

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

# METROLOGÍA

---

Mediciones que no quedan en el aire

Juan Carlos Cifuentes D0101847

6/3/2014

*La metrología como una herramienta de investigaciones aéreas, administración, reducción de costos y de control de calidad en la aviación.*

## ÍNDICE

1. <i>Introducción</i> .....	2
2. <i>Definiciones y Conceptos</i> .....	4
2.1 <i>Calidad</i> .....	4
2.2 <i>Control de Calidad</i> .....	4
2.3 <i>Aseguramiento de la Calidad</i> .....	4
2.4 <i>Sistemas de Gestión de Calidad</i> .....	4
2.5 <i>Metrología</i> .....	5
2.6 <i>Mantenimiento</i> .....	5
2.7 <i>Seguridad</i> .....	5
2.8 <i>Seguridad Aérea</i> .....	5
3. <i>Metrología en la aviación</i> .....	5
3.1 <i>Evolución</i> .....	5
3.2 <i>Metrología con fines a mejorar procesos, reducir costos y optimizar el uso de los recursos</i> .....	9
3.3 <i>Impacto de la metrología en la Seguridad Aérea</i> .....	14
4. <i>Conclusión</i> .....	19
5. <i>Bibliografía</i> .....	20

### 1. *Introducción*

Los avances tecnológicos están a la orden del día y la Metrología no se ha quedado atrás ni un segundo; estando íntimamente ligada a casi todas las actividades, crece con cada una de ellas; así en el tenis cuando se mide la velocidad de las bolas lanzadas en el servicio de los jugadores; en la construcción, cuando un obrero mide un nivel o la inclinación de una fachada; en la cocina, cuando una ama de casa mide la temperatura interior del pavo que está cocinando; también en una aeronave pasando por el mecánico que está ensamblando un componente y mide la fuerza con la que debe apretar un tuerca usando una llave dinamométrica, hasta cuando el piloto en vuelo hace un chequeo detallado de sus instrumentos verificando que la altura y velocidad sean las adecuadas y que las temperaturas y presiones de los sistemas de la máquina, estén en rangos normales.

La metrología está estrechamente relacionada con la aviación; hoy en día, absolutamente todo se expresa en algún tipo de valor y medida exacta para determinar el ensamble adecuado, la viabilidad de la reparación o el nivel de quien lo puede reparar; si la operación es normal o si excede sus especificaciones; esto, para nombrar algunos de los usos más comunes en la industria de la aviación.

El grado de complejidad que implica que aparatos que pesan varias toneladas se sostengan en el aire; se desplacen de un punto a otro; y aún más, que transporten carga y pasajeros cumpliendo infinidad de misiones, implica necesariamente que los procesos de elaboración y fabricación, así como los de mantenimiento rutinario, requieran de estrictos controles, supervisión y exactitud, garantizando que cumplan su fin de una manera segura, pero a su vez eficiente y competitiva a la hora de vender sus servicios.

## METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

Teniendo en cuenta que las organizaciones de aviación tienen dos prioridades muy claras, en su orden, la seguridad aérea y el cumplimiento óptimo de la misión, es acá donde la metrología abre un nuevo nicho en el sector, sirviendo como una herramienta importante en la administración del mantenimiento de las aeronaves y en las investigaciones de seguridad aérea.

La Metrología está a la vanguardia en los sistemas “HUMS” por sus siglas en inglés que significan, “Sistema de Uso y Monitoreo de Salud”; midiendo parámetros en componentes y sistemas de aeronaves, esta herramienta es de gran utilidad para los programas de aseguramiento de calidad, generando confianza al presentar informes detallados de la condición de salud de los componentes, antes, durante y después del vuelo. También es ampliamente utilizada por los gerentes de mantenimiento, que se valen de este sistema, toda vez que les facilita infinidad de tareas haciéndolas más cortas, disminuyendo el tiempo de la aeronave en tierra y mejorando así, sus indicadores de gestión. Los departamentos de seguridad aérea de las compañías de aviación, encontraron su mejor aliado y recurren a él para recrear los eventos y situaciones de incidentes o accidentes y así sacar las lecciones aprendidas y mejorar los procesos en cabina y de mantenimiento según el caso; incluso han sido utilizados con éxito en operaciones de búsqueda y rescate al usar la información para determinar la última posición, los patrones de vuelo o la salud de los sistemas de la aeronave, antes de que perdiera contacto o se declarara en emergencia.

Desafortunadamente estos sistemas se consideran opcionales y las entidades gubernamentales de control de aviación en el mundo, no exigen su implementación, quedando la opción, de comprarlos, instalarlos y en algunos casos, pagar por los servicios de análisis a discreción de las compañías privadas. Estando así las cosas, los gerentes quedan

enfrentados a dos caminos; el primero, hacer una inversión considerable con miras a que en el largo plazo con los beneficios propios del mismo, recoja su inversión y genere mayores utilidades elevando también el nivel de alistamiento de las aeronaves; o una segunda ruta, quizás más fácil, de hacer el ahorro ahora y no invertir en un sistema que es opcional, y en cambio, hacer lo mejor posible con los medios y las herramientas ya existentes en su organización.

