75 Pasajeros	150 Pasajeros
	B777	B767	EMB175	B737NG
Demora calculada por hora	Usd 14.000	Usd 14.000	Usd 2.900	Usd 5.800
Cancelación de vuelo	Usd 72.000	Usd 72.000	Usd 13.500	Usd 27.000
Corte de Motor	Usd 50.000	Usd 50.000	Usd 10.000	Usd 20.000
Desvío del destino de vuelo	Usd 52.000	Usd 52.000	Usd 13.000	Usd 26.000
Remoción de motor no planificada	Usd 25.000	Usd 25.000	Usd 15.000	Usd 15.000

Costos estimados imputados por flota según el tipo de evento.  
Fuente (Mix de la Industria, aportado por CFM, General Electric)

Estos son los eventos típicos que afectan a la industria en términos económicos y que se dan con mayor frecuencia. Estos, no siempre están asociados a un error en mantenimiento (por ejemplo un corte de motor en vuelo se puede producir por la ingestión de un pájaro) pero muchas de las fallas típicas listadas anteriormente podrían llegar a causar este evento. Recordemos el caso del vuelo 855 de Eastern Airlines.

En el capítulo siguiente describiremos las herramientas utilizadas para tratar de contener el error humano en mantenimiento aeronáutico.



## CONTENER EL ERROR HUMANO EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

En el desarrollo de los capítulos anteriores hemos abordado el concepto del error humano y demostramos tanto en forma teórica como a través de eventos que expusimos como ejemplos, el efecto que producen las fallas latentes en los sistemas de trabajo de una industria tan compleja como es la aeronáutica.

A partir de ahora, la intención es centrarse en los medios disponibles para efectuar la contención del error humano que se encuentra presente en los sistemas de mantenimiento. Como hemos visto durante el desarrollo de esta tesis, este adopta muchas formas y posee causas diversas. Por este motivo, no existe una única técnica, aplicable en forma universal, capaz de cumplir el objetivo de reducirlo.

Específicamente, este capítulo aborda las diferentes herramientas que se han desarrollado en la industria a lo largo del tiempo, como fueron implementadas y cuáles son las que actualmente se utilizan. Trabajaremos con ejemplos de herramientas de características Reactivas (Maintenance Error Decision Aid), Proactivas (Maintenance Resource Management) y Predictivas (Line Operations Safety Assesment) y luego veremos como la industria busca integrar los conceptos de estas en un sistema de gestión como es el SMS (Safety Management System).

Como vimos en los ejemplos de los capítulos anteriores, la complejidad del error en mantenimiento puede variar desde los más simples como que un técnico se olvide de ajustar un tornillo a los errores complejos que pueden causar una falla de todo un sistema del avión.

Recordando el concepto de falla latente, ahora podemos entender que en los casos de una falla significativa del sistema, no sólo la tarea principal de mantenimiento pudo haber sido mal realizada sino que probablemente se hayan vulnerado los niveles de defensa (recordemos el modelo del “queso suizo” de Reason).



La industria aeronáutica ha buscado darle otro enfoque a la clasificación teórica del error que produce esta falla latente (desliz, lapsus, equivocación) y trató de centrarse un poco más en causas o factores que contribuyen a que estas se produzcan. Se pudo demostrar por medio de estadísticas que en los accidentes relacionados al mantenimiento aeronáutico, existen diferentes factores que contribuyeron los mismos:

- Tareas y procedimientos
- Formación y habilitación para el trabajo a realizar
- Entorno y lugar de trabajo
- Comunicación
- Las herramientas y equipos de inspección
- Diseño de la aeronave
- Organización y gestión

El personal de mantenimiento fue excluido de estas categorías para evitar la salida fácil de señalar como vimos anteriormente “culpa del piloto” o “culpa del mecánico”. Debido a este análisis surgen dos temas importantes para desarrollar.

Los sistemas de seguridad apuntan a mejorar las técnicas de recolección de datos e investigación del desempeño humano en mantenimiento. Este tipo de sistema está más orientado a evaluar las conductas que asignar culpas. Por lo tanto, en lugar de reaccionar a la defensiva, la mayoría de la gente va a ver este tipo de análisis como un generador respuestas que permiten mejorar los procesos internos.

Como lo hicimos en el capítulo anterior con el error, las estrategias de prevención también se pueden clasificar.

La clasificación de estas estrategias es importante porque ayuda a seleccionar las herramientas que pueden ser utilizadas por los responsables de mantenimiento para gestionar el error humano.

Reason se refiere a dos componentes de la gestión de error como, contención de error y reducción de errores, existe también, una clasificación relacionada al error aceptado dentro del sistema que se define como tolerancia al error es decir que tan preparado está el sistema para poder ser tolerante a la presencia de un error. Describiremos a continuación estos tres componentes:

a) Reducción de errores. Las estrategias de reducción de errores están destinadas a intervenir directamente en el lugar donde se origina el error. Como ejemplo de las estrategias de reducción de error podemos citar la mejora del acceso a una parte o componente, mejorar la iluminación en el lugar donde se realiza una tarea y ofrecer un mejor entrenamiento al personal de mantenimiento. La mayoría de las estrategias de gestión de errores que se emplean en mantenimiento se encuentran dentro de esta categoría.

b) Contención del error. Esta clasificación asume que el error se ha cometido. Trata de "contener" el error antes de la salida del avión. Ejemplos de estas estrategias incluyen la inspección post-tarea, pasos de verificación dentro de una tarea, pruebas funcionales y operacionales.

c) Tolerancia al error. Se refiere a la capacidad de un sistema para aceptar un error sin que se produzcan consecuencias catastróficas (o incluso graves). En el caso de mantenimiento, la tolerancia de error puede referirse tanto al diseño de la propia aeronave como así también a la programación del mantenimiento. Ejemplos que podríamos citar para este caso es la incorporación de múltiples sistemas hidráulicos o eléctricos en la aeronave (redundancia) de esta manera la falla de un sistema no afectará a la seguridad del vuelo o un programa de



inspección estructural que permite múltiples oportunidades para encontrar una grieta antes de que esta llegue a una longitud crítica.

Como podemos notar, de las tres clases de estrategias de prevención, la reducción de errores es la única que aborda el error directamente. Contener el error y tolerancia del error, están directamente relacionadas con la integridad del sistema.

Las compañías aéreas han experimentado cambios debido a la expansión y contracción de la industria así como también lo hicieron en sus sistemas, equipos, políticas, programas, modos de operación, servicios y regulaciones. Las prácticas de gestión del error en mantenimiento también se han modificado a lo largo de la historia buscando ser más eficientes y dando un enfoque cada vez más proactivo.

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para permitir la gestión del error en mantenimiento. Recordemos que muchas de estas herramientas nacen desde el punto de vista operacional y luego se van adaptando a las diferentes estructuras de la empresa. Existen otras herramientas que no se desarrollarán en estas tesis debido a que su objetivo principal se centra en operaciones y no en mantenimiento.

### **MRM (Maintenance Resource Management)**

El objetivo general de MRM es integrar los conocimientos técnicos del personal con las habilidades interpersonales y conocimientos básicos en factores humanos con el fin de lograr mejorar la comunicación, la eficacia y la seguridad en las tareas de mantenimiento.

En primer lugar, MRM está directamente vinculado con el programa Cockpit Resource Management (CRM). Con el éxito visible de CRM en las operaciones de vuelo durante la década de 1980, las aerolíneas empezaron a implementarlo en mantenimiento mejorando notablemente la comunicación. El disparador para el desarrollo de MRM así como sucedió con el CRM fue una reacción a un suceso de alto impacto operativo pero esta vez vinculado a factores humanos en mantenimiento



La investigación del incidente identificó muchos problemas relacionados con factores humanos y las conclusiones de la misma mostraron que aunque el grupo que realizaba el mantenimiento, estaba técnicamente bien formado y poseía la experiencia necesaria, los factores organizativos reducen la eficacia de los programas de mantenimiento. Fue así como estas conclusiones llamaron la atención de la industria aeronáutica y se encaminaron hacia el entrenamiento en MRM y factores humanos.

Este programa, se fue incorporando a través del tiempo mediante distintas generaciones donde a prueba y error, se fueron obteniendo distintos resultados.

La primera generación del programa MRM, adaptó los conceptos de entrenamiento que traía el programa CRM para incorporarlos al personal de mantenimiento, centrándose en el trabajo en equipo y la comunicación interpersonal. Pero estos cambios eran menores y no hubo muchos intentos para apoyarlo desde la estructura de las empresas.

La segunda generación del programa MRM, utilizaba grupos de trabajo especialmente creados para resolver problemas específicos tanto a nivel de organización como particulares. Sin embargo, debido a que estos programas se centran en problemas puntuales, una vez que se resolvían los mismos, resultó difícil continuar con el desarrollo del programa.

La tercera generación de MRM se centró en generar conciencia de seguridad pero en forma individual y la cuarta, utilizó los conocimientos adquiridos las tres generaciones anteriores e incorporó procesos innovadores para estandarizar la comunicación y las tácticas y para mejorar los procesos de toma de decisiones. Por primera vez, estos programas fueron diseñados e implementados desde una perspectiva del sistema como organización.

### Los principios del programa MRM

Tal como explicamos en el concepto CRM, las operaciones de mantenimiento son más exitosas cuando los equipos funcionan integrados en lugar de accionar cada individuo en forma independiente.

MRM es un proceso para mejorar la comunicación, la eficacia y la seguridad en las operaciones de mantenimiento. La eficacia se puede medir a través de la reducción de los errores de mantenimiento y la mejora en la coordinación y el desempeño tanto en forma individual como en grupal.

Este programa intenta mejorar la seguridad mediante el aumento de la coordinación y el intercambio de información entre los miembros del mismo equipo y entre los diferentes equipos de mantenimiento.

La manera de entender el concepto de MRM es explorar la naturaleza de los errores en mantenimiento. Como hemos visto en el desarrollo de esta tesis, el profesor James Reason clasifica al error humano en fallas activas y fallas latentes. Para contener cada tipo de falla (activa o latente) se requiere un entrenamiento específico.

Por ejemplo, debido a las demandas inmediatas y las consecuencias de sus acciones, el personal de vuelo requiere una formación que incluya los aspectos relacionados a las habilidades físicas, tales como la mejora en el tiempo de reacción ante una emergencia. Similar es el caso del personal de mantenimiento, el cual podría requerir entrenamiento en factores humanos y actualizaciones técnicas para poder gestionar las fallas latentes. Estos también necesitan contar con conocimientos de ergonomía ya que realizan tareas como levantar objetos pesados, trabajar en posiciones incómodas y/o bajo condiciones climáticas desfavorables.

### Cultura de Seguridad Corporativa

Para poder gestionar el error, una organización, no solo debe enseñar cómo se podría evitar sino que también debe adoptar actitudes que promuevan la seguridad por encima de todo.





Varios investigadores llaman a estas actitudes con el nombre de “cultura de seguridad de una organización” e identifican a los directivos de la empresa como sus principales promotores. Para que en una organización se pueda crear y a la vez perdurar, una cultura de seguridad, la dirección de la empresa debe tomar ciertas acciones:

- Establecer normas y expectativas de trabajo seguro y proporcionar los recursos para satisfacerlas
- Asegurar que se incorpore en la cultura organizacional el valor Seguridad

El programa de entrenamiento en MRM, otorga al personal de mantenimiento las herramientas necesarias para que este pueda asimilar una cultura de trabajo segura y de esta forma reducir el error humano. Los empleados, en todos los niveles de la empresa, deben participar del entrenamiento. Es importante que el personal de conducción reconozca que para que una operación sea segura, el mecánico debe contar con todos los recursos necesarios para efectuar su trabajo.

Un ejemplo claro de esta relación en todos los niveles se da cuando en una línea aérea hay varios aviones esperando para ser atendidos. Los gerentes asignarán los recursos necesarios tanto en personal como en herramientas para que se pueda cumplir con las tareas en forma segura y eficaz.

#### Conceptos del programa MRM.

MRM es un programa de capacitación y considera al entrenamiento como la base fundamental sobre la cual este se construye. Se encarga de capacitar al personal de mantenimiento en temas específicos, tanto en forma teórica como práctica y les permite aplicar los conceptos aprendidos.

Si bien este tipo de programa se adapta en base a cada empresa, un programa típico entrenamiento de MRM se focaliza en cada uno de los siguientes componentes:

- ✓ Conocimiento en Factores Humanos
- ✓ Habilidades de Comunicación



- ✓ Habilidades de Trabajo en equipo
- ✓ Gestión del Rendimiento (liderazgo)

### Implementación del entrenamiento MRM

El entrenamiento en MRM debe aplicarse mediante el uso del método modificado de Diseño de Sistemas de Instrucción (ISD), para que sea aplicable directamente a MRM y al lugar de trabajo donde se efectúa el mantenimiento. ISD (Instructional Systems Design) es un término genérico de una metodología para crear e implementar un programa de entrenamiento.

Cada una de las principales actividades del programa ISD se describe a continuación:

- ✓ **Análisis.** La primera fase del proceso consiste en el análisis. Las actividades en esta fase constan de recolección y análisis de información seguido por la descripción de los objetivos, metas y especificaciones funcionales para el programa de formación. La idea es que el equipo de diseño de MRM puede identificar las necesidades y limitaciones de la organización antes de que comience el programa de formación. La fase de análisis se inicia mediante la evaluación de los requerimientos o necesidades que el programa de entrenamiento MRM debe satisfacer. Hay tres niveles de evaluación de necesidades; análisis organizacional, análisis de tareas y el análisis del personal a entrenar.
- ✓ **Diseño.** En la fase de diseño, las metas, los objetivos, contenidos, estrategias de enseñanza y los procedimientos de evaluación se han desarrollado para cada tema de capacitación que se han identificados en el análisis.
- ✓ **Desarrollo.** Después de la fase de diseño, el material del curso MRM debe ser desarrollado. Esto incluye todo el material de entrenamiento que se ha seleccionado durante la fase de diseño.



- ✓ Implementación. En esta fase del proceso, el entrenamiento MRM previamente probado se lleva al ambiente de producción. La implementación normalmente consta de dos partes: la programación y la formación del entrenador.
- ✓ Evaluación. Es muy importante evaluar los efectos del programa. Una evaluación razonable puede determinar si el programa en general consiguió los objetivos. Los resultados de la evaluación se pueden utilizar para determinar si es necesario aplicar una revisión y de ser así, qué tipo de revisión o modificación debe ser aplicada.

En 1994 se desarrolló un programa de entrenamiento que se distribuyó a través de Transport Canadá . El programa, denominado Rendimiento Humano en Mantenimiento (Human Performance in Maintenance (HPIM)) se basó en un curso de capacitación diseñado específicamente para centros de mantenimiento aeronáutico.

Rápidamente, este programa se hizo conocido debido a la capacitación orientada en mantenimiento y su fácil disponibilidad. Entre las innovaciones más populares del programa había carteles de seguridad conocidos como “La Sucia Docena”, uno para cada una de las doce principales causas de los errores en mantenimiento. Referencia. Figura 8



Figura 8- "Poster de La sucia Docena"

Fuente: (<http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:dirty-dozen>)

El propósito del entrenamiento HPIM era crear una conciencia de la dimensión que ocupa el factor humano en las tareas de mantenimiento y desarrollar medidas de seguridad para disminuir el error humano en mantenimiento

MRM es una herramienta que les provee a las personas y grupos de trabajo habilidades y procesos para gestionar los errores que están dentro de su ámbito de control, tales como la comunicación, la toma de decisiones, conocimiento de la situación, la gestión de carga de trabajo y la formación de equipos. Una buena parte de MRM es el entrenamiento, pero también hay que tener en cuenta que la parte más importante es su correcta implementación y continuidad. Esta se podría describir como una herramienta proactiva ya que no está focalizada en la investigación de un error en particular sino en base al entrenamiento en



Factores Humanos poder obtener mejores condiciones y procesos para desarrollar el trabajo de mantenimiento.

Siguiendo con la línea de tiempo, encontramos la siguiente herramienta que se desarrollo pensando en mantenimiento aeronáutico.

### **MEDA (Maintenance Error Decision Aid)**

Desde 1995, Boeing ha ofrecido a los operadores una herramienta de factores humanos llamada Maintenance Error Decision Aid (MEDA) utilizada para la investigación de los factores que contribuyen a errores humanos en mantenimiento.

Este programa consiste de un proceso estructurado para investigar las causas de los errores cometidos por los mecánicos y los inspectores. Es un medio que posee una organización para poder aprender de sus errores. Se estudia a los errores como consecuencia de factores contribuyentes que se encuentran en el ámbito de trabajo y la mayoría de estos, se encuentran bajo el control de la empresa. Por lo tanto, se pueden realizar mejoras para eliminar o minimizar estos factores y que no conduzcan a futuros eventos.

En MEDA el término "factor contribuyente" se utiliza para describir las condiciones que contribuyen a un error. Un factor que contribuye a un error es algo que afecta negativamente la forma en que un mecánico o inspector realiza su trabajo.

Hay factores que son obvios, como la iluminación en el área donde se realiza la tarea, no contar con las herramientas correctas para hacer el trabajo, distracciones o interrupciones durante la realización de la tarea y no entender las instrucciones de trabajo de manera correcta.

Existen otros factores no tan obvios, como pueden ser las decisiones sobre las cantidad de personal necesario para realizar ciertos los trabajos, los errores cometidos por un encargado de planificación de producción que terminar afectando a la ejecución de tareas y también

puede entrar dentro de estos ejemplos el caso de un supervisor que asigna una tarea a un mecánico que no está calificado para realizar la misma.

Para entender mejor el concepto podemos utilizar el cuadro de la Figura 9:

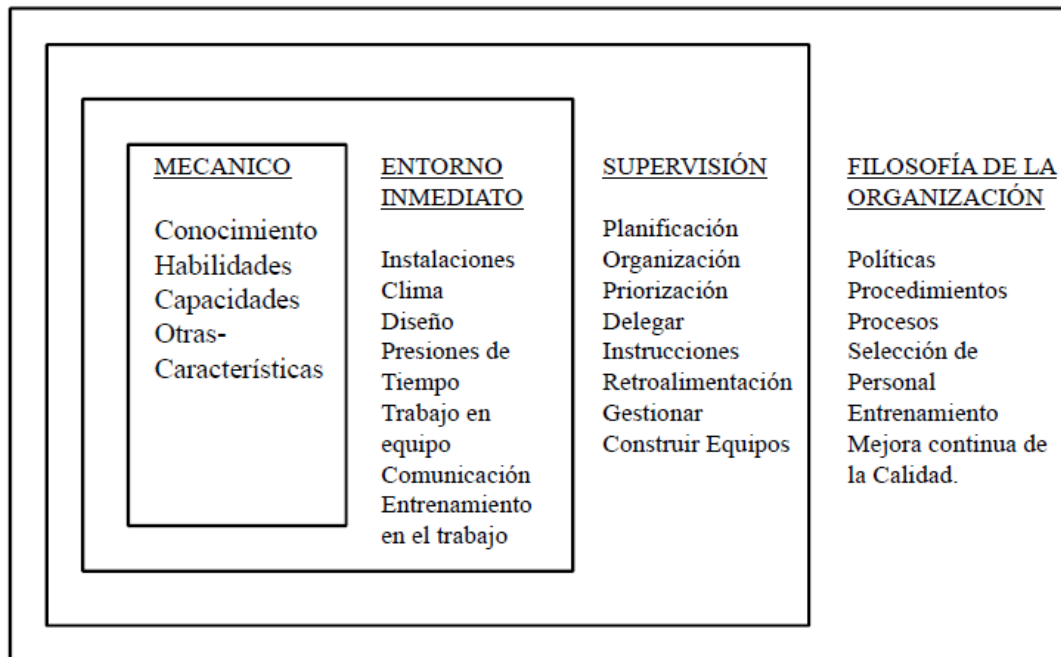


Figura 9- Factores contribuyentes al error de mantenimiento.

