Diseño e implementación de una nueva línea de enmascarado de piezas aeronáuticas

Félix Calvo Narváez
Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, felix.calvo@upm.es

Carlos Rodríguez Monroy
Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, crmonroy@etsii.upm.es

RESUMEN

El artículo trata de definir las especificaciones técnicas, y de diseñar la instalación de una línea de cubas, para el proceso de encerado y de desencerado de piezas de gran tamaño. Al tratarse de un caso real, también se analiza el proceso de desmontaje de la antigua instalación que soportaba esas funciones.
La citada línea está situada en un taller de mantenimiento de aeromotores, que como organización de mantenimiento aeronáutico, está en posesión del certificado de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), parte 145. Este certificado regula los requisitos a cumplir por una organización dedicada al mantenimiento de aeronaves grandes, o bien dedicadas al transporte comercial.
El origen del proyecto se debe a una nueva habilitación para el mantenimiento de trenes de aterrizaje, que hace que la anterior línea de encerado o enmascarado de piezas, que estaba preparada para trabajar sobre componentes o partes de un aeromotor más pequeñas, ya no sea adecuada al flujo de trabajo y los nuevos procesos a establecer.
En concreto, el artículo se centrará en los trabajos y procesos a llevar a cabo sobre el cuerpo principal ó "mainfitting" del tren de aterrizaje principal ó MLG (Main Landing Gear) para aviones del tipo A320.

Palabras claves: Programas de mantenimiento, línea de cubas, enmascarado, reingeniería, tren de aterrizaje

ABSTRACT

The aim of this article is to define the technical specifications and to design the implementation of a line of tanks that should be used for the process of waxing and di-waxing of large pieces. As it is a real case, we analyze too the process of dismantling of the old plant that supported all these functions.
The previously mentioned line is located in an aircraft engines maintenance plant that as an aeronautical maintenance organization should have the EASA certificate, part 145. This license regulates that should follow every organization dedicated to the maintenance of large aircrafts or aircrafts dedicated to commercial transportation.
The origin of this project is due to a new rating for the maintenance of landing gears, as the previous line of waxing and masking parts, that was prepared to work on components or smaller pieces of an aircraft engine, is no more adequate to the workflow and to the new processes that should be established. Specifically, the article focuses on the tasks and processes that should be carried out on the main body (mainfitting) of main landing gear, called MLG (Main Landing Gear) for A320-type aircraft. A320.

Keywords: Maintenance programs, tanks line, masked, reengineering, landing gear

1. INTRODUCCIÓN

El programa de mantenimiento marca qué tareas hay que hacer y cuándo hay que hacerlas. Es decir, el umbral o primera vez que se realiza la tarea y el intervalo. Estas tareas del programa de mantenimiento deben ser cumplimentadas en el avión por medio de unos documentos de trabajo que se conocen como Tarjetas de Trabajo (Job Card) que se elaboran a partir del Aircraft Maintenance Manual (AMM). Este contiene información

requerida para realizar las tareas de mantenimiento, es aplicable a todos los aviones de una flota, al contrario del Programa de Mantenimiento que es único para cada avión. En el caso que nos concierne, la línea de encerado y desencerado de piezas, se trabaja con equipos desmontados del avión, y se emplea el Component Maintenaince Manual (CMM). Cuando se trata de una reparación estructural se empleará el Structural Repair Manual (SRM).
La codificación utilizada en los manuales se basa en la especificación editada por ATA y agrupa los diferentes capítulos en 4 grandes grupos: Estructuras, Plantas de potencia, Sistemas y Aviónica y comunicaciones. En resumen, el AMM, o sus equivalentes, es el manual de referencia para cualquier trabajo en el avión, y se utiliza en el taller o en los departamentos de ingeniería para editar las tareas de trabajo. El manual de mantenimiento es la herramienta básica con la que se generan las hojas de trabajo.
Las hojas de trabajo recogen las tareas a realizar en el componente, descritas con la suficiente precisión para que su interpretación sea correcta. Estas hojas están adaptadas a la forma de trabajo del centro de mantenimiento, al idioma, al nivel de detalle, al tipo de control que se utiliza (código de barras, firma) y deben ser aprobadas por la autoridad aeronáutica. En 1980 la Asociación del Transporte Aéreo (ATA) produjo el MSG-3, que es un documento para la planificación de programas de mantenimiento para fabricantes y aerolíneas. Este documento ha sido revisado en dos ocasiones, 1988 y 1993, y es el documento que hoy día lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la aviación comercial. Es el utilizado en la actualidad para la obtención de los Requisitos Mínimos de Mantenimiento (MRBR) y su análisis se divide en cuatro grupos: Sistemas y plantas de potencia (Análisis de MSI´s), Estructuras (Análisis de SSI´s), Zonal, y Elementos de protección. El camino que sigue esta lógica de mantenimiento consiste en la identificación de funciones y sus posibles fallos, clasificando en categorías y analizando sus causas, adoptando medidas según sean necesarias. El máximo exponente de esta filosofía es la “trouble shooting”, tabla de fallos y sus causas, obtenidas por eliminación, según Kourilsky (1992).