## 2. *Definiciones y Conceptos*

### 2.1 *Calidad*

“Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.” (ISO 9000 Traducción certificada Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario, pág. 8)

### 2.2 *Control de Calidad*

“Es la parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.” (ISO 9000 Traducción certificada Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario, pág. 10)

### 2.3 *Aseguramiento de la Calidad*

Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos. (ISO 9000 Traducción certificada Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario, pág. 10)

### 2.4 *Sistemas de Gestión de Calidad.*

Un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) no es más que una serie de actividades coordinadas que se llevan a cabo sobre un conjunto de elementos para lograr la calidad de los productos o servicios que se ofrecen al cliente, es decir, es planear, controlar y

METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

mejorar aquellos elementos de una organización que influyen en el cumplimiento de los requisitos del cliente y en el logro de la satisfacción del mismo. (Mateo, 2012, p. 1)

### *2.5 Metrología.*

“Es la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, e incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación.” ( Que es metrología?, 2012)

### *2.6 Mantenimiento*

“m. Efecto de mantener o mantenerse.” (Mantenimiento)

“org. Departamento creado dentro de la empresa para mantener en correcto estado el material de la misma.” (Mantenimiento)

### *2.7 Seguridad*

Es la condición en la que los riesgos son mantenidos en niveles aceptables. ( Definition of Safety, 2012)

### *2.8 Seguridad Aérea*

El estado libre de riesgos inaceptables de herir personal o daños a equipos y propiedad. (Huang, 2008)

## *3. Metrología en la aviación*

### *3.1 Evolución.*

El hombre fue la primera unidad de medida, utilizando sus partes del cuerpo, con las imprecisiones propias derivadas de los diferentes tamaños y contexturas de cada persona, pero fue así, como solucionó la necesidad de determinar tamaños, distancias, pesos y volúmenes. Dentro de su evolución el sistema métrico decimal revolucionó el

METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

mundo al unificar los pesos y medidas, al ser adoptado en la actualidad, de manera mundial, con solo contadas excepciones.



Ilustración 1. (Prieto, pág. 1)

Los primeros vuelos no propulsados, anteriores a los hermanos Wilbur y Orville Wright, e incluso los primeros realizados por ellos con motor, en Kitty Hawk Carolina del Norte, se hicieron sin ningún tipo de instrumento para indicarle al piloto la velocidad, el ángulo de balanceo o cabeceo, y mucho menos, indicaciones de lo que estaba sucediendo en el motor, como la temperatura y presión del aceite o la cantidad de potencia aplicada.

En aviación, el hombre, también fue la primera unidad de medida; para determinar la actitud del avión utilizaban sus sentidos, la vista, el sistema propioceptor, su percepción de equilibrio a través del oído para determinar el balance, siendo el ruido del motor la única indicación disponible acerca de su operación.

Un poco más de 100 años después del primer vuelo de los hermanos Wright, que tan solo duro 12 segundos y recorrió 37 metros de distancia, hoy, hay miles de vuelos diarios, en aeronaves que recorren enormes distancias, atravesando el mundo de lado a lado, con travesías de más de 15 horas en el aire a velocidades, en algunos casos, muy superiores a la del sonido.



Ilustración 2. (El primer vuelo de la historia Wright Flyer, 2013, pág. 1)

La metrología en la instrumentación a bordo ha evolucionado igualmente; a mediados del siglo XX ya era indispensable y en tan solo 50 años la aviación pasó de no tener ningún instrumento de medición a bordo, a tener una gran cantidad de información, como vemos en la Ilustración 3; la información más importante, está duplicada en frente de cada silla del piloto; otra de referencia, está en la mitad, accesible para los dos aviadores en forma de relojes análogos, con código de colores, para facilitar la referencia e identificación de su contenido.



Ilustración 3 (Ray, 2007)



## METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

La era digital invade la metrología y la aviación, quedando atrás los relojes análogos siendo remplazados por pantallas de cristal y sensores de vibración y de temperatura, localizados en múltiples componentes que están estratégicamente ubicados en lugares críticos a lo largo de las aeronaves, que miden con gran exactitud cada evento y actitud de vuelo, detallando la temperatura de secciones específicas de los motores, la velocidad a la que giran las turbinas generadoras de gases al producir potencia, etc.



Ilustración 4. (Leoni, 2011, pág. 1)

En la actualidad, es tal la importancia de la metrología, que todas las medidas son recibidas en varios receptores de información para garantizar la fidelidad de las mismas y dar redundancia a los sistemas, al ser distribuidas y comparadas por componentes distintos. Igualmente, también es señal de su gran importancia, que cada pantalla pueda ser configurada con la información que requiera el piloto en cada momento, sin tener que estar sujeto a que cierta información solo se presente en algún lugar específico, como se

muestra en la Ilustración 4. , cada pantalla puede ser configurada a discreción del piloto.

