



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA
GENERACIÓN DE RECURSOS ECONOMICOS
MEDIANTE LA COMERCIALIZACIÓN Y
FABRICACIÓN DE PARTES AERONÁUTICAS EN
EL SEMAN – PERU.”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FRANK JHONATTAN VALLADARES CABRERA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AERONÁUTICO**

LIMA-PERÚ

2017

DEDICATORIA

La presente Tesis ante todo está dedicada a mis padres, que siempre me han guiado hasta llegar a donde estoy, que sin su luz no sería la persona que soy ahora. A mis amigos, por su apoyo en mis estudios y por ser mi razón de salir adelante día a día. También agradezco a los profesores que he tenido a lo largo de estos años por haberme brindado el conocimiento con el que he logrado concretar este proyecto, y además porque nunca desistieron al enseñarme y depositaron su confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por bendecirme y haberme brindado la oportunidad de llegar hasta este momento. A mi asesor, por su exigencia y paciencia. A mis amigos que me ayudaron en cada momento que estuve en la Universidad y porque me brindaron su apoyo incondicional cuando más lo necesite. También deseo agradecer a los docentes de la Universidad Alas Peruanas, que con sus conocimientos brindados hicieron que sea el profesional que soy hoy. Por último al profesor Grados por su apoyo, visión crítica, rectitud y consejos que hicieron posible este proyecto.

INTRODUCCIÓN

El SEMAN PERU es una Organización de Mantenimiento Aeronáutico (OMA) que se encarga de dar mantenimiento a las aeronaves del ámbito militar y privado cuando sus servicios son requeridos. Con el transcurrir del tiempo, y en las múltiples visitas que eh realizado a las instalaciones en el SEMAN, allí pude observar diversos aspectos del ensamblaje y transporte de diversas partes de la aeronave, en su mayoría positivos como el cuidado con el área de trabajo, el profesionalismo de los operarios, el uso adecuado de piezas, así como el trabajo guiado por el manual del fabricante.

Y como es conocimiento general, el sector aeronáutico en el Perú no es apoyado considerablemente como otros campos de tecnología en el país, esto ha conllevado al poco desarrollo de este sector ya sea en lo militar o privado. El problema que ocasiona la falta de tecnología son las limitaciones para la fabricación, elaboración, innovación y mantenimiento de diversas partes de la aeronave.

Para enfrentar esta dificultad, el presente trabajo propone la implementación y ejecución de un proyecto que ayudará a procesos de fabricación y a su vez de mantenimiento en las aeronaves BOEING 737.

Este proyecto en mención consiste en un acondicionamiento general del departamento de ingeniería para la obtención de la licencia que permita la fabricación de partes aeronáuticas en el Servicio de Mantenimiento (SEMAN), aplicables a las aeronaves comerciales, para la generación de recursos, empleando

todas las capacidades disponibles, de esa manera lograr desligarse de la dependencia de países extranjeros fabricantes de aeronaves y aeropartes.

A la vez este planteamiento tiene la finalidad de incrementar las capacidades del SEMAN, para la obtención de mayores ingresos económicos, por la fabricación de partes aeronáuticas de categoría 2 y 3, para el mercado nacional e internacional, todo esto basándose en las leyes, características y requisitos internacionales que tengan relación con la fabricación de aeropartes de segunda y tercera categoría.

Los cálculos a realizarse para el diseño de esta herramienta son de resistencia de materiales, pues de acuerdo a los planos originales que proporcionaran los fabricantes de cada aeronave para la fabricación de aeropartes de categoría 2 y 3 se logrará la obtención de la licencia deseada.

Para esto es necesaria la colaboración en conjunto de todo el departamento de ingeniería, ya que se tiene que rediseñar tanto el taller de diseño y fabricación, la infraestructura para la implementación de herramientas y la capacitación o instrucción del personal para la adquisición de dicha licencia.

Lo ideal para este caso es lograr cubrir todos los requerimientos necesarios para poder contar con la licencia aprobada para la fabricación de aeropartes, de esta manera evitar gastos adicionales y comenzar inmediatamente con la fabricación de la partes aeronáuticas de 2° y 3° categoría, y así comercializarlas para lograr en el menor tiempo posible las utilidades que se desean.

En el desarrollo de este trabajo que se mostrará a continuación se podrá observar los requisitos, organización e implementación que se necesita en el SEMAN, requerimientos de materiales y procesos para la fabricación de partes aeronáuticas y a su vez los costos para la obtención de la licencias.

RESUMEN

El desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional está basado en el libro PMI o PMBOK en donde están indicados los pasos y fases que deben realizarse para un mejor desarrollo y entendimiento del trabajo de suficiencia profesional.

Para comenzar en el capítulo I se describe a la empresa, que en este caso es el SEMAN - PERÚ, se explica su formación y evolución a lo largo de los años, sus actividades en el ambiente aeronáutico y como se ha convertido en una de las principales OMA en el país y a nivel de Latinoamérica a tal punto que las empresas privadas solicitan sus servicios de mantenimiento gracias a sus instalaciones y personal capacitado.

En el capítulo II se encuentra la realidad problemática en la que se basa este proyecto, se plantea el problema dado por la dependencia única que el SEMAN tiene de los países fabricantes de partes aeronáuticas como de los países fabricantes de las aeronaves, provocando que por el tiempo de espera para que importen dichas partes se extienda el tiempo del mantenimiento y uso de hangares, mano de obra del personal, entre otros factores. Posteriormente se plantea el objetivo de este proyecto el cual tiene como finalidad resolver el problema anteriormente mencionado y la obtención de una licencia para la fabricación de partes aeronáuticas.

En el capítulo III se hace una descripción del proyecto, se colocan requerimientos y definiciones de todos los temas relacionados al trabajo de suficiencia profesional como por ejemplo: los requisitos para la obtención de la licencia para la fabricación de partes aeronáuticas, la reorganización e implementación que se realizara en el SEMAN, requerimientos de diseño, materiales y procesos de fabricación y costos a realizar para dichos requisitos. Para finalizar este capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de suficiencia profesional.

Finalmente en los capítulos IV, V Y VI se mencionan las referencias bibliográficas, el glosario de términos y los anexos respectivamente.

ABSTRACT

The development of this work of professional sufficiency is based on the PMI or PMBOK book which indicates the steps and phases that must be made for a better development and understanding of the work of professional sufficiency.

To begin with, in chapter I, the company, which in this case is the SEMAN - PERU, is described its formation and evolution over the years, its activities in the aeronautical environment and how it has become one of the most important in the country and at the level of Latin America, to the point that private companies request their maintenance services thanks to their facilities and trained personnel.

Chapter II presents the problematic reality on which this project is based. The problem is given by the unique dependence that SEMAN has on the countries that manufacture aeronautical parts and on the countries that manufacture the aircraft. Waiting time for importing parts, extends the time of maintenance and use of hangars, staff labor, among other factors. Subsequently, the objective of this project is presented which aims to solve the aforementioned problem and obtain a license for the manufacture of aeronautical parts.

In Chapter III a description of the project is made, requirements and definitions of all the subjects related to the work of professional sufficiency are placed like for example: the requirements for the obtaining of the license for the

manufacture of aeronautical parts, the reorganization and implementation that SEMAN, design requirements, materials and manufacturing processes and costs to be performed for these requirements. To conclude this chapter, the conclusions and recommendations of the work of professional sufficiency are mentioned.

Finally, chapters IV, V and VI mention the bibliographic references, the glossary of terms and the annexes respectively.

TABLA DE CONTENIDOS

CARATULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INTRODUCCIÓN	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
TABLA DE CONTENIDOS	x
INDICE DE GRAFICOS	xii
INDICE DE TABLAS	xiii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes del SEMAN – PERU	2
1.2. Perfil del SEMAN – PERU	5
1.3. Fines de la Organización SEMAN – PERU	5
1.3.1. Visión	5
1.3.2. Misión	5
1.3.3. Valores.....	6
1.3.4. Objetivos estratégicos.....	6
1.3.5. Unidades estratégicas de negocio	7
1.4. Organización actual del SEMAN – PERÚ	7
1.5. Descripción del entorno del SEMAN - PERÚ.....	8
CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA	9
2.1. Descripción de la realidad problemática.	10
2.2. Análisis del problema	11
2.3. Objetivo del proyecto	12
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO	13
3.1. Descripción del proyecto	14
3.1.1. Requisitos para la obtención de la licencia para fabricación de partes aeronáuticas.	16
3.1.1.1 Procedimientos para la autorización de fabricación de aeropartes	16
3.1.1.2 Procedimientos para la obtención del PMA y la Certificación de la Federal Aviation Administration (FAA)	18
3.1.1.3 Organigrama requerido para fines de obtener la certificación FAA	20
3.1.1.4 Partes aeronáuticas de categoría 2 y 3.....	21
3.1.2. Organización e implementación del SEMAN para la obtención del PMA y licencia FAA	23
3.1.2.1 Organigrama Estructural del SEMAN.....	24
3.1.2.2 Organigrama Estructural del Departamento de Ingeniería	25
3.1.2.3 Requerimiento de acondicionamiento de talleres y oficinas para el proceso de fabricación de partes aeronáuticas.....	27
3.1.2.4 Requerimiento de instrucción y capacitación del personal	34

3.1.3. Requerimientos de diseño, materiales y procesos de fabricación de una parte aeronáutica.....	36
3.1.3.1 Características de la parte aeronáutica original.....	36
3.1.3.2 Consideraciones para el diseño de la parte aeronáutica a fabricar	38
3.1.3.3 Ejemplo de diseño y cálculo de una parte aeronáutica ..	39
3.1.3.4 Materiales	51
3.1.3.5. Procedimientos para la fabricación de partes aeronáuticas.....	57
3.1.3.6. Fabricación de partes aeronáuticas	60
3.1.3.7. Control de calidad de las partes aeronáuticas	64
3.1.3.8. Almacenamiento y entrega de las partes aeronáutica	65
3.1.4. Costos a realizar por el SEMAN para obtención de PMA y licencia FAA	67
3.2. Conclusiones.....	73
3.2. Recomendaciones	74
CAPÍTULO IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	75
4.1. Manuales.	76
4.2. Páginas Web.....	76
CAPÍTULO V: GLOSARIO DE TÉRMINOS	77
5.1. Siglas de entidades.....	78
5.2. Terminología usada en los cálculos	79
CAPITULO VI: ANEXOS	81

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1 : Organización actual del SEMAN-PERU	7
Grafico N°2 : Organigrama requerido para certificación FAA para fabricación de aeropartes comerciales	20
Grafico N° 3: Organigrama estructural del servicio de mantenimiento	24
Grafico N° 4: Organigrama estructural del Departamento de Ingeniería.....	26
Gráfico N° 5: Refuerzos interconectados a través de larguerillos	40
Gráfico N° 6: Calculo por corte y torsión de los remaches de las placas	44
Grafico N° 7: corte puro en unión entre placas y larguerillos.....	47
Gráfico N° 8: Zona crítica	48
Grafico N° 9: Diagrama del círculo de MOHR	49
Grafico N°10: Diagrama de WOHLER.....	50
Grafico N°11: Diagrama de los tipos de materiales	52
Grafico N°12: Secuencia de fabricación de aeroparte	57
Grafico N°13: Organigrama de planeamientos de los trabajos.....	58
Grafico N°14: Fabricación de aeropartes.....	60
Grafico N°15: Control de calidad de aeropartes.	64
Grafico N°16: Almacenamiento y entrega de aeropartes.	66
Grafico N°17: Sede de la FAA	84

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 : Herramientas y dispositivos para el acondicionamiento del taller CNC.....	29
Tabla N° 2 : Composición Química	54
Tabla N° 3 : Equivalencias Internacionales.....	54
Tabla N° 4 : Propiedades Mecánicas.....	54
Tabla N° 5 : Propiedades Físicas	55
Tabla N° 6 : Radios de Plegado	55
Tabla N° 7 : Medidas de Placas de Duraluminio para la Fabricación de Partes Aeronáuticas	56
Tabla N° 8 : Costo de gestiones y trámites para la certificación FAA.....	67
Tabla N° 9 : Costos de adquisición de planos originales seleccionados para la fabricación de aeropartes.	67
Tabla N° 10: Costos.....	68
Tabla N° 11: Costo de capacitación	69
Tabla N° 12: Costos de Maquinas CNC	69
Tabla N° 13: Costo anual de operación y mantenimiento	70
Tabla N° 14: Costo anual de depreciación de maquinas	70
Tabla N° 15: Costos de venta de las partes a fabricar y las utilidades obtenidas	71

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Antecedentes del SEMAN – PERU

Cuando la vertiginosa evolución aeronáutica en el mundo después de la Primera Gran Guerra Mundial y el nacimiento de la aviación militar en el Perú, determinaron la necesidad de introducir nuevos y adecuados procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de aeronaves, motores y sistemas como soporte tecnológico primordial de la Fuerza Aérea. Es en este contexto que, el 13 de junio de 1933, se crea el Taller Central de Aviación con sede en la fortaleza del Real Felipe.

El año 1936, se instaló en la Base Aérea de Las Palmas, una filial de la fábrica de aviones Caproni de Milán (Italia) ensamblando aviones de combate Caproni CA-135 y Libeccio CA-310. En el año 1941 con la II Guerra Mundial se suspende toda actividad relacionada con la fabricación de aeronaves y el CUERPO AERONÁUTICO DEL PERÚ (hoy Fuerza Aérea) adquiere las maquinarias y equipos de la empresa Caproni, cambiando el nombre por el de "ARSENAL CENTRAL DE AERONÁUTICA"

En estas circunstancias el Cuerpo Aeronáutico del Perú (hoy Fuerza Aérea) adquiere las maquinarias y equipos de la empresa Caproni, contrata a sus técnicos más competentes: quienes junto a los técnicos peruanos cambian el nombre por el de "Arsenal Central de Aeronáutica" y se adecuan a la tecnología norteamericana, siendo el primer Comandante el CORONEL CAP. José Estremadoyro. En 1956 vuelve a cambiar de nombre por Servicio de Mantenimiento (SEMAN). A partir de esa fecha se han dictado diversos decretos y resoluciones que se nombran a continuación:

- El Decreto Supremo N° 05 del 30 de marzo de 1962, crea el SEMAN como una Unidad de Servicios dentro de la organización de la FAP.
- El Decreto Supremo N° 04 del 22 de enero de 1963, autoriza al SEMAN a realizar trabajos de carácter industrial y comercial en provecho de la Fuerza Aérea, de la aviación civil y comercial, así como de entidades estatales y particulares.
- La Resolución Ministerial N° 0318 del 04 de abril de 1973, considera al SEMAN como único Centro de Producción Industrial de la FAP.
- La Resolución Ministerial N° 0066-84-TC/AG del 22 de agosto de 1984, emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, le otorga al SEMAN “Permiso de Servicio Aéreo Especial Industrial” para realizar reparación y mantenimiento mayor y menor de aeronaves, motores, accesorios y otras actividades aeronáuticas industriales.
- La Ley N° 27261 “Ley de Aeronáutica Civil del Perú” del 10 de mayo del 2000 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 50-2001-MTC del 26 de diciembre del 2001, facultan a la Fuerza Aérea a operar Talleres de Mantenimiento Aeronáutico, previa autorización de funcionamiento emitida por la Dirección General de Aeronáutica Civil, conforme a la legislación vigente.
- El Decreto Supremo N° 088-2001-PCM del 18 de julio del 2001, autoriza a las entidades del sector público para desarrollar actividades de comercialización de bienes y servicios, que contribuyan al desarrollo económico y social del país.
- La Resolución Directoral N° 101-2008-MTC/12 de fecha 19 de junio del 2008, en su Artículo 1º.- AUTORIZAR al Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú – SEMAN Perú – la renovación de la autorización del funcionamiento y operación como Taller de Mantenimiento Aeronáutico Nacional por el plazo de cuatro años contados a partir del día siguiente del vencimiento de la Resolución Directoral N° 099-2004-MTC/12, con las siguientes habilitaciones:

- Aeronaves : Limitada
 - Plantas de Poder : Limitada
 - Instrumentos : Limitada
 - Accesorios : Limitada
 - Hélices : Limitada
 - Servicios especializados : Limitada
-
- La Resolución Ministerial N° 590-2008-DE/FAP del 13 de junio del 2008, Artículo 1º.- Delegar las facultades correspondientes al Director de Economía de la Fuerza Aérea del Perú, para que en nombre y representación de la Unidad Ejecutora N° 005 Fuerza Aérea del Perú – Ministerio de Defensa suscriba contratos y convenios no normados por la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado y su Reglamento. Esta delegación de facultades se restringe a los contratos y convenios cuyo plazo de ejecución sea superior a dos (02) años de duración.

 - La Ordenanza FAP N° 20-35 “SERVICIO DE MANTENIMIENTO” de fecha 19 de febrero del 2010, tiene por objeto establecer la misión, estructura orgánica, tareas, funciones y responsabilidades del Servicio de Mantenimiento (SEMAN).

 - Finalmente, en el año 2016 el congreso Nacional procedió a oficializar la conversión del SEMAN, en una empresa estatal adscrita al Ministerio de Defensa y organizada bajo una organización societaria tipo sociedad anónima cerrada (SAC). Actualmente el nombre de la entidad es SEMAN PERÚ SAC.