El poseedor del certificado de tipo tiene entre sus responsabilidades disponer de un sistema de recogida, investigación y análisis de los sucesos que puedan estar relacionados con fallos, funcionamiento incorrecto o defectos en un producto contenido en el certificado de tipo del que es propietario. En el caso de que la autoridad aeronáutica que regula al propietario del certificado de tipo, decida que las medidas a tomar son de obligado cumplimiento ya que afectan a la aeronavegabilidad, se emite una Directiva de Aeronavegabilidad (Airworthiness Directive). Los boletines de servicio pueden ser de tres tipos: Obligatorios, alerta y normales (en estos últimos es el operador el que decide si se deben realizar o no).

En EASA parte 145 se especifican los requisitos que debe cumplir una organización dedicada a realizar mantenimiento en aeronaves grandes o aeronaves destinadas al transporte comercial, además de aquellos componentes a instalar en las aeronaves mencionadas. El centro de mantenimiento tiene que realizar todas las operaciones de mantenimiento de acuerdo al manual Maintenance Organization Exposition (MOE) del centro. En este documento quedan reflejados todos los trabajos que el centro está reconocido para realizar (lista de capacidades), los procedimientos que se emplean, lista de personal certificador, descripción de recursos e instalaciones, lista de operadores comerciales a los que presta servicio y lista de subcontratistas. Una organización 145 tiene la obligación de guardar toda la información relacionada con cada trabajo de mantenimiento realizado a la aeronave y o componentes, al menos durante los dos años siguientes a la realización del trabajo. La aprobación como 145 no es ilimitada en el tiempo, debe demostrarse que se siguen cumpliendo los requerimientos normalmente mediante auditorias. Hay diferentes categorías en las organizaciones EASA parte 145:

- Autorizada para realizar mantenimiento en avión y en componentes instalados.
- Motores y Unidad de Potencia Auxiliar (APU) no instalados en avión, y sus componentes desmontados temporalmente.
- Componentes no instalados (No motores y APU).
- Inspección por END.

2. INSTALACIONES DEL PROYECTO E IMPLEMENTACIÓN

El objetivo del proyecto es el de adecuar la sección de encerado a una nueva capacitación y adaptarlo a la legislación vigente. Esta capacitación proviene de un nuevo contrato para el mantenimiento de trenes de aterrizaje

pertenecientes a aeronaves fabricadas por Airbus, principalmente de la familia A320 aunque también se mantendrán algunas unidades al año de trenes pertenecientes a la flota A340. El contrato consiste en la formación de un consorcio junto con una compañía asiática, y el nuevo contrato supone un aumento considerable en la producción en al menos un horizonte de 15 años, cuyo trabajo fundamental son procesos de baños electrolíticos y mecanizados con la rectificadora. Todo ésto hace que la antigua línea de enmascarado no resulte adecuada ni cualitativa ni cuantitativamente en lo que afecta al volumen de trabajo, así como a los nuevos procesos a llevar a cabo, por lo que se hace preciso una remodelación y la reestructuración de determinadas secciones dentro del taller de Motores, encargado también de componentes como MSG, APU (unidad de potencia auxiliar). Este taller dispone de 20 personas, distribuidas en 900 m^2. Las fases que conformarán el grupo de tareas de mantenimiento programado, y que estarán totalmente definidas en el CMM a realizar sobre el tren, excluyendo el montaje-desmontaje y liberado de subsistemas, son: Limpieza, inspección y reparación.

2.1 INTRODUCCIÓN AL PROCESO A LLEVAR A CABO EN LA NUEVA INSTALACIÓN

Cualquier proceso de preparación superficial o de limpieza química, según se utilicen en procesos de fabricación de piezas o de mantenimiento en servicio de conjuntos de piezas o componentes, tiene dos misiones básicas que son: Preparar a las piezas o componentes para otros procesos de fabricación posteriores, y eliminar de las superficies de las piezas, productos no compatibles con las mismas que en mayor o menor tiempo acabarían atacándolas y produciendo corrosión. Por ello resulta de suma importancia conocer los procesos de limpieza y preparación superficial, y realizar éstos de forma adecuada. Entre los procesos existentes de reparación de piezas de motor, está la fase de enmascarado o recubrimiento con cera de una parte de su superficie para aplicar posteriormente en la zona libre su correspondiente baño electrolítico. Una vez aplicado el baño, en la subsección de limpieza situada dentro de la sección de baños, la pieza pasa al proceso de desencerado o eliminación de la cera utilizada quedando la pieza limpia y preparada para las siguientes fases de verificación y posterior montaje.

2.1.1 CROMADO

El recubrimiento electrolítico con cromo o cromado es usado ampliamente en la industria para proteger metales de la corrosión y mejorar su aspecto (cromo decorativo). También se emplea para restaurar piezas metálicas o conseguir superficies muy duraderas y con bajo coeficiente de rozamiento (cromo duro). El llamado cromo duro son depósitos electrolíticos de espesores relativamente grandes (0,1mm), que se depositan en piezas que han de soportar grandes esfuerzos al desgaste. Generalmente la capa de cromo depositada no es totalmente uniforme por lo cual se da un espesor mayor del necesario y después se rectifican las piezas para conseguir las dimensiones y acabados pertinentes. El cromo tiene poco poder cubriente, acentuado además cuando los espesores a depositar son pequeños, por lo que las superficies a cubrir deben estar bien pulidas, brillantes y desengrasadas, pues el cromo no va a tapar ninguna imperfección. Por eso, para las piezas que van a ser sometidas a un cromado decorativo, puede ser necesario aplicar cobre y níquel antes del cromado.