Toda la información recopilada puede ser recibida y procesada a bordo dando información relevante al piloto, sirviendo así a un propósito importante en la seguridad del vuelo; o enviada en tiempo real al centro de mantenimiento, para que a la luz de la información recogida y un análisis adecuado, asista con fines de seguridad aérea o se determine la necesidad de preparar posibles reparaciones o cambios de componentes, ganando tiempo valioso para garantizar el cumplimiento de las operaciones programadas; también esta información puede quedar grabada en equipos especiales a bordo o en estaciones remotas, de tal manera que permita recrear la totalidad del vuelo con gran cantidad de detalles, facilitando así las investigaciones de seguridad aérea y el mantenimiento.

### *3.2 Metrología con fines a mejorar procesos, reducir costos y optimizar el uso de los recursos.*

Las fuerzas militares de Estados Unidos tienen una de las flotas de helicópteros más grandes del mundo, es una preocupación de sus comandantes velar por la operación segura y la manera de aumentar el nivel de alistamiento de las máquinas, disminuyendo la carga de trabajo de sus soldados, pero garantizando el cumplimiento de la misión, y porque no, bajar costos de mantenimiento y operación.

Para este efecto han estado desarrollando equipos a bordo, que les permitan recoger información para hacer cambios sustanciales en la forma de mantener sus aeronaves; pasar de un mantenimiento rutinario y reactivo, a un mantenimiento basado en la condición de los componentes llamado “CBM” (Condition Based Maintenance), gracias a que los sistemas instalados pueden ayudar a identificar qué

componentes están recibiendo fatiga adicional, y así, predecir qué puede fallar y qué no. El Ejército de los Estados Unidos de América determinó en el 2009, basado en un estudio de aproximadamente 5 años, en un lote controlado de aeronaves, que el nivel de alistamiento mejoró un 9.8% en las máquinas que tenían el sistema HUMS instalado (Hasty, Speaks, & Kennedy, 2009).

El helicóptero UH60M fabricado en los Estados Unidos por Sikorsky Aircraft Corporation, viene de fábrica con un Sistema “HUMS”. Este sistema es especialmente efectivo identificando vibraciones anormales en la máquina durante la operación. Para resaltar la importancia de las vibraciones en el helicóptero, hay que saber que tiene componentes que giran desde 358 RPM, como el rotor principal, hasta 20.900 RPM, como el eje de cada motor; un componente fuera de balance disminuye su vida útil y la de la máquina en general, en casos extremos, puede llevarla a la total destrucción.

Las vibraciones de tipo 4P, (4 vibraciones por cada revolución) que son las propias del UH60M por tener 4 palas en el rotor principal, son eliminadas de manera automática por un subsistema del HUMS llamado AVCS (Sistema Activo de Vibraciones de Cabina). El sistema mediante sensores, computadores y unidades generadoras de fuerza a bordo, calcula las frecuencias y magnitudes de vibraciones; el computador, que ejerce control sobre los generadores de fuerza, los mueve de cierta manera para contrarrestar las vibraciones no deseadas. Esto hace que el vuelo sea más suave y la fatiga de material menor, evitando daños prematuros de componentes, con los beneficios económicos derivados de poder usar partes por períodos más prolongados de tiempo.

Las demás vibraciones diferentes a las 4P, generadas por el rotor principal, son monitoreadas automáticamente, pero no corregidas; el sistema almacena esta información dando aviso al personal de mantenimiento, señalando no solamente qué vibraciones están fuera o cerca del límite, sino que también genera de manera automática la solución para corregirlas. El ahorro en tiempo y en horas de vuelo es significativo pues después de cada vuelo tenemos información de primera mano que se puede corregir al instante. Todo este proceso de sensores tomando medidas y cálculo de correcciones, es transparente ante los ojos del piloto y no requiere de ninguna acción por parte de él.

La diferencia de los modelos de helicópteros anteriores que no tienen este sistema preinstalado, es que dependen de los reportes de pilotos para determinar si las máquinas están vibrando más de lo normal, utilizando al ser humano, como un sensor en un sistema de metrología; al depender del sentimiento del piloto, para determinar si hay o no vibraciones, pueden pasar muchos vuelos sin que sean reportadas hasta que las vibraciones empeoren haciéndose obvias, ocasionando fatiga innecesaria a los componentes. Otra desventaja de no tener el sistema instalado es que cuando efectivamente se hacen los reportes por parte del piloto, hay que instalar un equipo para tomar las vibraciones y hacer un vuelo de prueba para determinar qué correcciones hay que hacer, perdiendo como mencionábamos anteriormente, tiempo, horas vuelo y disponibilidad de la máquina para cumplir con su misión. El caso contrario, sería igualmente contraproducente y antieconómico, cuando el piloto reporta a su mejor juicio una vibración, y después de apartar la aeronave de sus misiones, y prepararla para un vuelo de prueba, el equipo instalado determina que las vibraciones están bajo rangos normales de operación, con la consecuencia lógica de haber perdido horas

hombre, horas de vuelo y lo más importante, horas en que la aeronave podría haber sido utilizada para su fin, pero no se hizo por estar comprometida en un vuelo de prueba que no necesitaba en primer lugar. Esto deja claro cómo la metrología moderna es una herramienta que ayuda a la administración a optimizar el uso de los recursos y hace ahorros significativos en tiempo y dinero, en el corto y mediano plazo.