Fuente: (Boeing, Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Users Guide)

En este modelo, un mecánico trabaja en su entorno inmediato bajo la supervisión de una organización. Cualquiera de estos niveles o de los elementos que se encuentran dentro de estos, puede afectar la manera en que el mecánico realiza su trabajo y por lo tanto, podría contribuir a un error.

#### Modelo de Error del Programa MEDA

En este modelo, los factores contribuyentes causan errores que terminan causando eventos no deseados. Sin embargo, emplear la palabra causan es como darlo por hecho, por eso el modelo se basa más en las probabilidades. Si existe "A" (ocurrido), entonces aumenta la probabilidad de que ocurra "B".

En el mantenimiento aeronáutico, para el "factor contribuyente a errores," casi todas las causas que terminan en error son "probabilísticas". Para el evento que se produce como consecuencia del error, es posible tener algunos casos "causa-efecto"

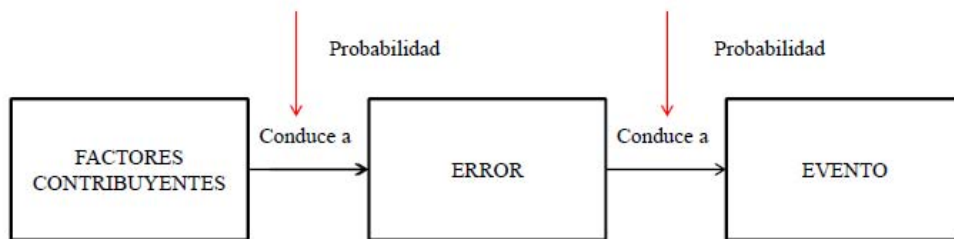


Figura 10 - Modelo de error MEDA.

Fuente: (Boeing, Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Users Guide)

Este modelo de error que nos proporciona MEDA en la Figura 10, trata de demostrar que generalmente existe una relación probabilística en la cadena de sucesos entre los factores que contribuyen al error y el evento que este produce.

### La Filosofía de MEDA

La filosofía MEDA se basa en el modelo de error que vimos anteriormente:

- Los errores de mantenimiento no se cometen a propósito
- Los errores de mantenimiento son el resultado de una serie de factores que contribuyen a los mismos
- La mayoría de estos factores contribuyentes, son parte de los procesos de la compañía y por lo tanto, pueden mejorarse para que en el futuro no produzcan casos similares.

Generalmente, un error no se produce debido a un solo factor contribuyente. Durante las pruebas que se realizaron para incorporar el programa MEDA, las aerolíneas encontraron que existen aproximadamente cuatro factores que contribuyen a cada error.



La mayoría de estos factores contribuyentes están bajo el control de la gestión de la empresa, por lo tanto, con el fin de disminuir la probabilidad de que se produzca un error en el futuro, estos factores deben ser gestionados.

MEDA es un proceso estructurado que tiene el fin de abordar los factores que contribuyen al error. Adicionalmente, hay otros dos aspectos en su filosofía:

La organización de mantenimiento debe ser vista como un sistema donde el mecánico de mantenimiento es solo una parte de este y se deben afrontar los factores que contribuyen a los eventos de nivel inferior para ayudar a prevenir aquellos de son más graves.

#### Proceso de investigación de MEDA

La Figura 11 es el proceso de investigación MEDA.



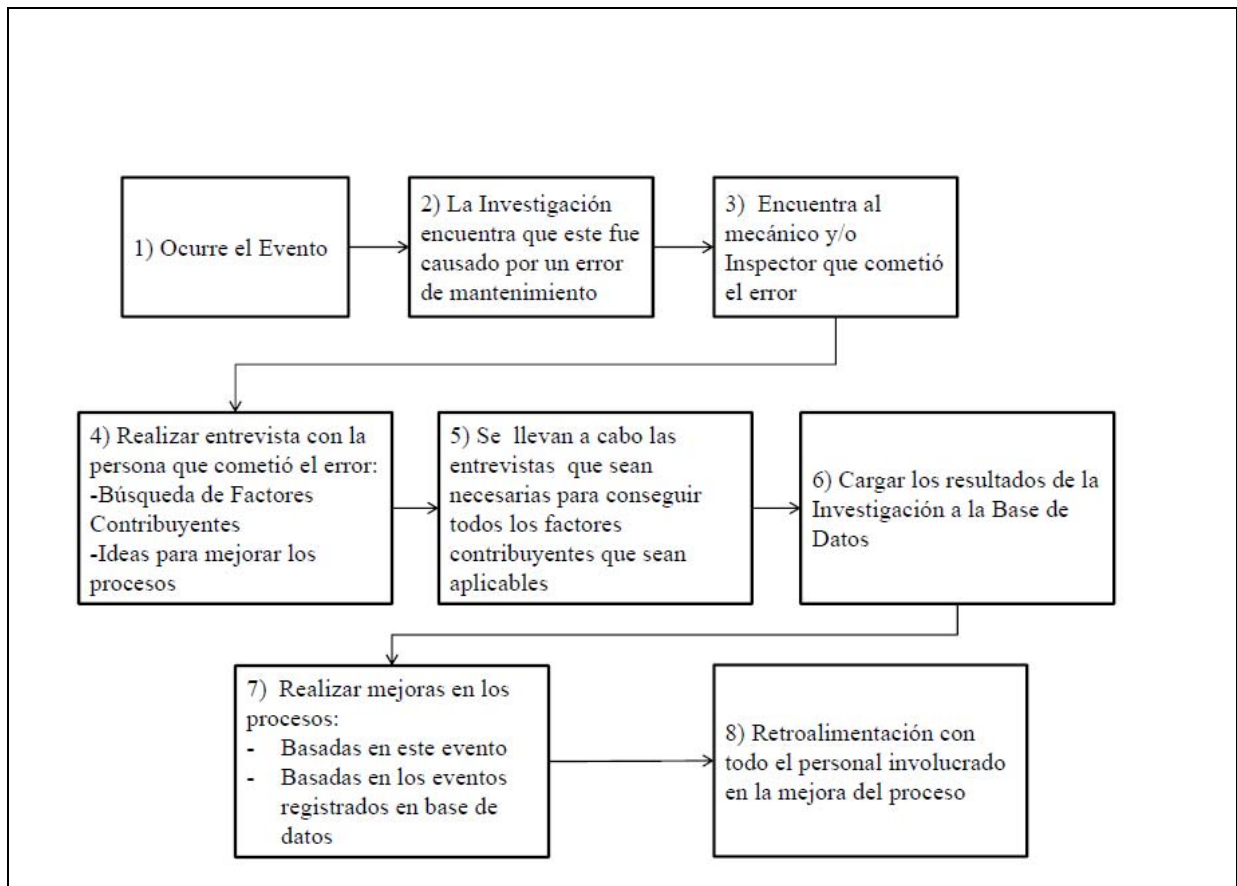


Figura 11- Proceso de Investigación MEDA.

Fuente: (Boeing, Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Users Guide)

1- MEDA es un proceso basado en eventos. Es decir, una investigación MEDA se lleva a cabo después de que ocurre un evento relacionado con mantenimiento con el fin de averiguar los motivos del mismo.

2. Después de que ocurrido un evento, el paso inmediato es una investigación inicial para determinar si hubo un error que contribuyó al evento. Si no hubo error, ingeniería puede continuar investigando, desde el punto de vista técnico, con el fin de determinar porque se



produjo la falla. Si se comprueba la existencia de un error que contribuyó al evento, se continúa con una investigación de tipo MEDA.

3. El paso siguiente es encontrar al mecánico o inspector que cometió el error

4. Se entrevista a la persona involucrada, utilizando el formulario de resultados MEDA, con el fin de averiguar dos cosas:

Los factores contribuyentes al error y cuáles son las ideas que tiene esta persona para mejorar estos factores.

El uso de la entrevista para entender los factores que contribuyen al error es el propósito principal de la investigación MEDA. Este paso es importante porque se podrá entender la naturaleza de estos factores y cuáles serían a criterio de las personas que están continuamente relacionadas con estos factores, las medidas principales a tomar para poder evitarlos en el futuro. Por lo tanto, otra función clave de estas entrevistas es obtener todas las ideas posibles provenientes del personal técnico.

5. Durante la entrevista se puede obtener la información que requiera seguimiento con el fin de lograr un conocimiento completo acerca de los factores que contribuyen u otras circunstancias que sean necesarias. Esto podría incluir, ampliar el número de entrevistados como así también, realizar la inspección de algo físico como podría ser una herramientas utilizadas, la iluminación de la zona de trabajo, etc.

6. Una vez que se han efectuado las entrevistas, se suben los datos a una base. Se pueden hacer análisis para encontrar las tendencias de errores o factores contribuyentes.

7. Luego se realizan mejoras sobre los factores contribuyentes.

8. Es importante proporcionar información al personal de mantenimiento para que estén informados de las mejoras que se pretenden implementar. Esto les permitirá conocer la finalidad del programa.



MEDA se puede utilizar para investigar cuatro grandes tipos de eventos:

1. Eventos que interrumpen el proceso normal de vuelo desde el punto de origen al punto de destino, como pueden ser retrasos, retornos a puerta, cancelaciones, etc.
2. Daño en la aeronave
3. Lesiones al personal de mantenimiento
4. Al comprobar que una tarea no se ha realizado correctamente (por ejemplo, a través de una inspección, prueba de funcional o falla en el sistema durante el vuelo)

Es posible que exista más de un evento en simultáneo. Por ejemplo, la pérdida de aceite puede causar un corte de motor en vuelo que es seguido por una desviación del destino final.

En el modelo de MEDA, el error de mantenimiento es el error que conduce directamente al evento. Se consideran siete tipos principales de errores diferentes que pueden llegar a aparecer:

1. Error de Instalación
2. Error de servicio técnico
3. Error de reparación
4. Error en el aislamiento de una falla, prueba o inspección
5. Olvidar objetos que puedan generar daños
6. Daños provocado al equipo sobre el cual se está trabajando
7. Daños a las personas al realizar el trabajo.



Para identificar los factores contribuyentes al error podemos referirnos a la siguiente lista:

#### 1- Información

La información se refiere a todos los datos que un técnico recibe para llevar a cabo su tarea. Incluye tarjetas de trabajo, los procedimientos del manual de mantenimiento, boletines de servicio u órdenes de ingeniería, consejos de mantenimiento, recursos suministrados por el fabricante o internos de la compañía.

#### 2- Equipamiento, herramientas y elementos de seguridad.

Son las herramientas y materiales necesarios para la ejecución de una tarea de mantenimiento en forma segura. Si estos no se encuentran en buenas condiciones, pueden causar que un mecánico se distraiga de la tarea que está realizando debido a la preocupación por la seguridad personal. Otros factores que pueden contribuir al error incluyen instrumentos mal calibrado, uso de equipo poco fiable y/o sin instrucciones de uso.

#### 3- Diseños de aeronaves, configuración y partes.

Una aeronave debe diseñarse de modo que las piezas y sistemas sean accesibles para su mantenimiento.

#### 4- El trabajo o tarea a realizar

#### 5- Conocimientos y habilidades técnicas del personal

#### 6- Factores individuales

#### 7- Medio Ambiente e instalaciones

Las temperaturas extremas (demasiado calor o frío), altos niveles de ruido, iluminación inadecuada, vibraciones inusuales, y las superficies de trabajo sucias podrían potencialmente conducir a errores de mantenimiento.

#### 8- Factores organizacionales.

La cultura de la organización puede tener un gran impacto en el error de mantenimiento. Factores tales como la comunicación interna con los sectores de apoyo, el compromiso con el conocimiento técnico, la disponibilidad de personal, etc., afectan la productividad y calidad del trabajo.



#### 9- Liderazgo y Supervisión de equipos

A pesar de que los supervisores normalmente no realizan las tareas, aún pueden contribuir al error de mantenimiento por una mala planificación.

#### 10- Comunicación

La comunicación se refiere a la transferencia de información (escrita, verbal o no verbal) dentro de la organización de mantenimiento.

#### Tipos de estrategias para la prevención de errores

Existen diferentes tipos de estrategias que se utilizan dentro de este programa

1. Reducción /eliminación de errores
2. Captura del error
3. Tolerancia al error
4. Programas de auditoría

##### 1- Reducción/ Eliminación de Errores

Las estrategias de prevención de errores de uso más común y más fácilmente disponibles son las que reducen directamente o eliminan los factores que contribuyen al error. Ejemplos de estas puede ser el aumento de la iluminación para mejorar la visibilidad durante una inspección y el uso de procedimientos en formato bilingüe simple que permita reducir la posibilidad de una interpretación incorrecta.

##### 2- Captura del Error

Son las tareas que se realizan específicamente para atrapar un error cometido durante una tarea de mantenimiento. Los ejemplos incluyen una inspección posterior a una tarea, una prueba funcional de un sistema reparado, etc. Esta es la razón por la que la mayoría de las autoridades reguladoras requieren una inspección posterior de cualquier tarea de



mantenimiento que podría poner en peligro la operación segura de la aeronave si se realiza incorrectamente.

### 3- Tolerancia al error

La capacidad de un sistema para seguir funcionando, incluso después de un error de mantenimiento.

### 4- Programas de Auditoria

No abordan directamente sobre un factor contribuyente específico. Una auditoría es un análisis sobre la organización, para ver si hay algunas condiciones dentro del sistema que pueden contribuir al error.

Como comentario sobre este programa podemos decir que se encuentra dentro del grupo de las herramientas reactivas. Una vez que se produce el error, utilizamos MEDA para entender la causa raíz y trabajar para que no se repita.

### **LOSA (Line Operations Safety Assesment)**

El proceso que comenzó como una evaluación de la seguridad en las operaciones de línea (Line Operations Safety Assesment, LOSA) se extendió en las áreas de operaciones de rampa y mantenimiento. Este sistema, tiene el propósito de mejorar la seguridad de estas operaciones a través de reportes voluntarios no punitivos.

LOSA es un proceso de seguridad predictivo. Este programa se basa en la observación par a par de las tareas desarrolladas durante las operaciones normales. Los datos de observación se mantienen en forma anónima, hay una política clara de no castigar y las observaciones reportadas pueden ser utilizadas como una base para realizar mejoras en la seguridad.



El programa fue desarrollado como un trabajo en conjunto entre la Universidad de Texas y Continental Airlines. LOSA se basa en el modelo ideado por la universidad de Texas Gestion del Error y las Amenazas (Threat and Error Management, TEM), el cual plantea como hipótesis que las amenazas a la seguridad y los errores son parte diaria de las operaciones de vuelo y deben ser gestionadas. Por lo tanto, observando la gestión que se realiza sobre el error y las amenazas a la seguridad durante las operaciones normales, nos puede dar una idea clara de los resultados reales que se están obteniendo.

Este programa ha tenido mucho éxito cuando se implementó en las operaciones de vuelo en la mayoría de las grandes compañías aéreas internacionales, llegando a generar muchos reportes que permitieron producir mejoras en la seguridad.

LOSA en operaciones de rampa (servicios periféricos que se realizan en el avión como suelen ser: carga de equipaje, carga de combustible, servicio de agua etc.) se inició en Continental Airlines en 2007. Su implementación contribuyó a una disminución dramática en los daños que se producen cuando el avión está en plataforma. Esto llamó la atención de la industria, lo que llevó a la creación de grupos de trabajo en Factores Humanos. A través de estos grupos, la industria continuó trabajando para mejorar la seguridad de las operaciones de rampa y mantenimiento, mediante el desarrollo de esta herramienta.

LOSA se utiliza para realizar observaciones y posee un software para establecer una base de datos de muchas compañías que se encuentran dentro del sistema (para intercambiar información).

Como hemos mencionado anteriormente, el programa LOSA se basa en el modelo TEM y ofrece a las compañías aéreas beneficios similares



Beneficios del programa LOSA	Identificar y gestionar las amenazas a la seguridad
	Evaluar el entrenamiento en forma efectiva
	Evaluar la calidad de los procedimientos
	Involucrar Grupos de Empleados
	Complementar los programas de Calidad
	Evaluar los márgenes de seguridad
	Establecer las bases para un cambio organizacional
	Identificar y gestionar los errores

LOSA se centra en observaciones realizadas durante las operaciones normales por observadores que han sido entrenados con el objetivo de evitar que se produzcan errores que provoquen lesiones en el personal y/o daños en los equipos. Es un proceso de reporte voluntario no punitivo.

Las observaciones de actividades de mantenimiento permiten a la aerolínea adquirir datos sobre comportamientos actuales y en tiempo real, de esta manera, se pueden descubrir los defectos en la ejecución de los procedimientos que podrían reducir los márgenes de seguridad de la compañía. También nos permite determinar cuáles son las prácticas que se realizan en forma correcta en el lugar y obtener datos de referencia que se pueden utilizar para evaluar la eficacia de las mejoras implementadas en torno a la seguridad como así también, corregir las conductas de riesgo.

#### Características del programa

Como mencionamos anteriormente, LOSA se caracteriza por las observaciones hechas durante las operaciones de mantenimiento. Los datos se recogen de forma anónima y confidencial por observadores previamente capacitados para hacerlo.

El esfuerzo está patrocinado conjuntamente por la dirección de la empresa y el personal de mantenimiento y la participación es voluntaria.





Los resultados de las observaciones son entregados a los equipos de mantenimiento en forma de informes. Luego, se establecen los objetivos y/o plan de mejora, se activan las intervenciones para poder cumplir estos objetivos y durante estas, se realizan observaciones adicionales para determinar si las intervenciones que se realizaron produjeron los cambios deseados.

### Amenazas a la seguridad

Las amenazas son cualquier condición que produce un aumento de la complejidad de las operaciones y si no se maneja adecuadamente puede reducir el margen de seguridad durante el mantenimiento. Hay dos tipos de amenazas:

- Las amenazas externas, son las que no están bajo el control del operario. Podemos incluir dentro de estas, las condiciones climáticas, falta de las herramientas correctas para hacer una tarea de mantenimiento, la presión que ejerce la gerencia y una indicación de trabajo mal dirigida.
- Las amenazas internas, son las que están bajo el control del operario. Podemos incluir dentro de este grupo a la fatiga, la falta de formación y la falta de apego a los procesos y procedimientos.

### Errores

Para el programa LOSA, los errores son las fallas que se cometen cuando se administran mal estas amenazas. Como vimos anteriormente durante el desarrollo de esta tesis, se trata de una acción u omisión del personal de mantenimiento que produce una desviación en las intenciones o expectativas de la organización. LOSA identifica cinco clases de errores típicos:

- Incumplimiento intencional, desviación intencional del procedimiento
- Error procesal, la intención es correcta pero la ejecución es defectuosa
- Error en la comunicación, fallar en transmitir información pertinente



- Falta de competencia para realizar una tarea
- Error en tomar decisiones operacionales, cuando se toman de decisiones que no están bajo las normas o procedimientos y que compromete innecesariamente a la seguridad

### Implementación del programa LOSA

Los siguientes son los pasos característicos en la implementación del programa LOSA

- 1- Formar un comité LOSA compuesto por personal de dirección, personal de seguridad y de mantenimiento. Este equipo se encargará de la planificación, programación, dar soporte al encargado de realizar las observaciones y la verificación de datos.
- 2- Recopilar información de otras empresas que están utilizando LOSA
- 3- Identificar las aéreas problemáticas a observar.
- 4- Determinar el tipo de tarea a observar
- 5- Programar las fechas de observación y a los observadores
- 6- Desarrollar los formularios de observación.
- 7- Entrenar a todo el personal de mantenimiento en LOSA y sus características
- 8- Entrenar a los observadores
- 9- Realizar observaciones
- 10- Realizar la verificación de los datos relevados
- 11- Analizar los datos
- 12- Redactar un informe y entregarlo al comité directivo, a los encargados de la gestión y a las autoridades pertinentes. Este informe se realiza con el fin de enumerar los problemas, no es para dar soluciones
- 13- Desarrollar las intervenciones necesarias en referencia a los hallazgos, incluidas las mejoras en las políticas de seguridad, procedimientos, capacitación al personal o mejoras en el equipamiento de trabajo.