1.2. Perfil del SEMAN – PERU

Hoy, a sus 82 años de origen, el SEMAN PERÚ, es una organización de tipo empresarial integrando la más alta calidad y los más sofisticados sistemas para la reparación y mantenimiento de aviones motores, accesorios, equipos de apoyo terrestre y material aéreo diverso: tal es así que se ha ganado gran prestigio a nivel internacional y diversos países del mundo confían sus aeronaves en las manos expertas de sus técnicos e ingenieros. Estos logros son el resumen del trabajo profesional de Comando y servidores que consolidaron su estructura organizacional a través de más de medio siglo de existencia.

El SEMAN PERÚ ocupa un área de 64,000 Mt² adyacentes al aeródromo Las Palmas, la cual cuenta con una pista de 2,500 metros y ayudas operacionales de primer nivel: en sus instalaciones laboran aproximadamente 1,500 trabajadores ofreciendo sus servicios a clientes civiles y militares de todo el mundo.

1.3. Fines de la Organización SEMAN – PERU

1.3.1. Visión

“Convertirse en la primera Organización de Mantenimiento Aeronáutico de Sudamérica y posteriormente en el primer centro de ensamblaje y fabricación de partes aeronáuticas”

1.3.2. Misión

"Estamos constantemente renovando nuestras capacidades y procesos para asegurar que nuestra empresa sea tan fuerte y vital como nuestra herencia. De hecho, nuestra cultura refleja la herencia de la aviación en sí, construido sobre la base de la innovación, la aspiración y la imaginación”.

1.3.3. Valores

- Integridad, regirse siempre por los más altos estándares éticos, cumpliendo los compromisos.
- Calidad, mejora continua de la calidad en todo lo que se hace, de forma que ser una de las principales OMA de la región en cuanto a satisfacción de clientes, empleados y comunidades.
- Trabajo en equipo, la fortaleza y ventaja competitiva es, y siempre será, el equipo de profesionales. No dejan de aprender y compartir ideas y conocimientos. Se anima a todos los empleados a realizar esfuerzos de cooperación en todos los niveles y en todas las actividades de la empresa.
- Seguridad: generar un vínculo de confianza con los clientes en base a la satisfacción de sus necesidades y priorizando su bienestar.
- Medioambiente: Las actividades realizadas están orientadas hacia la ejecución de proyectos relacionados con la reducción del uso de elementos contaminantes en los procesos de fabricación, y mantenimiento de componentes aeronáuticos y el desarrollo de nuevos materiales compuestos con menor impacto ambiental.

1.3.4. Objetivos estratégicos

1.3.4.1. Metas

- Impulsar el crecimiento a través de la productividad.
- Ser un OMA líder en Sudamérica.
- Crear alianzas con empresas extranjeras para el desarrollo y capacitación del personal.
- Ser el primer fabricante de componentes aeronáuticos en el Perú y en la región.

1.3.4.2. Estrategia

“Mejorar la infraestructura e instalaciones de la institución, así como capacitar al personal, además de contratar ingenieros y gente especializada en el ámbito aeronáutico para mejorar la producción de la institución”.

1.3.4.3. Objetivos estratégicos

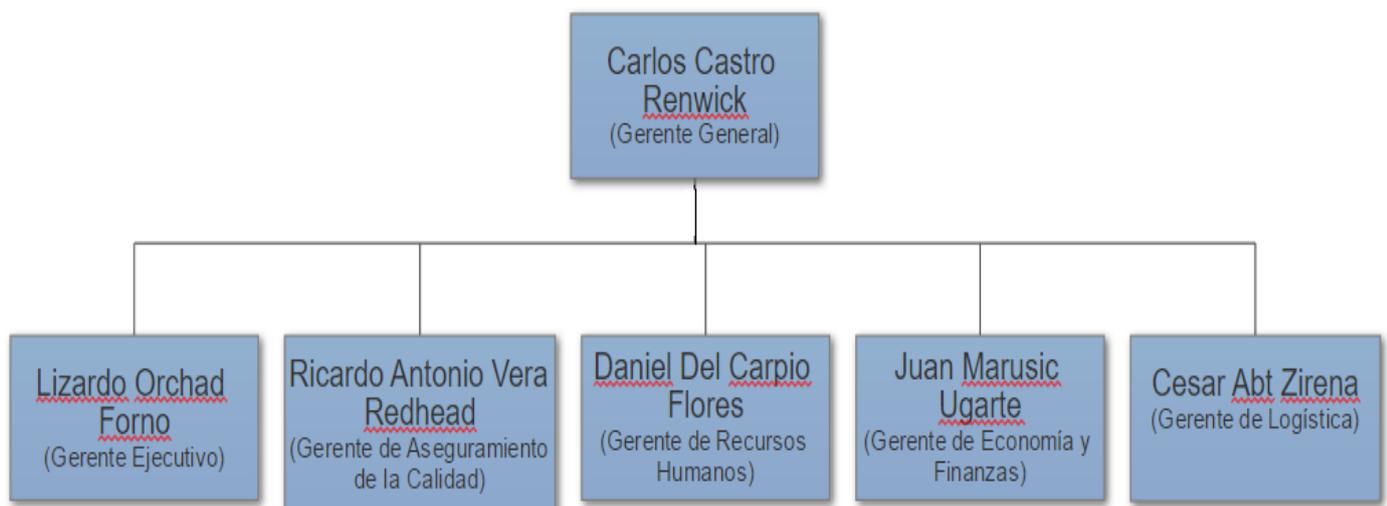
De acuerdo a la estrategia “Realizar un diagnóstico de Reingeniería”, su objetivo es aplicar la Reingeniería del proceso de mayor prioridad y así obtener una ventaja competitiva que nos permita reducir costos y aumentar la calidad del producto.

1.3.5. Unidades estratégicas de negocio

El SEMAN cuenta con diversos servicios: overhaul para motores y aviones completos, reparación de trenes de aterrizaje, mantenimiento de partes estructurales, disposición de hangares, instrucción de pilotos de las FAP, realizar pruebas a los motores con los bancos que se poseen y análisis metalúrgico de piezas del avión.

1.4. Organización actual del SEMAN – PERÚ

Grafico N° 1: Organización actual del SEMAN-PERU



Fuente: SEMAN-PERU

1.5. Descripción del entorno del SEMAN - PERÚ.

- Factores económicos: los altos costos existen para toda clase de operación en el ámbito aeronáutico, desde mantenimientos hasta trámites de permisos y licencias, estos factores hacen que las empresas opten por entidades públicas por encima de las privadas debido a los gastos menores que estas generan otorgando mayor confiabilidad.
- Factores tecnológicos: las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, la competencia, no cuentan con tanta infraestructura como, por ejemplo: bancos de prueba para motores de alto empuje, máquinas para procesos galvánicos, tornos o fresas para procesos de maquinado, entre otros; debido a que no poseen tanto apoyo económico como el SEMAN PERÚ lo tiene por parte del estado.
- Rivalidad entre los competidores existentes: la rivalidad en el Perú como una organización de mantenimiento aeronáutico es moderada porque no hay instituciones que tengan el apoyo como el SEMAN PERÚ lo tiene del estado.
- Amenazas de productos sustitutos: este producto tiene distintas variantes dependiendo del tipo de vehículo aéreo que se utilice por lo que si existe la posibilidad de ser reemplazado; sin embargo, las empresas que brindan este servicio en el país son muy pocas ya que en su mayoría son extranjeras, ante lo cual el SEMAN PERÚ tiene una ventaja además de recibir el apoyo del estado.

CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1. Descripción de la realidad problemática.

El SEMAN PERÚ se encarga de dar mantenimiento a las aeronaves del ámbito militar y privado cuando sus servicios son requeridos. En sus instalaciones se encuentran diversos vehículos aéreos además de vehículos terrestres, que sirven de apoyo para las diversas actividades de carga y/o transporte, a esto hay que añadirle las infraestructuras diseñadas con el fin de facilitar los trabajos de mantenimiento que allí se realizan, todos estos en su conjunto siempre requieren el cuidado necesario para que la corrosión y factores físicos no les afecte, entre los cuales podemos encontrar que son unos de los mayores problemas de la aviación.

Actualmente sabemos existen diversos compuestos que se aplican a las piezas y recubrimientos de las partes de las aeronaves con el fin de evitar las reacciones químicas que ocasionan la corrosión, a su vez diferentes tratamientos térmicos y métodos de fabricación para mejorar las características de las partes estructurales y no estructurales de la aeronave; sin embargo, en la actualidad cuando se realiza un mantenimiento menor o mayor a las aeronaves y se detecta alguna parte ya sea crítica o no que no está operativa, la única posibilidad de poder reemplazar esa determinada parte o pieza aeronáutica es solicitando el reemplazo al fabricante de la aeronave.

Es por eso que se está realizando este estudio para poder dar a conocer, planear, lograr la obtención de una licencia para la fabricación de aeropartes en el SEMAN – PERU y de esa manera poder dar el primer paso para poder, poco a poco, dejar de depender de las empresas internacionales con respecto a la obtención de partes no estructurales no solo en el SEMAN, sino también poder comercializar estas aeropartes fabricadas por el SEMAN a nivel nacional.

Este problema no se da solo en las instalaciones del SEMAN PERÚ sino en cualquier instalación aeronáutica, ya sea militar o privada. Con esto

hacemos referencia a las bases e instalaciones de los grupos aéreos de la FAP en todo el Perú, además de los aeródromos y aeropuertos del país que tienen los mismos problemas y a los cuales el SEMAN PERÚ puede ofrecerles un servicio de mantenimiento aeronáutico y a su vez el servicio de fabricación de aeropartes de segunda y tercera categoría.

2.2. Análisis del problema

Las aeronaves, vehículos y cualquier otro tipo de infraestructura diseñada para el uso aeronáutico, en su gran mayoría, están hechos a base de metales y aleaciones de estos debido a las propiedades que otorgan.

Sabemos que hoy en día la fabricación de materiales compuestos ha tenido una importante asimilación en las industrias, por consiguiente hay un inmenso mercado para la comercialización de materiales compuestos o avanzados en el Perú y en el mundo ya que cada vez la innovación de nuevos materiales multifuncionales se ha convertido en una tendencia.

Todo esto se debe a que principalmente hay una buena retribución económica en este rubro, y ya que vivimos en un mundo totalmente regido por la economía, es una gran oportunidad la que se plantea en este proyecto. En los países desarrollados se busca que los avances industriales tengan un beneficio social.

2.3. Objetivo del proyecto

Realizar el estudio para lograr la obtención de la licencia que permita la fabricación de partes aeronáuticas en el Servicio de Mantenimiento (SEMAN), aplicables a las aeronaves comerciales, para la generación de recursos, empleando todas las capacidades disponibles, de esa manera lograr desligarse de la dependencia de países extranjeros fabricantes de aeronaves y aeropartes.

Incrementar las capacidades del SEMAN, para la obtención de mayores ingresos económicos, por la fabricación de partes aeronáuticas de categoría 2 y 3, para el mercado nacional e internacional, todo esto basándose en las leyes, características y requisitos internacionales que tengan relación con la fabricación de aeropartes de segunda y tercera categoría

CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Descripción del proyecto

El objetivo del presente tema, es realizar el estudio de factibilidad para determinar la conveniencia o no de la obtención de la licencia que permita la fabricación de partes aeronáuticas en el Servicio de Mantenimiento (SEMAN), aplicables a las aeronaves comerciales, para la generación de recursos empleando todas las capacidades disponibles.

Este planteamiento tiene la finalidad de incrementar las capacidades del SEMAN, para la obtención de mayores ingresos, por la fabricación de partes aeronáuticas de categoría 2 y 3, para el mercado nacional e internacional, de acuerdo al Code of Federal Regulations (14CFR sección 21.305) (ver anexo N° 1), de la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos de Norteamérica (FAA), aplicables a las aeronaves BOEING 767 SERIES, por ser las capacidades actuales con que cuenta el Servicio de Mantenimiento.

Para lograr esto hay que tener en cuenta muchos factores y aspectos esenciales y fundamentales para la obtención de la respectiva licencia, las cuales son las siguientes:

- ✓ Requisitos para la obtención de la licencia para fabricación de partes aeronáuticas
 - a) Procedimientos para la autorización de fabricación de partes aeronáuticas.
 - b) Procedimientos para la obtención del PMA y la certificación de la Federal Aviation Administration (FAA) (ver anexo N°2).
 - c) Organigrama requerido para fines de obtener la certificación FAA para fabricación de partes aeronáuticas.
 - d) Partes aeronáuticas de categoría 2 y 3 a fabricar.

- ✓ Organización e implementación del SEMAN-PERU para la obtención del PMA y licencia FAA
 - a) Organigrama estructural del SEMAN.
 - b) Organigrama estructural del departamento de ingeniería.
 - c) Requerimiento de acondicionamiento de talleres y oficinas para el proceso de fabricación de partes aeronáuticas.
 - d) Requerimiento de instrucción y capacitación del personal.

- ✓ Requerimientos de diseño, materiales y procesos de fabricación de una parte aeronáutica.
 - a) Características de parte aeronáutica original.
 - b) Consideraciones para el diseño de la parte aeronáutica a fabricar.
 - c) Ejemplo de cálculo y diseño de una parte aeronáutica.
 - d) Materiales.
 - e) Procedimientos para la fabricación de partes aeronáuticas.
 - f) Fabricación de partes aeronáuticas.
 - g) Control de calidad de las partes aeronáuticas.
 - h) Almacenamiento y entrega de las partes aeronáuticas.

- ✓ Costos a realizar por el SEMAN para obtención de PMA y licencia FAA
 - a) Costos de gestiones y trámites para certificación FAA.
 - b) Costos de adquisición de planos originales seleccionados para fabricación de aeropartes.
 - c) Costos de acondicionamiento de oficinas y talleres.
 - d) Costo de capacitación de personal.
 - e) Costos de máquinas CNC (ver anexo N°3).
 - f) Costos de operación y mantenimiento.
 - g) Costos de depreciación de máquinas.
 - h) Costos de producción.

3.1.1. Requisitos para la obtención de la licencia para fabricación de partes aeronáuticas.

El Servicio de Mantenimiento actualmente cumple con el reglamento de la Ley de Aeronáutica Civil del Perú, al ser una Organización de Mantenimiento Aprobado (OMA), estando autorizado por la DGAC como estación reparadora, utilizando su capacidad instalada según la Directiva COMAT 17-3(ver anexo N°4). Por estas condiciones el SEMAN está en la capacidad de realizar las gestiones ante los fabricantes de partes aeronáuticas originales, sea el caso por ejemplo de la compañía BOEING, y así obtener la autorización para la fabricación y comercialización de las mismas por medio de lo que establece la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos de Norteamérica (FAA), al otorgar la licencia correspondiente.

3.1.1.1 Procedimientos para la autorización de fabricación de aeropartes

- ✓ Contar con la aprobación del fabricante de la aeronave de la cual se fabricarán aeropartes, obteniéndose el Parts Manufacturer Approval (PMA), esta aprobación es la que permite fabricar partes aeronáuticas para su comercialización.
- ✓ Las partes aeronáuticas a fabricar deberán tener un nivel de seguridad equivalente a las partes producidas bajo certificado de producción por el fabricante, que cuenta con el diseño original y cumple con el Code of Federal Regulations (14CFR) parte 21 y parte 43, para el diseño y fabricación de partes.
- ✓ Para la fabricación de partes aeronáuticas se deberá cumplir con la regulación 14CFR parte 21, correspondiente a procedimientos de certificación para productos y partes.

- ✓ Cumplir con el reglamento 8110.42, de la Federal Aviation Administration (FAA), referente a procedimientos de aprobación de fabricación de partes aeronáuticas.
- ✓ Obtención de la aprobación de los diseños de Ingeniería, por la FAA, bajo la Aircraft Certification Office (ACO), aprobados por un representante de ingeniería FAA, Designated Engineering Representative (DER).
- ✓ Los diseños, consistentes en dibujos y especificaciones, resumidos en un listado general, son necesarios que muestren la configuración de la parte aeronáutica y toda la información sobre dimensiones, tolerancias, materiales, procesos y procedimientos necesarios para definir todas las características de las partes, cumpliendo con la sección de limitaciones de aeronavegabilidad de la Instructions for Continued Airworthiness (ICA).
- ✓ Las partes aeronáuticas a fabricar estarán clasificadas dentro de tres categorías en un determinado listado, Category Parts List (CPL), esto contempla la participación de la FAA para aprobar la fabricación de las aeropartes, especificando el nivel, control de calidad, procedimientos y procesos para confirmar la fabricación de tales partes dentro de cada categoría.
- ✓ Se deberá contar con un sistema de Control de Calidad, Fabrications Quality Control Sistem (FQCS).