El laboratorio de investigación del Ejército de los Estados Unidos estima que el ahorro en dinero, en vuelos de prueba que no se realicen en la flota de helicópteros UH-60, gracias a tener el sistema HUMS instalado, puede llegar a ser de U\$2.6 millones al año. (Public Affairs, U.S. Army Reserch Laboratory, 2012). En este mismo sentido, una unidad del mismo Ejército, logró demostrar que el promedio de horas de vuelo de prueba para reducir las vibraciones del rotor principal, bajó de 10 a 8 horas, a tan solo, 2 o 3 horas de vuelo en los helicópteros Chinook que tienen el sistema HUMS instalado (Adams, 2012) .

El HUMS recoge mucha más información adicional a la descrita anteriormente; temperaturas y vibraciones de componentes y áreas sensibles de la máquina, son recopiladas con sensores ubicados en partes estratégicas del helicóptero como los motores, la transmisión, los ejes del tren de potencia, etc., enviadas al centro de ingeniería del Ejército de los Estados Unidos, quienes de la mano del fabricante se encargan de determinar (al cruzar esta información con la de los componentes remplazados) las posibles causas y soluciones de las fallas y asimismo con este análisis determinar la posibilidad de extender la vida de los componentes que no han fallado, basados en los datos acumulados en esa área en particular, disminuyendo así el número de partes con hora límite de vida y aumentando las de tiempo

METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

límite de vida por condición (CBM), orientando el sistema de mantenimiento a un sistema predictivo y no reactivo. Esto solo se puede lograr gracias a la metrología puesta de manifiesto en los sensores utilizados por el sistema HUMS, que se encargan de monitorear la aeronave en cada vuelo. Esta serie de acciones coordinadas en busca de mejorar la calidad de las partes del helicóptero son ¡un sistema de gestión de calidad en acción!



Ilustración 5 Sensores HUMS (Seibt, 2006)

En el 2008, el Comandante del Comando de Aviación del Ejército de los Estados Unidos, atribuyó un total de ahorro de U\$ 112 millones entre la flota de UH-60 y AH-64, en un período de 2 años. Entre los indicadores que se le atribuyen al UH60, en porcentaje desconocido al compartir estas cifras con el AH-64, se incluyen U\$24 millones en Motores T700 no reemplazados; U\$30 millones en horas de vuelo adicionales al aumentar su nivel de alistamiento y la reducción de horas hombre y U\$6.6 millones en componentes no reemplazados y regresados al servicio, en adición al ahorro en “Overhaul” (revisión de un componente en una instalación de mantenimiento avanzada),

gracias a la detección temprana de fallas por los sistemas HUMS (Adams, 2012).

### *3.3 Impacto de la metrología en la Seguridad Aérea*

El 8 de marzo del presente año desapareció el avión de Malaysia Airlines, un Boeing 777 de fabricación norteamericana, que hacia el vuelo 370 entre Kuala Lumpur y Beijín, el enfoque del ensayo, no es el de una investigación de accidentes aéreos, pero este caso si nos ocupa, toda vez que queremos identificar el papel que la metrología ha venido jugando en lo que se conoce acerca de este caso.

La magnitud de este evento, llevó a un despliegue mundial de cubrimiento noticioso con un alto contenido de especulación sobre lo que pudo haber pasado con esta aeronave; más de 2 meses después de su desaparición, lo único concreto que se sabe al respecto se debe a los sistemas de monitoreo de mantenimiento instalados en los motores de la aeronave. Estos sistemas están diseñados para recopilar información pertinente al componente en el que se encuentra instalado y enviarla de manera satelital, para que el fabricante o la empresa la reciba y analice haciendo las recomendaciones del caso al operador; adicional a este uso, el cual discutimos anteriormente en el numeral 3.2, ha sido especialmente útil en el caso del vuelo 370, ya que gracias a él, se conoce la única información sólida para orientar los esfuerzos de búsqueda al valerse de los “ping” recibidos en el proceso de transmisión de datos; Ping, se refiere a una utilidad usada para probar la accesibilidad de un host (huésped) en una red IP y medir el tiempo de ida y vuelta (RTT) de los datos enviados (Cenciotti D., 2014). La información recibida por el fabricante contiene datos técnicos de mantenimiento acompañados con datos de tiempo y lugar de los eventos registrados. De esta manera, marcando la ubicación de cada ping recibido desde que la aeronave despegó, se ha logrado

reconstruir la ruta más probable volada por la aeronave, una vez perdió comunicación con los servicios de tránsito aéreo.