El programa LOSA se lleva a cabo normalmente por una persona de mantenimiento que ha sido entrenado para ser observador. En las tareas complejas como podría ser un cambio de



motor, se podrían llegar a emplear más observadores. Estos tienen que estar atentos ya que los años que poseen de experiencia realizando la tarea pueden llegar a afectar su criterio para identificar las amenazas y los errores.

Este programa se encuentra dentro de las herramientas predictivas para contención del error, realizando observaciones trabajamos sobre las fallas latentes del sistema. Estos informes son muy importantes si consideramos la posibilidad de corregir los procesos y mejorar la operación.

### **SMS (Safety Management System)**

SMS por su sigla en inglés (Safety Management System) es un sistema creado en virtud de conseguir la operación segura de las aeronaves a través de la gestión de los riesgos que afectan a la seguridad.

Este sistema está diseñado como una herramienta que permite mejorar continuamente la seguridad mediante la identificación de amenazas, la recolección y análisis de datos y la evaluación riesgos en forma continua. Está alineado con las obligaciones reglamentarias (lo impone como requisito a Autoridad Aeronáutica) de la organización y sus objetivos de seguridad.

Este programa de cierta forma es un integrador de las herramientas que vimos anteriormente para mantenimiento (pero recordemos que el foco está puesto en la parte operativa que no trataremos en esta tesis) y las agrupa generando un sistema de retroalimentación positiva mejorando tanto las perspectivas de seguridad, los procesos internos y la disminución del error humano.



El marco regulatorio emitido por OACI que contiene al programa incluye cuatro componentes y doce elementos, que representan los requisitos mínimos para la implementación del SMS y los cuales podemos ver a continuación:

- 1) La política de seguridad y los objetivos referidos a esta
  1. Compromiso de la dirección de la empresa y responsabilidades
  2. Responsabilidades de seguridad
  3. Designación del personal clave de seguridad
  4. Coordinación del plan de respuesta a emergencia
  5. Documentación del SMS
- 2) La gestión del Riesgo
  6. Identificación de peligros
  7. Evaluación y mitigación de riesgos
- 3) La evaluación de la seguridad
  8. El monitoreo y medición del desempeño en seguridad
  9. La Gestión del Cambio
  10. Mejora continua del programa SMS
- 4) Promoción de la seguridad
  11. Entrenamiento y capacitación
  12. Comunicación de seguridad

Este programa es integral para toda la empresa, como el objetivo de esta tesis es centrarnos en mantenimiento aeronáutico, se describirán en forma resumida las principales características del programa y se hará foco en aquellas que afecten principalmente a este sector.

Es importante destacar que el primer componente del SMS se basa en los términos regulatorios necesarios para establecer el programa, en este apartado nos interesa mayormente conocer el funcionamiento de la herramienta en su objetivo de disminuir el



error. Sin embargo, es importante destacar que las políticas en torno a seguridad aérea tienen a poner mucho más empeño en operaciones por lo que comúnmente encontremos en la estructura de la empresa muchas más herramientas que son aplicables a esta área.

### 1) La Política de Seguridad

Describe los principios, procesos y métodos del programa SMS que posee la organización para lograr los resultados deseados en virtud de la seguridad. La política establece el compromiso de la dirección de la empresa para incorporar y mejorar continuamente la seguridad en todos los aspectos de sus actividades. La gerencia general de la empresa, desarrolla y declara ante la organización los objetivos de seguridad a alcanzar y los resultados que espera lograr cuando se cumplan estos objetivos. Esta política será definida de acuerdo con los requisitos internacionales y nacionales.

La compañía nombra a un gerente de seguridad, quien será el responsable de la implementación y funcionamiento del programa SMS.

Este gerente, también asesora a los diferentes gerentes de la empresa y a los responsables en materia de gestión de la seguridad. Es responsable de la coordinación y la comunicación de los temas de seguridad dentro y fuera de la organización.

Las performances de seguridad deben ser monitoreados en forma proactiva y reactiva, para asegurar que los objetivos puedan ser alcanzados. Los resultados del monitoreo del desempeño en seguridad deben ser documentados y utilizados como retroalimentación para mejorar el sistema.

Como vimos hasta ahora el gerente de seguridad es el encargado de nuclear esta política y de centrar y distribuir información y acciones. Mantenimiento es una de las áreas en la cual el programa de SMS se encuentra aplicado. Veremos a continuación como se aplica este programa a la estructura de mantenimiento.

## 2) La Gestión del Riesgo

Para entender los requisitos del programa SMS en mantenimiento y principalmente cómo interactúan los componentes del mismo, utilizaremos la figura 12:

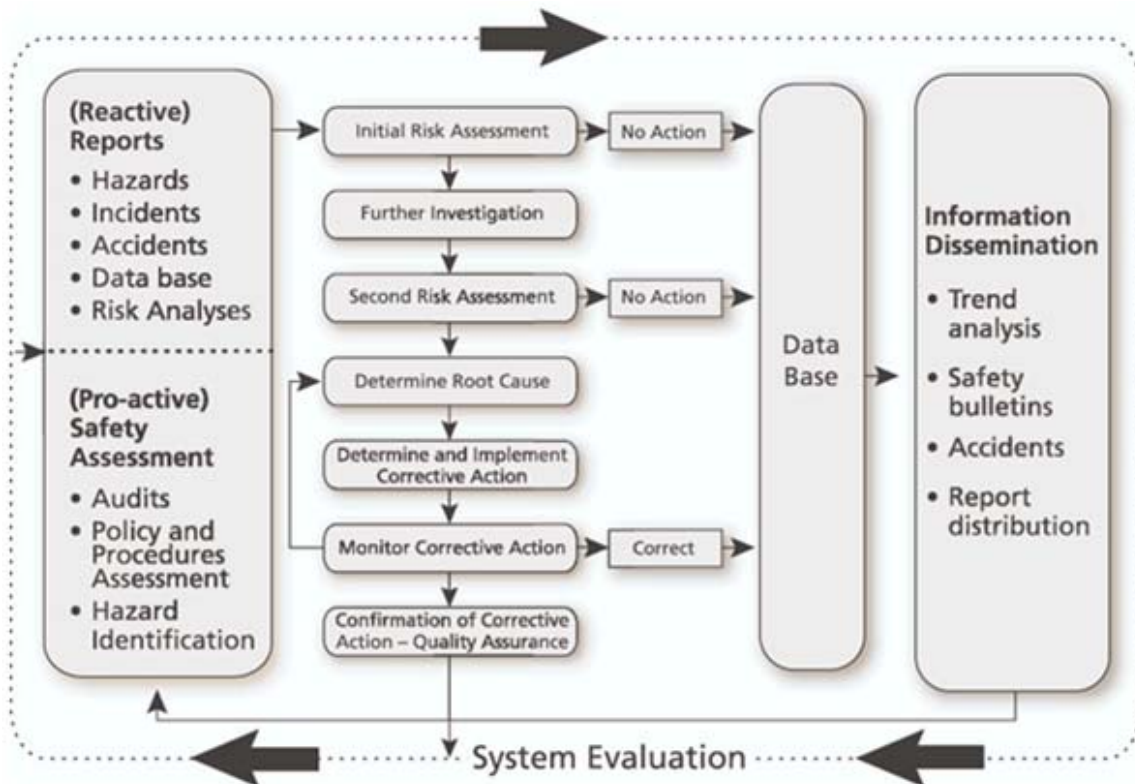


Figura 12- Proceso de recolección de datos dentro de programa SMS.

Fuente: (Safety Management System for flight operation and aircraft Maintenance Organization, Minister of Public Works and Government Services, Canada, 2002)

La medición del desempeño debe ser integralmente vinculada a los objetivos declarados para mantenimiento. Para lograr esto, se requieren de dos cosas: el desarrollo y la implementación de un conjunto de medidas en torno a la seguridad y un vínculo claro entre estas medidas y las performances del negocio.

Un planteo clásico de objetivos en mantenimiento puede ser similar al que vemos en el cuadro siguiente:



Objetivo	Medidas de performances en Seguridad
Objetivo del Negocio: Reducir los Costos	Reducción en la tasa de eventos que generan pérdidas importantes
Objetivos de Seguridad: Disminuir el número y la severidad de los eventos causados producto de los errores en mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número total de eventos</li> <li>- Numero de eventos que causan solo daños</li> <li>- Número de casi-accidentes (near miss)</li> <li>- Lecciones aprendidas luego del análisis de los eventos</li> <li>- Número de planes de acciones correctivas llevadas a la práctica.</li> </ul>

Como vemos en la Figura 12, un sistema SMS implica el uso de los procesos reactivos, proactivos y predictivos.

Entendemos como proceso REACTIVO que los accidentes e incidentes graves se investigan sobre la base de la creencia de que las organizaciones deben aprender de sus errores los cuales proporcionan una información muy valiosa. Como ejemplo de identificación de amenazas a la seguridad en forma reactiva hemos visto la herramienta utilizada en el programa MEDA.

Cuando identificamos al proceso como PREDICTIVO, sabemos que las actividades que realiza una organización para identificar los riesgos de seguridad son analizadas en base a la creencia de que, las fallas en el sistema, pueden minimizarse mediante la identificación de los riesgos, antes de que estas ocurran. Los ejemplos incluyen auditorías de calidad y sistemas de reporte voluntarios y observaciones de campo como vimos anteriormente en el programa LOSA.

Referido a un proceso PROACTIVO, podemos decir que se pueden obtener datos de las performances del sistema en tiempo real, basado en la creencia de que la gestión de la seguridad se efectúa mejor mediante la búsqueda de información de diversas fuentes que pueden predecir los riesgos emergentes. Ejemplos de estas fuentes incluyen los programas de fiabilidad.



Vemos ahora como el SMS agrupa los conceptos de estas herramientas y las centra en un programa de retroalimentación positiva.

James Reason escribió en una de sus obras, que una buena cultura de seguridad se compone de cinco elementos: Información, Reportes, Aprendizaje, Flexibilidad y Cultura Justa.

- ✓ Información. Las personas que administran y operan el sistema tienen los conocimientos sobre los factores humanos, técnicos, organizacionales y ambientales que determinan la seguridad del sistema en su conjunto.
- ✓ Reportes. Las personas están dispuestas a reportar errores y casi accidentes.
- ✓ Aprender. Las personas tienen la voluntad y la capacidad para sacar las conclusiones correctas teniendo en cuenta la información que poseen en torno a la seguridad y también poseen la voluntad para realizar modificaciones importantes en los procedimientos de trabajo cuando se tiene esa necesidad.
- ✓ Flexibilidad. La flexibilidad organizacional se caracteriza por cambiar la estructura jerárquica convencional por una más interrelacionada y profesional.
- ✓ Cultura de seguridad justa. Si se trabaja en un entorno de confianza, las personas se animan e incluso son recompensados por brindar información relacionada con la seguridad, pero también, se traza una línea clara entre el comportamiento aceptable e inaceptable.

De estos cinco elementos, la cultura de seguridad justa es fundamental y sienta las bases para el resto de los elementos. Esta se refiere a cómo una empresa se ocupa de la disciplina dentro de la organización que no es equivalente a la ausencia de medidas disciplinarias.





En este tipo de cultura empresarial, la investigación de eventos busca más allá de los "quién" y quiere llegar al "por qué" se generan los problemas en el sistema que terminan en errores y violaciones. Esta cultura reconoce que una gran parte de los actos inseguros son errores involuntarios y que no va a traer ningún beneficio aplicar medidas de disciplinarias sobre el último eslabón de la cadena del error o dicho en términos del modelo del queso suizo, el agujero de la última rebanada del queso.

La empresa debe esforzarse por desarrollar una política de reporte no punitivo como parte de su sistema de gestión de la seguridad. Como vimos anteriormente, los empleados son más propensos a reportar eventos y cooperar en una investigación cuando se ofrece un cierto nivel de inmunidad frente a una acción disciplinaria.

Volviendo a la Figura 12, podemos seguir el flujo del proceso e identificar sus componentes:

#### Sistema Reactivo

Implica mirar más allá del evento e investigar los factores que contribuyen al mismo como pueden ser los organizativos y humanos.

Para lograr este objetivo, la empresa debe mantener procedimientos para la elaboración de informes internos y registro de sucesos, peligros y otros temas relacionados con la seguridad. La recolección de información exacta, oportuna y pertinente permitirá a la compañía reaccionar ante lo sucedido y de esta manera poder aplicar las medidas correctivas necesarias para impedir que este evento se repita.

La clave para lograr este paso es contar con un sistema de información que cumpla con las necesidades de los empleados. Este no aportará ningún valor si nadie lo usa, por este motivo, es muy importante que los empleados formen parte de todo este proceso.



Un sistema de reporte de seguridad debe incluir los siguientes elementos fundamentales:

- 1- Sistemas para reportar peligros, eventos o problemas que afecten a la seguridad
- 2- Sistemas para realizar el análisis de datos, informes y cualquier otra documentación referida a la seguridad
- 3- Métodos para la recolección, almacenamiento y distribución de datos
- 4- Estrategias para reducir los riesgos
- 5- Monitoreo continuo
- 6- Confirmación de que las acciones correctivas aplicadas fueron efectivas.

### Sistema de Reportes

Los empleados deben tener a disposición un medio para poder informar todos los eventos y los riesgos emergentes. La persona encargada de recolectar los informes, transmitirá la información hacia el banco de datos para su posterior procesamiento. Las compañías incorporan el sistema de reportes no punitivos cuyo análisis es responsabilidad del gerente corporativo de seguridad quien reporta directamente al CEO de la compañía.

Este sistema de reporte debe ser simple, confidencial, cómodo de usar y como mencionamos anteriormente, no punitivo. Ver en anexo I.

Estos atributos, acompañados de un sistema de seguimiento eficaz avisando a la persona que reportó que su informe se ha recibido correctamente, investigado y actuando en consecuencia, fomentará el desarrollo de una cultura de notificación. Los resultados de la investigación deben ser distribuidos a la persona involucrada y al sector en general.

### Investigación y Análisis

Cada caso debe ser investigado. El alcance de la investigación dependerá de las consecuencias reales y potenciales del evento reportado.

El investigador o equipo de investigadores deben ser técnicamente competentes y poseer acceso a toda la información disponible para que los acontecimientos se puedan interpretar

con precisión. Este debe tener la confianza de los empleados y el proceso de investigación debe ser una búsqueda para entender las causas del percance y no buscar solo culpables. Podemos ver un diagrama que nos facilita interpretar el proceso de investigación del programa MEDA en la Figura 13.

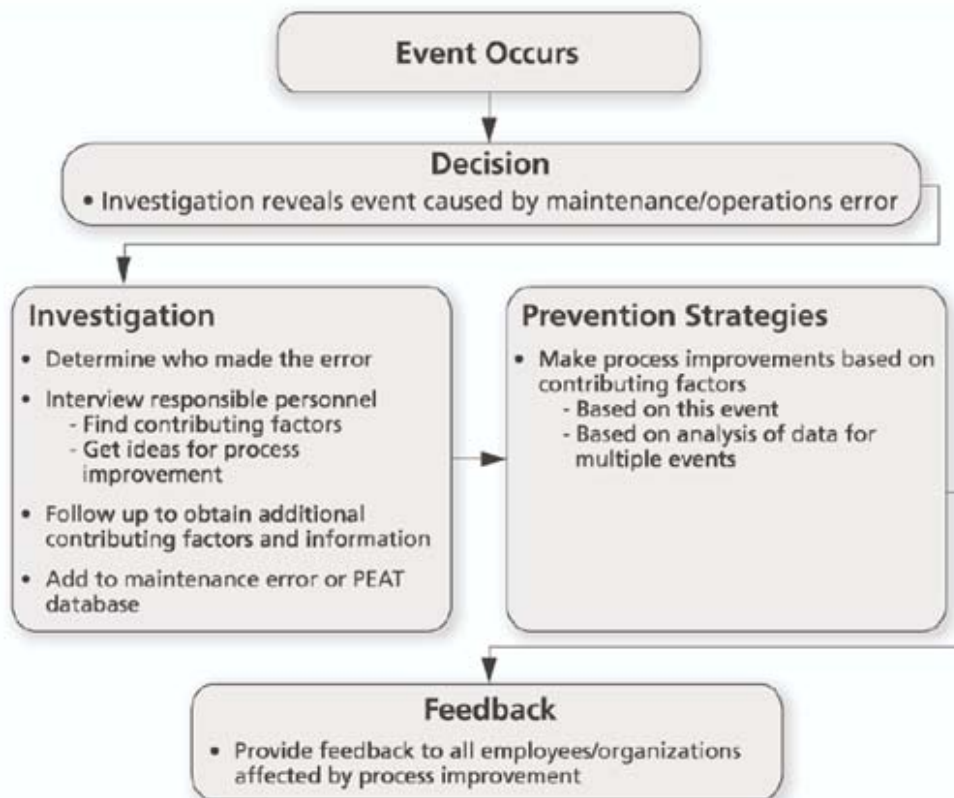


Figura 13- Sistema Reactivo SMS.

Fuente: (Safety Management System for flight operation and aircraft Maintenance Organization, Minister of Public Works and Government Services, Canada, 2002)

### Sistema Proactivo

Para la transición de un sistema reactivo a uno proactivo, se deben buscar activamente los peligros potenciales y evaluar los riesgos asociados. Esto se puede lograr a través de una evaluación de riesgo. Esta permite realizar la identificación de los peligros potenciales y luego aplica las técnicas de gestión de riesgos para gestionar eficazmente la amenaza.



Sistema de evaluación de riesgo debe incluir los siguientes elementos básicos que se contemplan en el segundo componente del programa SMS:

1. Sistemas para identificar los peligros potenciales
2. Técnicas para gestionar los riesgos
3. Monitoreo continuo del aseguramiento de la calidad

1. Sistema para identificación de peligros potenciales

La identificación de las amenazas a la seguridad o peligros, es el acto de identificar cualquier condición con el potencial de causar lesiones al personal, daños al equipo o estructuras, pérdida de material o reducción de la capacidad para desempeñar una función determinada.

En particular, esto incluye todas las condiciones que podrían contribuir para que un avión pierda la condición de aeronavegabilidad o que este llegue a operar en forma insegura.

La identificación de puede lograr través de mecanismos que generen reportes internos o por medio de una evaluación de los procesos utilizados para realizar una tarea específica. Esto implica una evaluación continua de las funciones y sistemas y cualquier cambio en ellos para que de manera proactiva se pueda gestionar la seguridad. En resumidas palabras podemos emplear los análisis de tendencias, monitoreo de indicadores, etc.

Entender los peligros y los riesgos inherentes asociados con las actividades cotidianas permite a la organización, minimizar la cantidad de actos inseguros y responder de manera proactiva mediante la mejora continua de los procesos, las condiciones laborales y otras cuestiones del sistema que conducen a actos inseguros. Esto también incluye a los sectores de la empresa que se encuentran en los niveles de gestión y planificación que como vimos anteriormente, juegan un rol importante en muchos accidentes que se generan debido al factor organizacional.

### Frecuencia de Evaluación

La evaluación de riesgo debe llevarse a cabo, como mínimo:

- Durante la implementación del programa SMS y luego en intervalos regulares
- Cuando se planean cambios operacionales importantes
- Si la organización está experimentando cambios rápidos, tales como el crecimiento y la expansión, ofreciendo nuevos servicios, recortar el servicio existente o la introducción de nuevos equipos y/o procedimientos
- Cuando hay cambios en el personal considerado clave para la seguridad, ejemplo el gerente de seguridad, etc.