2.1.2 CADMIADO Y NIQUELADO

En cuanto al cadmiado cabe señalar que se utiliza comúnmente para recubrimiento de tornillos y pernos como protección frente a la corrosión. Debido a su bajo coeficiente de fricción y su alta resistencia a la fatiga se emplea también para aleaciones para cojinetes. El niquelado es un recubrimiento metálico de níquel, realizado mediante baño electrolítico o químico, que se da a los metales, para aumentar su resistencia a la oxidación, la corrosión o el desgaste y mejorar su aspecto en elementos ornamentales.

2.1.3 FOSFATADO

El recubrimiento de fosfato, generalmente se obtiene por la aplicación de sales de fosfato por inmersión, con soluciones ácidas de fosfatos metálicos. Se hace sobre hierro y acero, y en menor grado sobre estaño y titanio, para resistir la corrosión, y particularmente bajo películas de pintura, a las cuales les da la habilidad de adherirse sobre la pieza metálica, ayudan a la lubricación y a la abrasión, en el caso particular de piezas que tengan que

estar en contacto con refrigerantes. El fosfatado es un proceso para depositar una capa delgada de fosfato sobre el acero, para actuar como base o "primer" para esmaltes y pinturas. En este proceso el acero o el hierro se sumerge en una solución caliente, aproximadamente a 90 ºC, de fosfato dihidrogenado, y después pasa a un proceso de inmersión en un baño fundido de nitrato de potasio, a 315 ºC, de 1 a 15 minutos, que le da la consistencia final. El encerado pues, está desarrollado para el recubrimiento de piezas que hayan de ser cromadas y cadmiadas principalmente. Los procesos más normales son cromos duros, más que recrecimientos, para la zona de contacto de rodamientos. Por tanto, la operación es necesaria para la ejecución de los trabajos del nuevo contrato. En cuanto al cambio de normativa, consiste en desarrollar la línea prescindiendo del tricloroetileno (TCE) al ser prohibido su uso. Para una correcta aplicación de la cera recubridora será necesario tomar en cuenta varios factores como son las propiedades físicas de la materia prima (cera), tamaño de las piezas, condiciones previas de las piezas a tratar, condiciones ambientales, etc.

3. PROCESO DE REMODELACIÓN DE BAÑOS-LIMPIEZA

Según la nueva distribución en planta del taller de motores, la ubicación de la actual sección de limpieza mecánica pasará a ocupar el lugar donde anteriormente se procesaban los trenes. En paralelo se reestructurará el equipamiento de la actual línea VIII de la sección de Baños Electrolíticos, sustituyendo por razones de funcionalidad y ocupación las cubas de la 111 a la 118, como se muestra en la Figura 1. Está línea realizaba el proceso de Cromo decorativo. En el lugar que dejan libre se situarán las 6 posiciones que componen la nueva línea de encerado. En principio de las 6 cubas que conforman la nueva línea, 3 serán de nueva adquisición y 3 podrían ser reutilizadas de la sección de Limpieza Química**,** ya que aquí las citadas cubas no pueden trabajar dado que la sección no está preparada para la absorción de los vapores que se producen y por generar personal trabajando fuera de su sección (lo cual contraviene normas de seguridad laboral). La nueva configuración, obliga además del desmantelado completo de todas las cubas citadas, a una importante reforma en la estructura inferior de apoyo de cubas y pasillos, siendo también obligatorios trabajos en instalaciones generales eléctricas, de aspiración, aguas, desagües y aire comprimido para acondicionarlos a la nueva directiva y uso. Los trabajos serán efectuados por la empresa fabricante de la línea de encerado, y pueden requerir el soporte de alguna empresa más.

Los trabajos de desmontaje requieren disponer de los medios de elevación (polipastos y puente grúa) sitos en el taller. El proceso constará de: Desmontaje de las cubas del nº 111 al 118; desplazamiento y eliminación de los restos del desmontaje a la zona habilitada para su posterior eliminación, siempre y cuando no sean útiles para la siguiente fase (3 cubas de limpieza); taponamiento de las tuberías y conexiones siempre que sea factible; desconexión eléctrica general de la acometida de la instalación, así como de las conexiones de fluidos; descontaminación y eliminación de residuos contaminantes y certificación de acuerdo a la normativa vigente; y cubrir temporalmente el espacio del suelo que dejarán las cubas al desmontarse.