Desafortunadamente no todas las herramientas de metrología, disponibles en la industria, estaban siendo utilizadas por la aeronave que hacia el vuelo 370; el fabricante de la máquina, dispone de un paquete de servicios de uso y monitoreo de salud, al cual la aerolínea Malaysia Airlines, no estaba suscrita. Es viable pensar, que de haberlo tenido activo, la búsqueda habría sido más fácil al disponer de más información en el caso, no solo datos de ubicación, sino de salud de los sistemas, comportamiento de la aeronave, velocidad, regímenes de descenso y otra serie de información que ayudaría a los investigadores a unir todas las piezas sueltas de este misterio.

La determinación correcta del área del accidente, lo antes posible, es de vital importancia en una operación de rescate, esto aumenta las posibilidades de encontrar restos de la aeronave, y en el mejor de los casos, sobrevivientes; si el accidente es en el océano, este concepto de tiempo se torna aún más importante, porque cuando una aeronave cae en el mar, se adicionan una cantidad de factores que vuelven un reto total la localización de los restos de la aeronave accidentada, debido a las corrientes y la profundidad del agua entre otros.

El vuelo de Malaysia Airlines, presumen los expertos, se estrelló en algún lugar del océano Índico, a miles de kilómetros, en dirección opuesta a la ruta planeada entre su sitio de partida y su destino original. Llegar a la conclusión de buscar los restos del avión en el sitio donde hoy se está haciendo, no fue nada fácil y tomó varios días; como resultado de esta demora, los primeros esfuerzos de búsqueda se iniciaron en las áreas más probables donde se hubiese podido



accidental de acuerdo a la ruta que tenía planeada, perdiendo tiempo extremadamente valioso.

Los motivos que pudieron haber llevado al vuelo 370 a desviar el curso, en dirección opuesta a su plan de ruta inicial, son desconocidos; como es natural las consecuencias que se derivan después de una tragedia aérea, son devastadoras en cuanto a pérdida de vidas humanas, detrimento de la imagen de la aerolínea, perdidas millonarias y el impacto negativo sobre la aerolínea es aún mayor debido a que después de varios meses los restos de la aeronave sigan desaparecidos, y peor aún, sabiendo que en esta época existe tecnología que hubiese podido ayudar, tanto en la prevención del accidente o desaparición, como en la operación de búsqueda.

Un caso igualmente desafortunado, que como el caso anterior, llevó a la muerte de más de dos centenares de personas, se registró el 1ro de Junio del 2009, en el accidente del avión de fabricación europea de la compañía Air France, en un Airbus 330, haciendo el vuelo 447 mientras cubría la ruta Rio de Janeiro – Paris. Una de las diferencias principales, que salta a la vista, es que los primeros restos de la aeronave del vuelo 447 fueron encontrados una semana después del siniestro. El resultado, relativamente favorable en la búsqueda, fue gracias a diversas fuentes de información, con datos de posición y de patrones de vuelo, que llevaron a las operaciones de búsqueda y rescate, desde un principio, a un área aproximada al lugar real del accidente (Goglia, 2014).

Aun cuando la metrología fue vital en los esfuerzos de búsqueda del Air France, son aún más importantes los beneficios derivados del análisis detallado de todos los sistemas de metrología instalados en la

aeronave. La Ilustración 6. tomada del “*Final Report On the accident on 1<sup>st</sup> june 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro – Paris*”, es una muestra muy clara de cómo la metrología hace posible la reconstrucción de los hechos ocurridos con la aeronave, incorporando patrones de vuelo claves como velocidad aérea, la velocidad de ascenso o descenso, ángulos de banqueo, posición de los controles de vuelo y régimen de aplicación y manipulación de los mismos, entre otros. ¿De qué manera por los medios convencionales, se habría determinado como un factor contribuyente en el accidente del Air France vuelo 447, que la manipulación de los controles a la altura de vuelo que se encontraba la aeronave, fue excesiva, y que los pilotos no estaban preparados para volar de manera manual a esa altura? En el mejor de los casos, se habría podido especular al respecto, después de exámenes minuciosos de los restos encontrados, pero nunca se habría podido afirmar lo mismo, con tanta certeza y confianza.

Es así como los investigadores han llegado a conclusiones, muy importantes, que han llevado a la industria de aviación a hacer cambios sustanciales en el entrenamiento de las tripulaciones en la manera de reconocer cierto tipo de emergencias, a conocer las diferencias en el toque de control de la aeronave cuando se encuentra a gran altura y a identificar las deficiencias en los procedimientos de manejo de recursos de cabina; los errores de los sistemas de vuelo en la forma de presentar y anunciar fallas mecánicas a los pilotos; y problemas en componentes, como en el caso Air France vuelo 477, el sistema pitot estático; que en una aeronave es el sensor principal para determinar la velocidad y la altura de vuelo.

METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

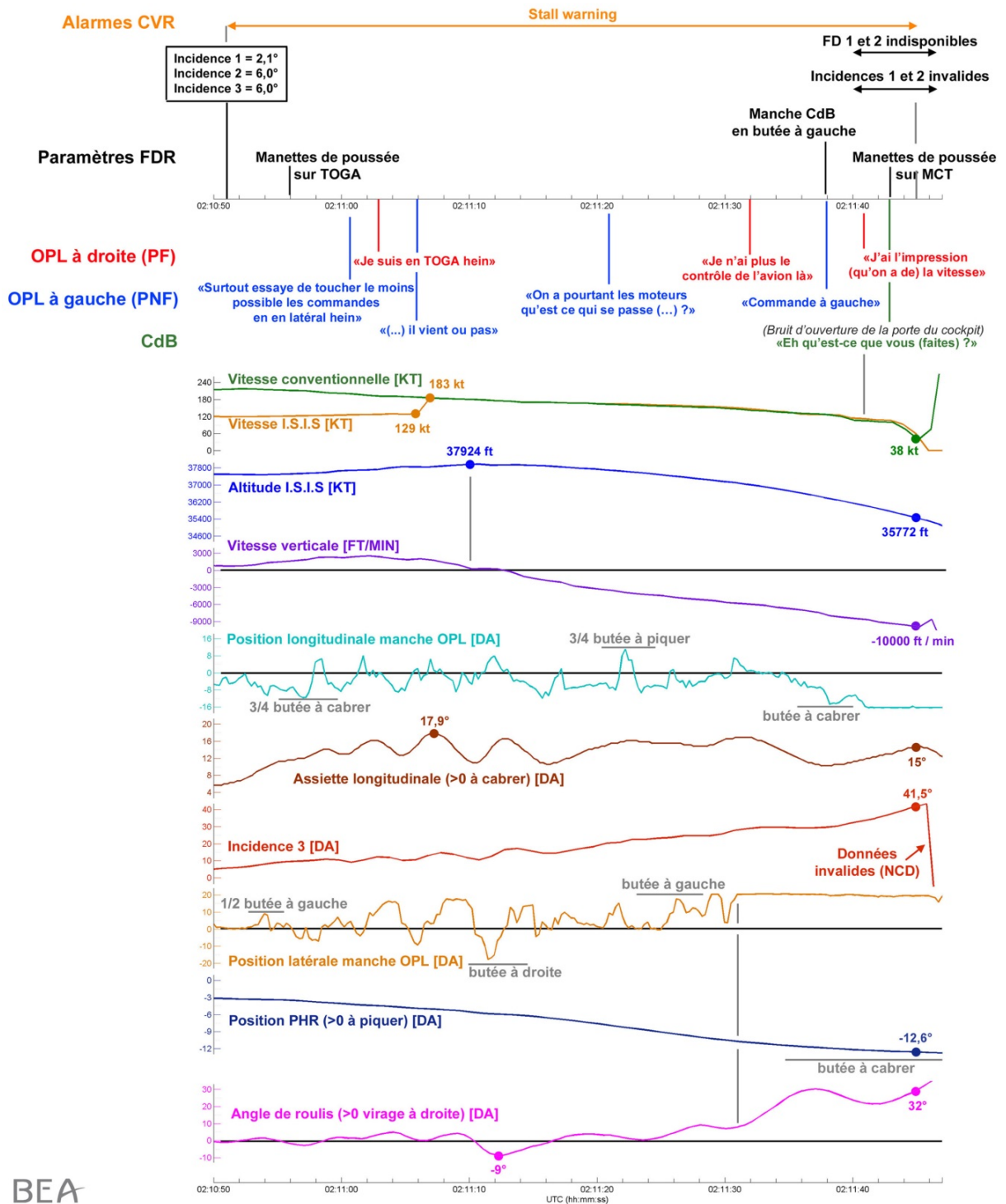


Ilustración 6. ( French Civil Aviation Safety Investigation Authority, 2012, pág. 62)

#### 4. *Conclusión*

Pasos lentos pero firmes en la dirección correcta dados por la industria aeronáutica que ha desarrollado tecnologías importantes basadas en metrología, para mejorar tanto la administración y el control de calidad de las aeronaves, como la seguridad aérea; este es el caso de compañías de talla mundial como son la Boeing, Airbus y Sikorsky entre otras. Los operadores comerciales y las entidades gubernamentales, que trabajan en la industria están haciendo su parte a su propio ritmo y se están dando cuenta de la importancia de la metrología instalada en sus aeronaves, al cuantificar los beneficios para la organización en el corto, mediano y largo plazo.

Los sistemas de uso y monitoreo de salud han demostrado ahorros significativos que se tornan cada vez más llamativos para los operadores, a pesar de su alto costo, cuando se dan cuenta que los beneficios obtenidos llevan a que el sistema se pague por si solo en el mediano plazo, toda vez que el HUMS aumenta el nivel de alistamiento de la flota de aeronaves, al reducir la carga laboral por hora de vuelo, la remoción innecesaria de componentes y las horas de vuelo de prueba, mientras aumenta la vida útil de los componentes, reflejándose ésto en millones de dólares ahorrados en costos operacionales y de mantenimiento.