### Fuentes de Información para determinar riesgos potenciales

Hay numerosas fuentes de información que se puede utilizar para comprender mejor el riesgo potencial dentro de una organización. La siguiente lista detalla algunos de los posibles recursos:

- ✓ La experiencia de la empresa. Los informes de seguridad existentes que detallan los eventos y casi accidentes (*near misses*)
- ✓ Criterio Gerencial. Todos los gerentes tendrán noción de donde se encuentran los mayores riesgos dentro de sus áreas de responsabilidad
- ✓ Opiniones de los trabajadores en el lugar de trabajo. Esto se puede lograr a través de grupos de discusión.
- ✓ Informes de Auditoría.
- ✓ Registros formales de análisis de riesgo realizados anteriormente
- ✓ Datos aportados por la Industria (base de datos) que pueden ser aplicables a la organización.
- ✓ Inspecciones.



- ✓ Control de procesos y prácticas.
- ✓ Identificar si se cumple con los procedimientos y si estos son adecuados.

Que exista riesgo y que este se reporte es un proceso separado a la evaluación de riesgo dentro del SMS. Una vez que se ha presentado un informe, sin embargo, el flujo del proceso es el mismo.

#### Procedimientos para efectuar los reportes

El proceso para reportar un evento o una amenaza a la seguridad debe ser lo más simple posible. Los pasos a seguir deben ser bien claros como así también toda la organización debe tener conocimiento del camino que ese reporte tomará.

El formulario debe ser estructurado de manera tal que pueda contemplar tanto al tipo de información reactiva como proactiva. Se debe permitir a las personas que reporten, poder sugerir acciones correctivas relacionadas con el tema que están reportando

#### Recolección de Datos

La empresa debe esforzarse por hacer todos los reportes de información compatibles para cada zona de la operación (mantenimiento, operaciones, etc.). Esto facilitará el intercambio de datos, análisis de tendencias y también hará que el proceso de investigación sea más fácil.

## 2. Técnicas para gestionar los riesgos

La gestión del riesgo es una actividad proactiva que contempla los riesgos asociados a los peligros ya identificados y asiste en la selección de acciones a tomar para mantener un adecuado nivel de seguridad dentro de la organización.

Una vez que los riesgos han sido identificados, ya sea a través de la ocurrencia / notificación de los mismos o de una evaluación, se inicia el proceso de gestión de riesgos.

La gestión del riesgo es una evaluación de la posibilidad de lesiones o pérdidas materiales debido a un peligro y la gestión de esta para tratar de bajarla hasta su mínima expresión.

Este concepto incluye tanto la probabilidad de que se produzca una pérdida como la magnitud de la misma. Los elementos básicos de la gestión del riesgo son:

- Análisis de Riesgo
- Evaluación de Riesgo
- Control del Riesgo
- Monitoreo

El Análisis de Riesgo, es el primer elemento en el proceso de gestión de riesgos. Abarca la identificación y estimación del riesgo. Una vez que una amenaza a la seguridad se ha identificado los riesgos asociados con esta amenaza deben ser identificados y la cantidad de riesgo existente debe ser estimada.

Evaluación del Riesgo. En este elemento se toma el trabajo realizado durante el análisis de riesgo y se da un paso más mediante la realización de una evaluación. Aquí la probabilidad y la gravedad de la amenaza a la seguridad se evalúan para determinar el nivel de riesgo que esta posee. La Figura 14 muestra un ejemplo de una matriz de evaluación de riesgo contemplada para el programa SMS.

Risk probability	Risk severity				
	Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent 5	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	<b>5D</b>	<b>5E</b>
Occasional 4	<b>4A</b>	<b>4B</b>	<b>4C</b>	<b>4D</b>	<b>4E</b>
Remote 3	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>	<b>3D</b>	<b>3E</b>
Improbable 2	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>2D</b>	<b>2E</b>
Extremely improbable 1	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>1E</b>

Figura 14- Matriz de Evaluación de riesgos.

Fuente: (ICAO, Safety Management Manual. Canadá, 2013)

Para esta matriz de riesgo, donde en las columnas se pondera la severidad del riesgo y en las filas la probabilidad de ocurrencia, una vez conocida la tarea/procedimiento que se va a realizar, se le asignan los valores correspondientes a las posibilidades de que se produzca un evento, en número y su posterior consecuencia (la peor) en letras.

Una vez realizado este análisis se determina si es necesario emplear barreras de seguridad para bajar el nivel (de acuerdo a la zona de tolerancia donde se encuentre) y hasta se analiza si es viable realizar la tarea/ procedimiento en términos de la seguridad.

Basado en este ejemplo de matriz, los riesgos reflejados como inaceptables (rojo y amarillo) debe ser mitigados a fin de reducir su gravedad y / o la probabilidad. La compañía aérea debe considerar la suspensión de todas las actividades que continúan en la franja correspondiente a intolerables si no dispone de medidas de mitigación que reduzcan los riesgos a un nivel aceptable (verde).

La zona amarilla puede pasar a ser aceptable si se realizan tareas para mitigar el riesgo. Quedará bajo decisiones gerenciales trabajar en esa zona, es probable que requiera una evaluación continua.





Posibilidad	Significado	Valor
Frecuente	Posiblemente ocurra muchas veces (ha ocurrido varias veces)	5
Ocasional	Posiblemente ocurra alguna vez (ha ocurrido esporádicamente)	4
Remoto	Poco Probable que ocurra pero es posible (ocurrió rara vez)	3
Improbable	Muy poco probable que ocurra (no se conoce que haya pasado)	2
Extremadamente Improbable	Casi imposible que se pueda producir el evento	1

Severidad del Evento	Significado	Valor
Catastrófico	-Múltiples muertes -Equipos destrozados	A
Peligroso	-Lesiones graves -Equipos dañados - Una gran reducción de los márgenes de seguridad, daño físico o una carga de trabajo de tal que el operador no puede realizar sus tareas de forma correcta.	B
Mayor	-Serios incidentes -Lesiones a las personas -Reducción significativa de los márgenes de seguridad, una reducción en la capacidad de los operadores para hacer frente a las condiciones adversas de operación como resultado de un aumento en la carga de trabajo o como resultado de las condiciones que perjudican su eficiencia	C
Menor	-Molestias -Limitaciones Operativas -Utilización de procedimientos de emergencia -Incidente menor	D
Despreciable	-Pocas Consecuencias	E

Control del Riesgo. Aborda los riesgos identificados durante el proceso de evaluación que requieren una acción a tomar para reducir estos a un nivel aceptable. Es en este periodo donde se desarrolla un plan de acción.

Monitoreo. El seguimiento es esencial para asegurar que una vez que el plan de acciones correctivas se ha llevado a cabo, este está siendo eficaz en el tratamiento de los riesgos analizados.

### 3- Monitoreo continuo del aseguramiento de la calidad

El uso auditorías, para verificar el cumplimiento y la normalización, es una parte integral del sistema de aseguramiento de la calidad.

Se debe llevar a cabo una auditoría inicial, que abarque todas las actividades técnicas, seguido de un ciclo recurrente de auditorías internas. Se deben guardar los registros detallados de las conclusiones de la auditoría, incluidas las cuestiones de cumplimiento y no cumplimiento, las acciones correctivas y se deben continuar con las inspecciones de seguimiento. Los resultados de la auditoría deben ser comunicados en toda la empresa.

El seguimiento continuo de todos los sistemas y la aplicación de acciones correctivas son funciones del sistema de aseguramiento de la calidad.

La mejora continua se produce sólo cuando la organización muestra un control constante sobre la eficacia de sus operaciones técnicas y sus acciones correctivas. De hecho, sin el monitoreo continuo, no hay manera de saber si el problema ha sido corregido y el objetivo de seguridad establecido ha sido alcanzado.

### 3) Evaluación de la Seguridad

La evaluación de la seguridad se compone de los siguientes elementos:

- La evaluación de la seguridad
- El monitoreo y medición del desempeño en seguridad
- La Gestión del Cambio
- Mejora continua del programa SMS

Garantía de la seguridad consiste en procesos y actividades llevadas a cabo por la compañía para determinar si el SMS está funcionando de acuerdo a las expectativas y necesidades de la compañía. Se le dará seguimiento permanente de sus procesos internos, así como a su



entorno operativo para detectar cambios o desviaciones que pueden introducir riesgos de seguridad emergentes o la pérdida de controles sobre los ya existentes.

El proceso de control de seguridad complementa al aseguramiento de la calidad. Mientras que el aseguramiento de la calidad normalmente se centra en el cumplimiento de los requisitos normativos de la organización, la garantía de seguridad monitorea específicamente la efectividad de los controles de riesgos que se efectúan. Por esta razón es de suma importancia comprender que dentro de la estructura de la empresa, estos dos sectores deben ser independientes para poder complementarse correctamente. Como ejemplo, si el gerente técnico es el encargado de recibir los reportes de seguridad que afecten a su área y transmitirlos a sus superiores se generará un conflicto de interés cuando tenga que reportar anomalías en su gestión y muchas veces estos reportes podrían ser filtrados.

Es importante que el responsable de seguridad trabaje en un sector con funciones totalmente independientes del sector del cual le llegan los reportes. Un Ejemplo de estructura es la que podemos observar en la Figura 15, donde el Director Corporativo de Seguridad tiene a su cargo la estructura de seguridad independiente a la de Calidad de la empresa.

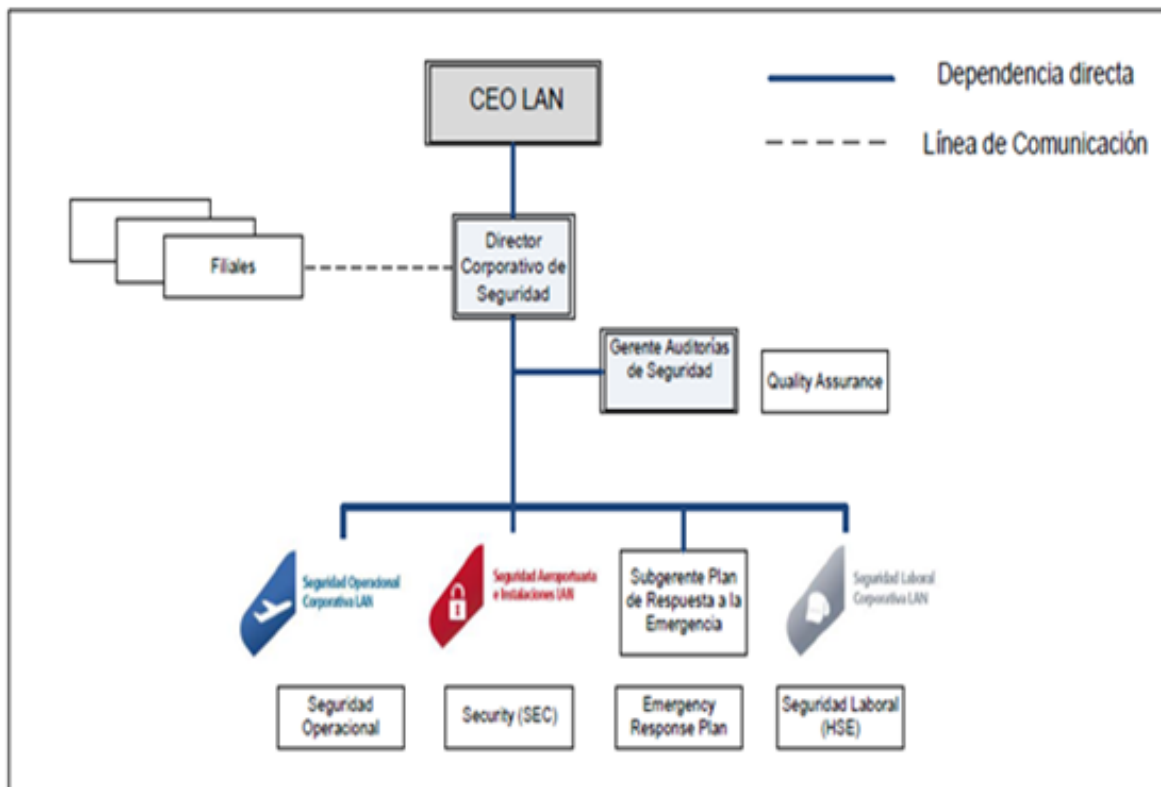


Figura 15- Estructura Corporativa de Seguridad.

Fuente (LAN Colombia, Dirección de Seguridad Operacional, Diciembre 2013)

Las actividades de aseguramiento de la seguridad, deben incluir el desarrollo y la implementación de las acciones correctivas en respuesta a las conclusiones de las novedades encontradas en el sistema y que tienen un potencial impacto para la seguridad.

#### El monitoreo y medición del desempeño en seguridad

Se deberá desarrollar y mantener los medios para verificar el nivel de seguridad de la organización y para validar la eficacia de los controles de riesgos de seguridad.

El rendimiento en seguridad deberá ser verificado en referencia a los indicadores de seguridad y objetivos que se han planteado dentro del programa SMS.



La información utilizada para medir el rendimiento de la organización se genera a través de sus sistemas de reporte de seguridad

Hay dos tipos de sistemas de reportes:

- a) Sistemas de reporte de incidentes obligatorios
- b) Sistemas de reportes de incidentes voluntarios

Los obligatorios, requieren los reportes de ciertos tipos de eventos (por ejemplo, incidentes graves, incursiones en la pista, etc.). Esto hace necesario la implementación de regulaciones detalladas que identifiquen los criterios de notificación y el alcance de sucesos reportables. Este sistema de reporte, tienden a recoger información relacionada con fallas técnicas de graves consecuencias.

Los sistemas de reporte voluntario, permiten informar los riesgos observados o errores involuntarios sin un requerimiento legal asociado para hacerlo. En estos sistemas, los organismos reguladores u organizaciones pueden ofrecer un incentivo para que se reporte.

El resultado final de un proceso de seguimiento y medición de desempeño de seguridad es el desarrollo de indicadores de seguridad basados en el análisis de los datos recogidos a través de las fuentes citadas. El proceso implica el uso de indicadores, metas de desempeño de seguridad y niveles de alerta. Trabajaremos sobre estos en los capítulos siguientes.

### La Gestión del Cambio

La empresa mantendrá un protocolo para identificar y gestionar los cambios internos que pueden llegar a afectar el nivel de riesgo ya contemplado.

### Mejora Continua del Programa SMS

La empresa se encargará de supervisar y evaluar la eficacia de sus procesos en el SMS para permitir la mejora continua de los mismos.

La mejora continua se mide a través del control de los indicadores de desempeño de la organización y se relaciona con la madurez y eficacia de un SMS. Estos objetivos se logran a través de la aplicación de las evaluaciones internas y auditorías independientes del SMS.

Los procesos de evaluación y auditoría contribuyen para lograr una mejora continua en el desempeño en términos de seguridad y el alcance de los objetivos planteados.

#### **4) Promoción de la seguridad**

La promoción de la seguridad fomenta una cultura de seguridad positiva y crea un ambiente que sea propicio para el logro de los objetivos de seguridad.

Esto se logra a través de la combinación de competencias técnicas que se van mejorando continuamente a través de la formación, la educación, la comunicación efectiva y el intercambio de información. La dirección de la empresa es la encargada de promover la cultura de seguridad en toda la organización.

##### Entrenamiento y Educación.

La empresa deberá desarrollar y mantener un programa de entrenamiento de seguridad que garantice que el personal se encuentra capacitado y es competente para llevar a cabo sus funciones dentro del programa SMS. Este debe estar planificado de acuerdo a los requerimientos del programa.

##### Comunicar temas referidos a la Seguridad

El gerente de seguridad debe transmitir periódicamente información sobre las tendencias del desempeño en seguridad y sobre los problemas de seguridad específicos a través de boletines y reuniones informativas.



## **IMPLEMENTAR UN PROGRAMA PARA CONTENER EL ERROR HUMANO**

Analizadas durante el capítulo anterior, buena parte de las herramientas empleadas para contener el error humano en mantenimiento y el integrado sistema de gestión SMS, no nos hemos cuestionado aun si estos programas realmente tienen un impacto económico positivo, o dicho en otras palabras si realmente sería necesario implementarlos (sabemos que es un requisito regulatorio) cuando las compañías aéreas ya cumplen con las normas de calidad que les permiten operar sus aeronaves.

Las tareas de mantenimiento que se desarrollan dentro de las compañías aéreas se encuentra absolutamente contempladas dentro de los manuales que proveen los fabricantes de aviones, motores, componentes, accesorios, etc. y sus planes y obligaciones aprobados por la autoridad aeronáutica competente.

Entonces, si se cuenta con un sistema de calidad corporativo aprobado, nos podríamos preguntar si sería realmente necesario en cuanto a la relación costo-beneficio implementar un programa de gestión de la seguridad. Lógicamente, ya sabemos que es un requisito regulatorio para la operación, pero si no lo fuera ¿Qué pasaría? ¿Convendría invertir tanto dinero, tiempo y esfuerzo para implementarlo?

En este capítulo, nos dedicaremos a exponer el trabajo desarrollado sobre la integración de los factores humanos dentro de las compañías aéreas, con el fin de reducir costos y hacer que las áreas de mantenimiento sean más seguras y más eficaces.

Antiguamente, los Factores Humanos no eran considerados por los directivos de la compañías como parte de los temas principales para un entorno industrial o comercial, podían ser vistos como algo "políticamente correcto mencionar e implementar" pero se tenía la idea de que no estaban concebidos para producir resultados tangibles y relevantes en beneficio de la empresa.



Uno de los objetivos de esta tesis, es demostrar que el control del error humano de forma proactiva es clave para lograr mejoras en los procesos. Con esta premisa, es importante que consideremos que los factores humanos se deben implementar lo antes posible en el desarrollo de las áreas de mantenimiento.

Como vimos en los capítulos anteriores, la introducción y la integración de Factores Humanos dentro de las compañías, requiere algunos cambios en los procesos existentes y la incorporación de nuevos elementos en virtud de conseguir la eficacia del sistema.

Algunos de estos cambios serán sencillos y llegarán de forma natural durante el desarrollo de las tareas cotidianas otros en cambio, requerirán reformular la manera en que el área de mantenimiento se está gestionando.

### **Los beneficios de integrar Factores Humanos en los sistemas de gestión de seguridad**

Los procesos y maneras que actualmente se conocen para desarrollar las tareas existentes, tendrán que adaptarse para facilitar la implementación de los métodos y enfoques de los factores humanos y su modelo de control “SHELL”.

Imaginemos por un momento un taller aeronáutico que sólo se rige por los procedimientos que se encuentran en los manuales, si bien estos, están llenos de advertencias en cuanto a la seguridad, muchas veces carecen de información sobre el entorno donde se está trabajando (ej. Trabajo en altura, bajo presión del tiempo, condiciones climáticas adversas, etc.). Es en este sentido, que nuevos conceptos de trabajo tienen que ser desarrollados.

Algunos de los beneficios resultantes de la integración de los factores humanos en el ciclo de vida del sistema de mantenimiento son directamente medibles en términos económicos, mientras que otros son menos tangibles. Algunos tienen un impacto directo en la eficacia del sistema en su conjunto, mientras que otros sólo permiten la mejora de factores adicionales en los procesos.





Para la incorporación de los factores humanos en el diseño del sistema de mantenimiento sostenemos en esta tesis que generará beneficios en tres niveles:

1. El ciclo de desarrollo del sistema se beneficiará, desde su concepto inicial hasta su instalación, desde cuestiones tales como las pruebas más eficaces de productos, mejora de la formación y selección del personal, mejor documentación del sistema y un producto final entregado a tiempo y dentro del presupuesto.
2. Al nivel del trabajador, permitirán reducir la fatiga y el estrés, la monotonía y el aburrimiento, aumentar la satisfacción en el trabajo y la motivación, mejorar la comodidad y el ambiente de trabajo y reducir el número de errores humanos.
3. El sistema global será más seguro a través de una mejor utilización de los recursos humanos y la mejora de la fiabilidad del sistema.