Figura 1: Aspecto de la antigua línea

Entre el desmontaje y el montaje habrá que superar una fase intermedia de adaptación de la estructura del sótano; así como de adaptación de las redes de aspiración, línea de vapor y de todos aquellos sistemas de soporte de la

sección. Los trabajos se llevarán a cabo, obviamente en la sección de baños electrolíticos, donde la empresa instaladora dispondrá del personal cualificado y de su propia maquinaria, y entre ellos están:

- Se descargarán, moverán y manipularán las cubas de poliéster y metal, desde el exterior del taller al interior del mismo.
- Una vez dentro de la sección, será necesario el desarrollo de un plan específico de movimiento de cubas dentro de la sección de baños. Este plan parte del dato facilitado por la empresa propietaria del taller de mantenimiento aeronáutico, que es de 1000 Kg/m^2 relativo a la carga estimada del forjado existente en la sección previo al trabajo realizado por la maquinaria de instalación. Analizando este dato se infiere que la resistencia del pasillo deberá ser aumentada colocando puntales metálicos desde el suelo, con una capacidad de apoyo vertical por puntal de 2000 Kg, y situando al menos 4 puntales por cada m^2.
- Las cubas a instalar tienen un peso mínimo de 1800 Kg y la más pesada de 3200 Kg. Su base varía en la menos pesada de 2x1,5 m y en la de mayor peso (cuba de cera) 2,5x2 m.
- Las cubas se introducirán de una en una. Hasta que una cuba no esté situada en su alojamiento definitivo no se iniciará de nuevo el proceso de situar la siguiente.
- Desde la puerta exterior automática existente en la sección, cada cuba será elevada y colocada en vertical en el inicio del pasillo de la sección. Se la situará sobre 4 tanquetas empujándola hasta el inicio el hueco de la línea VIII. A continuación se desplazará hasta ese punto una minigrúa de araña autopropulsada eléctricamente que desplegará sus 4 patas, apoyándose cada una de ellas en planchones de 2x1m, y 1cm de espesor, con el fin de repartir la carga.
- La superficie que desarrolla la minigrúa con las patas apoyadas es de 33 m^2, cada cuba será izada con eslingas de poliéster especial para gran tonelaje y se situará sobre el inicio de la bancada existente en la planta sótano.
- Una vez apoyada la cuba sobre los carriles de inicio de la bancada, se retirarán las eslingas, se desconecta la grúa y se desplaza la cuba hasta su posición definitiva. La grúa plegará sus patas y dejará el espacio libre para que entre la siguiente cuba.
- Este proceso habrá de ser repetido con cada una de las cubas existentes.

Debido a la construcción de la sección será necesaria la adopción de medidas auxiliares, no referidas exactamente al movimiento de cubas, pero necesarias para un correcto y seguro movimiento.

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA

Se abordará el diseño preliminar y de la instalación atendiendo a la función a desempeñar, al uso y los recursos disponibles así como su construcción. También sería importante detallar las reformas necesarias en la estructura inferior para instalar las nuevas cubas.

Antes que nada conviene explicar el porqué de la elección del encerado, como proceso más adecuado para el enmascarado de piezas, frente a otras alternativas como por ejemplo la proyección de pintura, empleo de SERMETEL o utilización de cintas adhesivas. La proyección de pintura se descartó debido a que el proceso de proyección requiere procesos previos y postreros como: Decapado, proyección de la pintura protectora, decapado final para eliminar la pintura. Otro de los inconvenientes que presenta el enmascaramiento por proyección de pintura reside en la dificultad para aplicar la película protectora a las piezas a tratar con regularidad: la mayor parte de las piezas son ejes huecos y alojamientos de cojinetes de muy difícil acceso para impregnar de pintura. La utilización de cintas se revela como no idónea, ya que a la dificultad del encintado habría que añadir que los tratamientos electrolíticos podrían desadherir la cinta. En cuanto al SERMETEL, podría decirse que es una opción mucho mejor que las anteriores y que incluso podría haber sido la elegida, pues este procedimiento consiste en la aplicación de un recubrimiento de material compuesto cerámico, que protege a la pieza frente a la corrosión, choque térmico, ataque electrolítico y ataque químico, y puede ser aplicado sobre acero, hierro, níquel, titanio y sobre sus aleaciones (resulta muy apropiado para utilizar en componentes cuyo acabado superficial es crítico). Los puntos en contra de esta opción son: necesidad de una cabina de proyección de Sermetel de coste elevado, y una aplicación bastante dificultosa e ineficaz, sobre todo que para piezas con muchos recovecos, estrechamientos,