3.1.1.2 Procedimientos para la obtención del PMA y la Certificación de la Federal Aviation Administration (FAA)

Para obtener el PMA (Parts Manufacturer Approval) que autoriza la fabricación de partes aeronáuticas se debe especificar la categoría, debido a que existen tres categorías, de acuerdo al riesgo de aeronavegabilidad, las cuales son las siguientes:

- ✓ Aeropartes de categoría 1.- una parte aeronáutica fabricada en esta categoría en caso de falla puede evitar el aterrizaje y el vuelo seguro continuado; las consecuencias resultantes pueden reducir los márgenes de seguridad, degradar la performance o causar pérdida de capacidad para conducir ciertas operaciones de vuelo.
- ✓ Aeropartes de categoría 2.- una parte aeronáutica fabricada en esta categoría en caso de fallar no evitará el aterrizaje ni el vuelo seguro continuado, pero si se reduce la capacidad de la aeronave o la habilidad de la tripulación de vuelo para enfrentar las condiciones adversas o fallas subsecuentes.
- ✓ Aeropartes de categoría 3.- son partes aeronáuticas fabricadas que en caso de fallas no tendría efecto en el aterrizaje y en el vuelo seguro continuado de la aeronave.

Los trámites de aprobación que realizaría el SEMAN para la fabricación de partes aeronáuticas corresponderán a la categoría 2 y 3, debido a que para la fabricación de aeropartes de categoría 1 se requiere de tecnología de última generación, con la cual no se cuenta, no pudiéndose realizar procesos de fabricación con alta precisión los cuales se obtienen con máquinas mecatrónicas robotizadas.

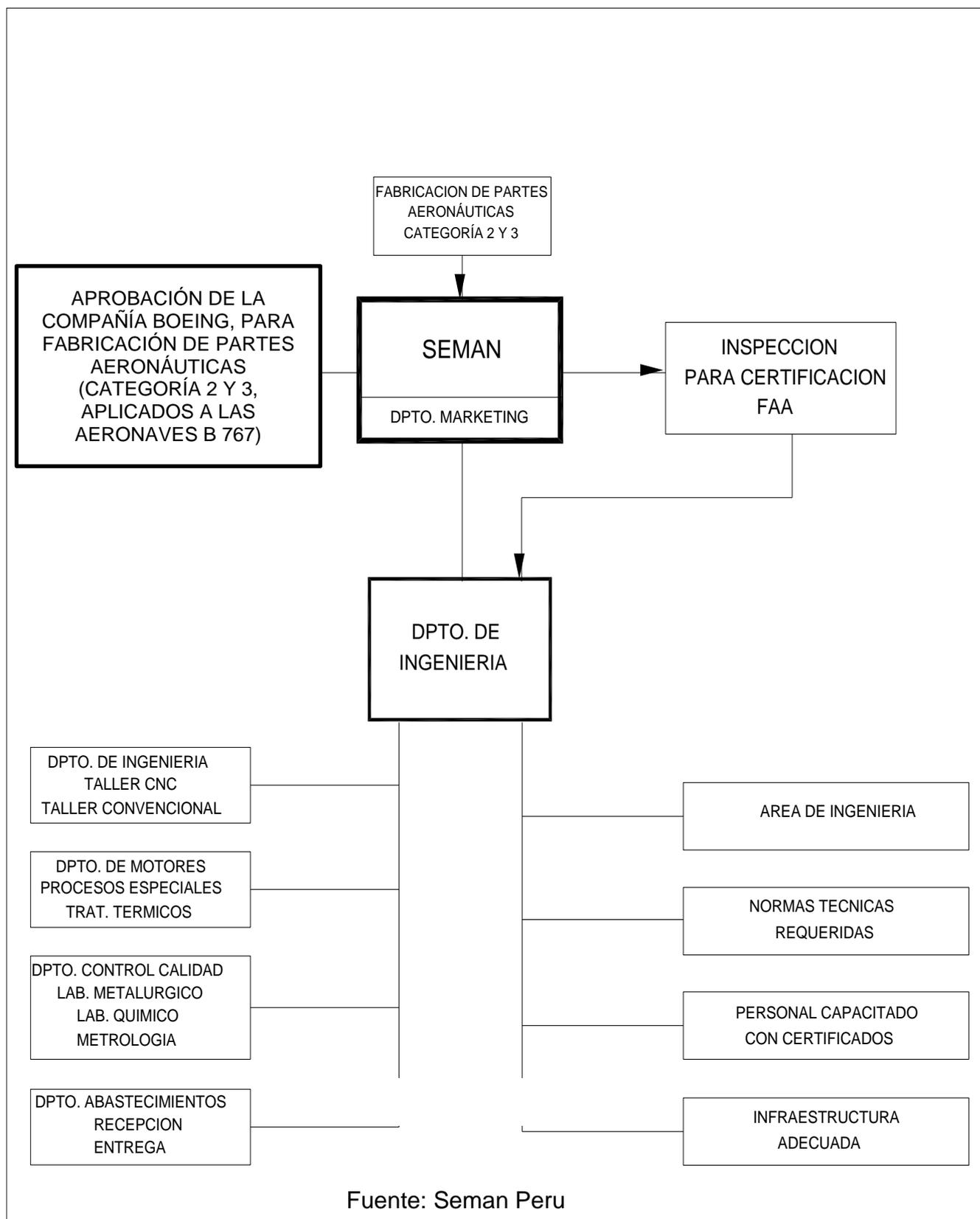
Después de haberse realizado el diseño completo de la parte aeronáutica se obtendrá un expediente en el cual figurarán los planos, cálculos, las especificaciones técnicas, las consideraciones de diseño y carga, además de otras características que demuestren su trazabilidad con la parte aeronáutica original

Los DER (Design Engineering Repair), ingenieros calificados de las compañías fabricantes, son los medios que utilizará dicha Compañía para la aprobación de los planos de fabricación de las partes aeronáuticas que serán confeccionadas por el SEMAN, y así obtener el PMA.

Para la Licencia FAA de fabricación de partes aeronáuticas, se hace necesario contar con el PMA, emitido por la CIA fabricante y posteriormente calificar en la inspección FAA, que certificará la capacidad y calidad de nuestros talleres, equipos y máquinas, la capacitación de nuestro personal, las normas técnicas a emplear, para los fines de fabricación de las partes aeronáuticas.

3.1.1.3 Organigrama requerido para fines de obtener la certificación FAA, para fabricación de partes aeronáuticas.

Grafico N°2: Organigrama requerido para certificación FAA para fabricación de aeropartes comerciales



3.1.1.4 Partes aeronáuticas de categoría 2 y 3 a fabricar.

El proyecto contempla la fabricación de diversos tipos de partes aeronáuticas de categoría 2 y 3, las cuales frecuentemente se reemplazan en las aeronaves propuestas, debido a la corrosión, rajaduras, desgaste, etc., que presentan durante una inspección. Se considerará la fabricación de aeropartes para la aplicación en aeronaves BOEING 767.

✓ Ejemplo de aeropartes de categoría 1:

- ❖ Largueros: Son vigas que se extienden a lo largo del ala. Es el componente principal de soporte de la estructura, son partes que están expuestos directamente a carga de pandeo.
- ❖ Costillas: miembro delantero y posterior de la estructura del ala, da forma al perfil y transmite la carga del revestimiento a los largueros.
- ❖ Tren de aterrizaje: Es uno de los elementos más críticos del diseño de un avión, ya que debe soportar impactos muy fuertes durante el aterrizaje. Además, para frenar con seguridad se idearon frenos de disco de carbono y sistemas antibloqueo de ruedas –ABS.

Ejemplo de aeropartes de categoría 2:

- ❖ Revestimiento (SKIN): Absorbe esfuerzos cortantes, procedentes de las fuerzas cortantes y momentos torsores y colabora con los elementos rigidizadores longitudinales (larguerillos) y absorbe los esfuerzos producidos por la presurización.

 - ❖ Parabrisas: El parabrisas está formado por capas de vidrio templado, que aguanta las cargas de presurización y aerodinámicas; y otras capas de polivinilo que proporciona resistencia al impacto de las aves u otros objetos.

 - ❖ Larguerillos: Son perfiles de chapa, absorben con el revestimiento esfuerzos producidos por la fuerza normal y el momento flector y la presurización.
- ✓ Ejemplo de aeropartes de categoría 3:

- ❖ Rampas de emergencia y Puertas.
- ❖ Tornillos de las bisagras de la puerta.
- ❖ Soporte de asientos
- ❖ Tornillos o remaches internos de la aeronave.

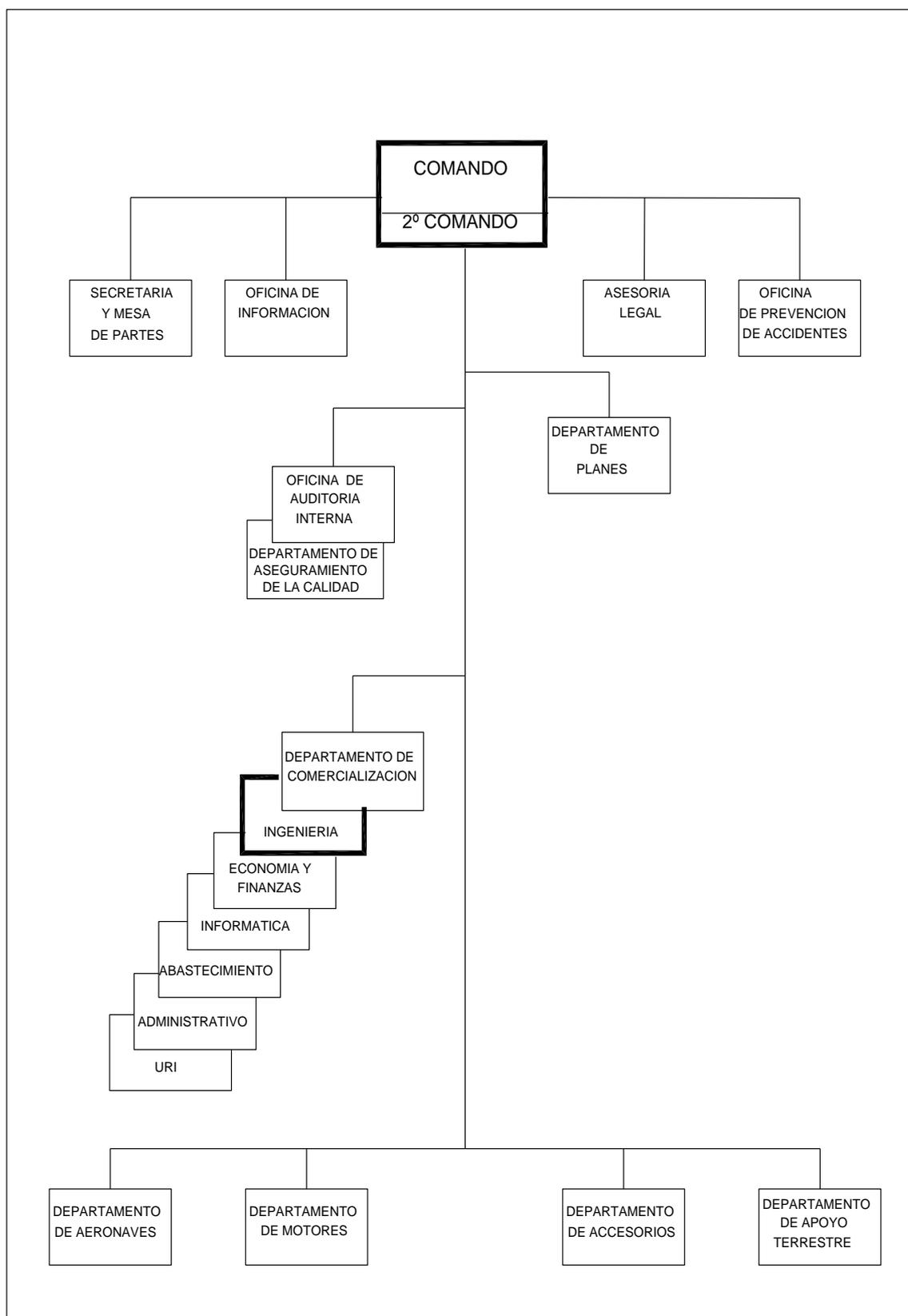
3.1.2. Organización e implementación del SEMAN para la obtención del PMA y licencia FAA

El Servicio de Mantenimiento (SEMAN) es una entidad debidamente certificada para realizar trabajos de mantenimiento aeronáutico y cuenta con una estructura orgánica compuesta por departamentos, divisiones, oficinas y secciones, dentro de su organización estructural, para el cumplimiento de los diferentes trabajos solicitados por sus clientes.

Esta estructura orgánica con que cuenta el SEMAN, permite la factibilidad de fabricación comercial de partes aeronáuticas, requiriendo organizar y acondicionar ciertas áreas en algunos departamentos, para realizar los procesos de fabricación y comercialización de las partes aeronáuticas a fabricar.

Debido a que en la fabricación de partes aeronáuticas se requiere de la participación del área de Ingeniería, por los diferentes procesos que demanda, que se inicia con el diseño, pasando por la supervisión de la fabricación y el control de calidad final; se ha considerado que dentro de la organización SEMAN el ente encargado de la organización en esta área sea el Departamento de Ingeniería.

3.1.2.1 Organigrama Estructural del SEMAN
 Grafico N° 3: Organigrama estructural del servicio de mantenimiento



FUENTE: SEMAN - PERÚ

3.1.2.2 Organigrama Estructural del Departamento de Ingeniería

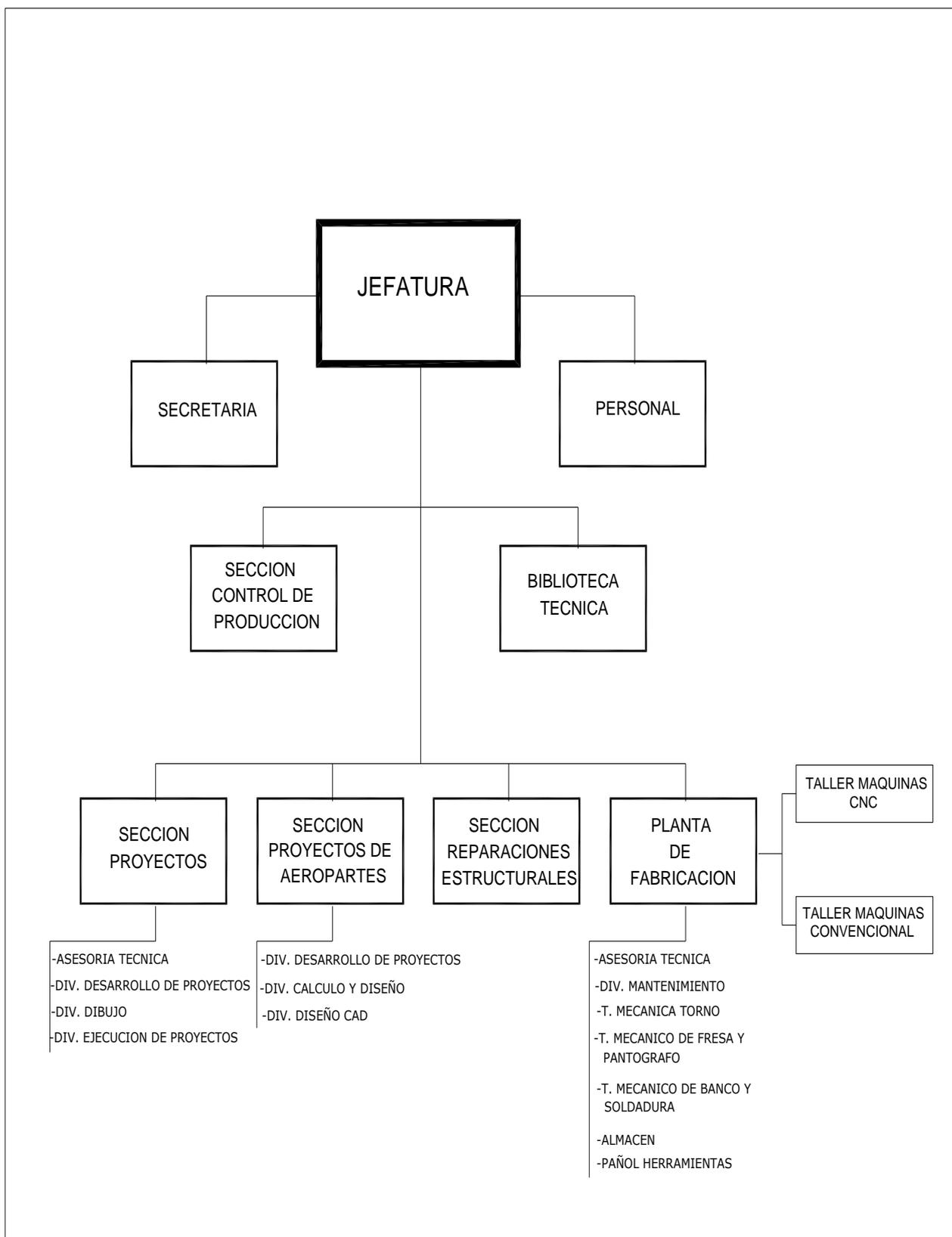
El organigrama del departamento de ingeniería contempla una sección de “diseño de aeropartes”, la misma que cuenta con tres (03) divisiones (desarrollo de proyectos, cálculo y diseño, y diseño CAD), siendo esta sección la encargada de organizar, desarrollar y administrar desde el diseño hasta el control de calidad de la parte aeronáutica debidamente terminada.

Dentro del departamento de ingeniería se encuentran el taller de máquinas de control numérico computarizado (CNC) y el taller de apoyo con máquinas convencionales.