#### El costo de la integración de los factores humanos en mantenimiento

En general se cree que las decisiones tomadas durante las primeras etapas del diseño de sistema determinan la base principal (más del 70%) del costo por lo que es importante prestar atención a estos primeros pasos al iniciar la adquisición de un nuevo sistema de gestión o al modificar uno ya existente. La integración de los factores humanos se traduce en importantes inversiones en personal, procesos, materiales y tiempo.

#### Inicio y Planificación

Como vimos en el programa SMS, es indiscutible que se asigne a una persona responsable de factores humanos dentro de la compañía. Esta persona debe ser un especialista con la experiencia en la aplicación de métodos y principios de factores humanos dentro del área correspondiente. Se debe poder llegar a cumplir con las tres etapas características del proceso de integración las cuales son:

- Diseño del programa
- Implementación
- Operación o funcionamiento del programa

La fase de diseño contempla como hemos visto para SMS la formulación de objetivos y la creación del programa considerando los alcances posibles dentro de la empresa. Recordemos que este programa se encuentra dentro del SMS como una herramienta preventiva y proactiva para permitir la retroalimentación positiva.

La fase de implementación debe asegurar que el sistema se está implementado según las directrices elaboradas durante la fase anterior, y que el personal de mantenimiento en cuestión recibirá su entrenamiento correspondiente para este nuevo concepto.

#### Operación o funcionamiento del programa

Las modificaciones a un sistema en funcionamiento son inevitables. Los efectos sobre las tareas y el entorno de trabajo deben ser analizados y su funcionalidad necesita pruebas continuas.

Existen tres enfoques distintos al considerar la implementación de los factores humanos en el ciclo de vida del área de mantenimiento.

- Enfoque "No hacer nada": No se toman iniciativas para contrarrestar los problemas de factores humanos; sólo cuando surgen los problemas van a ser abordados.
- Enfoque "Reactivo": La preocupación por los factores humanos se deja a las últimas etapas del proceso de desarrollo
- Enfoque "Proactivo": Los problemas son tratados antes de que salgan a la luz.

Los escenarios de los costos en estas tres estrategias se muestran en la Figura 16.

La primera opción ("No hacer nada") nos muestra cómo los costos relacionados con problemas de rendimiento humano se incrementarán rápidamente a lo largo del ciclo de vida del sistema.

Si se abordan los problemas de rendimiento humanos en las etapas finales del proceso de desarrollo (como se muestra en la Figura 16 en el enfoque "Reactivo"), los costos aumentarán de manera más gradual que con la estrategia anterior pero siguen siendo altos comparados con la estrategia proactiva.

Si generamos consciencia temprana en los factores humanos y las cuestiones de rendimiento humano se introducen de una manera proactiva (se puede observar en la Figura 16 como la estrategia c), el costo va a tomar un camino bastante diferente.

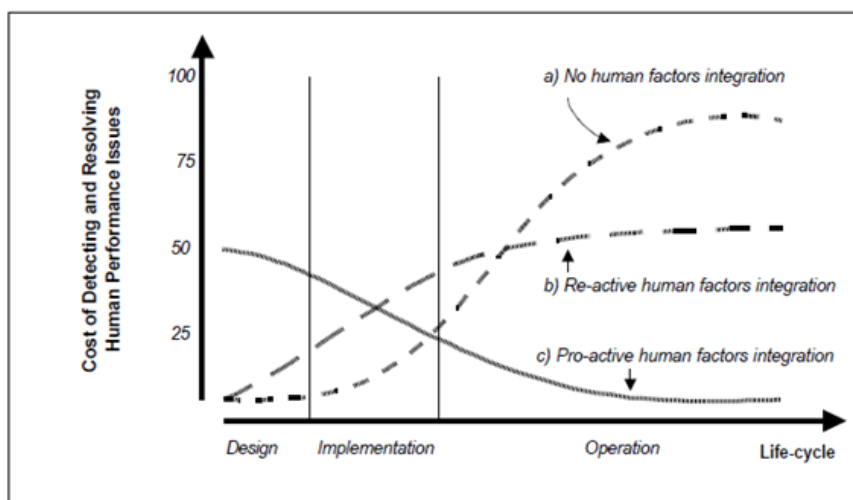


Figura 16- Costo de los tres tipos de enfoques en la incorporación de factores humanos en el ciclo de vida del proceso de integración para mantenimiento. Fuente: (Eurocontrol, european organisation for the safety of air navigation, a Business Case for Human Factors Investment, Diciembre 1999)



### Implementar el programa el SMS según OACI

Como vimos en el capítulo anterior, el programa SMS consiste en cuatro componentes y doce elementos. La revisión completa del sistema, descripción de los principales elementos y su interfaz con los sistemas y procesos existentes es el primer paso para definir el alcance y la aplicabilidad del sistema SMS dentro de la empresa.

#### *1- Política y objetivos de seguridad*

##### *1.1 – Responsabilidad y compromiso de la dirección*

##### *1.2 – Responsabilidades de seguridad operacional*

##### *1.3 – Designación del personal clave de seguridad*

##### *1.4 – Coordinación de la planificación de respuesta a la emergencia*

##### *1.5 – Documentación del SMS*

#### *2-Gestión del riesgo de seguridad*

##### *2.1 – Identificación de peligros*

##### *2.2 – Evaluación y mitigación del riesgo*

#### *3- Garantía de la seguridad*

##### *3.1 – Monitoreo y medición de la performance de la seguridad*

##### *3.2 – Gestión del cambio*

##### *3.3 – Mejora continua del SMS*

#### *4- Promoción de la seguridad*

##### *4.1 – Entrenamiento y educación*

##### *4.2 – Comunicación de seguridad<sup>4</sup>*

---

<sup>4</sup> ICAO (2013). Safety Management Manual (SMM), Doc. No. 9859 AN/474. Montreal: International Civil Aviation Organization. Chapter 5. Safety Management System (SMS).



Este primer ejercicio dentro de la de implementación, se realiza con el fin de identificar y analizar los gaps que existen entre lo solicitado por la regulación internacional y la posición existente de empresa con respecto a los requisitos del sistema.

La integración del sistema SMS tiene el potencial de proporcionar sinergias mediante la gestión de los riesgos de seguridad a través de múltiples áreas de la organización. Se puede presentar diferentes proyectos teniendo en cuenta cada unidad de negocio de la organización (operaciones, mantenimiento, etc.)

#### La integración entre el sistema SMS y el sistema QMS (Quality Management System)

En el contexto del sistema SMS, el aspecto más importante de la integración es con el sistema de gestión de calidad de la compañía aérea (QMS).

QMS se define como la estructura que comprende los aspectos de responsabilidad ante las autoridades aeronáuticas, recursos, procesos y procedimientos necesarios para establecer y promover un sistema de aseguramiento de la calidad y la mejora continua de los procesos que permiten, la entrega de un producto o servicio en las condiciones establecidas.

QMS y SMS son complementarios. Mientras el primero se centra en el cumplimiento de las regulaciones y requisitos para satisfacer las expectativas del cliente y las obligaciones regulatorias, el segundo lo hace en el desempeño de la seguridad, identificando los riesgos, evaluando los mismos e implementando los controles correspondientes. Sin embargo, ambos programas tienen las siguientes funciones en común:

- a) Deben ser planificados y gestionados
- b) Dependerán de mediciones y seguimiento de indicadores de desempeño
- c) Involucran a todos los sectores de la organización relacionadas con la entrega de productos y servicios de aviación.
- d) Se busca en ambos una mejora continua

El QMS también tiene una función de garantía que utiliza un circuito de retroalimentación para asegurar que la entrega de los productos y servicios se encuentre libre de defectos o errores y dentro de las condiciones establecidas contractualmente.

La función de aseguramiento de la calidad identifica los procesos y procedimientos ineficaces que deben ser rediseñados para promover la eficiencia y la eficacia del sistema de gestión.

Además, SMS y QMS utilizan herramientas similares. Profesionales de la seguridad y la calidad se centran esencialmente en el mismo objetivo de ofrecer productos y servicios seguros y confiables a los clientes.

Teniendo en cuenta los aspectos complementarios de SMS y QMS, es posible establecer una relación sinérgica entre los dos sistemas que se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) El sistema SMS recibe del QMS la fuente de información proveniente de procesos tales como auditoría, inspección, investigación, análisis de causa raíz, análisis estadístico y las medidas preventivas.
- b) El sistema QMS puede anticipar los problemas de seguridad que existen a pesar de que la organización cumple con las normas y especificaciones (de manera proactiva). Sobre este punto, nos vamos a centrar cuando analicemos los indicadores que contribuyen al control del error, por tal motivo, consideramos de suma importancia la sinergia de ambos sistemas.
- c) Los principios de la calidad, políticas y prácticas que se establecen en el sistema QMS están vinculadas a los objetivos de la gestión de la seguridad.

### Gap Análisis

El análisis de los *gaps* (brecha entre el programa existente y los nuevos requerimientos), facilita el desarrollo de un plan de implementación del SMS mediante la identificación de las diferencias entre lo actual y lo que debe ser abordado para aplicar eficientemente un sistema SMS.

Una vez que este análisis se encuentra completo y documentado, los recursos y los procesos que se han identificado como faltantes o inadecuados serán la base del plan de implementación del SMS.

### Plan de Implementación del SMS

El plan de implementación del SMS incluye plazos e hitos en consonancia con las necesidades identificadas en el proceso de análisis de *gaps*. Debe abordar los *gaps* identificados mediante la realización de acciones y metas específicas de acuerdo con el cronograma establecido. El plan debe ser revisado y actualizado periódicamente según sea necesario.

La plena aplicación de todos los componentes y elementos del marco SMS (mencionados anteriormente) puede tardar hasta cinco años, dependiendo de la madurez y complejidad de la organización.

### Indicadores de performance en seguridad

El sistema SMS define resultados medibles para poder determinar si el sistema está funcionando realmente de acuerdo con las expectativas y no simplemente garantizar que se está cumpliendo con los requisitos reglamentarios.

Los indicadores de seguridad se utilizan para controlar las amenazas a la seguridad ya conocidas, detectar riesgos de seguridad emergentes y determinar las acciones correctivas necesarias para contener las mismas.



Estos indicadores, también proporcionan evidencia objetiva para evaluar la eficacia del sistema SMS y para controlar los logros y objetivos referentes a la seguridad.

Deben ser seleccionados y desarrollados en consulta con la autoridad aeronáutica que regula la actividad de la compañía y aprobados por esta misma.

En la práctica, el nivel de seguridad del sistema SMS se expresa a través de los indicadores de desempeño y sus correspondientes valores de alerta. Se debe establecer un nivel de alerta para los indicadores con un criterio común para delinear lo aceptable y lo no aceptable dentro de los parámetros que otorga la muestra y se tienen que tener en cuenta tanto eventos mayores como menores.

Esto asegurará que los eventos que generan grandes consecuencias (por ejemplo, accidentes e incidentes graves), así como eventos menores (por ejemplo, los incidentes menores, los informes de no conformidad, desviaciones, etc.) se estén abordando.

Estos indicadores son esencialmente datos de tendencias gráficas que rastrean ocurrencias en términos de tasas de eventos (por ejemplo, número de incidentes por cada 1.000 horas de vuelo). Los de altas consecuencias deberían abordarse primero mientras que los indicadores de menor consecuencia se pueden desarrollar en la fase más madura de la implementación del SMS. Como mencionamos en los comienzos de esta tesis nuestro objetivo no está puesto en los accidentes graves, por lo tanto nos concentraremos en aquellos indicadores que se toman para medir eventos menores.

### **Fases de Implementación del sistema SMS**

Este es un proceso sistemático. Las razones para realizar una implementación en fases, adicionalmente a los recursos necesarios son las siguientes:

a) La necesidad de permitir la ejecución de los elementos del marco de SMS en varias secuencias, dependiendo de los resultados del análisis de gaps.





b) La disponibilidad inicial de datos y procesos analíticos para apoyar las prácticas de gestión de la seguridad reactivas, proactivas y predictivas.

c) La necesidad de un proceso metódico para garantizar la aplicación efectiva y sostenible del SMS.

Como en los sistemas de gestión por procesos, similar a lo que pasa con los niveles, no se considera una fase totalmente incorporada hasta que no estén completos los procesos pertenecientes a cada una de estas. Se proponen cuatro fases de implementación cada una de estas está asociada con varios elementos (o sub-elementos) según el marco SMS de ICAO.

A continuación se describen en forma resumida los objetivos de las cuatro fases de implementación del programa SMS. Para esta tesis se trabajará con las que posean un enfoque hacia los indicadores de mantenimiento. Para mayor información ver Anexo II

FASE	OBJETIVOS/ DESCRIPCIÓN
FASE 1	Desarrollo de las definiciones y requerimientos del SMS -Se establecen la planificación básica y la asignación de responsabilidades. -Desde el análisis de gaps, la organización puede determinar el estado de sus procesos de gestión de la seguridad existentes y se encuentra lista para comenzar la planificación para el desarrollo de nuevos procesos. -La salida significativa de la Fase 1 es contar con el plan de implementación del SMS
FASE 2	El objetivo de esta fase es implementar procesos esenciales de gestión de seguridad, mientras que al mismo tiempo realizar la corrección de posibles deficiencias en los procesos existentes. Establecer los objetivos de seguridad para el SMS mediante el desarrollo de estándares de desempeño de seguridad en términos de: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Indicadores de seguridad</li> <li>2) Objetivos de seguridad y niveles de alerta</li> <li>3) Planes de acción.</li> </ol>
FASE 3	Establecer procesos de gestión de riesgos. Hacia el final de la Fase, la organización estará lista para recoger datos de seguridad y llevar a cabo los análisis basados en la información obtenida a través de los diferentes sistemas de información. Esta es una fase fundamental para definir los indicadores necesarios en virtud de conseguir reducir los errores y mejorar los procesos.



	<p>Identificación de peligros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establecer un procedimiento de notificación voluntaria.</li> <li>b) Establecer un programa / calendario para la revisión sistemática de todos los procesos relacionados con la seguridad</li> <li>c) Establecer un proceso para asignar prioridades de mitigación de peligros identificados en la evaluación de riesgos</li> </ul> <p>Evaluación y mitigación del riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establecer un procedimiento de gestión de riesgos de seguridad, incluyendo su proceso de aprobación y revisión periódica</li> <li>b) Elaborar y aprobar matrices de riesgos de seguridad relacionados con los procesos operativos y de producción de la organización.</li> <li>c) Incluir las matrices de riesgos de seguridad adoptadas y las instrucciones asociadas en la gestión de riesgos de la organización.</li> </ul> <p>El monitoreo y medición de la performance en seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establecer un procedimiento de notificación de sucesos e investigación interna.</li> <li>b) Establecer la recopilación de datos de seguridad, procesamiento y análisis de los resultados de consecuencias graves</li> <li>c) Establecer indicadores de seguridad de alta consecuencia y configurar las alertas correspondientes. Ejemplos de estos indicadores son los índices de accidentes, incidentes graves.</li> <li>d) Llegar a un acuerdo con la autoridad de supervisión del Estado (para Argentina ANAC) sobre los indicadores de desempeño de seguridad y objetivos de seguridad.</li> </ul>
FASE 4	<p>Fase final de implementación del sistema SMS. Esta fase consiste en la aplicación de la madurez de la gestión de riesgos de seguridad y la garantía de la seguridad.</p> <p>En esta fase, la garantía de seguridad se evalúa a través de la implementación de un monitoreo periódico, retroalimentación y acciones correctivas continuas para mantener la eficacia de los controles.</p> <p>El monitoreo y medición de la performance en seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mejorar la recolección de datos de seguridad y sistema de procesamiento para incluir eventos de menor consecuencia.</li> <li>b) Establecer indicadores de seguridad de menor consecuencia</li> <li>c) Llegar a un acuerdo con la autoridad aeronáutica sobre los indicadores de desempeño de menores consecuencias y sus niveles de alerta</li> </ul>



## **INDICADORES PROACTIVOS PARA CONTENER EL ERROR EN MANTENIMIENTO**

Como describimos durante el desarrollo de esta tesis, el mantenimiento aeronáutico se compone de un conjunto de actividades que son realizadas por grupos de personas interrelacionadas sobre equipos de alta tecnología y que tienen como fin común, asegurar que el avión efectúe su operación con el máximo nivel de seguridad y eficiencia.

La situación particular que se produce en el mantenimiento aeronáutico, es que depende de unos pocos fabricantes de aeronaves y son estos, los que proveen los procedimientos para realizar las actividades. Las compañías, autoridades y fabricantes trabajan en conjunto y proporcionan retroalimentación de manera continua en todos los niveles para mejorar el funcionamiento del sistema de seguridad.

ICAO recomendó a todos sus miembros, establecer el Sistema de Gestión de Seguridad (SMS) y este se convirtió en un requerimiento a implementar mediante diferentes fases y en tiempos establecidos y acordados con las autoridades reguladores. Sin embargo, actualmente, a pesar de la ventaja de contar con el sistema SMS implementado en sus primeras fases y de trabajar con algunas herramientas de carácter proactivo (vimos el caso de LOSA, entrenamiento MRM, fiabilidad y los reportes no punitivos), en general, la industria se sigue centrando en la parte reactiva de la gestión de la seguridad en mantenimiento.

El objetivo de este capítulo es llegar a comprender la importancia de integrar en el sistema de gestión SMS un enfoque proactivo y proponer indicadores para mantenimiento que podrían complementar a los requeridos por el sistema de gestión actual.



**Concepto de cuadro de mando integral (Balance Scorecard)- Indicadores Proactivos y Reactivos para la seguridad**

Me parece oportuno comenzar este enfoque realizando la siguiente pregunta:

¿Cuál es la mejor forma para medir la eficacia en seguridad?

Como respuesta, se me vienen a la mente muchas alternativas. Comprobamos en los capítulos anteriores que existen diferentes herramientas que nos permiten contener el error y en base a estas, podríamos contestar a la pregunta comenzando a contabilizar el número de informes MEDA realizados, las inspecciones LOSA, los análisis de riesgos que se han realizado y como se han conseguido reducir los niveles de peligro para encontrarnos dentro del cuadrante de operación segura.

Otros ejemplos podrían ser, cuantas personas se han lastimado realizando un determinado proceso, cuantos aviones se han reportado fuera de servicio por problemas de mantenimiento y así podría continuar enumerando factores menores en términos de seguridad hasta llegar al número de incidentes, casi accidentes y accidentes. Pero, luego de ver esta extensa lista de parámetros que es posible contabilizar, podemos reflexionar y con todo criterio afirmar que todos estos factores, serían en cierto contexto parámetros importantes para comprobar si una compañía es eficaz en términos de seguridad.

Ahora bien, es importante que podamos comprender cómo trabajar con estas métricas para que se conviertan en indicadores útiles dentro del sistema de gestión de seguridad.

Un indicador, tiene como objetivo facilitar la evaluación de una situación o el estado de un sistema dentro de un sistema de gestión. En otras palabras, la información proporcionada por los indicadores, facilita la toma de decisiones y la implementación de las acciones apropiadas en aquellas situaciones que se apartan de los parámetros establecidos como límites, como podrían ser las alertas, normas, regulaciones o datos en base a la experiencia.



Un indicador es calificado como proactivo o reactivo de acuerdo al lugar que ocupa dentro del sistema de gestión y su objetivo operacional. Indicadores reactivos indican los resultados y los proactivos actúan tanto como control dentro del sistema o como indicadores de resultados para eventos intermedios.

#### Cuadro de mando con enfoque en la seguridad

El cuadro de mando integral o *Balanced Scorecard*, es un enfoque a la gestión estratégica, desarrollado a finales de 1990 en Harvard Business School por Robert Kaplan y David Norton.

Al darse cuenta de las limitaciones y debilidades de la gestión utilizando solo datos financieros, estos dos profesores desarrollaron un método para medir otros indicadores claves que permitían proporcionar una visión más clara y global de la forma en que se producen los resultados financieros.