gargantas y detalles constructivos complejos. Como la mayoría de las piezas a tratar son trenes de aterrizaje que presentan una geometría compleja, nos veremos obligados a descartar esta opción, que hubiese ganado enteros si la línea estuviese diseñada para tratar álabes o cárteres principalmente.
Estas consideraciones determinaron la elección del sistema de encerado por una mejor adaptación a los requerimientos con una menor inversión. Convendría resaltar la importancia de un buen diseño de los equipos, sistemas de calentamiento, plan de mantenimiento, procedimiento de control de las cubas, etc., para mantener los costos de los procesos a un nivel aceptable calidad y de eficiencia económica.
Básicamente nos encontraremos ante una línea de limpieza química al uso, con la salvedad de la cuba de cera situada en la posición 1 y la de desencerado de la posición 2. Las posiciones necesarias serán: 1 para la cuba aplicación cera; 2 para la cuba de desencerrado; 3 para la cuba de enjuague con producto desencerante; 4 para la cuba de desengrase; 5 para la cuba de enjuague del producto desengrasante; 6 para la cuba de enjuague final.
Para la eliminación de la cera en la instalación antigua se seguía un proceso estándar de limpieza química industrial, en concreto de desengrase, según Gómez Fraile (1994). Los productos para desengrasar pertenecen a la familia de los disolventes clorados y dentro de éstos se utilizaba el Tricloroetileno, que tiene unas limitaciones. (Límites OSHA: Partes por millón permitidas en el aire durante una jornada de trabajo de 8 horas por la Organización Americana de Seguridad e Higiene. Límite de olor en PPM: Partes por millón que debe de haber en el aire para hacer el olor perceptible por el hombre). Este disolvente tiene una muy alta tensión de vapor por lo que pasa a forma de vapor con mucha facilidad, incluso a temperatura ambiente. Además es muy reactivo, formando fácilmente compuestos con otros productos. Por ejemplo en presencia de polvo metálico de aluminio, se descompone en ácido clorhídrico y fosgeno, ambos productos muy peligrosos, corrosivos y en el caso del fosgeno explosivo en presencia de luz. Dada esta forma de actuación y su reactividad ha hecho desaconsejable su uso siendo sustituido de forma general para cumplir estas funciones por configuraciones como la proyectada en este estudio. Para los enjuagues y el resto de las cubas que precisen agua, se emplea agua desmineralizada y que por tanto ya es ionizada. Esta agua será de una gran pureza casi de laboratorio. No será necesario un destilado previo del agua, para corregir el pH, ya que el agua del suministro de red en el taller es de gran calidad con un pH =7, es decir, neutro.

La elección de los materiales para la construcción de las cubas responde principalmente a la combinación de los dos siguientes factores: Necesidad de aislamiento térmico de la cuba (calorifugado), y posibilidad de ataque químico por parte del agente (ácidos principalmente), que contiene la cuba al material de la misma. Ambos factores determinan que las cubas con aislamiento térmico se construirán en acero inoxidable de estandarización AISI, con la posible excepción de que algún producto ARDROX pudiera oxidar al acero, caso en el cual se construiría en PPH. En nuestro caso y dado que se utilizan los ARDROX 5414 y 6333 ambos permiten el uso de acero. Mientras que las no calorifugadas en PPH (Polipropileno de alta densidad), con excepción de algunos refuerzos estructurales en acero.

Las dimensiones de las cubas aparte de por la máxima economía de material, se ven determinadas por otros factores como: Dimensiones de las piezas a procesar, capacidad para contener la cantidad de cera suficiente, al objeto de evitar un brusco enfriamiento de la misma al introducir la pieza en el baño, capacidad para contener la adecuada cantidad de productos químicos o de agua de forma que los procesos a llevar a cabo en cada cuba puedan realizarse de manera adecuada y efectiva, superficie suficiente para alojar a los sistemas de agitación y calentamiento del caldo, optimizar al máximo la ergonomía de las posiciones de trabajo para facilitar de manera sustancial la labor llevada a cabo por el técnico de mantenimiento de aeronaves (TMA), mínimo gasto de energía eléctrica, de agua, de vapor y productos químicos, y el proceso a llevar a cabo en cada cuba. Aunando todos estos factores y buscando una solución adecuada a cada cuba nos conduce a unas dimensiones interiores: 1900 mm (largo), 1500 mm (ancho), y 3500 mm (altura). Las dimensiones externas dependerán de cada una de las cubas.
Las cubas se dividen en 3 áreas: Zona inferior o de calentamiento, zona intermedia o de desengrase y zona superior o de condensación y equipo auxiliar. En la primera se encuentran situadas las resistencias eléctricas, directas o en baño de aceite para calentamiento del equipo, o los serpentines de calentamiento, y debe poseer un grifo de drenaje que permita el vaciado de ésta. La segunda zona es donde se produce el trabajo del agente químico contenido en la cuba. La tercera zona es la destinada a la condensación y extracción, y contiene los sistemas de seguridad y control necesarios.

Las tapas de las cubas debido a su elevado peso requerirán un sistema de apertura neumático con control manual por parte del operario.
Los requerimientos para la elevación de temperatura de los fluidos de las cubas, determinan que el calentamiento deberá ser multietapa respondiendo al siguiente esquema:

- Calentamiento mediante vapor: hasta los 110 ºC, a pesar de que en algunos procesos puede ser necesario una temperatura mayor de incluso 140 ºC, pero la caldera de vapor no dispone de potencia suficiente para alcanzar estos valores.
- Resistencias eléctricas: Una vez ha actuado el vapor e incrementando la temperatura en intervalos muy pequeños, de función estabilizadora ante cambios de temperatura por enfriamiento o introducción de las piezas a tratar.
- Puede ser necesaria imbuir un serpentín en el caldo, lleno de un fluido térmico calentado por resistencias, para proporcionar una fase adicional de calentamiento. Se descartó un calentamiento con circuito de agua pues sólo puede alcanzar a lo sumo 100 ºC, frente a aproximadamente 140 ºC para el vapor. La fase última de calentamiento se cubre con resistencias dado los requerimientos de fusión rápida de la cera.