El departamento de ingeniería coordinará con otras dependencias del SEMAN, con el propósito de efectuar los trabajos y/o procesos que requieran las partes aeronáuticas durante su etapa de fabricación, así como las coordinaciones administrativas para el suministro del material y comercialización correspondiente.

En tal sentido el organigrama estructural del Departamento de Ingeniería es el que se muestra a continuación:

Grafico N°4: Organigrama estructural del Departamento de Ingeniería.



FUENTE: SEMAN - PERÚ

3.1.2.3 Requerimiento de acondicionamiento de talleres y oficinas para el proceso de fabricación de partes aeronáuticas.

El SEMAN, cuenta con infraestructura disponible para la producción de partes aeronáuticas, para lo cual utilizará y acondicionará diferentes talleres, así como la capacitación de personal, para fines de certificación FAA.

A continuación se describen las instalaciones que intervendrán en los procesos de fabricación de las partes aeronáuticas:

- Taller de mecanizado de control numérico computarizado (CNC), fue implementado en el SEMAN en el año 2006, y se encuentra ubicado en la Maestranza N° 1 del SEMAN., en la planta de fabricación del departamento de ingeniería.

Cuenta con tres máquinas herramientas de última generación:

- ❖ Centro de fresado CNC, TM-2, 277 cm. de altura, 254 cm. de ancho, 163 cm. de profundidad y peso de 1,633 Kg.
- ❖ Centro de mecanizado vertical CNC, vf-4, 300 cm. de altura, 354 cm. de ancho, 371 cm. de profundidad y peso de 6,033 Kg.
- ❖ centro de Torneado CNC, SL-30, 188 cm. de altura, 343 cm. de ancho, 272 cm. de profundidad y peso de 7,258 Kg.

Este taller cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, y para su operación cuentan con el suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz, y suministro de aire comprimido a una presión de 100 psi.

Este taller fue implementado en el año 2007 y 2008, con herramientas de corte, accesorios y dispositivos, siendo necesario contar con una mayor cantidad de herramientas, para la fabricación de partes aeronáuticas comerciales.

Y en la actualidad ha sido recientemente implementado con tres máquinas CNC, las cuales son las siguientes:

- ❖ Brake Press Machine (Prensa plegadora) con número de serie 252793, con número de parte RG 25.
 - ❖ Maquina CNC Router (3 Axis) con número de Serie 1310 – 1202, numero de parte HF – 1250.
 - ❖ Maquina CNC 5 EJES (Hyundai) modelo HI – MOLD 520/5A.
- ✓ Acondicionamiento.- Implementación de catorce (14) elementos entre herramientas de corte, accesorios y dispositivos, con un total de cincuenta y seis (56) piezas, necesarias para aumentar la capacidad productiva de las máquinas CNC, de acuerdo al siguiente listado:

Tabla N° 1: Herramientas y dispositivos para el acondicionamiento del taller CNC

Nº	NRO. DE PARTE	NOMENCLATURA	CANT.
01	512000NL10104	UNIDAD DE SUJECION (C4-NC2000-10020-40)	1.00 EA
02	511000NL02047	PORTA CAPTO (C4-POLNR-22110-12)	1.00 EA
03	511000NL02048	PORTA CAPTO (C4-POLNR-22080-12)	1.00 EA
04	513600NL00021	BARRA DE MANDRILAR (A205-STFCR 11-B1)	1.00 EA
05	511000NL02100	FRESA CIL MD TIN E4 (10.00 E4 81660MT)	3.00 EA
06	511000NL02041	ADAPTADOR PORTAFRESA (C5-391, 05-27 025)	1.00 EA
07	511000NL02101	MANGO BASICO MAS/BT 403 (COD.,C5-390-40-030)	1.00 EA
08	511000NL02053	PORTA EXTERIOR COROT 107 63ø+ (SDNON 2525M-11)	1.00 EA
09	511000NL02054	INSERTO TORNEADO P, GC (DOMT 11 T3 04-PM4225)	20.00 EA
10	511000NL02042	FRESA COROMILL 390 CILXL (R390-016A16L-11L)	2.00 EA
11	511000NL02059	FRESA CIL MD TIN E4 (14.00 E4 81830MT)	2.00 EA
12	511000NL02102	FRESA CIL MD TIN E4L (16.00 E4 83430MT)	1.00 EA
13	511000NL02103	FRESA CIL MD TIN E4 (12.00 E4 81760MT)	1.00 EA
14	511000NL02044	INSERTO FRESA P, N, S, H, GC (R390-11 T3 08M-PM 1030)	20.00 EA

FUENTE: SEMAN - PERÚ

✓ Capacitación de personal.- se requiere de la capacitación de un (01) operador de centro de fresado en control numérico computarizado (CNC) y un (01) operador de centro de torneado en control numérico computarizado (CNC)

- Taller de mecanizado convencional

Asimismo como apoyo se dispone de un taller de mecanizado convencional, que se encuentra ubicado en la Maestranza N° 1 del SEMAN, en la planta de fabricación del departamento de ingeniería. Esta Planta cuenta con la disponibilidad de cuatro (04) tornos horizontales, tres (03) máquinas fresadoras, dos (02) máquinas rectificadoras, un (01) taladro vertical y dos (02) máquinas cepilladoras.

Asimismo, cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz y suministro de aire comprimido a una presión de 80 psi.

Este taller se encuentra acondicionado con instrumentos y herramientas para la función de apoyo, requerido para la fabricación de partes aeronáuticas, requiriéndose de capacitación de personal en técnicas de metrología.

- Taller de procesos especiales

Este taller de procesos especiales se encuentra ubicado en la Maestranza N° 2 del SEMAN, en el departamento de motores, en este taller se realizará:

- El tratamiento de anodizado para aluminio, tanto de ácido crómico como de ácido sulfúrico (ver anexo N°5).
- La aplicación de pintura con secado al horno, utilizando diversos productos tales como pintura epóxica, acrílico y lacas (ver anexo N°6).

Asimismo, este taller cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz y suministro de aire comprimido a una presión de 120 psi.

Este taller se encuentra acondicionado con equipos y accesorios para el tratamiento superficial de las partes aeronáuticas fabricadas, requiriéndose de capacitación de personal.

- Taller de tratamientos térmicos

Este taller de tratamientos térmicos se encuentra ubicado en la Maestranza N° 2 del SEMAN en el departamento de motores, en este taller se realizará:

- El tratamiento térmico de temple y recocido para las partes aeronáuticas fabricadas.
- El tratamiento térmico de recocido al material a utilizar para la fabricación de las partes aeronáuticas que lo requiera.

Asimismo, este taller cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz y suministro de aire comprimido a una presión de 100 psi.

Este taller se encuentra acondicionado con hornos y accesorios para el tratamiento térmico de las partes aeronáuticas fabricadas, requiriéndose de capacitación de personal (ver anexo N°7).

- Taller de Metrología

Este taller de metrología se encuentra ubicado en una zona cercana al Hangar 1001 del SEMAN, perteneciente al departamento de control de calidad, en este taller se realizará:

- El dimensionamiento de las partes aeronáuticas a fabricar para la elaboración de los planos correspondientes.
- El control de calidad de las partes aeronáuticas que se encuentren completamente fabricadas.

Este taller cuenta con alumbrado de luz de lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz y atmósfera con control de temperatura.

- Laboratorio químico

Este laboratorio se encuentra ubicado en la plaza principal del SEMAN y pertenece al departamento de Control de Calidad, en este laboratorio se realizará:

- El análisis de los elementos componentes de las partes aeronáuticas originales.
- El análisis de los elementos componentes de los materiales trazables a utilizar en la fabricación de partes aeronáuticas.

Adicionalmente, este laboratorio cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz, ventilación forzada y suministro de aire comprimido a un presión de 100 psi.

- Laboratorio metalúrgico

Este laboratorio se encuentra ubicado en la plaza principal del SEMAN y pertenece al departamento de control de calidad, en este laboratorio se realizará:

- Los ensayos de resistencia de material de las partes aeronáuticas originales.
- Preparación de probetas para la determinación del tipo de microestructura del material de las partes aeronáuticas originales.
- Medición de la dureza superficial de las partes aeronáuticas originales.
- Medición de la dureza superficial de las partes aeronáuticas fabricadas.

Este taller cuenta con alumbrado de luz natural y lámparas fluorescentes, suministro de energía eléctrica de 220VAC-60Hz y suministro de aire comprimido a una presión de 100 psi.

3.1.2.4 Requerimiento de instrucción y capacitación del personal

La instrucción del personal será cumplida mediante instrucción teórica y práctica (Adiestramiento en el Trabajo - AET) de ser necesario, de acuerdo al programa de instrucción anual del departamento de ingeniería.

La instrucción teórica y práctica será cumplida por instructores debidamente calificados asignados por el jefe del departamento de ingeniería.

La instrucción práctica (AET) será programada para que el personal se familiarice con el trabajo que debe realizar.

La oficina de Instrucción ingresará los registros actuales del personal. Este registro indicará el tipo de instrucción, método, duración, fecha de culminación, lugar y el nombre del instructor que condujo la instrucción teórica o práctica. Las copias de los registros actuales se mantendrán en el legajo de instrucción del empleado.

Todo los mecánicos de máquinas de control numérico computarizado (CNC) deberán tener como mínimo dos (02) años de experiencia en los procesos de mecanizado.

El jefe de control de producción del departamento de ingeniería será el responsable del personal de la planta de fabricación. La instrucción teórica formal será conducida

por la oficina de instrucción del servicio de mantenimiento (SEMAN) utilizando instructores calificados y designados.

El servicio de mantenimiento (SEMAN) cuenta con un programa de instrucción para alcanzar altas normas y para alentar la destreza del personal.

A pesar que es de conocimiento que la experiencia continua es un elemento importante para mantener calificado y apto al personal de operarios, se dará instrucción para construir rápidamente experiencia e instrucción recurrente para suplir dicha experiencia. Estos dos elementos junto con la diversificación continua de la asignación de trabajo incrementarán la habilidad de la persona para realizar un buen trabajo y criterio de aeronavegabilidad.

La mayoría de la instrucción teórica es manejada por especialistas altamente calificados. Estos instructores son evaluados y certificados por el jefe del departamento de ingeniería en coordinación con la oficina de instrucción.

✓ Requerimiento de capacitación de personal

Se requiere capacitar al personal de acuerdo a lo siguiente:

- Capacitación de personal de ingeniería para manejo de software actualizado (01 Ingeniero y 01 dibujante CAD).
- Capacitación de dos (02) técnicos para la operación de máquinas de control numérico computarizado (CNC).

- Capacitación de dos (02) técnicos en técnicas de metrología, del taller de máquinas convencionales.
- Capacitación de dos (02) técnicos en el área de tratamientos superficiales.
- Capacitación de dos (02) técnicos en el área de tratamientos térmicos.

3.1.3. Requerimientos de diseño, materiales y procesos de fabricación de una parte aeronáutica.

Para la fabricación de la parte aeronáutica, se requiere del diseño, la especificación del material y los procesos de fabricación a seguir, para lo cual se requiere conocer y realizar lo siguiente:

3.1.3.1 Características de la parte aeronáutica original.

Para los fines de determinación de la función de resistencia que cumple la parte aeronáutica dentro de su ubicación en la aeronave, se requiere conocer las siguientes características:

✓ Características de diseño

Para determinar las características de diseño es necesario realizar una inspección para determinar la concepción del mismo, para lo cual se realizará lo siguiente:

Determinar si la parte aeronáutica original ha sido fabricada por fundición, forja y/o maquinado, determinación de las especificaciones técnicas del material que proporcione el fabricante, en caso contrario se realizarán los ensayos de laboratorio para determinar el tipo de material, dimensiones reales de la

parte aeronáutica, teniendo en cuenta que las dimensiones de una parte aeronáutica con desgaste va impedir tomar una medición real, forma geométrica para determinar el maquinado en la parte aeronáutica a fabricar, determinación del tratamiento térmico de la parte aeronáutica a fabricar, determinación del tratamiento superficial de la parte aeronáutica a fabricar, determinación de acabado de superficies (rugosidad) de la parte aeronáutica a fabricar, determinación de ajustes y tolerancias en la parte aeronáutica a fabricar.

✓ Características de carga

Para determinar las características de carga es necesario realizar una evaluación de los esfuerzos a que está sometida la parte aeronáutica a fabricar para la función que realiza, para lo cual se determinará lo siguiente:

Determinación de ajustes y tolerancias en la parte aeronáutica a fabricar, niveles de deformación elástica de trabajo, grado de fatiga a que está expuesta la parte aeronáutica a fabricar, grado de corrosión a que está expuesta la parte aeronáutica a fabricar, cargas de flexión, torsión, corte, tracción y compresión a que está expuesta la parte aeronáutica a fabricar.

3.1.3.2 Consideraciones para el diseño de la parte aeronáutica a fabricar

En vista que las partes aeronáuticas a fabricar se obtendrán por procesos de maquinado, debido a que el SEMAN no tiene las técnicas ni la infraestructura para la fabricación de partes aeronáuticas por procesos de forjado, fundición y/o metalurgia de polvos, es necesario tener en cuenta para realizar un nuevo diseño lo siguiente:

- Si el proceso de fabricación de la parte aeronáutica original ha sido concebida por técnicas de fundición se requiere un cálculo de resistencia por comparación y evaluar la fragilidad del material.
- Si el proceso de fabricación de la parte aeronáutica original ha sido concebida por técnicas de forjado se requiere realizar un cálculo de resistencia por comparación y evaluar el sobre dimensionamiento y/o la factibilidad de reemplazo de material por diferencia debido a la mayor resistencia en forja que en maquinado.
- Confección del plano de la parte aeronáutica, teniendo en cuenta el sobre dimensionamiento en caso de ser requerido, así como en caso de tener la muestra, tener en cuenta el desgaste existente para las mediciones.

3.1.3.3 Ejemplo de diseño y cálculo de una parte aeronáutica

✓ Consideraciones de diseño

- Consideraciones técnicas de propiedades del material

El material a emplear será duraluminio 2024 T3, con características según Metals Handbook Properties and Selection Metals.

$$\sigma_y = \text{esfuerzo fluencia} = 50000 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$\tau_y = \text{esfuerzo fluencia corte} = \sigma_y/2 = 25000 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$\sigma_e = \text{esfuerzo límite de fatiga} = 20000 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$E = \text{módulo de elasticidad} = 9,978 \times 10^6 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$u = \text{módulo de poisson} = 0,333$$

- Consideraciones para el factor de seguridad y esfuerzo de diseño para el cálculo

$$n = \text{factor de seguridad a utilizar} = 2,5$$

$$\sigma_d = \text{esfuerzo diseño tracción} = \sigma_y/n = 20000 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$\tau_d = \text{esfuerzo diseño corte} = \tau_y / n = 10000 \text{ lbs/pulg}^2$$

- Distancia entre bordes de remache y borde de plancha.

$$\text{Distancia} = 1,25 \text{ de un diámetro como mínimo}$$

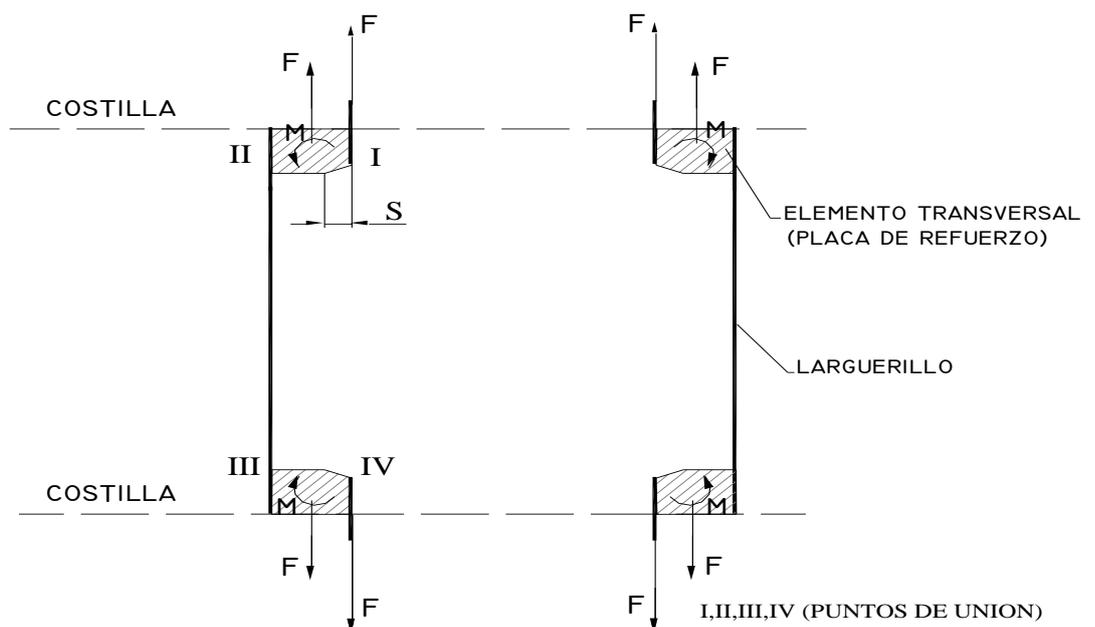
✓ Cálculo de una parte aeronáutica

El cálculo de una parte aeronáutica comprende realizar lo siguiente:

- Conocer sus características geométricas para realizar el cálculo comparativo de resistencia de material.
- Determinar las condiciones de carga y elementos u otras partes que trabajan en conjunto con la parte aeronáutica a diseñar.