El HUMS ha tenido un impacto muy positivo en la seguridad aérea, la prevención de accidentes e incluso las operaciones de búsqueda y rescate. La capacidad de haber recreado con detalle el accidente del vuelo 447 de Air France, ha servido para desarrollar planes de acción correctiva a factores contribuyentes y determinantes basados en hechos; tal es la importancia que una de las primeras recomendaciones después del accidente es que las autoridades aeronáuticas hagan mandatorio para los vuelos de transporte público que transmitan de manera periódica datos como posición, velocidad, rumbo y altura ( French Civil Aviation Safety

Investigation Authority, 2012, pág. 203). El alcance, de las recomendaciones derivadas del análisis de los sistemas HUMS, abarca temas como la certificación de componentes, entrenamiento y destreza en el manejo de los controles de vuelo por parte de los pilotos, procedimientos de manejo de cabina e identificación de fallas por parte de la tripulación.

También se resalta la importancia de la metrología cuando se tiene que los únicos datos, basados en hechos concretos, sobre la desaparición del vuelo 370 de Malaysia Airlines y sobre el cual se ha centrado toda la operación de búsqueda y rescate, son los ping transmitidos por el sistema HUMS, instalado en los motores del avión.

El enfoque del ensayo no es el de una investigación de seguridad aérea para determinar las causas de los accidentes mencionados en él, sino el de resaltar la importancia de los HUMS en las mismas. Esta salvedad se hace para todos los temas sobre accidentes aéreos tratados en el documento, y en especial, para el caso del vuelo 370, toda vez que lo ocurrido se encuentra bajo investigación.

A principios del siglo pasado, pensar hacer un trayecto de un continente a otro volando era algo imposible; con el pasar de los años se fue concibiendo esta posibilidad, siendo después, los altos costos su gran obstáculo; tomó 80 años que el servicio de transporte aéreo fuera ampliamente utilizado y que las reglas del mercado fueran puestas en orden, para facilitar y volver asequible su utilización. ¿Cuánto tiempo pasará para que el costo de los sistemas de uso y monitoreo de salud sean asequibles, de tal manera que cualquier gerente no dude en incluirlos en sus planes de inversión, y hacerlos parte fundamental de sus secciones de calidad, producción y seguridad? el tiempo lo dirá.

## 5. Bibliografía

- Definition of Safety. (14 de Febrero de 2012). *Transport Canada*. Recuperado el 24 de Mayo de 2014, de <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/opssvs/aboutus-menu-910.htm>
- French Civil Aviation Safety Investigation Authority. (2012). *Final Report On the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro – Paris*.
- Adams, C. (1 de May de 2012). HOMS Technology. *Avionics Today*. Recuperado el 25 de May de 2014, de [http://www.aviationtoday.com/av/issue/feature/HOMS-Technology\\_76209.html#.U4sbYPIdVIE](http://www.aviationtoday.com/av/issue/feature/HOMS-Technology_76209.html#.U4sbYPIdVIE)
- Andersson, J. (31 de August de 2011). *WWW.USARMY.MIL*. Recuperado el 01 de Mayo de 2014, de [http://www.army.mil/article/64591/HOMS\\_allows\\_helicopter\\_repair\\_crews\\_aster\\_maintenance/](http://www.army.mil/article/64591/HOMS_allows_helicopter_repair_crews_aster_maintenance/)
- Cenciotti D. (16 de Marzo de 2014). What SATCOM, ACARS and Pings tell us about the missing Malaysia Airlines MH370. *The Aviationist*. Recuperado el 03 de Mayo de 2014, de <http://theaviationist.com/2014/03/16/satcom-acars-explained/>
- Colucci, F. (Enero de 2005). Sensors Aboard Helicopters Can Help Predict Parts Failures. *National defense*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2005/January/Pages/sensorsaboardhelicopters5910.aspx>
- Del Campo, M., & Robles, J. (s.f.). La Metrología, motor de innovación tecnológica y desarrollo industrial. *Revista Española de Metrología*. Recuperado el 4 de Mayo de 2014, de <http://www.e-medida.es/documentos/Numero-1/la-metrologia-motor-de-inno>
- El primer vuelo de la historia Wright Flyer. (27 de Febrero de 2013). *Future Platone*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de <http://www.futureplatone.com/blog/el-primer-vuelo-de-la-historia-wright-flyer/>
- Gibensk, A. (28 de Octubre de 2008). 3ID COMBAT AVIATION BRIGADE CONDITION BASED MAINTENANCE. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de <http://www.sae.org/events/dod/presentations/2008arthurgibensk.pdf>
- Goglia, J. (13 de Marzo de 2014). Aircraft Engine Monitoring: How It Works And How It Could Help Malaysia Air 370 Crash Investigators. *Forbes*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://www.forbes.com/sites/johngoglia/2014/03/13/aircraft-engine-monitoring-how-it-works-and-how-it-could-help-malaysia-air-370-crash-investigtors/>
- Harris, A. (s.f.). The History of Airline Industry. *USA TODAY*. Recuperado el 31 de Mayo de 2014, de <http://traveltips.usatoday.com/history-airline-industry-100074.html>. Traducción mía.
- Hasty, J. C., Speaks, K. W., & Kennedy, J. S. (2009). Comparison of HOMS Benefits - A Readiness Approach. *American Helicopter Society International, Inc., 65th*, pág. 9. Grapevine. Recuperado el 28 de Mayo de