Para el control de la temperatura se emplearán sondas PT situadas en el frontal de las cubas para permitir un fácil acceso a estas, pero que las dejarán muy expuestas a los golpes al introducir las piezas. La lectura de las sondas de temperatura irá a un registrador de temperatura situado en el cuadro eléctrico de control térmico.
Para incrementar la eficacia de los procesos de enjuague se emplearan pistolas de agitación o lavado con mangueras helicoidales. Algunos de los otros procesos pueden requerir, por sus características una agitación del fluido muy enérgica, siendo necesaria la presencia de una electrobomba centrífuga. Cabe destacar la necesidad de reformar por completo el antiguo conducto de ventilación y aspiración, construyendo uno nuevo adaptado a los nuevos requisitos y dimensiones, sólo necesario en las cubas que contengan productos que por su naturaleza o temperatura puedan producir gases. Se construirá íntegramente en PPH desde la embocadura del ventilador hasta las derivaciones necesarias para cada posición.
Todo esto nos conduce a una línea de cera a la que se le confiere con la siguiente definición:
Posición 1: Proceso de cera (Temp. 120 ºC).
Posición 2: Proceso de Ardrox (Temp. 110 ºC, desencerado).
Posición 3: Proceso de enjuague (Temp. Ambiente).
Posición 4: Proceso de Ardrox (Temp. 75 ºC, de limpieza y desengrase).
Posición 5: Proceso de enjuague (Temp. Ambiente).
Posición 6: Proceso de enjuague (Temp. 80 ºC).

5. POSICIONES PRESENTES EN LA LÍNEA

A continuación se detallan las principales características que deben reunir los sistemas que dan soporte a la línea, así como su principio de funcionamiento, y como se trata de un número considerable sólo se muestran dos de ellos como ejemplo, el sistema de ventilación y aspiración, y el sistema de insuflación, si bien también se podrían detallar: rebosadero y desagüe, agitación de aire, suministro de agua desmineralizada, calentamiento por vapor, baño maría de aceite, control térmico, agitación mecánica, neumático de apertura de tapas, alimentación y cuadro eléctrico. Este último tiene las características: alimentación general de 400V-N-PE-50HZ; tensión de maniobra de 5Vcc, a 4-20 mA; intensidad máxima de 63 A; potencia máxima de 43 KW. El armario eléctrico de control se utilizará para el control y maniobra de todos aquellos elementos instalados en las nuevas pociones.

5.1 SISTEMA DE VENTILACIÓN Y ASPIRACIÓN

Sólo lo requerirán las posiciones 1, 2, 4 y 6. Será forzado mediante una caracola o supresor de impulsión que extraerá los gases procedentes de las cubas mediante una capota o colector, a la que las emanaciones de vapores de los productos empleados serán conducidas por el Push-Pull. La capota es un colector situado en la parte superior interior de la cuba, donde no llega el fluido, en las paredes laterales y posteriores de la misma. Está formado por múltiples orificios circulares o rectangulares que extraen los gases hacia un plenum externo. El plenum está situado tras la cuba, y en el existe una presión ligeramente mayor a la atmosférica ocasionada por la inyección de aire exterior del Push-Pull. Esta sobrepresión conduce a los efluvios a través de una conducción de

200mm**,** forzada por un armónico de impulsión, a la conducción principal. La conducción principal, al igual que la conducción proveniente del plenum está construida en PPH PN10 (Polipropileno de presión nominal 10 Bar). Conforme nos aproximamos a la caracola de impulsión, el diámetro de la misma pasa de 200 mm a 630 mm, generando presiones mayores para poder contrarrestar el aumento de flujo al unirse más cubas a la conducción. La caracola está situada en la parte inferior de la instalación y es alimentada por un motor eléctrico trifásico de 7KW. Las derivaciones a cada cuba se construyen en PVC semirrígido reforzado en PPH PN10 y su diámetro es 200mm

5.2 SISTEMA DE INSUFLACIÓN – PUSH-PULL

Será necesario en las posiciones 2 y 4, es decir en las que contengan disolventes Ardrox, con potencial toxicidad. Como cualquier otro sistema de insuflación en esencia se trata de un soplador (orificios circulares practicados en un tubo situado en la cara interior frontal de la cuba) que genera una cortina de aire recirculante, que forzará a los efluvios del caldo de las cubas hacia la capota de aspiración, es decir, genera un caudal en sentido favorable a la aspiración. Sus cometidos son crear una barrera de vapor que impide el escape de gases al ambiente, limitar la reposición de líquidos de las cubas y actuar como barrera térmica. Se alimenta de aire, mediante una conducción PPH PN10 y 50mm, proveniente de una caracola de impulsión independiente de la aspiración alimentada por un motor trifásico de 7KW de potencia. Puede conectarse o desconectarse mediante una válvula de bola de accionamiento manual.

La definición de la instalación aparece en el plano funcional de la línea en la Figura 2.