El ejemplo de cálculo consistirá en calcular dos placas de refuerzo, las cuales se encuentran interconectadas a través de larguerillos en sus extremos, encontrándose las placas remachadas a estas larguerillos, transmitiendo una carga de 1000 lbs. de fuerza de una placa a otra.

Gráfico N° 5: Refuerzos interconectados a través de larguerillos.

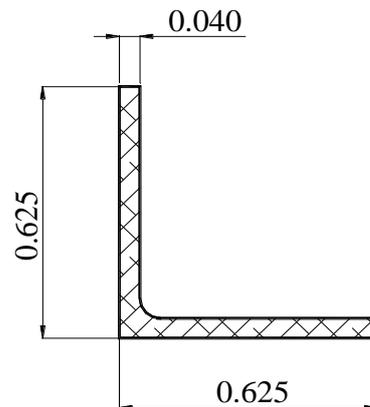


Fuente: Elaboración propia

Esta carga se ha determinado como la fuerza “admisibles” en el larguerillo a partir del esfuerzo de diseño del material (σ_d) de 20000 lbs-pulg. y de la sección transversal del larguerillo:

Tenemos que la sección (A') del larguerillo es:

$$A' = 0,05 \text{ pulg}^2$$

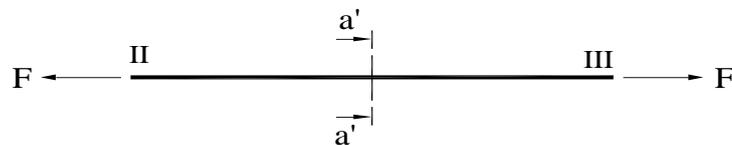


$$F = \sigma_d A$$

$$F = 20000 \text{ lbs/pulg}^2 \times 0,05$$

$$F = 1000 \text{ lbs.}$$

✓ Cálculo de tracción del larguerillo.



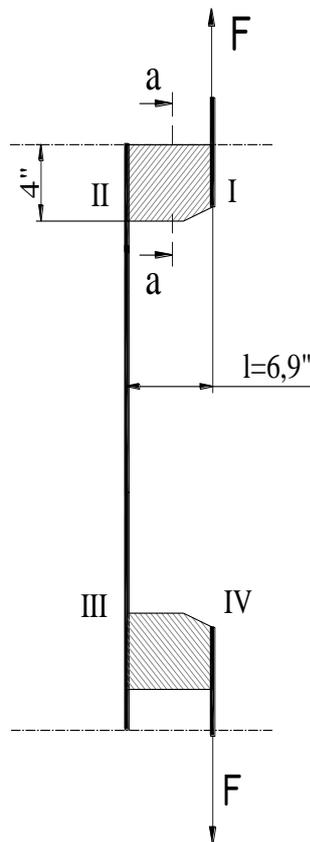
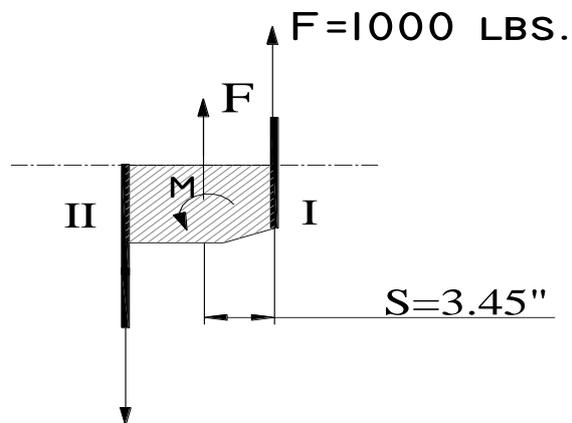
Cálculo de esfuerzo producido por tracción:

$$\sigma = F/A' \quad A' = 0,10 \text{ pulg}^2$$

$$\sigma = 1000 \text{ lbs}/0,10 \text{ pulg}^2$$

$$\sigma = 10000 \text{ lbs/pulg}^2 < \sigma_d = 20000$$

✓ Cálculo de corte, flexión y deformación de las placas.



Cálculo del momento de flexión M:

$$M = F \times S$$

$$M = 1000 \text{ lbs} \times 3,45 \text{ pulg}$$

$$M = 3450 \text{ lbs-pulg}$$

Cálculo de esfuerzo producido por flexión:

$$\sigma = M/Z = \frac{3450\text{lbs} - \text{pulg}}{0,3\text{pulg}^3} \quad Z = 0,3 \text{ pulg}^3$$

$$\sigma = 11500 \text{ lbs/pulg}^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante producido por fuerza de corte:

$$\tau = F/A = \frac{1000\text{lbs}}{0,44\text{pulg}^2}$$

$$\tau = 2272,72 \text{ lbs/pulg}^2$$

Cálculo del esfuerzo principal máximo (σ_1) producido por flexión y corte, aplicando Teoría de Falla del Máximo Esfuerzo Normal (RANKINE):

$$\sigma_1 = \sigma/2 + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_1 = 11932,86 \text{ lbs/pulg}^2 < \sigma_d = 20000 \text{ lbs/pulg}^2$$

Dentro de Límite Permisible (NO FALLA)

Cálculo de la deformación producida:

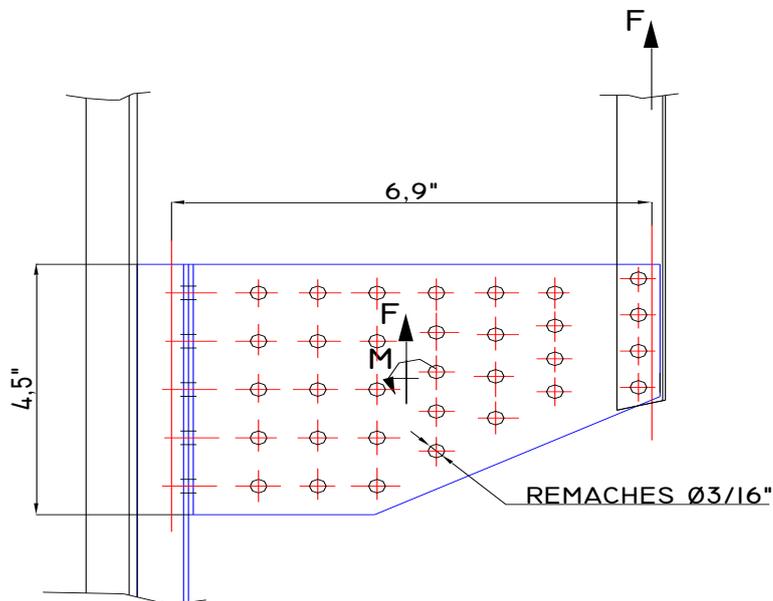
$$f = Fl^3/3EI$$

$$f = \frac{1000\text{lbs} \times (6,9)^3 \text{ pulg}^3}{3 \times 9,978 \times 10^6 \text{ lbs / pulg}^2 \times 0,6 \text{ pulg}^4}$$

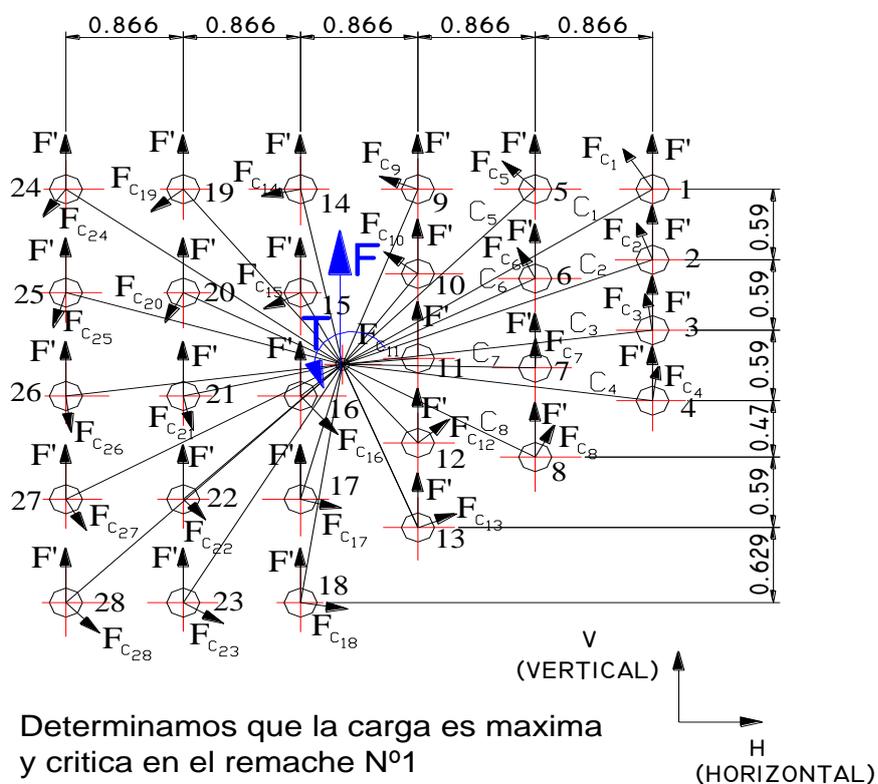
$$f = 0,0168 \text{ pulg} \quad (\text{Valor Despreciable})$$

- ✓ Cálculo por corte y torsión de los remaches de las placas.

Gráfico N° 6: Calculo por corte y torsión de los remaches de las placas



Analizamos:



Fuente: Elaboración Propia

Calculamos el momento Torsor (T) en un grupo de veintiocho (28) remaches:

$$T = M = 3450 \text{ lbs} - \text{pulg}$$

Calculamos la fuerza F' de corte en cada remache:

$$F' = F/28 \Rightarrow F' = 1000 \text{ lbs}/28 \text{ remaches}$$

$$F' = 35,71 \text{ lbs}$$

Calculamos la fuerza F_c de corte en cada remache producido por T.

$$F_c = \frac{T \times C_i}{\sum_{i=1}^{i=n} C_i^2}$$

$C_1 = 2,7$	$C_8 = 1,62$	$C_{15} = 0,67$	$C_{22} = 1,65$
$C_2 = 2,45$	$C_9 = 1,57$	$C_{16} = 0,4$	$C_{23} = 2,31$
$C_3 = 2,3$	$C_{10} = 0,94$	$C_{17} = 1,$	$C_{24} = 2,51$
$C_4 = 2,3$	$C_{11} = 0,56$	$C_{18} = 2,0$	$C_{25} = 2,12$
$C_5 = 2,0$	$C_{12} = 0,86$	$C_{19} = 1,88$	$C_{26} = 2,05$
$C_6 = 1,59$	$C_{13} = 1,47$	$C_{20} = 1,32$	$C_{27} = 2,33$
$C_7 =$	$C_{14} = 1,5$	$C_{21} = 1,2$	$C_{28} = 2,85$

$$\sum_{i=1}^{i=n} C_i^2 = 93,41 \text{ pulg.}$$

Calculamos el esfuerzo cortante producido por T en el remache más crítico de mayor esfuerzo, el N° 1

Fuerza horizontal:

$$F_{CH} = T \times C_{1H} / 69 = 3450 \times 2,3 / 93,41 = 84,94$$

Fuerza vertical:

$$F_{CV} = T \times C_{1V} / 69 = 3450 \times 1,46/93,41 = 53,92$$

Fuerza total de corte en remache:

$$F_{CT} = \sqrt{(F' + F_{CV})^2 + (F_{CH})^2}$$

$$F_{CT} = \sqrt{(35,71 + 53,92)^2 + (84,94)^2}$$

$$F_{CT} = 123,48 \text{ lbs}$$

Calculamos el esfuerzo cortante en el remache:

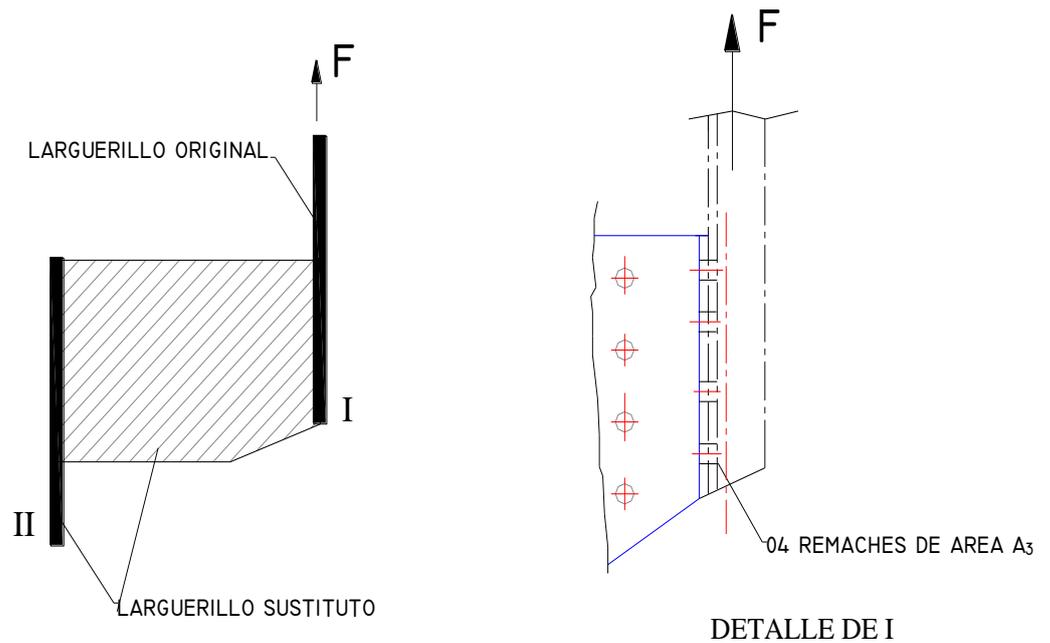
$$\tau = F_{ct}/A_3 = 123,48 / 0,0276 = 4474 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$\tau = 4474 \text{ lbs/pulg}^2 < \tau_d = 10000 \text{ lbs/pulg}^2$$

- ✓ Cálculo de remaches por corte puro en unión entre las placas y larguerillos.

Consideramos (04) cuatro remaches

Gráfico N° 7: corte puro en unión entre placas y larguerillos



Fuente: Elaboración propia

$$F_R = F/4 \text{ remaches} \Rightarrow F_R = 1000 \text{ lbs}/4$$

$$F_R = 250 \text{ lbs}$$

Calculamos el esfuerzo cortante en cada remache de área A_3 :

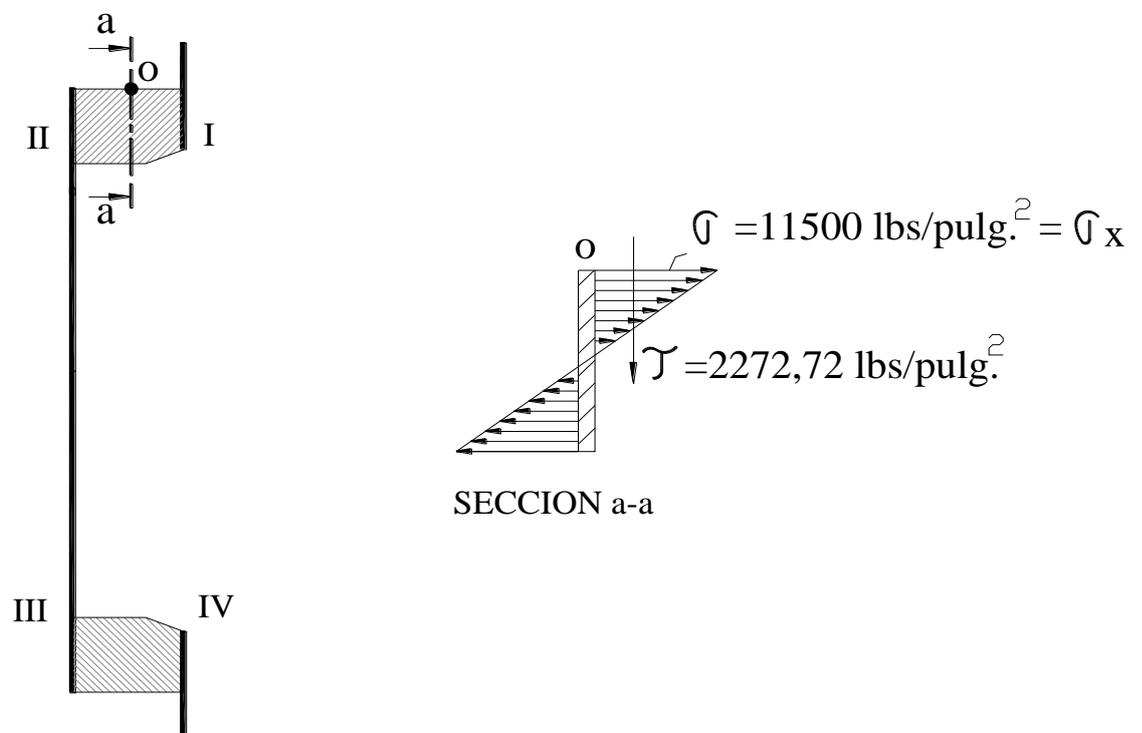
$$\tau_R = F_R/A_3 = 250 \text{ lbs}/0,0276 \text{ pulg}^2$$

$$\tau_R = 9057,97 \text{ lbs/pulg}^2 < \tau_d = 10000 \text{ lbs/pulg}^2$$

- ✓ Análisis de fatiga en zona crítica debido a cargas Cíclicas o fluctuantes.