La idea era crear un sistema de gestión (no sólo un sistema de medición) para permitir a las organizaciones clarificar su estrategia y transformarla en acción.

El cuadro de mando integral, contiene medidas financieras tradicionales que cuentan la historia de los acontecimientos pasados. Estas medidas no son suficientes para orientar y evaluar la gestión que las empresas deben hacer para crear valor futuro a través de la inversión en clientes, empleados, procesos, tecnología y la innovación.

Los autores sugirieron que la organización debe ser vista desde cuatro perspectivas:

1. *La Perspectiva Financiera, esta comprende las medidas tradicionales de resultados financieros.*
2. *La Perspectiva del Cliente, referidas a la satisfacción del cliente y que se mide a menudo a través de las encuestas de percepción*
3. *La Perspectiva de los Procesos de Negocios. Un conjunto de métricas para indicar qué tan bien están funcionando los procesos claves del negocio y comprobar si estos están correctamente alineados con los objetivos.*



4. *La Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento. Mide la formación, percepciones y actitudes de los empleados y su capacidad de aprender, adaptar y cambiar, según sea necesario, para cumplir con las metas de la organización.*<sup>5</sup>

Como acabamos de decir, las empresas han utilizado la misma métrica por años para medir su desempeño financiero. Miden su rendimiento en gran medida a través de indicadores reactivos. Estos, permiten ver los datos precisos de cómo la compañía está funcionando pero no son especialmente útiles para ayudar a los directivos a gestionar mejor.

La seguridad, también se mide por indicadores reactivos, que son parámetros correctos para ver los resultados generales, como lo son para la economía de las empresas los indicadores financieros. Pero estos, no son especialmente útiles para realizar mejoras, pueden ser prácticos para comparar el rendimiento actual con el de años anteriores o compararse con otras empresas, pero no nos van a permitir desarrollar estrategias de mejora dentro del sistema.

La medición de la frecuencia y las causas de los actos o comportamientos inseguros dentro de las compañías puede proporcionar una alerta para posibles accidentes en el futuro y en base a esto se pueden sugerir estrategias proactivas para la prevención de incidentes y/o accidentes.

Encuestas de percepción, realizadas a los empleados son muy valiosas como herramientas de mejora de la seguridad. Contar con personal de seguridad con presencia activa en los lugares de en industrias como la petrolera, ha contribuido a disminuir los índices de incidentes, debido a que gracias a su contribución, se pueden encontrar varios aspectos a mejorar y se cuenta con una barrera de contención en el lugar de los hechos.

---

<sup>5</sup> Kaplan R and Norton D. (1996). The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance, Harvard Business School.



Averiguar lo que piensan los integrantes del plantel, nos puede dar una idea de la eficacia de ciertos esfuerzos que se realizan en términos de seguridad y por qué lo que se está haciendo funciona o no en ese entorno.

Alinear a los trabajadores con los objetivos de seguridad, puede ser una estrategia eficaz para realizar mediciones y también lo es, para tener una percepción que nos pueda indicar en qué medida las personas están de acuerdo o en desacuerdo, con las estrategias que se adoptan para alcanzar estos objetivos. Sin embargo, ¿Estamos en condiciones de afirmar que cada trabajador de mantenimiento quien desarrolla tareas dentro diferentes áreas de la empresa, conoce los objetivos de seguridad de su sector? y ¿Cuál debe ser su aporte para contribuir con el desempeño global de la compañía?

Aunque cada uno de los parámetros que podemos citar en la medición de la eficacia en seguridad, nos da una idea del desempeño, ninguno de estos tomado en forma individual, es suficiente como para funcionar como una buena herramienta de gestión. Sin embargo, todos estos juntos, en un cuadro de mando integral, podrían proporcionar la combinación necesaria para obtener resultados y mejorar procesos. Si pudiéramos conectar los indicadores proactivos y los reactivos de una manera significativa, seguramente podríamos hacer ambas cosas, predecir y medir el impacto de nuestras intervenciones.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta el tipo de actividad que se desea medir. Suele ser común, como veremos más adelante, que un indicador proactivo de un objetivo puede ser un indicador reactivo para otro. Como ejemplo, podemos decir que el indicador de corte de motor en vuelo puede ser tomado como proactivo para los accidentes pero si miramos un poco más hacia atrás, para que se produzca un corte de motor en vuelo pueden existir algunos indicadores de sucesos previos que nos puedan dar una señal de que este, es un potencial evento dentro del sistema y de esta manera, podemos intentar colocar una barrera para contenerlo.



Situación similar podría ocurrir con los indicadores referidos a las actividades de las personas, sin que se llegue a un incidente, podemos ver que cierta tarea que se desarrolla dentro de un hangar se está realizando en condiciones inseguras, lo que nos motivará a realizar un reporte no punitivo y en base a su análisis, se podrán implementar mejoras antes de que estos eventos cambien su condición de “casi- accidentes” para pasar a ser accidentes. Este concepto está identificado con el “modelo del iceberg” en seguridad, la punta de este (parte que está a la vista) y más pequeña representa a los accidentes y todo lo que está debajo del agua (cuyo tamaño es mucho más grande) son las condiciones inseguras que sucedieron y no fueron contenidas, antes de llegar a emerger.

Teniendo en cuenta a los indicadores, podremos observar que la gestión de la seguridad sufre muchos de los mismos problemas que Kaplan y Norton encontraron en la dirección estratégica.

Los índices de seguridad se encuentran en cierta forma condicionados por su uso casi exclusivo de los datos de accidentes. Los índices de gravedad y frecuencia de los accidentes son valiosos y no deben ser desestimados en ningún momento pero, consideramos que estos podrían beneficiarse si tenemos en cuentas también otras perspectivas.

Como venimos sosteniendo, la información sobre accidentes y/o incidentes pueden indicar qué tan bien se está gestionando pero no indica cómo y dónde aplicar las mejoras.

#### Propuestas desde las cuatro perspectivas

Para el análisis, las perspectivas financieras de la gestión estratégica de Kaplan y Norton, serán nuestras perspectivas de seguridad. Es de suma importancia establecer un objetivo general, claro y concreto para mantenimiento y en relación a este, podrían estar basados los objetivos específicos para cada sector o grupo de trabajo que, en forma integrada, contribuyen con las tareas que se realizan sobre el avión y sus componentes.

Queda totalmente entendido que la cifra cero accidente es lo deseado (ninguna empresa se va a poner como objetivo por ejemplo, tener menos de dos accidentes por año). Volviendo



al modelo del “Queso Suizo de Reason”, debemos comprender que nuestro objetivo es generar barreras que permitan la contención de los eventos y de esta forma, debemos trabajar para que en cada una de estas barreras que vamos a colocar, posean los indicadores que permitan visualizar si estamos haciendo las cosas correctamente. Tenemos que trabajar para contener a los factores contribuyentes desde la base del “iceberg” incorporando objetivos para que nos ayuden a no llegar nunca tener un evento en la cima. En la Figura 17, podemos ver ejemplos de eventos medibles que pueden establecerse como objetivos en diferentes niveles.

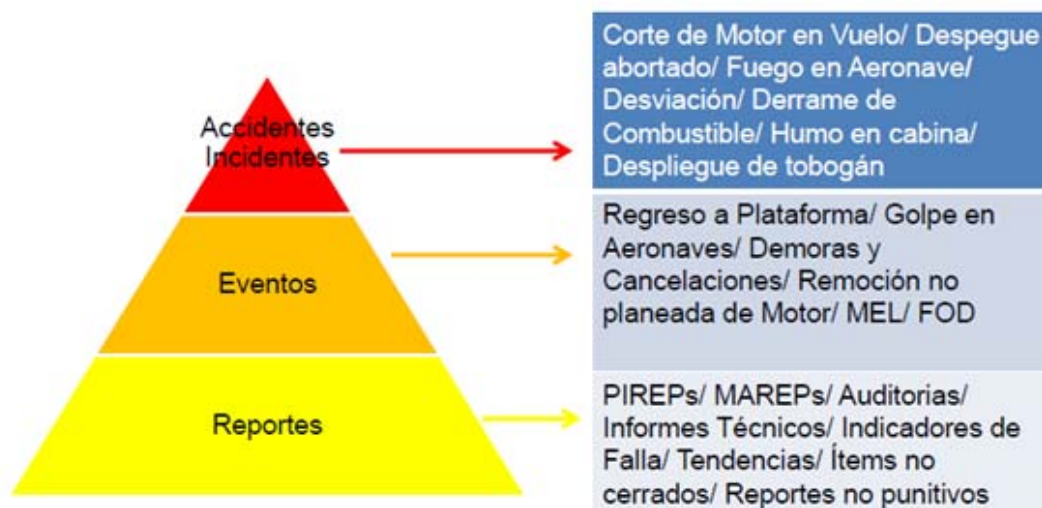


Figura 17- Cadena de factores contribuyentes (Elaboración propia)



### 1) Perspectiva de las Personas

Al igual que en la medición de la satisfacción del cliente en la gestión estratégica, la seguridad se puede medir desde la perspectiva de los trabajadores de mantenimiento.

¿Qué tan bien la gente hace su parte?

Muchas organizaciones utilizan las encuestas de percepción. Sin embargo, casi nadie emplea a estas para generar una base de datos que permita comparar o extraer conclusiones concretas sobre cómo los esfuerzos realizados en seguridad influyen sobre las percepciones de los empleados y si se tiene en cuenta a estos al momento de proponer planes mejoras.

Dentro del sistema SMS, se utiliza el sistema de reporte no punitivo para informar sobre una situación que se considere insegura en el entorno de mantenimiento. Considero importante, teniendo como referencia a la industria petrolera, que conjuntamente con el grupo de mecánicos e inspectores de calidad se encuentre una persona especializada en seguridad durante los trabajos que contienen cierto riesgo. La función de este sería supervisar las actividades que se realizan, no como un simple crítico, sino que debe aportar capacitación en el lugar de trabajo, estar en las reuniones de equipo cuando se preparan las tareas e incorporar su visión sobre los factores humanos y la seguridad laboral. En mi opinión, sería importante que esta persona calificada reporte directamente en la línea del gerente corporativo de seguridad para evitar los típicos conflictos de interés entre miembros de una misma gerencia (en este caso la técnica) y no esté condicionado al momento de emitir informes. Adicionalmente, debería ser alguien que no esté habituado al sitio. Esto es esencial para evitar el sesgo que se produce cuando una persona posee mucho tiempo dentro del mismo entorno. Considero que esta iniciativa permitiría incrementar el número de reportes ya que motivaría a los trabajadores a ser más consciente de su propia seguridad.

Los programas o iniciativas de este tipo, necesitan el apoyo de la gente y poder conocer como los trabajadores perciben estos cambios es de suma importancia.

## 2) Perspectiva del Aprendizaje y Crecimiento

Este aspecto de la gestión estratégica tiene una aplicación directa a la seguridad.

Para alcanzar el objetivo de seguridad, ¿Cómo vamos a trabajar sobre nuestra capacidad de cambiar y mejorar? La seguridad se tiene que medir por su cultura y la flexibilidad que esta posee.

Las evaluaciones que se realizan durante la capacitación podrían ser un buen índice para ponderar. No sólo lo aprendido en el aula es importante sino que también, como se está transfiriendo este aprendizaje al lugar de trabajo y entre los mismos trabajadores. Evaluaciones post fase de aprendizaje son útiles para comprobar si se está realizando la transferencia de cultura de seguridad o se están conservando comportamientos impropios que puedan llegar generar desviaciones de los objetivos planteados. La capacidad de incorporar a todos empleados dentro de la cultura de seguridad y factores humanos, es un factor importante con el que deben contar las empresas para lograr adaptarse a nuevas realidades.

## 3) Perspectiva de los Procesos

Los esfuerzos por la seguridad generalmente incluyen una serie de procesos dirigidos a la reducción de accidentes e incidentes en mantenimiento: Análisis de Riesgo, Investigación de Accidentes, Auditorías, Comunicación interna sobre informes de seguridad, entrenamiento, herramientas de contención de errores humanos ya sean proactivas, reactivas y predictivas como las que vimos en los capítulos anteriores MRM, MEDA, LOSA y hasta el programa SMS, entre otros.

Un cuadro de mando integral permite otorgarles a los encargados de gestionar la seguridad, un panorama global, que los ayuda a comprobar, de qué manera los procesos están cumpliendo con objetivos establecidos y cómo estos contribuyen al logro de la visión y la estrategia.



Los resultados deseados en términos de seguridad, dependen del funcionamiento normal de cada uno de los procesos que interactúan en el sistema de gestión. Entre estos procesos, la gestión del cumplimiento normativo y la de los riesgos, son actividades especialmente interesantes. Estos procesos, pueden ayudar a preparar mejor a una organización frente a eventos adversos y permiten controlar las amenazas a la seguridad, mediante el monitoreo.

El análisis de riesgo, complementado con el análisis de accidentes e incidentes puede promover el aprendizaje en base a la experiencia, con el fin de que los eventos que ya han ocurrido, no se repitan en el futuro.

Los indicadores de calidad en mantenimiento se concentran en los factores que afectan la disponibilidad de las aeronaves. El sistema de gestión de seguridad SMS nos solicita contar con una serie de indicadores que deben ser reportados periódicamente a la autoridad reguladora como por ejemplo:

- ✓ Despliegue de Toboganes de emergencia
- ✓ Golpes a Aeronaves
- ✓ Derrames de Combustible
- ✓ Regresos a plataforma por fallas técnicas
- ✓ Fuego en aeronave
- ✓ Humo en aeronaves
- ✓ Cortes de Motor en vuelo

Sin embargo, las opiniones recibidas durante las entrevistas que he realizado a especialistas dedicados a la gestión del programa SMS en las principales líneas aéreas de Argentina, generalizaban la idea de que estos indicadores no proporcionan una imagen completa del nivel de seguridad en mantenimiento. Tampoco estos, nos brindan información que permita trabajar en forma proactiva en la contención del error. Los especialistas sostienen que sería importante, durante la implementación de la última fase del programa SMS, aumentar la cantidad, calidad y tipo de indicadores (proactivos, reactivos, predictivos) para



que a través de estos se pueda controlar y gestionar la seguridad con un panorama más amplio y anticipativo.

Los principales objetivos de los indicadores son: 1) monitorear el nivel de seguridad en un sistema 2) decidir, dónde y cómo tomar acción 3) motivar a las personas que pueden tomar las medidas necesarias para mejorar el sistema a que lo hagan.

La propuesta para esta perspectiva se centra en que durante el proceso de incorporación de la última fase del SMS, sería conveniente incorporar indicadores que nos permitan trabajar sobre los principales problemas que causa el error humano en mantenimiento. En los capítulos anteriores, hemos citado, a modo de ejemplo, algunos de los errores que fueron los precursores de eventos que afectaron la seguridad.

- Instalación incorrecta de componentes
- Montaje de piezas equivocadas
- Incorrecto cableado eléctrico
- Objetos sueltos (herramientas, FOD (*Foreign Object Damage*), etc.) que pueden ser causantes de daños en la aeronave
- Lubricación inadecuada
- Capots, paneles de acceso y los carenados no asegurados
- Tapas de paneles de abastecimiento de combustible / aceite no asegurados
- Pernos fijadores del tren de aterrizaje que no retiran antes de la salida

En base a los casos que expusimos en capítulos anteriores, pudimos comprender que estos errores humanos, por más simples que parezcan, pueden derivar en eventos que producen un efecto muy perjudicial para la compañía. Adicionalmente al factor seguridad, también se ve notablemente afectada la perspectiva económica de la empresa tal como vimos en el cuadro “Costos imputados por flota según el tipo de evento”, si cualquiera de estos errores termina en un evento como podrían ser entre otros:



- ✓ Corte de Motor en Vuelo (*Engine In-flight Shutdown, IFSD*)  
Una detención del motor que se produce en cualquier momento que el avión está en el aire o en carrera de despegue.
- ✓ Aborto de Despegue (*Aborted Take-offs, ATO*)  
Evento en el cual luego de aplicar potencia de despegue se detiene el mismo.
- ✓ Retorno del Avión en vuelo (*Air Turn Back, ATB*)  
Requiere regresar al aeropuerto de origen después del despegue.
- ✓ Desvío del Vuelo (*Flight Diversion, FLT-DIV*)  
El avión se desvía a un aeropuerto distinto del aeropuerto de destino previsto.
- ✓ Demoras y Cancelaciones (*Delays & Cancellations, D&C*)  
Retraso en la salida de más de 15 minutos o cancelación del vuelo.
- ✓ Remoción no planeada de motor (*Unscheduled Engine Removal, UER*)  
Remover un motor que se considera no apto para la operación antes de lo previsto, excluyendo los casos de conveniencia, el mantenimiento preventivo o la remoción programada.
- ✓ Daños con Objetos externos (*Foreign Object Debris damage, FOD*)  
Daños a la aeronave o en el motor debido al impacto o la ingestión de objetos que se encuentran sueltos.

Deberíamos tratar de definir entonces, cuáles serían las mejores medidas de control para prevenir los eventos que afectan a la seguridad desde mantenimiento. Para lograr este objetivo, necesitamos identificar todos los signos y factores contribuyentes que puedan brindarnos una señal de que se avecina un potencial evento. Para lograrlo, suena convincente que necesitemos datos de los indicadores proactivos de fiabilidad técnica que nos permitan encontrar indicios de errores humanos.

Cuando se trabaja con alta fiabilidad, se presta mucha atención a los primeros eventos que proporcionan las señales de que algo está funcionando mal. El objetivo principal de los

indicadores es apoyar el seguimiento y más específicamente anticipar y promover la acción antes de que ocurra algo realmente importante.

Dentro del área de mantenimiento, podemos extraer muchas conclusiones si buscamos el factor humano que contiene el dato del indicador de fiabilidad. Como ejemplo la Lista de Equipo Mínimo (MEL), es una lista de los instrumentos y equipos que pueden estar inoperativos en un avión por un cierto periodo de tiempo antes de su reparación o cambio. En otras palabras, es como un permiso temporal que tiene el avión para seguir operando pese a su problema. El número de ítems MEL inoperativos, es un indicador que dice algo sobre el estado técnico de la aeronave en relación a la seguridad de los sistemas críticos. Figura 18.

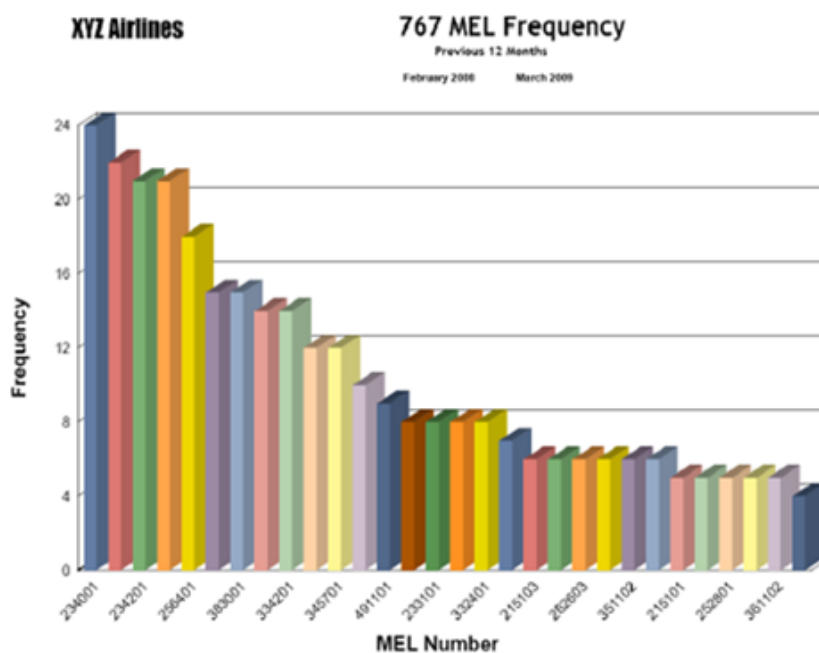


Figura 18- Número de Ítems MEL de una flota por sistema.  
Fuente (Boeing, Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)

Por ejemplo, si el indicador está mostrando un ligero aumento en el número de ítems MEL durante un período determinado, las razones para este aumento podrían ser la falta de piezas disponibles para efectuar los reemplazos necesarios, falta de personal para terminar



correctamente el trabajo, personal bajo presión para cumplir con los tiempos de escala y de esta manera liberar el avión al servicio dejando que el problema sea resuelto en la base central, falta de entrenamiento o habilidades para solucionar el inconveniente, falta de compromiso, errores en la gestión de personal, etc.