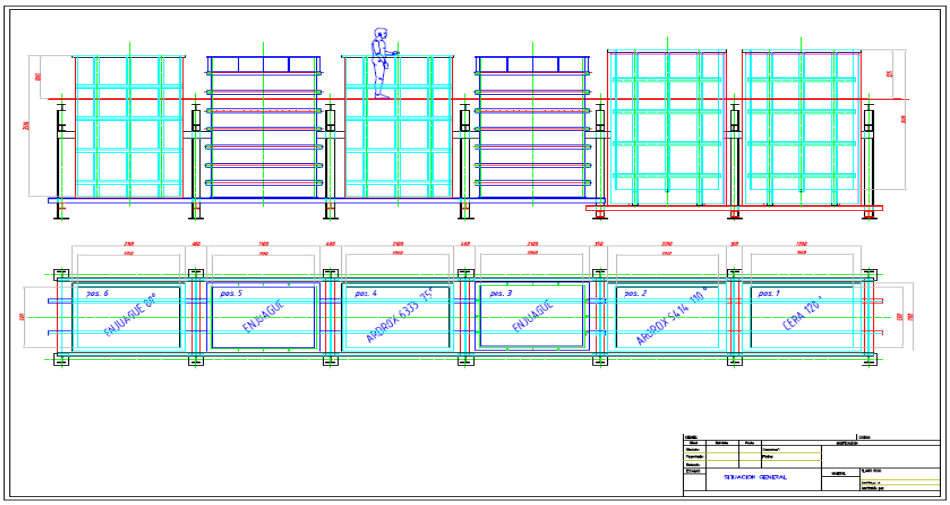

Figura 2: Disposición general de la línea

El material empleado para las cubas no calorifugadas, será el PPH, de uso frecuente en la industria química por su elevada resistencia térmica y química. Las cubas calorifugadas se construirán en acero inoxidable de estandarización AISI316L. El sistema de desagüe y recogida de residuos es un sistema común para todas las líneas presentes en las secciones de baños y limpieza. Cabe destacar que las cubas que contengan disolventes y otros concentrados (como cera) no podrán hacer uso de este servicio. Consiste en una válvula de apertura manual que comunica la cuba con la estación de tratamiento de residuos sita en el subsuelo del taller. La válvula manual de las cubas que contengan concentrados será como la anterior pero con posibilidad de conectarla una cisterna móvil, para el tratamiento externo de los residuos.

6. CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DE REDES

Esta fase tendrá lugar entre las de desmontaje de la vieja instalación y montaje de la nueva, con excepción de algunos trabajos que tendrán lugar tras el montaje de las cubas. Se describe primero la construcción estructural, para posteriormente analizar las modificaciones a llevar a cabo en los sistemas que dan soporte a la línea. Conforme al nuevo proyecto y tomando como dato importante las dimensiones de las nuevas cubas y en especial, la altura útil necesaria (mucho mayor en la moderna instalación que en la antigua), se hace imprescindible reformar sustancialmente la estructura inferior de la línea, en líneas generales se procederá a eliminar todas aquellas partes sobrantes y se colocarán los nuevos perfiles de acero adecuados para disponer de una nueva base sólida a un nivel muy inferior del previamente establecido. Las nuevas cubas son unos 2m más altas que las viejas, además de medio metro más profundas, lo que implica rebajar el nivel de la estructura del sótano. En las posiciones 1 y 2 existe una diferencia del nivel de la base de 20mm, y este decalaje será utilizado para hacer pasar por debajo el colector, para las posiciones 3 y 6. Otro dato a reseñar es que sobre la estructura de hormigón del sótano se colocarán de forma longitudinal dos vigas estructurales de acero, que servirán de apoyo a las cubas en su parte media, proporcionándolas la estabilidad necesaria. El espacio central, entre la línea y su adyacente dentro del taller, se configura como pasillo para servicios de ambas líneas y para facilitar las tareas de mantenimiento.

Por último se instalarán las vallas en cabecera y zócalos en el perímetro, necesarios para delimitar la nueva zona; así como rodapiés, alzas, suelo en tramex y otros detalles constructivos para mejorar la operatividad de la instalación. En concreto las alzas, o tarimas de elevación para facilitar el acceso y el trabajo en las cubas se construirán bajo las siguientes especificaciones de diseño: Dimensiones de 505x800x30 mm; material del marco es acero, y tramex de PPH inyectado en color gris; el acabado es imprimación y esmalte en color azul RAL 5017. El conexionado de los serpentines de calentamiento de cada cuba, a la red de vapor ya existente, requerirá la instalación de equipos de regulación completos situados en cada cuba que necesite calentamiento. Son de acción neumática. La tubería de conexión se aísla térmicamente con una coquilla de fibra de vidrio recubierta exteriormente con papel de aluminio. Una vez situadas las cubas en su posición se procederá a la conexión de los diferentes servicios de cada cuba, entrada de agua, aire o desagüe, según proceda, a los colectores existentes. Estos servicios se conectan a los distintos colectores de la zona, excepto aquellos desagües, que por normativa medioambiental, serán conducidos mediante un conducto a un canal de recogida de aguas situado de manera centralizada para todo el taller. En el abastecimiento de aguas se ha usado el libro de Mateos de Vicente (1978).

7. COSTES DEL PROYECTO

Obviamente la partida de gastos más importante se corresponde con los trabajos de desinstalación, instalación, adaptación y el valor propio de los equipos que conforman la línea. En concreto estos ascienden a 153.000€, los equipos y la instalación, y 5.560€ el desmantelamiento de la vieja línea. Los gastos operativos comprenderán:

- Personal: Se estima en 200.000 € anuales corregidos con un 2% de inflación estimable.
- Consumo eléctrico: Se estima en 60.000 € al año.
- Consumo de agua: Ascenderá a 8.000 € anualmente.
- Cera en bruto y aceite térmico: Ascenderá a 17.115 €/ año aproximadamente.
- Disolventes Ardrox: Ascenderá a 23.652 €/ año aproximadamente.