Determinamos como zona crítica la sección a-a de las placas, considerando al punto "O" como punto crítico de concentración de esfuerzo para el análisis de fatiga.

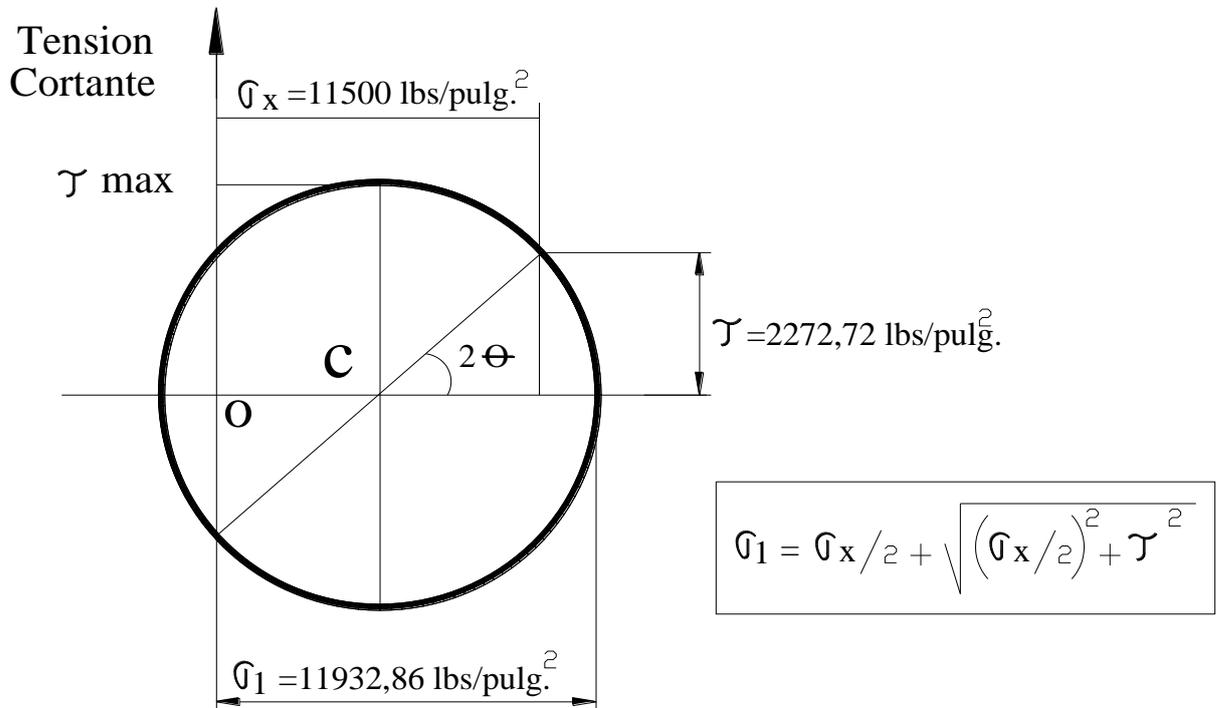
Gráfico N° 8: Zona crítica



Fuente: Elaboración propia

Se aplicará la Teoría de falla del máximo esfuerzo normal RANKINE, para el caso de flexión y corte en el punto "O", graficándose el diagrama del círculo de MOHR como sigue:

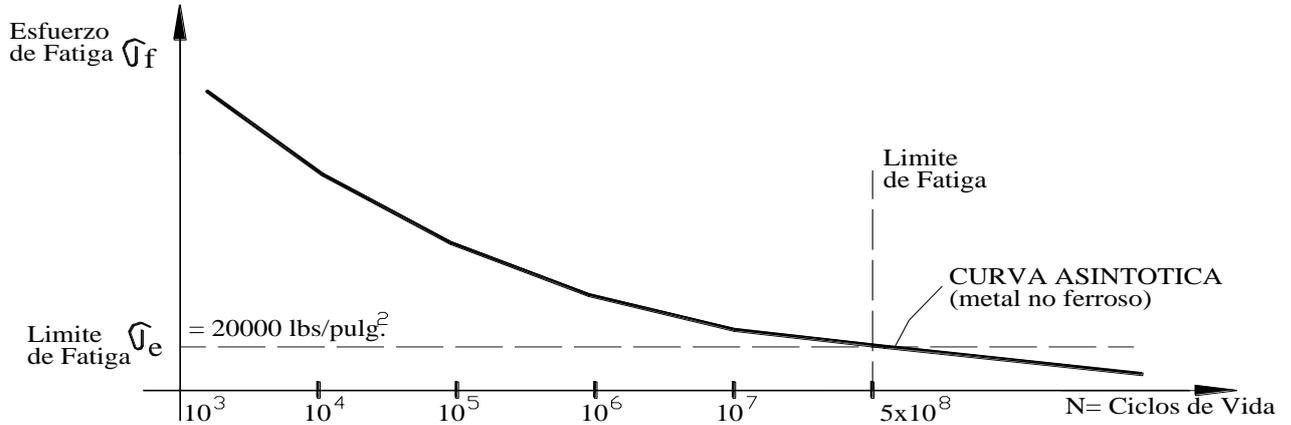
Grafico N° 9: Diagrama del círculo de MOHR



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo principal máximo tiene por lo tanto un valor de $\sigma_1 = 11932,86 \text{ lbs/pulg.}^2$. Tenemos que para un diagrama de WOHLER de una aleación de aluminio 2024-T3, para 500 000 000 ciclos usando el R.R. Moore Type Rotating - Beam Machine, se tiene aproximadamente el diagrama logarítmico siguiente:

Grafico N°10: Diagrama de WOHLER



Fuente: SEMAN-PERU

Por lo tanto tenemos que:

$$\sigma_1 = 11932,86 \text{ lbs/pulg}^2 < \sigma_e = 20000 \text{ lbs/pulg}^2$$

El esfuerzo principal máximo es menor que el esfuerzo límite de fatiga lo cual resulta aceptable para la garantía de la aeroparte calculada a un número de ciclos convenido arbitrariamente, normalmente basado en 5×10^8 ciclos de inversión de la tensión, valor recomendado para un diseño seguro.

El diseño de una parte aeronáutica contempla lo siguiente:

- Acabado superficial en el maquinado, que contempla la rugosidad y el acabado superficial.
- Tratamiento térmico, posterior al maquinado (dureza superficial).
- Tratamiento superficial (anodizado).

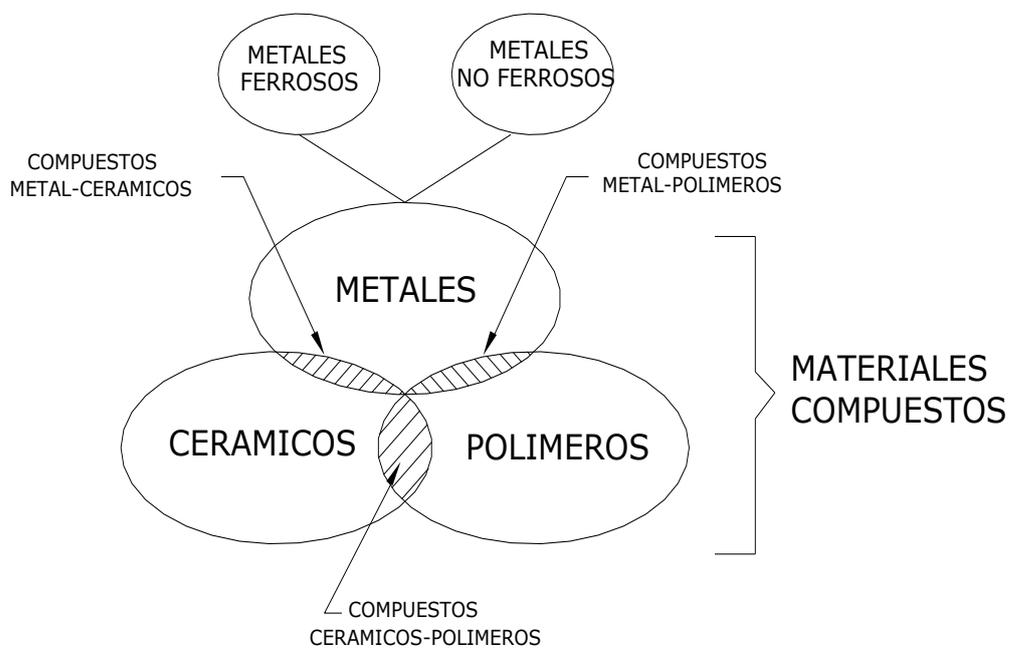
- Pintura para protección anticorrosiva.
- Material trazable.
- El diseño contemplará las características de resistencia cuando se maquina un material en bruto que durante su fabricación por laminado y/o trefilado, etc., pueda poseer un núcleo con características de resistencia menores a la parte externa.
- Determinación de las tolerancias a considerar en el diseño.

3.1.3.4 Materiales

En general los materiales de Ingeniería usados en la industria aeronáutica pueden clasificarse en una de las tres categorías básicas: metales, productos cerámicos y polímeros; tanto sus características químicas como sus propiedades físicas y mecánicas son diferentes, estas diferencias afectan los procesos de manufactura que se usan para transformarlos en productos finales. Además de estas tres categorías básicas existe una más: los materiales compuestos, los cuales son mezclas no homogéneas de los otros tres tipos básicos de materiales, en lugar de una categoría única.

El material para la fabricación de las partes aeronáuticas seleccionadas, pertenece al grupo de materiales no ferrosos de Aluminio y sus aleaciones dentro de ellos está el Duraluminio, utilizándose este aluminio aleado en sus diversos tipos. Las especificaciones técnicas del duraluminio, así como sus procesos de mecanizado, sus tratamientos y las pruebas no destructivas aplicadas (ver anexo N°8).

Grafico N° 11: Diagrama de los tipos de materiales



Fuente: SEMAN-PERU

Para la fabricación de las partes aeronáuticas en SEMAN se utilizarán los materiales que se emplean en la industria aeronáutica, como los duraluminios, que corresponden a otro caso de aplicación en ingeniería de estructuras metal-estables y son un conjunto de aleaciones de forja de aluminio, con contenidos de cobre (0,45%-1,5%) y magnesio (0,45%-1,5%) así como manganeso (0,6%-0,8%) y silicio (0,5%-0,8%) como elementos secundarios. Pertenecen a la familia de las aleaciones aluminio-cobre (2000).

Los duraluminios a utilizar serán según la designación estándar para las aleaciones de aluminio que integran la lista de la Aluminum Association (AA) de los Estados Unidos, son los siguientes: AA – 2014, AA – 2024 – T3, AA – 7075 – T6, AA – 2324 – T39, AA – 2224 – T3511 y AA – 7150 – T

Estos duraluminios se encuentran en el mercado, en forma de láminas, placas, varillas, tubo, barra, alambre, formas, remaches, etc. Cada uno de estos tipos de duraluminio presenta propiedades diferentes, de acuerdo a su composición química y a su proceso de obtención. A continuación como ejemplo se muestran tablas de las propiedades del duraluminio AA-2024 y su presentación en el mercado.

Especificaciones Técnicas

Tabla N° 2: Composición Química

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr + Ti	Otros	Al
Min/Máx	0,50	0,50	3,80 / 4,90	0,30 / 0,90	1,20 / 1,80	0,10	0,25	0,15	0,20	0,15	Resto

Fuente: SEMAN - PERU

Tabla N° 3: Equivalencias Internacionales

USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA	G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN (1712 / 1725)	B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI
2024	L-3140 / 38.314	A-U4 G1	AlCuMg2 / 3.1355	2L97	-	Avional - 150	24 S	3583

Fuente: SEMAN – PERU

Tabla N° 4 Propiedades Mecánicas

ESTADO	Carga de rotura	Límite elástico	Alargamiento 5,65 V So	Resistencia de la Cizalladura N/mm2	Dureza	
	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2			Brinell (HB)	Vickers
0	185	125	20	125	55	-
T-351	430	290	11	290	120	126

Fuente: SEMAN – PERU

Tabla N° 5 Propiedades Físicas

Módulo elástico	Peso específico	Temperat. de fusión	Coeficien. de dilatac. lineal	Conducti v. térmica	Resist. eléctrica	Conduct. eléctrica	Pot. de disol.
N/mm ²	gms/cm ³	°C	(20°-100°) 10-6/°C	w/m °C	Micro Ohm cm.	% IACS	V.
73,000	2,77	500-638	22'9	T3-120	5'7	30	0'69

Fuente: SEMAN – PERU

Tabla N° 6 Radios de Plegado

Estado	Coef	0'4-0'8 m/m	0'8-1'6 m/m	1'6-3'2 m/m	3'2-4'8 m/m	4'8-6 m/m	6-10 m/m	10-12 m/m
0	K	0	0	0'75	1	1'5	-	-
T-351	K	3	4	5	6	6	-	-
-	K	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: SEMAN – PERU

Tabla N° 7: Medidas de Placas de Duraluminio para la Fabricación de Partes Aeronáuticas

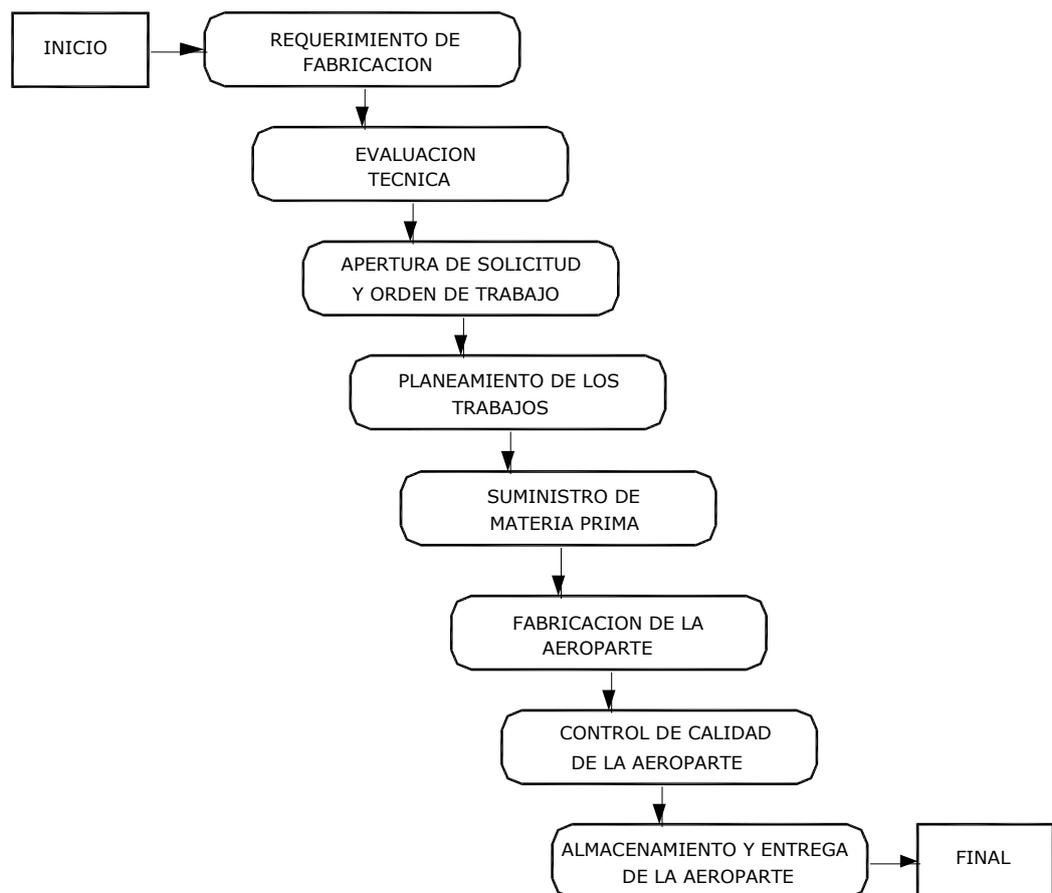
Espe s o r m/m	Medidas m/m	Espe s o r m/m	Medidas m/m	Espe s o r m/m	Medidas m/m	Espe s o r m/m	Medidas m/m
2	1000 x 2000	70	1500 x 3000	15	1500 x 3000	140	1500 x 3000
3	1000 x 2000	80	1500 x 3000	20	1500 x 3000	150	1500 x 3000
4	1000 x 2000	90	1500 x 3000	25	1500 x 3000	160	1500 x 3000
5	1000 x 2000	100	1500 x 3000	30	1500 x 3000	170	1500 x 3000
6	1000 x 2000	110	1500 x 3000	35	1500 x 3000	180	1500 x 3000
8	1000 x 2000	120	1500 x 3000	40	1500 x 3000	190	1500 x 3000
10	1500 x 3000	130	1500 x 3000	50	1500 x 3000	200	1500 x 3000

Fuente: SEMAN – PERU

3.1.3.5. Procedimientos para la fabricación de partes aeronáuticas

La fabricación de las partes aeronáuticas, estará a cargo del departamento de ingeniería, quien coordinara con los departamentos del SEMAN involucrados, como son el departamento de control de la calidad, el departamento de abastecimiento y el departamento de motores, realizándose una secuencia de actividades de acuerdo al siguiente cuadro:

Grafico N° 12: Secuencia de fabricación de aeroparte



Fuente: SEMAN - PERU

✓ Requerimiento de Fabricación

La solicitud del requerimiento de fabricación de la parte aeronáutica por el cliente, se solicitará con el número de parte respectivo.