Sobre la base de los datos estadísticos, es posible argumentar que el aumento de la MEL tiene una relación directa con una disminución en el estado técnico de la aeronave y puede representar una disminución en los márgenes de seguridad.

Es importante comprender que el uso del indicador proactivo proporciona una fuente adicional de información a la empresa con el fin de mejorar las operaciones. En este caso, el uso de indicadores como Lista de Equipo Mínimo (MEL) provee de una alerta temprana a la organización de la condición de la aeronave y nos permite buscar más atrás del parámetro para poder encontrar esos errores que podrían ser contenidos. En este caso, se podría analizar si estos ítems se están abriendo en un sector determinado y a través de indicadores en factores humanos poder llegar a la causa raíz del problema. A modo de ejemplo, podríamos contar con indicadores adaptados para cada sector que nos proporcionen información adicional:

FACTOR CONTRIBUTIVENTE	POSIBLES INDICADORES
FATIGA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Horas extras trabajadas por turno</li> <li>-Número de descansos perdidos</li> <li>-Cantidad de informes emitidos por el personal de seguridad sobre distracciones y/o bajo rendimiento del personal técnico</li> <li>-Cantidad de <i>near-misses</i> reportados debido a fatiga</li> <li>-Ausencias por enfermedad</li> <li>-Tiempo promedio empleado en tareas rutinarias</li> </ul>
CAMBIO ORGANIZACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Número de evaluaciones de riesgo realizadas debido a un cambio organizacional</li> <li>-Número o porcentaje de procesos de gestión del cambio cumplidos con respecto a los necesarios</li> <li>-Cantidad de tareas derivadas al siguiente turno</li> <li>-Cantidad de veces que se detiene un trabajo por falta de personal</li> <li>-Personal trabajando por turno en relación al necesario para las actividades encomendadas</li> </ul>
ENTRENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de empleados entrenados por periodo en relación al programado</li> </ul>





	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de empleados que fallan la evaluación de campo luego del entrenamiento en aula (reporte de auditores)</li> <li>-Habilidades/ entrenamientos requeridos para las tareas que se realizan en el sector en relación con los que posee el trabajador</li> </ul>
ERGONOMÍA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Herramientas de evaluación en factores humanos disponible y utilizadas dentro de la compañía</li> <li>- Cumplimiento de los equipos / lugares de trabajo con los requisitos de diseño medioambiental y ergonómicos (iluminación, ruido, etc.). En base a las auditorías realizadas</li> <li>- Número de incidentes / lesiones asociadas con equipos específicos o procedimientos de trabajo</li> </ul>
COMUNICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de reuniones de traspaso de turno</li> <li>-Cantidad de errores/problemas asignados a un cambio de turno</li> </ul>
CULTURA DE SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de reportes por temas de seguridad</li> <li>-Cantidad de near-miss reportados</li> <li>-Ítems de auditoria interna cerrados en función de los encontrados</li> <li>-Recomendaciones incorporadas en relación con las planificadas.</li> </ul>

Si contáramos con un indicador que tuviera en cuenta cuantos reportes de piloto (PIREPs) se generan por la misma novedad, muchas veces notaríamos que desde mantenimiento se cierran ítems al reemplazar unidades, que en muchos casos, no son las causas del problema.

Para explicarlo mejor, si por ejemplo el piloto reporta que se enciende la luz de reversor de empuje en vuelo, el mecánico hace un chequeo en tierra según los pasos del manual y cierra el ítem sin novedad en caso de no detectar anomalías. Otras veces, realiza el cambio de un componente menor “sospechado de ser el causante de la novedad”, realiza el testeo y si todo sale bien, libera el avión al servicio notificando el cambio de parte realizado.

Muchas fallas, especialmente las eléctricas, no se manifiestan en forma continua y suelen aparecer en situaciones aleatorias si no se revuelven de raíz. Por tal motivo, las pruebas en tierra pueden resultar satisfactorias pero la novedad regresa con el tiempo.

Es común reemplazar un componente que está en el camino de la falla pero que no es la causa raíz. Cuando este es removido del avión, sospechado de ser el causante de la novedad, si es una unidad que pueda ser reparada, se envía a reparación (en aeronáutica no

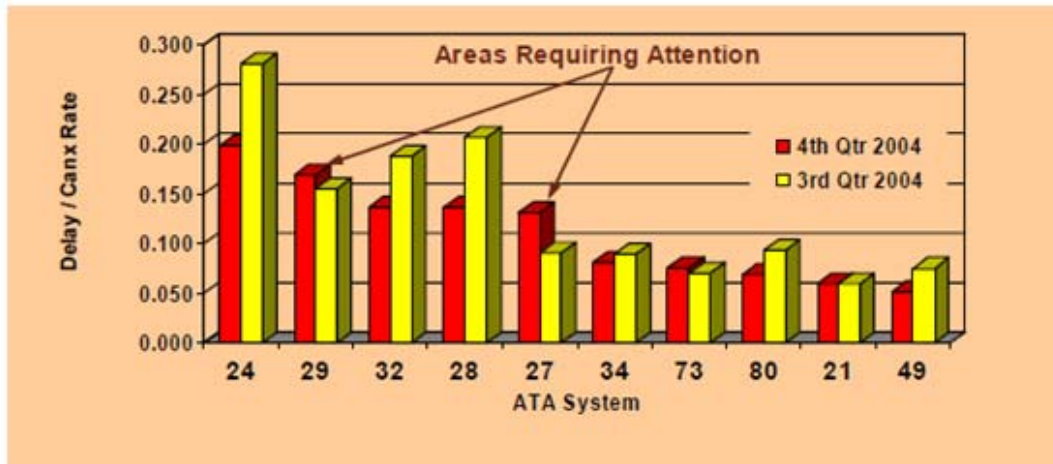


se puede enviar una unidad al stock si es removida del avión, debe ser inspeccionada y/o reparada y liberada al servicio por personal habilitado).

Muchas veces se gastan sumas de dinero importante enviando unidades a reparación que están en perfectas condiciones pero que son víctimas de errores de mantenimiento o causas de factores humanos. En determinadas ocasiones es más fácil retirar un componente, fácil de remover, que hacer el chequeo de un cable q pasa por los lugares más incómodos.

Los indicadores cómo la cantidad de PIREPs por la misma falla integrado a los tiempos empleados a solucionarlas, nos pueden dar una retroalimentación para poder ajustar procedimientos de mantenimiento que se están realizando con displicencia. Entender si existen motivos por los cuales no se están resolviendo de raíz las novedades como pueden ser, la falta de personal, falta de entrenamiento, falta de compromiso, etc.

Como siguiente ejemplo, propongo tratar de contener las demoras provocadas por causas técnicas. Para este propósito, podríamos analizar un poco más allá del simple informe que generalmente se presenta con el número total de demoras y tratar de encontrar la causa raíz de las mismas. Supongamos que contamos con un indicador que nos proporciona datos específicos de los diferentes sistemas que fallaron y provocaron demoras en la salida de un vuelo (ATA 100 código que identifica y ordena a los sistemas del avión para su correspondiente interpretación) como el de la Figura 19.



		Fourth Qtr - 2004 Rev. Dept. 23611			Third Qtr - 2004 Rev. Dept. 22550		
ATA	System	# Events	Rate	% Events	# Events	Rate	% Events
24	Electrical Power	47	0.198	13.3	63	0.281	14.8
29	Hydraulic Power	40	0.169	11.3	35	0.155	8.2
32	Landing Gear	32	0.136	9.1	42	0.188	9.9
28	Fuel	32	0.136	9.1	47	0.207	10.9
27	Flight Controls	31	0.131	8.8	21	0.091	4.8
34	Navigation	19	0.081	5.4	20	0.089	4.7
73	Engine Fuel & Control	18	0.076	5.1	16	0.070	3.7
80	Engine Starting	16	0.069	4.6	21	0.093	4.9
21	Air Conditioning	14	0.059	3.9	14	0.060	3.2
49	APU	12	0.051	3.4	17	0.075	3.9

Figura 19- Demoras en función de fallas en sistemas.  
Fuente (Boeing, Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)

Podemos identificar claramente las áreas donde necesitamos prestar más atención gracias a que conocemos el índice de fallas asignadas a cada sistema. Como nos podemos imaginar, tenemos la posibilidad de ser aún más proactivos y buscar un indicador que nos proporcione los datos sobre el origen específico de las fallas en esos sistemas. Estos indicadores podrían ser el mismo reporte del piloto PIREPs (pilot reports), datos de monitoreo del motor, reportes de piezas canibalizadas (cuando se retiran componentes de un avión que se encuentra fuera de operación y se colocan en otro), etc.

Una vez encontrada la razón técnica de la falla trataremos de entender si esta está relacionada con errores humanos.



Una compañía aérea, descubrió que un vuelo cancelado por razones técnicas, en realidad había sido afectado por un error humano. Investigando el origen de la falla en el sistema, se enteraron que el mecánico, acostumbrado al canibalismo de piezas, no había colocado aceite dentro de un dispositivo mecánico del motor. Durante la interrogación, el mecánico reconoció haber instalado el componente sin la lubricación necesaria debido a que asumió que esta provenía de otro avión (era una costumbre hacer el trabajo de este modo) y por lo tanto, ya estaría lubricada con el aceite de origen. Sin embargo, el componente era nuevo y el manual decía claramente que necesitaba aceite al momento de instalarlo. Esta distracción, le costó a la compañía la cancelación de un vuelo y la reparación de un motor. Poder entender el origen y contener este tipo de errores es clave para que se pueda generar valor a la compañía.

Como cierre del ejemplo, me parece oportuno observar la Figura 20 donde nos permite apreciar las diferencias en término de costos entre dos compañías que operan la misma flota y con la misma cantidad de vuelos anuales pero que poseen un índice diferente de demoras y cancelaciones.

Value Of Reliability Calculator  
Select airplanes and enter value in cell B7

737-800  
Airline X      Airline Y

Fleet Schedule Reliability	99.84%	99.30%	
Flights per Airplane per Year	2200	2200	
Delay Rate per 100 Departures	0.323	0.649	
Cancellation Rate per 100 Departures	0.028	0.040	
Air Turnback Rate per 100 Departures	0.010	0.009	
Diversion Rate per 100 Departures	0.004	0.004	
Average Delay Time (hrs)	1.4	1.4	
Delays per Airplane per Year	7.1	14.3	
Cancellations per Airplane per Year	0.6	0.9	
Air Turnbacks per Airplane per Year	0.2	0.2	
Diversions per Airplane per Year	0.1	0.1	
Cost per Delay Hour	\$6,200	6200	} Typical costs
Cost per Cancellation	\$25,000	25000	
Cost per Air Turnback	\$18,500	18500	
Cost per Diversion	\$27,000	27000	
Interruption Cost per Airplane per Year	\$85,190	\$155,510	
NPV Calculation: (Enter discount rate as a decimal and term)			
Discount Rate		0.1	
Term (Years)		10	
NPV Interruption Cost Advantage per Airplane (Year 2009 U.S. Dollars)		\$432,089	

Figura 20- Relación de costos entre dos compañías.

Fuente (Boeing Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)

Supongamos que ahora buscamos ser más proactivos en dos temas críticos como son:

- ✓ Corte de Motor en Vuelo (*Engine In-flight Shutdown, IFSD*)
- ✓ Remoción no planeada de motor (*Unscheduled Engine Removal, UER*)

El sistema SMS nos indica que tenemos que contar con el indicador que informe la cantidad de eventos de Corte de Motor en Vuelo. Como vimos durante el desarrollo de esta tesis, este indicador es de tipo reactivo para nuestro análisis.

Si quisiéramos contener este evento debemos contar con un sistema de monitoreo de parámetros del motor, el cual se encuentra dentro del programa de mantenimiento de la compañía aérea y está acordado con la autoridad aeronáutica. Nuestra iniciativa es que el programa SMS también se base en estos parámetros para poder retroalimentar el sistema y no llegar al evento.

El Monitoreo de Condiciones del Motor (*Engine Condition Monitoring ,ECM*), es uno de los métodos más efectivos para maximizar el tiempo del motor en operación y reducir las remociones y costos de reparación. Existen diferentes formas por las que se puede obtener información para realizar los análisis correspondientes. La Figura 21, nos muestra el proceso de monitoreo de condiciones.

- ✓ Recolección manual de los parámetros del motor (lo realizan el piloto durante las etapas de vuelo correspondientes y el mecánico en tierra. Luego los datos, son interpretados por los analistas de ingeniería)
- ✓ Con un software que envía directamente los datos a un programa diseñado para que los analistas de ingeniería puedan efectuar el análisis. Cada compañía fabricante de motores tiene sus propios programas que son ofrecidos al operador con este fin.

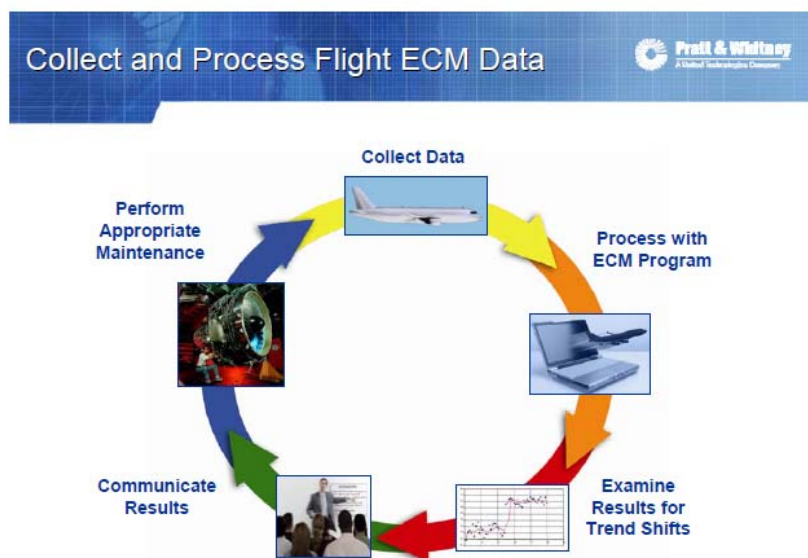


Figura 21- Proceso de Monitoreo de Condiciones.

Fuente (Boeing Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)

Sin entrar en detalles técnicos, existen diferentes parámetros críticos del motor que con este programa pueden ser monitoreados continuamente. Sin embargo, estos eventos se siguen produciendo y afectan en gran medida a la industria. Como podemos ver en la Figura 22 donde nos indica la cantidad de IFSD en un período de doce meses para el motor

CFM56-5C (Motor utilizado en la flota Airbus A340). Como vemos en la figura y sin entrar en detalles técnicos, CFM separa las causas en dos grupos. El primer grupo (*Data for Engine*), corresponde a IFSD relacionados a novedades o degradaciones internas del motor. El segundo grupo (*Data for non-engine*), contiene dos tipos de causas:

- ✓ Errores de Mantenimiento. Cinco IFSD que fueron producidos por instalaciones incorrectas de filtro de aceite, torque inadecuado de componentes y reemplazo de filtro de combustible mal efectuado.
- ✓ Fallas en la zona del capot del motor. Dos IFSD debido a causas externas al motor.

Nuestro objetivo es concentrarnos en los errores de Mantenimiento.

### **IFSD Causes - Last 12 Months** (February 2014 to January 2015)

Last 12 Months: Engine Flight Hours: 2,751,823; Engine Flight Cycles: 392,817



<u>Cause</u>	<u>Quantity</u>	<u>Status</u>
<b>Data for engine:</b>		
NCF	1	1- N1 fluctuation (HMU suspected)
RDS	1	1- RDS rupture
VBV System	1	1- Low EGT margin
Harness connection	1	1 – Oil temp harness
Under investigation	1	1 – MCD findings (#3 or #4 Bearing)
<b>Data for non-engine:</b>		
Maintenance	5	1- Oil Press TX untertorquage 1- Fuel filter 1- #3 bearing locking nut 1- Lub unit over torque 1- Oil filter O-Ring installation
Nacelle	2	1 – Anti-ice muscle bleed line 1- Fire loop

Figura 22. Principales causas de los IFSD último año solo en motores CFM56-5C  
Fuente: (CFM Field Events Scorecards, 2015)

Si desde ingeniería se están observando parámetros que se alejan de las condiciones normales, se activarán las recomendaciones necesarias para realizar cierto tipo de tareas correctivas o de inspección sobre el motor, para tratar de regresar a este a sus condiciones normales.

Es importante entender el costo asociado que tiene un evento como estos. Según lo estimado por los fabricantes, sostienen que hasta un tercio del Costo Indirecto de Operación IOC (representa el 8% del total de costo de operación del avión) son causados por eventos derivados del motor entre los cuales se encuentran cortes de motor en vuelo, cancelaciones y demoras y otras discrepancias. Figura 23.

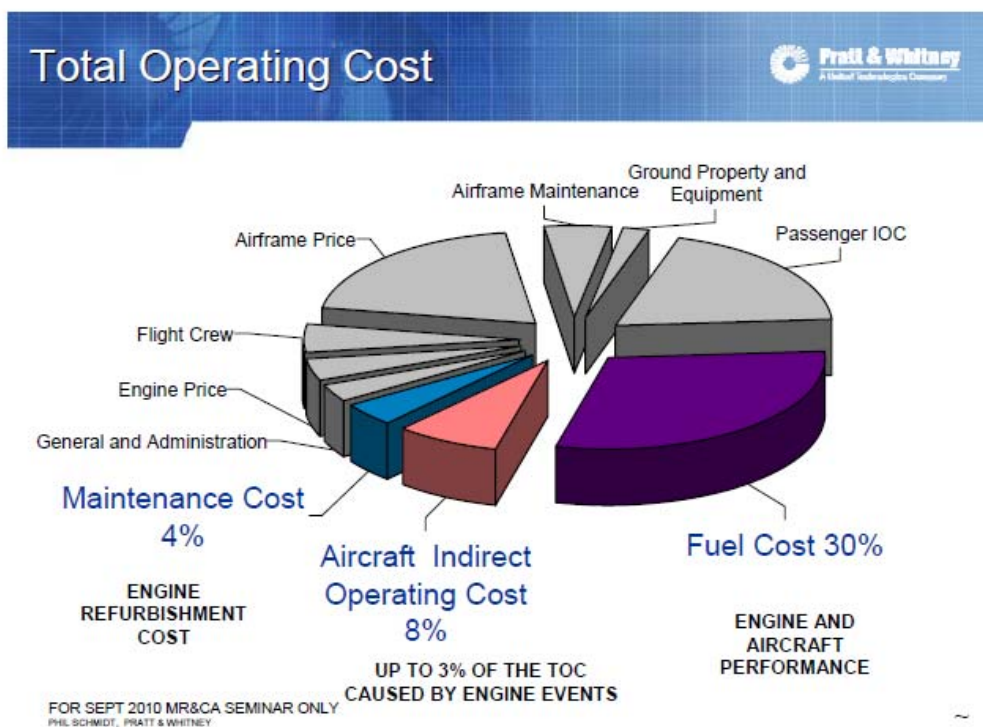


Figura 23- Costo Total de Operación.

Fuente (Boeing Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)



Teniendo en cuenta este dato y conociendo del ejemplo anterior de los costos imputados a una demora, podemos determinar que los costos indirectos del avión se componen de la siguiente forma:

IOC (Indirect Operating Cost) = Discrepancias en la Operación (*IFSD, Flight Diversion, Air Turn Back, Aborted Take-offs, Unscheduled Engine Removal (UER)*) + Demoras y Cancelaciones + Otros eventos relacionados al avión.