- 2014, de <http://www.rmc98.com/Comparison%20of%20HUMS%20Benefits-A%20Readiness%20Approach.pdf>
- Huang, J. (26 de December de 2008). Aviation safety, ICAO and Obligations Erga Omnes. *Chinese Journal of International Law*, 8(1). (J. Cifuentes, Trad.) Recuperado el 24 de mayo de 2014, de <http://chinesejil.oxfordjournals.org/content/8/1/63.full#xref-fn-4-1>
- Instituto nacional de Metrología. (12 de Noviembre de 2012). Recuperado el 23 de Mayo de 2014, de <http://www.inm.gov.co/es/component/content/article/81-servicios-al-ciudadano/198-preguntas-frecuentes#¿qué-es-metrología>
- ISO 9000 2005 Plain English Definitions . (s.f.). Recuperado el 24 de Mayo de 2014, de <http://www.praxiom.com/iso-definition.htm>
- ISO 9000 Traducción certificada Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario. (s.f.).
- Leoni, R. (Noviembre de 2011). S-70A (UH-60M Black Hawk, HH60M). Igor I Sikorsky Historical Archives. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de [http://www.sikorskyarchives.com/S-70A%20\(UH-60M%20Black%20Hawk,%20HH-60M\).php](http://www.sikorskyarchives.com/S-70A%20(UH-60M%20Black%20Hawk,%20HH-60M).php)
- Los Hermanos Wright. (s.f.). *Factoría Histórica*. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de <http://factoriahistorica.wordpress.com/2011/06/25/los-hermanos-wright/>
- Mantenimiento. (s.f.). *Diccionario Larousse Manual de la Lengua Española , 2007*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de <http://es.thefreedictionary.com/mantenimiento>
- Mateo, C. (18 de Septiembre de 2012). SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD – UN CAMINO HACIA LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE – PARTE I. *Quality Trends*. Recuperado el 01 de Mayo de 2014, de <http://qualitytrends.squalitas.com/articulos/articulos-gestion-de-la-calidad/i>
- Midiendo Longitudes. (s.f.). Recuperado el 24 de Mayo de 2014, de [http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas\\_conocimiento/mat/midiendolongitudes/primeras\\_unidades\\_de\\_medida.html](http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/mat/midiendolongitudes/primeras_unidades_de_medida.html)
- Ostrower, J., & Pasztor, A. (14 de Marzo de 2014). Malaysia Flight 370 Sent Final ‘Partial Ping’ That Could Aid Investigation. *The Wall Street Journal*. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de <http://stream.wsj.com/story/latest-headlines/SS-2-63399/SS-2-491333/>
- Prieto, E. (s.f.). Breve historia de la metrología. . Recuperado el 04 de Mayo de 2014, de <http://www.cem.es/sites/default/files/historia.pdf>
- Public Affairs, U.S. Army Reserch Laboratory. (31 de July de 2012). *WWW.ARMY.MIL*. Obtenido de [http://www.army.mil/article/84612/Army\\_developing\\_new\\_aircraft\\_maintenance\\_technologies\\_at\\_research\\_lab/](http://www.army.mil/article/84612/Army_developing_new_aircraft_maintenance_technologies_at_research_lab/)
- Ray. (4 de Julio de 2007). Fine Scale Modeler. Recuperado el 26 de Mayo de 2014, de [http://cs.finescale.com/fsm/modeling\\_subjects/f/16/t/81848.aspx?sort=DESC&pi240=2](http://cs.finescale.com/fsm/modeling_subjects/f/16/t/81848.aspx?sort=DESC&pi240=2)
- Seibt, R. (27 de Julio de 2006). PCB Piezotronics Expands HUMS Product Offering. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de

METROLOGÍA, Mediciones que no quedan en el aire.

<http://machinedesign.com/archive/pcb-piezotronics-expands-hums-product-offering>

US Navy Fleet Readiness Center Southwest (FRCSW) and Verisurf Collaborate On Portable Metrology Technology. (s.f.). *E-Books pdf.org*. Recuperado el 03 de Mayo de 2014, de

[https://www.verisurf.com/pdf/Verisurf\\_USNavy\\_Metrology\\_Technology.pdf](https://www.verisurf.com/pdf/Verisurf_USNavy_Metrology_Technology.pdf)