✓ Evaluación técnica

Se evalúa que la parte aeronáutica se encuentre dentro de las seleccionadas a fabricar, con la ubicación de los planos respectivos, los cuales serán verificados, revisados y firmados por un Ingeniero con CIP.

✓ Apertura de solicitud de fabricación y orden de trabajo

Esta actividad se realiza en las secciones de planeamiento y producción, utilizando el formato de solicitud de servicio F-SMN-44V.

✓ Planeamiento de los trabajos

El planeamiento de los trabajos se realizará en secuencias de acuerdo al siguiente gráfico:

Grafico N° 13: Organigrama de planeamientos de los trabajos



Fuente: SEMAN - PERU

- **Confección de la hoja de ruta**

Está a cargo de la sección asesoría técnica del departamento de ingeniería, se elaborará la hoja de ruta o formato de inspección progresiva SMN-FORM-07, donde se detallarán los trabajos a realizar; esta deberá ser firmada por los especialistas y además sellada por el Supervisor designado por el departamento de control de calidad.

- **Determinación de la cantidad de materiales**

Con el plano, la división de asesoría técnica de la planta de fabricación evaluará la cantidad de material requerido y deberá coordinar con el almacén y con el pañol de herramientas del departamento de ingeniería, el material se solicitará mediante el formato de solicitud de material F-SMN-44A.

- **Determinación de las horas-hombre**

Será efectuada por la sección de asesoría técnica, teniendo en cuenta el tipo de trabajo a efectuar.

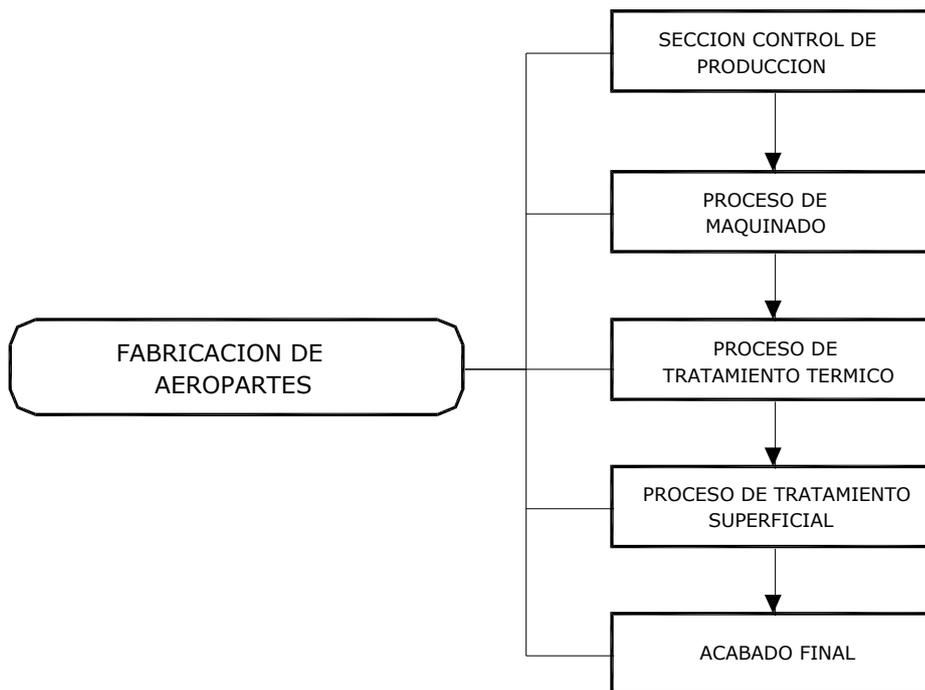
- **Determinación de las horas-máquinas**

Esta actividad la ejecuta la división de asesoría técnica, en base a los procesos de trabajo a realizar.

3.1.3.6. Fabricación de partes aeronáuticas

El Departamento de Ingeniería se encargará de la fabricación de partes aeronáuticas, la secuencia para la fabricación de partes aeronáuticas es la siguiente:

Grafico N° 14: Fabricación de aeropartes



Fuente: SEMAN - PERU

✓ Sección de control de producción

Esta sección tendrá a su cargo la producción a través de sus divisiones:

❖ División planeamiento

Prioriza los trabajos de fabricación de acuerdo a lo establecido por la jefatura del departamento.

❖ División programación

Efectuará el ordenamiento en la ejecución de las tareas según la capacidad y carga de trabajo de la mano de obra, así como de los recursos disponibles. Se encargará de elaborar los formatos de la Orden de Trabajo SMN-FORM-43-1.

❖ División presupuesto

Controlará los recursos financieros, requeridos en la fabricación de partes aeronáuticas que han sido asignados al departamento.

❖ División estadística

Registrará en el sistema mecanizado el avance de las órdenes de trabajo y jornaleras de los trabajos de fabricación que se realizan en los talleres del departamento.

❖ División abastecimiento

Suministrará los requerimientos de material e insumos que se emplearán en el proceso de fabricación, usando los formatos de solicitud de material F-SMN-44A y vale de retiro de material SMN-FORM-SMGL -001.

✓ Proceso de maquinado

Este proceso estará a cargo de la planta de fabricación e intervendrán las siguientes áreas.

❖ Taller de mecánica de torno

Efectuará trabajos mecanizados en torno, de acuerdo a la programación establecida, y se registrarán en el Formato de Inspección Progresiva SMN-FORM-07.

❖ Taller de mecánica de fresa

Realizará los diferentes trabajos de fresado, aplicables a los procesos de inspección de la parte aeronáutica y se registrarán en el formato de inspección progresiva SMN-FORM-07.

❖ Taller de mecánica banco

Efectuarán trabajos como trazado, lineado, corte, esmerilado, pulido, etc. y se registrará en el formato de inspección progresiva SMN-FORM-07.

❖ Almacén

Recepcionará y despachará los materiales requeridos según las especificaciones de las órdenes de trabajo. Cuando se requiera material del almacén general se deberá efectuar utilizando el formato vale de retiro y deberá solicitar el formato de inspección de recepción SMN-FORM-06-1.

❖ Pañol de herramientas

Suministrará y registrará el ingreso y salida de las herramientas y dispositivos de mecanizado que serán empleados en la fabricación de partes aeronáuticas.

✓ Proceso de tratamiento térmico

Estos procesos (templado, revenido, recocido, etc.), se efectúan en los hornos del departamento de motores, bajo la dirección del laboratorio metalúrgico del departamento de control de calidad, utilizándose el formato registro de tratamiento térmico.

✓ Proceso de tratamiento superficial

Los procesos, tales como anodizado simple y anodizado duro, se realizarán en la planta de procesos especiales del departamento de motores, bajo la supervisión de laboratorio químico.

✓ Proceso de acabado final

En el taller de mecánica de banco, durante el proceso final de fabricación, se realizarán los trabajos tales como: eliminación de bordes agudos, achaflanados, rimados, redondeos típicos, pulidos, lijado, limpieza entre otros.

3.1.3.7. Control de calidad de las partes aeronáuticas

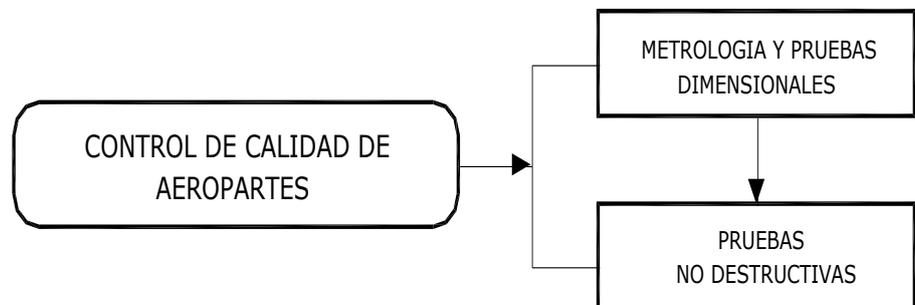
El Control de calidad se realizará durante cada uno de los procesos de fabricación de las partes aeronáuticas, en concordancia con la normatividad ISO 9001 (ver anexo N°9).

Los materiales para la fabricación de las partes aeronáuticas, serán identificados e inspeccionados correctamente, conformes los datos de diseño, antes de pasar a los procesos de fabricación.

Las partes aeronáuticas fabricadas serán identificadas con una marca legible y permanente, que incluya: Nombre, Símbolo del Certificado FAA y el Número de Parte.

El Control de Calidad comprende lo siguiente:

Grafico N° 15: Control de calidad de aeropartes.



Fuente: SEMAN-PERU.

✓ Metrología y pruebas dimensionales

El personal de los talleres que procesan las partes aeronáuticas utilizan instrumentos de medición y comprobación para verificar las medidas y dimensiones de las partes aeronáuticas que se están fabricando y si fuese necesario, se solicitará la participación del taller de metrología. La comprobación y verificación de los instrumentos de medición lo realizará el laboratorio de metrología del departamento de control de calidad.

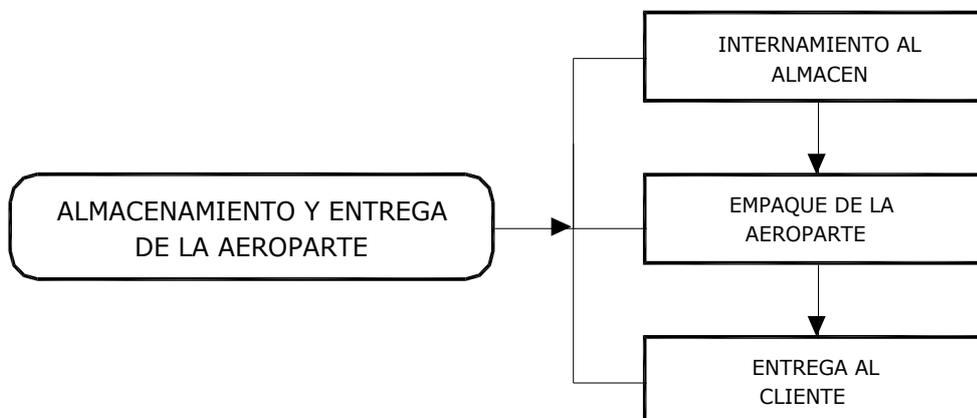
✓ Pruebas no destructivas

Se efectuarán las pruebas de inspección de las partes aeronáuticas con el ensayo de pruebas no destructivas por líquidos penetrantes. Estas pruebas las realiza el taller de pruebas no destructivas del departamento de motores, utilizando el formato “reporte de inspección no destructiva”.

3.1.3.8. Almacenamiento y entrega de las partes aeronáutica

Estas actividades las comparten el almacén del departamento de ingeniería y el almacén general del departamento de abastecimiento de la siguiente forma:

Grafico N°16: Almacenamiento y entrega de aeropartes.



Fuente: SEMAN-PERU.

✓ Internamiento al almacén

Será realizada por el almacén del departamento de ingeniería, utilizando el formato “vale de internamiento”.

✓ Empaque de la parte aeronáutica

El departamento de abastecimientos, de acuerdo a las especificaciones técnicas y teniendo en cuenta las dimensiones de la parte aeronáutica fabricada y sus características de fragilidad, seleccionará y utilizará el empaque adecuado.

✓ Entrega al cliente

Mediante el formato “vale de retiro” se retirará la parte aeronáutica del almacén general del departamento de abastecimientos.

3.1.4. Costos a realizar por el SEMAN para obtención de PMA y licencia FAA

Tabla N° 8: Costo de gestiones y trámites para la certificación FAA

DESCRIPCION	COSTO US \$
1) Aprobación de fabricación de partes aeronáuticas por compañía BOEING y obtención del PMA	45,000.00
2) Gestiones ante la Federal Aviation Administration (FAA) y obtención de la certificación y licencia correspondiente	50,000.00
	95,000.00

Fuente: SEMAN - PERU

Tabla N° 9: Costos de adquisición de planos originales seleccionados para la fabricación de aeropartes.

DESCRIPCION	COSTO US \$
1) Adquisición de planos a la compañía BOEING	80,000.00
	80,000.00

Fuente: SEMAN - PERU

Tabla N° 10: Costos

DESCRIPCIÓN	COSTO US \$
1) Área de ingeniería	
-Software actualizado (programas) para diseño CAD	4,500.00
-Equipo de cómputo de última generación e impresoras	1,500.00
2) Taller de mecanizado CNC	
-Adquisición de instrumentos de medición con certificado	4,500.00
-Adquisición de herramientas y dispositivos	8,025.00
3) Taller de maquinado convencional	
- Calibración de máquinas	1,500.00
4) Taller de procesos especiales	
- Implementación de almacén	1,200.00
5) Taller de tratamientos térmicos	
- Calibración de horno de tratamiento	1,500.00
6) Laboratorio químico	
- Adquisición de reactivos químicos para análisis de material	2,250.00
	24,975.00

Fuente: SEMAN-PERU

Tabla N° 11: Costo de capacitación

DESCRIPCIÓN	COSTO US \$
1) Área de ingeniería	
- Capacitación de 01 ingeniero mecánico	2,000.00
- Capacitación de 01 dibujante CAD	2,000.00
2) Taller de mecanizado CNC	
- Capacitación de 01 operador de fresa CNC	1,800.00
- Capacitación de 01 operador de torno CNC	1,800.00
3) Taller de maquinado convencional	
- Capacitación de 01 técnico en metrología	1,200.00
4) Taller de procesos especiales	
- Capacitación de 01 operario en tratamiento superficial de aluminios	1,200.00
5) Taller de tratamientos térmicos	
- Capacitación de 01 técnico en tratamiento térmico de aluminio	1,200.00
	11,200.00

Fuente: SEMAN-PERU

Tabla N° 12: Costos de Maquinas CNC

DESCRIPCIÓN	COSTO US \$
1) Centro de torneado CNC SL-30	85,751.73
2) Centro de mecanizado vertical CNC VF-4	96,511.55
3) Centro de fresado CNC TM-2	45,525.53
	227,788.82

Fuente: SEMAN-PERU

✓ Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento que contemplan el cambio de repuestos de las máquinas en los tiempos de operación, para un periodo de 5 años, son los siguientes:

Tabla N° 13: Costo anual de operación y mantenimiento

AÑO	US \$
1	5,400.00
2	5,940.00
3	6,534
4	7,187.40
5	7,906.14

Fuente: SEMAN - PERU

✓ Costos de depreciación de maquinas

Los costos de depreciación de máquinas, que tiene en cuenta el desgaste y el avance tecnológico, para un periodo de 5 años son los siguientes:

Tabla N° 14: Costo anual de depreciación de maquinas

AÑO	US\$ 227,789.00
1	210,000.00
2	195,000.00
3	181,000
4	168,000.00
5	156,000.00

Fuente: SEMAN - PERU

✓ Costos de producción

Todas las partes a fabricar tendrán un precio de venta FOB (precio SEMAN). Los costos de venta de las partes a fabricar y las utilidades obtenidas son las siguientes:

Tabla N° 15: Costos de venta de las partes a fabricar y las utilidades obtenidas

ITEM	PRECIO VENTA	GASTOS MANO DE OBRA INSUMOS	UTILIDAD
1	4,000.00	1,800.00	2,200.00
2	5,000.00	2,300.00	2,700.00
3	4,500.00	2,000.00	2,500.00
4	6,000.00	2,800.00	3,200.00
5	5,500.00	2,700.00	2,800.00
6	4,200.00	2,000.00	2,200.00
7	4,000.00	1,800.00	2,200.00
8	6,000.00	2,800.00	3,200.00
9	5,000.00	2,300.00	2,700.00
10	4,500.00	2,000.00	2,500.00
11	4,000.00	1,800.00	2,200.00
12	5,000.00	2,300.00	2,700.00
13	3,800.00	1,800.00	2,000.00
14	4,000.00	1,800.00	2,200.00
15	6,000.00	2,800.00	3,200.00
16	5,000.00	2,300.00	2,700.00
17	4,000.00	1,800.00	2,200.00
18	6,000.00	2,800.00	3,200.00
19	5,000.00	2,300.00	2,700.00
20	4,500.00	2,000.00	2,500.00
21	4,000.00	1,800.00	2,200.00
22	3,900.00	1,850.00	2,050.00
23	4,000.00	1,800.00	2,200.00
24	5,000.00	2,300.00	2,700.00
25	4,500.00	2,000.00	2,500.00

Continua

26	6,000.00	2,800.00	3,200.00
27	5,500.00	2,700.00	2,800.00
28	3,900.00	1,850.00	2,050.00
29	4,000.00	1,800.00	2,200.00
30	5,000.00	2,300.00	2,700.00
31	3,800.00	1,800.00	2,000.00
321	4,000.00	1,800.00	2,200.00
33	6,000.00	2,800.00	3,200.00
34	3,800.00	1,800.00	2,000.00
35	3,900.00	1,850.00	2,050.00
36	4,000.00	1,800.00	2,200.00
37	5,000.00	2,300.00	2,700.00
38	4,500.00	2,000.00	2,500.00
39	6,000.00	2,800.00	3,200.00
40	5,500.00	2,700.00	2,800.00
41	4,000.00	1,800.00	2,200.00
42	5,000.00	2,300.00	2,700.00
43	4,500.00	2,000.00	2,500.00
44	6,000.00	2,800.00	3,200.00
45	5,500.00	2,700.00	2,800.00
46	3,800.00	1,800.00	2,000.00
47	3,900.00	1,850.00	2,050.00
48	4,000.00	1,800.00	2,200.00
49	4,500.00	2,000.00	2,500.00
50	6,000.00	2,800.00	3,200.00
	235,500.00	108,900.00	126,600.00

Fuente: SEMAN - PERU

Para el estimado de los ingresos por año, se estima la venta de 1500 partes aeronáuticas (30 partes de cada tipo), por lo cual se estima que la utilidad por año, será de aproximadamente de US \$ 3'798,00'0.00.