Es importante destacar que al poseer un sistema de monitoreo continuo del motor, podemos tomar acción preventiva de sobre los eventos relacionados a este que afectan a la operación. Sin embargo, ¿Qué pasa con aquellos parámetros del motor que en algunos sistemas no se transmiten directamente?

El consumo de Aceite del Motor, es un parámetro crítico para la vida del mismo. De acuerdo a los manuales de mantenimiento, se establecen límites de operación los cuales no deben ser superados y en tal caso, el motor debe desmontarse para efectuar sobre el mismo un trabajo de inspección de mayor nivel del que se puede hacer sobre el ala. Figura 24.



Figura 24. Manual de Mantenimiento Boeing B737NG  
Fuente (Boeing)

Una de las causas más frecuente de remoción de motor y de IFSD es el alto consumo de aceite. Figura 25.

Esto se debe a diferentes causas tanto técnicas como por las imputadas a errores de mantenimiento. Las compañías que no cuentan en sus aeronaves con un software de transmisión directa de consumo de aceite deben establecer sus propios medios para controlar este consumo.

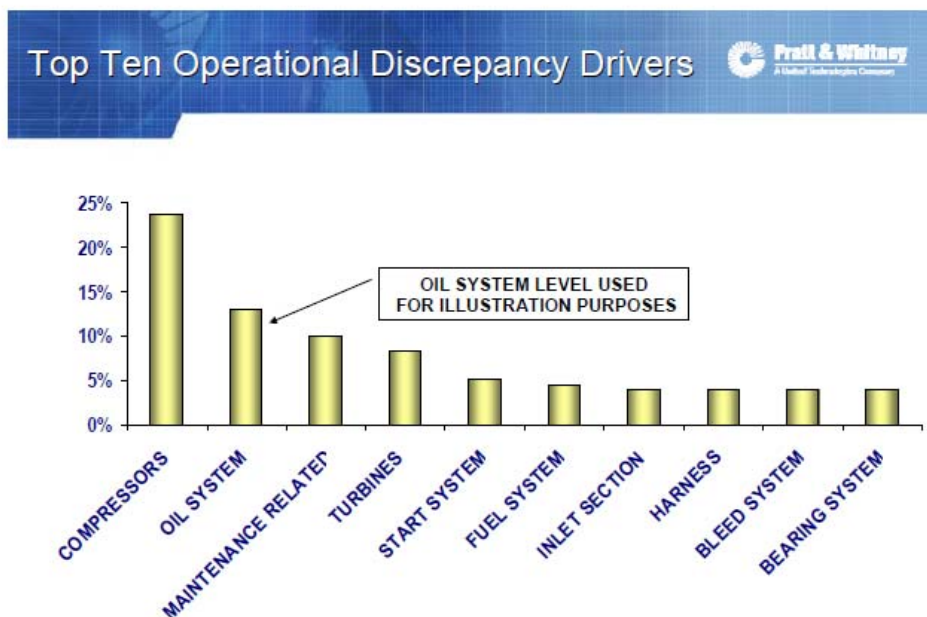


Figura 25- Principales discrepancias en la operación.  
Fuente (Boeing Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar)

Actualmente, para estos casos, se utiliza el sistema de recolección de datos del registro técnico de vuelo (RTV), que al igual que pasa con los reportes del piloto (PIREPs), se cargan en una base de datos. Para este caso, el dato a cargar es la cantidad de latas de aceite suministrada a cada motor por vuelo según lo registrado por el mecánico en el RTV. Luego, desde ingeniería se toma ese dato y la cantidad de horas voladas, para establecer un parámetro de consumo de aceite, generalmente expresado en cuartos de galón (cantidad de aceite que posee una lata) por hora.

Un problema típico de este sistema, especialmente en las grandes compañías, es la falta de datos sobre las latas de aceite cargadas al motor. Esto se debe, de acuerdo a entrevistas realizadas con personal de mantenimiento, a que en reiteradas oportunidades el personal está trabajando sobre más de un avión a la vez debido a la demanda de trabajo, especialmente en los horarios de alta frecuencia de vuelos.

Al momento de llenar el registro, confunden o no recuerdan la cantidad de latas suministradas y dejan el casillero sin datos. Este error u omisión del procedimiento de carga de datos en el RTV, se repite con frecuencia especialmente, sobre aquellos aviones que realizan varios vuelos el mismo día. El analista de ingeniería, en reiteradas oportunidades, al momento de realizar los informes, encuentra que no se ha cargado aceite durante días enteros en ninguno de los motores pese a tener estos suficiente actividad. Figura 26.

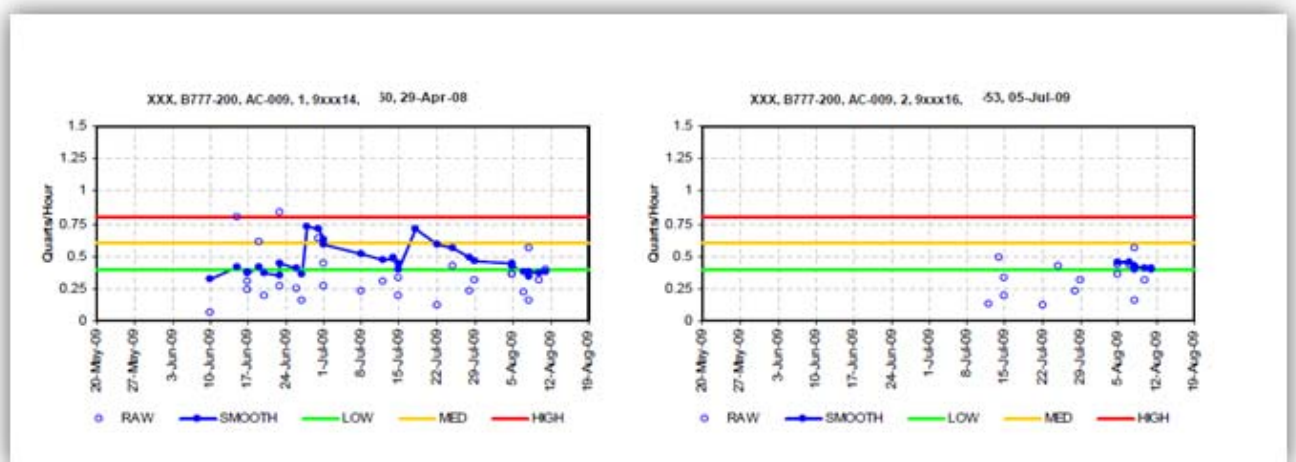


Figura 26- Análisis de tendencia en consumo de aceite. Datos Correctos vs. Datos incompletos.

Fuente (Boeing)

Este factor contribuyente puede llevar a que se produzcan dos eventos:

- 1) IFSD, que puede surgir como consecuencia del consumo de aceite elevado no detectado por los analistas de tendencias, debido a que se han omitido registrar algunas cargas en los RTV y los parámetros estudiados parecían normales.



- 2) UER, debido a una novedad de servicio cuya tarea de aislación de falla, requiera conocer el consumo de aceite para determinar si el motor puede continuar en operación. Puede suceder que no sea posible determinar el consumo correcto debido a que no se posea información correcta.

Si de este ejemplo, suponemos que sucede el evento de mayor importancia en términos económicos y de seguridad como es el IFSD seguido de una desviación de destino y cancelación del próximo vuelo, podremos estimar el costo indirecto (sin tener en cuenta los otros términos de la ecuación) y en base a los datos aportados para esta tesis por General Electric de acuerdo al promedio de la industria para una aeronave Boeing B737NG comprobamos lo siguiente:

$$\text{IOC (Indirect Operating Cost USD)} = 20.000 + 26.000 + 27.000 = \mathbf{73.000 \text{ USD}}$$

Si se contara con un indicador que tuviera en cuenta la cantidad de registros técnicos de vuelo que poseen datos incorrectos o incompletos (fácilmente desarrollable ya que el personal técnico que carga los datos a una base puede obtener este índice), se podría tomar algún tipo de acción correctiva a tiempo y evitar estos costos indirectos. Por ejemplo, capacitar al personal para que comprendan la importancia del dato a registrar en el RTV (indicador de entrenamiento), reforzar la plantilla de mecánicos en las horas de gran demanda (otro indicador puede ser la cantidad de vuelos atendidos por mecánico en el mismo día, esto también mide fatiga y stress), mejorar los procedimientos para que sea más fácil y precisa la llegada del dato, etc.



## CONCLUSIONES

Los indicadores son una fuente de información que nos permiten controlar la operación y tomar acción en las situaciones en que sea necesario. Pero para una industria tan compleja como es la aeronáutica y especialmente el área de mantenimiento en el cual se enfoca esta tesis, no podemos guiarnos solamente por el uso de los indicadores reactivos que nos solicita el programa SMS. Estos nos darán información sobre los eventos que se producen, permitiéndonos su investigación pero sabemos que estos procesos suelen ser largos. Para evitar llegar a que estos eventos se materialicen, debemos optimizar las barreras de contención.

Es necesario comprender como se trabaja dentro de mantenimiento para poder identificar el conjunto de indicadores relacionados dentro de un contexto específico y que de esta manera, se pueda lograr llegar a la causa raíz del factor contribuyente sin la necesidad de que ocurra un evento.

Monitorear las actividades críticas para poder anticiparnos y crear oportunidades de mejora es el principal motivo por el cual se deben incorporar los indicadores proactivos e integrarse a los que propone el sistema SMS, los cuales consideramos actualmente escasos para mantenimiento. Igualmente, comprendemos que el centro de atención para este programa está concentrado en operaciones. Mientras que a mantenimiento se le adjudican entre el 12 y el 20% de los accidentes aéreos, operaciones se lleva la peor carga.

Es necesario seguir trabajando generar la integración entre los indicadores de fiabilidad técnicos y los relacionados a factores humanos.

El objetivo de esta tesis es demostrar la hipótesis, desarrollando una estrategia dentro del sistema de seguridad de la compañía para que incorpore indicadores proactivos, podremos llegar contener al error humano existente en los procesos actuales y esto permitirá aumentar la ventaja competitiva en mantenimiento aeronáutico. Esto nos llevó a explorar las



diferentes herramientas que se utilizan actualmente para contener el error humano y al sistema de gestión de seguridad SMS con el fin responder las siguientes preguntas:

¿Podemos demostrar que los métodos que se emplean para controlar el error humano y de esta manera poder optimizar los procesos internos son realmente los efectivos en mantenimiento aeronáutico?

¿Se puede comprobar que la implementación de indicadores proactivos contribuye a incrementar las ventajas competitivas de la empresa?

Una vez que comprendimos el error en su concepto y naturaleza, pudimos enfocarnos que los factores humanos y su modelo de acción para entender la participación del ser humano dentro de los sistemas complejos. Analizamos las herramientas disponibles en la industria para trabajar en la disminución de eventos pero todas estas, recién se alinearon cuando se desarrolló un sistema integral como el SMS que les permite interactuar y retroalimentarse.

La propuesta desde el análisis del sistema de seguridad en mantenimiento, es la de incorporar indicadores proactivos integrados entre fiabilidad en mantenimiento y factores humanos como así también, proponer más participación de profesionales de seguridad dentro de las áreas donde se realizan las tareas complejas.

El objetivo de los indicadores proactivos es medir los factores y condiciones que en el futuro podrían llegar a afectar tanto a los sistemas técnicos como a la seguridad del vuelo. Estos nos permitirán trabajar con el monitoreo de tendencias y capturar errores mediante la interpretación de cambios repentinos en las métricas.

El análisis realizado durante esta tesis demuestra que es posible identificar candidatos de indicadores proactivos de fiabilidad en mantenimiento para ser integrados al sistema de gestión de la seguridad. Si se generan procesos para interpretar e integrar las tendencias, podremos contener los eventos relacionados a mantenimiento que afectan económicamente a la empresa. Para demostrar el concepto es posible realizar más estudios relacionados con:



- ✓ La propuesta presentada en esta tesis se centró en la incorporación de indicadores proactivos en mantenimiento integrados. El siguiente estudio sería, poner en funcionamiento a estos indicadores dentro del sistema SMS integrados a los de factores humanos y obtener resultados
- ✓ Si se incorpora persona de seguridad dentro de las áreas críticas de mantenimiento. Hacer un seguimiento de las mejoras, en término de seguridad, que se producen.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Accidente de Los Rodeos. Consultado en Wikipedia. Fecha 25/Mar/2015.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Accidente\\_de\\_Los\\_Rodeos](http://es.wikipedia.org/wiki/Accidente_de_Los_Rodeos))

A.L.C. Roelen, M.B. Klompstra (2012). *The challenges in defining aviation safety performance indicators*. Netherlands: National Aerospace Laboratory NLR, Air Traffic Safety Institute.

ANAC (2012). *Fundamentos para la implementación del SMS*. Argentina: Administración Nacional de Aviación Civil.

Boeing (September 12-17, 2010). *Maintenance Reliability & Cost Analysis Seminar*. The Boeing Company

Boeing Magazine AERO (QTR 2, 2007).

([http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_2\\_07/AERO\\_Q207](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/AERO_Q207))

Boeing Magazine AERO (QTR 2, 2012).

([http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012\\_q2/pdfs/AERO\\_2012q2](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q2/pdfs/AERO_2012q2) )

Boeing. *Maintenance Error Decision Aid (MEDA)*. Users Guide.

([http://www.hf.faa.gov/opsmanual/assets/pdfs/MEDA\\_guide.pdf](http://www.hf.faa.gov/opsmanual/assets/pdfs/MEDA_guide.pdf))

CAA. (2009). Paper 2009/05. *Aircraft Maintenance Incident Analysis*. UK: Civil Aviation Authority

CASA (2013). *Safety Behaviors: Human Factors for Engineer*. Australia Government: Civil Aviation Safety Authority Australia





Commercial and Business Aviation Branch and the Aircraft Maintenance and Manufacturing Branch. (2002). *Safety Management Systems for flight Operations and Aircraft Maintenance Organizations*. Canada: Minister of Public Works and Government Services.

David Adams (June, 2006). *A Layman's Introduction to Human Factors in Aircraft Accident and Incident Investigation*. ATSB SAFETY INFORMATION PAPER B2006/0094, Australia: Australian Transport Safety Bureau.

Dirección de Seguridad Operacional LAN Colombia (2013). *SMS LAN Colombia*. (Presentación Power Point), ([http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/SegOperacional/Memorias-VI Seminario/Documents/LAN%20-%20Caso%20Exitoso%20SMS%20%20Transporte%20Regular.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/SegOperacional/Memorias-VI%20Seminario/Documents/LAN%20-%20Caso%20Exitoso%20SMS%20%20Transporte%20Regular.pdf) )

Edwards, E. (1988). *Introductory Overview*. In E.L. Wiener & D.C. Nagel (Eds), *Human Factors in Aviation* (pp. 3-25). San Diego, CA: Academic Press

Frederic Juglaret, Jean-Marc Rallo, Raoul Textoris, Franck Guarnieri, Emmanuel Garbolino. *Occupational Health and Safety Scorecards : New leading indicators improve risk management and regulatory compliance*. 40th ESReDA Seminar - Risk Analysis and Management Across Industries, May 2011, Bordeaux, France. 16 p.

Frederic Juglaret, Jean-Marc Rallo, Raoul Textoris, Franck Guarnieri, Emmanuel Garbolino. *New Balanced Scorecard leading indicators to monitor performance variability in OHS management systems*. Erik Hollnagel, Eric Rigaud, Denis Besnard. Fourth resilience engineering symposium, Jun 2011, Sophia Antipolis, France. Presses des Mines, pp.Pages 121-127.



ICAO. (2002). *CAP 715. An Introduction to Aircraft Maintenance Engineering Human Factors for JAR 66*. Montreal: International Civil Aviation Organization

ICAO. (2003). *CAP 716. Aviation Maintenance Human Factors (EASA / JAR145 Approved Organizations)*. Montreal: International Civil Aviation Organization.

ICAO. (2002). *CAP 718. Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection*. Montreal: International Civil Aviation Organization

ICAO. (2003). *CAP 719. Fundamental Human Factors Concepts*. Montreal: International Civil Aviation Organization.

ICAO (2003). *Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual*, Doc. No.9824 AN/450. Montreal: International Civil Aviation Organization.

ICAO (2013). *Safety Management Manual (SMM)*, Doc. No. 9859 AN/474. Montreal: International Civil Aviation Organization.

James C. Taylor, Manoj S. Patankar (2001). *Four generations of maintenance resource management programs in the United States: An analysis of the Past, Present, and Future*. Journal of Air TransportationWorldWide. Aviation Institute, University of Nebraska at Omaha.

Johan KJÆR-HANSEN (1999). *A Business Case for Human Factors Investment*. Doc.HUM.ET1.ST13.4000-REP-02. European Organization for the Safety of Air Navigation

Kaplan R and Norton D. (1996). *The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance*, Harvard Business School.



Kaplan, R and Norton, D.(2008). *The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Maggie J. Ma, William L. Rankin (2012). *Implementation Guideline for Maintenance Line Operations Safety Assessment (M-LOSA) and Ramp LOSA (R-LOSA) Programs*. Civil Aerospace Medical Institute: Federal Aviation Administration DOT/FAA/AM-12/9 Office of Aerospace Medicine Washington, DC 20591

Megan Brown (2009). *Developing KPIs that drive process safety improvement*. Lloyds Register EMEA, Aberdeen, UK.

National Transportation Safety Board. (2000). *Controlled Flight Into Terrain, Korean Air Flight 801, Boeing 747-300, HL7468, Nimitz Hill, Guam, August 6, 1997*. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-00/01. Washington, DC.

Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.

Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot, UK: Ashgate.

Reason, J. & Hobbs, A. (2003). *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*. Aldershot, UK: Ashgate.

Reporte Final Accidente Aéreo Birgenair, Vuelo ALW-301, Febrero 06,1996" (in Spanish). DGAC. 25 October 1996. ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Birgenair\\_Flight\\_301](http://en.wikipedia.org/wiki/Birgenair_Flight_301)). Consultado el 20 de Marzo de 2015.

Terry L. Mathis (June, 2005). *Safety Metrics, The Big Picture*. ProAct Safety. (<https://proactsafety.com/articles/safety-metrics-the-big-picture>)

**ANEXOS****Acrónimos y Abreviaciones**

ANAC	Administración Nacional de Aviación Civil
ASRS	Aviation Safety Reporting System
ATA	Air Transport Association
CAA	UK Civil Aviation Authority
CRM	Crew Resource Management
EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FAA	Federal Aviation Administration
HPIM	Human Performance in Maintenance
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
LOSA	Line Operations Safety Audit
MAREP	Maintenance Report
MEDA	Maintenance Error Decision Aid
MOR	Mandatory Occurrence Report
MRM	Maintenance Resource Management
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PIREP	Pilot Report
QMS	Quality Management System
SMM	Safety Management Manual
SMS	Safety Management System
SRG	Safety Regulation Group (CAA)
TEM	Threat and Error Management
UER	Unscheduled Engine Removal
ATO	Aborted Take-offs
ATB	Air Turn Back
FLT-DIV	Flight Diversion
FOD	Foreign Object Damage

Anexo I: ICAO (2013). *Safety Management Manual (SMM)*, Doc. No. 9859 AN/474. Montreal: International Civil Aviation Organization. Appendix 2 to Chapter 4. Guidance on a State's voluntary and confidential reporting system . (pp.91-94)  
<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>

Anexo II: ICAO (2013). *Safety Management Manual (SMM)*, Doc. No. 9859 AN/474. Montreal: International Civil Aviation Organization. Chapter 5. Safety Management System (SMS), *PHASED IMPLEMENTATION APPROACH*. (pp.189-197)  
<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>