Diversos estudios estiman que el 8% del coste es debido a los productos químicos en el proceso y el 92% restante corresponde a electricidad, mano de obra, mantenimiento, calentamiento, agua de lavado, depuración y tratamiento de residuos, costes financieros y costes de los controles.
La inversión sale rentable aplicando los criterios habituales de VAN y TIR. Además el pay-back es de 3 años.

8. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS A REALIZAR EN EL MLG

Con el fin de estandarizar en un solo código numérico todos los sistemas del avión, la ATA (Association Transport of America), estableció un código de base 100 comúnmente aceptado por la industria y autoridades aeronáuticas. El ATA 32 se corresponde con trenes de aterrizaje. Todos los manuales tanto del avión como de componentes del mismo se desarrollan organizados por esta codificación. A pesar de que se en la línea se realizan trabajos en

varios elementos del MLG, como por ejemplo el sliding tube o el damping tuve, para concretar el estudio, y como pieza más significativa, se elegirá el mainfitting del MLG.
Las diferencias entre los distintos MLG de los distintos aviones de la familia A320, son poco significativas, realizándose toda consideración, para el del A320. Su PN es 201371 denominándolo el fabricante además como LEG. El peso de todo el conjunto una vez relleno de aceite e hidráulico es de alrededor de 425 Kg (940 lb). El MLG es un sistema retráctil que consiste básicamente en un amortiguador de 2 etapas de acción oleoneumática y retraible hacia el interior del fuselaje. Su estructura consiste en un cuerpo principal (mainfitting) sobre el que va montado un amortiguador sobre el que a su vez desliza un tubo (sliding tube) con un eje para 2 ruedas. La unión del sliding tube al mainfitting es mediante torque links. Está construido en acero MAT 135 o 35NCD16THQ. Se trata de un acero inoxidable que tras un tratamiento térmico superficial adquiere gran resistencia mecánica y resiste a la corrosión. Simplificando estamos hablando de una pieza de 75 cm de largo por 33 cm de ancho de centro a centro. Cabe destacar los múltiples detalles constructivos (como orificios, ranuras, rebajados, etc.) que presenta, a pesar de que a simple vista parezca una pieza lisa y sin ángulos. Los elementos llegan desmontados al taller y se devuelven con el certificado RTS. La operación habrá de realizarse cada 10 años o 20.000 ciclos de aterrizaje-despegue, es decir, más o menos 2 veces en la vida útil de un avión de una aerolínea perteneciente a IATA. Una vez conocemos que tarea hay que realizar, así como dónde y cuándo, necesitaremos conocer la correcta ejecución de los trabajos que esta tarea comprende, entonces la referencia será el CMM en unión con el manual de prácticas estándar SPM (Standard Practices Manual). En el CMM se describen los procedimientos de mantenimiento y se incluye un ILP (Ilustrated Part List). Contiene apartados de desmontaje, limpieza, inspección, reparación, montaje, dimensiones y herramientas.

9. CONCLUSIONES

Todas las conclusiones aquí aportadas provienen de la experiencia en la instalación, tras su puesta en marcha (running out) en enero de 2011. La línea ha estado operando de forma prácticamente ininterrumpida, obteniendo unos aceptables resultados de explotación. Existen problemas en el sistema de apertura de tapas, que se pueden resolver implementando cilindros neumáticos más cortos y de doble vástago. Otro problema es el de las sondas P-T que se encuentran situadas en la esquina formada por la pared lateral y frontal de la cuba siendo este el emplazamiento más idóneo, para tareas de revisión e instalación, pero presentando el inconveniente de dejar al termoelemento muy expuesto a los golpes durante el uso de la línea, si bien se pueden colocar unas rejillas metálicas en torno a la sonda. Dada la dificultad técnica y económica de desarrollar una red nueva de suministro de aire comprimido habrá que considerar esta limitación a la hora de programar la carga de trabajo de la línea.

Diversos estudios estiman que en un proceso de limpieza química usual, el gasto en productos químicos no suele exceder el 10% del coste total, y sin embargo en nuestro caso se eleva a un 15% aproximadamente. La reingeniería es enemiga de los cambios graduales, y este concepto se aplica a la perfección en el proyecto en estudio, ya que se requiere una redefinición completa de la instalación y de los procedimientos a emplear.
Se descartó el método Sermetel debido al coste de las cabinas necesarias y a que no es eficaz para piezas de gran tamaño y forma compleja, como son los trenes de aterrizaje.

REFERENCIAS

Gómez Fraile, F. (1994). *La limpieza química en la Industria Aeronáutica*, Ed. Brent Ibérica.
Kourilsky, F. (1992). *Coaching. Cambio en las Organizaciones,* Ed. Pirámide. Madrid.
Mateos de Vicente, M. (1978). *Válvulas para el abastecimiento de aguas,* Ed. Paraninfo. Madrid.
Iberia Líneas Aéreas de España (1976). *Prácticas Estándar de Revisión,* Escuela de Capacitación, Madrid.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.