3.2. Conclusiones

- La Organización de Mantenimiento Aprobado (OMA) el SEMAN - PERU está en la capacidad económica, técnica y estructural de poder lograr de manera eficaz la ejecución de este proyecto.
- El proyecto para la fabricación de aeropartes en el SEMAN - PERU resulta rentable, con poca inversión inicial y con una recuperación del capital a dos años.
- Este proyecto le brindará al SEMAN capacidad para poder consolidarse como una de las potencias en el ámbito aeronáutico en Latinoamérica.
- Lograr una independencia en cuanto a la obtención de partes aeronáuticas necesarias para el mantenimiento de las aeronaves con respecto a los fabricantes de partes aeronáuticas y aeronaves.
- Durante el tiempo de fabricación y comercialización de aeropartes, se podrá ir ampliando la evaluación para otras aeropartes que en el futuro se irán sumando a la lista inicial, y así proyectarse hacia un mercado mas amplio que contemple la fabricación de aeropartes para otras aeronaves comerciales.

3.2. Recomendaciones

- Habrá una recuperación de capital a dos años, y a su vez una expansión de la industria aeronáutica, ya que el Perú estará en vista de empresas nacionales y extranjeras como fabricante de partes aeronáuticas de segunda y tercer categoría inicialmente, por lo cual se recomienda llevar a cabo este proyecto.
- Realizar este proyecto de una manera adecuada y cumpliendo con cada requisito para la obtención de la licencia, de esa manera se podrá evitar gastos adicionales y a su vez el retraso de la licencia.
- En un inicio contratar con los servicios de un DER (Designated Engineering Representative), para poder realizar de manera más eficiente la fabricación de partes aeronáuticas, pero a la par poder capacitar personal del SEMAN para la obtención de una licencia DER.

CAPÍTULO IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

4.1. Manuales.

- <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/CT,S%2011.pdf>
- http://senamhi.gob.pe/site/aeronautica/rap-peru/REGULACIONES-AERONAUTICAS/rap21/rap_21_subparte_n_rev17.PDF
- http://senamhi.gob.pe/site/aeronautica/rap-peru/REGULACIONES-AERONAUTICAS/rap_indice_general.pdf
- http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5345.pdf
- <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2002-title14-vol1/pdf/CFR-2002-title14-vol1-sec21-305.pdf>

4.2. Páginas Web

- <http://www.seman.com.pe/index.php/nosotros/historia>
- <http://www.seman.com.pe/index.php/nosotros/seman>
- <https://www.ciac.gov.co/modulos/productos-y-servicios/fabricacion/partes-aeronauticas/>
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/101138-Materiales-metalicos-de-uso-frecuente-en-aeronautica-aleaciones-ligeras-Al-Li.html>
- <http://sandglasspatrol.com/IIGM-12oclockhigh/Materiales%20Aeronauticos.htm>

CAPÍTULO V: GLOSARIO DE TÉRMINOS

5.1. Siglas de entidades

A

AA = Aluminium Association

ACO = Aircraft Certification Office

C

CFR = Code of Federal Regulation

CNC = Centro de Control Numérico

CPL = Category Parts List

D

DER = Designated Engineering Representative

F

FAA = Federal Aviation Administration

QCS= Fabrications Quality Control System

I

ICA = Instructions for Continued Airworthiness

O

OMA = Organización de Mantenimiento Aprobado.

P

PMA = Parts Manufacturer Approval

PND = Prueba no Destructiva

5.2. Terminología usada en los cálculos

σ = Esfuerzo de tracción

σ_y = Esfuerzo de fluencia de material

σ_d = Esfuerzo de diseño de material

σ_f = Esfuerzo de fatiga

σ_1 = Esfuerzo principal máximo

σ_e = Esfuerzo límite de fatiga

τ = Esfuerzo cortante

τ_y = Esfuerzo cortante de fluencia del material

τ_d = Esfuerzo cortante de diseño del material

n = Factor de seguridad

N = Ciclos de vida

F = Fuerza longitudinal en larguerillo

FR = Fuerza de corte puro en cada remache de área A3 en larguerillo.

A_1 = Área de la sección del remache de 1/8"

A_3 = Área de la sección del remache de 3/16"

A = Área de la sección del elemento transversal del larguerillo

Z = Módulo de rigidez de elemento transversal de larguerillo

A' = Área de la sección del elemento longitudinal de larguerillo

I = Momento de inercia con respecto a eje y-y de elemento transversal de larguerillo.

M = Momento flector

C = distancia máxima al extremo del eje y-y del área A

L = Longitud del elemento transversal del larguero.

E = Módulo de elasticidad de material

U = Módulo de poisson de deformación

S = Distancia al centro del elemento transversal de larguero.

F = Deformación producida por flexión.

F' = Fuerza de corte puro en cada remache de área A_3 en elemento transversal de larguero.

T = Momento torsor

FC = Fuerza de corte en cada remache producido por T

FCH = Fuerza horizontal de corte en cada remache producido por T

FCV = Fuerza vertical de corte en cada remache producido por T

FcT = Fuerza de corte total en cada remache

CAPITULO VI: ANEXOS

ANEXO N° 1

§ 21.305 14 CFR Ch. I (1–1–02 Edition)

(7) Major changes to the basic design must be adequately controlled and approved before being incorporated in the finished part.

(8) Rejected materials and components must be segregated and identified in such a manner as to preclude their use in the finished part.

(9) Inspection records must be maintained, identified with the completed part, where practicable, and retained in the manufacturer's file for a period of at least 2 years after the part has been completed.

(i) A Parts Manufacturer Approval issued under this section is not transferable and is effective until surrendered or withdrawn or otherwise terminated by the Administrator.

(j) The holder of a Parts Manufacturer Approval shall notify the FAA in writing within 10 days from the date the manufacturing facility at which the parts are manufactured is relocated or expanded to include additional facilities at other locations.

(k) Each holder of a Parts Manufacturer Approval shall determine that each completed part conforms to the design data and is safe for installation on type certificated products. [Amdt. 21–38, 37 FR 10659, May 26, 1972, as amended by Amdt. 21–41, 39 FR 41965, Dec. 4, 1974; Amdt. 21–67, 54 FR 39291, Sept. 25, 1989]

§ 21.305 Approval of materials, parts, processes, and appliances.

Whenever a material, part, process, or appliance is required to be approved under this chapter, it may be approved—

(a) Under a Parts Manufacturer Approval issued under § 21.303;

(b) Under a Technical Standard Order issued by the Administrator. Advisory Circular 20–110 contains a list of Technical Standard Orders that may be used to obtain approval. Copies of the Advisory Circular may be obtained from the U.S. Department of Transportation, Publication Section (M–443.1), Washington, D.C. 20590; (c) In conjunction with type certification procedures for a product; or
 d) In any other manner approved by the Administrator..

Subpart L—Export Airworthiness Approvals

§ 21.321 Applicability.

(a) This subpart prescribes—

- (1) Procedural requirements for the issue of export airworthiness approvals; and
- (2) Rules governing the holders of those approvals.

(b) For the purposes of this subpart—

(1) A Class I product is a complete aircraft, aircraft engine, or propeller, which—

- (i) Has been type certificated in accordance with the applicable Federal Aviation Regulations and for which Federal Aviation Specifications or type certificate data sheets have been issued; or
- (ii) Is identical to a type certificated product specified in paragraph (b)(1)(i) of this section in all respects except as is otherwise acceptable to the civil aviation authority of the importing state.

(2) A Class II product is a major component of a Class I product (e.g., wings, fuselages, empennage assemblies, landing gears, power transmissions, control surfaces, etc), the failure of which would jeopardize the safety of a Class I product; or any part, material, or appliance, approved and manufactured under the Technical Standard Order (TSO) system in the “C” series.

(3) A Class III product is any part or component which is not a Class I or Class II product and includes standard parts, i.e., those designated as AN, NAS, SAE, etc.

(4) The words “newly overhauled” when used to describe a product means that the product has not been operated or placed in service, except for functional testing, since having been overhauled, inspected and approved for return to service in accordance with the applicable Federal Aviation Regulations.

ANEXO N°2

Federal Aviation Administration. (FAA)

La Federal Aviation Administration. (en español, Administración Federal de Aviación) Es una autoridad nacional con poderes para regular todos los aspectos de la aviación civil. Estos incluyen la construcción y operación de aeropuertos, la gestión del tráfico aéreo, la certificación de personal y aeronaves, y la protección de activos estadounidenses durante el lanzamiento o reingreso de vehículos espaciales comerciales.

Grafico N° 17: Sede de la FAA



Wilbur Wright Building

Fuente: <http://chrisreedphoto.photoshelter.com/image/I0000ZeJStK2j.u4>

ANEXO N°3

Máquinas de control numérico (CNC)

- Características

El diseño adecuado de las estructuras de las máquinas y herramientas requieren el análisis de factores como la forma, materiales de las estructuras, esfuerzos, peso, consideraciones de fabricación y rendimiento. el mejor enfoque para obtener lo último en exactitud de las máquinas y herramientas es el empleo de las mejoras en la rigidez estructural y la compensación de las deflexiones con el uso de controles especiales. el empleo de una estructura del tipo caja con paredes delgadas puede proporcionar bajo peso para una rigidez dada. el principio del diseño con peso ligero ofrece alta rigidez dinámica por que suministra una alta frecuencia natural de la estructura mediante la combinación de una elevada resistencia estática con un peso reducido, en vez de emplear una masa grande, esto es para las herramientas y el centro de control numérico.

Pero para la fabricación de los equipos es necesario que sean robustos y que estén fijos para evitar vibraciones para que la pesa fabricar salga lo más perfecta posible, ya que la vibración provoca movimiento y esto es algo que no queremos que pase.

- Ventajas

La automatización es el empleo de equipo especial para controlar y llevar a cabo los procesos de fabricación con poco o ningún esfuerzo humano. se aplica en la fabricación de todos los tipos de artículos y procesos desde la materia prima hasta el producto terminado.

las ventajas del control numérico computarizado es la facilidad de operación, programación más sencilla, mayor exactitud, adaptabilidad y menos costos de mantenimiento, la combinación del diseño con computadora, mayor productividad.

- Aplicaciones

El CNC se utiliza para controlar los movimientos de los componentes de una máquina por medio de números, las máquinas y herramientas con control numérico se clasifican de acuerdo al tipo de operación de corte.

Un nuevo enfoque para optimizar las operaciones de maquinado es el control adaptativo. Mientras el material se esté maquinando, el sistema detecta las condiciones de operaciones como la fuerza, temperatura de la punta de la herramienta, rapidez de desgaste de la herramienta y acabado superficial. Convierte estos datos en control de avance y velocidad que permita a la máquina a cortar en condiciones óptimas para obtener máxima productividad. Se espera que los controles adaptativos, combinados con los controles numéricos y las computadoras, produzcan una mayor eficiencia en las operaciones de trabajos con los metales.

ANEXO N°4

COMANDO DE MATERIAL DE LA FUERZA AEREA DEL PERU (COMAT):

El Comando de Material de la FAP (COMAT) es el órgano rector del Sistema Logístico de Material y encargado de supervisar y controlar los demás sistemas que se encuentran en el ámbito de su responsabilidad, así como encargado de promover y asesorar en la formulación de la Doctrina y Programa Director del Área de Logística de Material, acorde con los objetivos institucionales de la FAP.

Es finalidad del COMAT, orientar la gestión de los Comandos y Jefaturas dependientes del COMAT, para el desarrollo de las actividades logísticas y administrativas, en el marco de la política del Comandante General.

ANEXO N°5

a) Tratamiento térmico de protección superficial

Entre estos tipos de tratamiento térmico podemos citar los siguientes:

1. Anodizado.- El aluminio, después de extruido o decapado, para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos, forma por sí solo una delgada película de óxido de aluminio; esta capa de Al_2O_3 , tiene un espesor más o menos regular del orden de 0,01 micras sobre la superficie de metal que le confiere unas mínimas propiedades de antioxidación y anticorrosión.

Existe un proceso químico electrolítico llamado **anodizado** que permite obtener de manera artificial películas de **óxido** de mucho más espesor y con mejores características de protección que las capas naturales.

El proceso de anodizado llevado a cabo en un medio sulfúrico produce la oxidación del material desde la superficie hacia el interior, aumentando la capa de óxido de aluminio, con propiedades excelentes por resistencia a los agentes químicos, dureza, baja conductividad eléctrica y estructura molecular porosa, esta última junto con las anteriores, que permite darle una excelente terminación, que es un valor determinante a la hora de elegir un medio de protección para este elemento.

Según sea el grosor de la capa que se desee obtener existen dos procesos de anodizados: decorativos coloreados y de endurecimiento superficial.

Las ventajas que tiene el anodizado son:

La capa superficial de anodizado es más duradera que la capas obtenidas por pintura.

El anodizado no puede ser pelado porque forma parte del metal base.

El anodizado le da al aluminio una apariencia decorativa muy grande al permitir colorearlo en los colores que se desee.

Al anodizado no es afectado por la luz solar y por tanto no se deteriora.

Los anodizados más comerciales son los que se utilizan coloreados por motivos decorativos. Se emplean diversas técnicas de coloración tanto orgánica como inorgánica.

2. **Anodizado Duro.**- Cuando se requiere mejorar de forma sensible la superficie protectora de las piezas se procede a un denominado anodizado duro que es un tipo de anodizado donde se pueden obtener capas de alrededor de 150 micras, según el proceso y la aleación. La dureza de estas capas es comparable a la del cromo-duro, su resistencia a la abrasión y al frotamiento es considerable.

Las propiedades del anodizado duro son:

- Resistencia a la abrasión: lo que permite que tenga una resistencia al desgaste superficial superior a muchos tipos de acero.
- Resistencia eléctrica. La alúmina es un aislante eléctrico de calidad excelente, superior a la de la porcelana.
- Resistencia química. La capa anódica protege eficazmente el metal base contra la acción de numerosos medios agresivos.
- Porosidad secundaria o apertura más o menos acusada en la entrada de los poros debido al efecto de disolución del baño.

Es muy importante a la hora de seleccionar el material para un anodizado duro, verificar la pieza que se vaya a mecanizar y seleccionar la aleación también en función de sus características y resistencia mecánica.

ANEXO N°6

- Pintura.- El proceso de pintura de protección que se da al aluminio es conocido con el nombre de lacado y consiste en la aplicación de un revestimiento orgánico o pintura sobre la superficie del aluminio. Existen diferentes sistemas de lacado para el aluminio.
- El lacado, que se aplica a los perfiles de aluminio, consiste en la aplicación electrostática de una pintura en polvo a la superficie del aluminio. Las pinturas más utilizadas son las de tipo poliéster por sus características de la alta resistencia que ofrecen a la luz y a la corrosión. Los objetivos del lacado son mejorar el aspecto estético y las propiedades físicas del aluminio. El proceso de lacado, puede dividirse en tres partes: limpieza de las piezas, imprimación de pintura y polimerizado.

El proceso de lacado exige una limpieza profunda de la superficie del material, con disoluciones acuosas ácidas, para eliminar suciedades de tipo grasa. Este proceso consigue una mayor adherencia a las pinturas. Mejora la resistencia a la corrosión y a los agentes atmosféricos.

- La imprimación con la pintura deseada se realiza en cabinas equipadas con pistolas electrostáticas. La pintura es polvo de poliéster, siendo atraído por la superficie de la pieza que se laca. Combinando todos los parámetros de la instalación se consiguen las capas de espesor requeridas que en los casos de carpintería metálica suele oscilar entre 60/70 micras.
- El polimerizado se realiza en un horno de convección de aire, de acuerdo con las especificaciones de tiempo y temperatura definidos por el fabricante de la pintura.

ANEXO N°7

Tipos de aleaciones normalizadas

Las aleaciones de aluminio forjado se dividen en dos grandes grupos, las que no reciben tratamiento térmico y las que reciben tratamiento térmico:

- Aleaciones de aluminio forjado sin tratamiento térmico.- Las aleaciones que no reciben tratamiento térmico solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia. Hay tres grupos principales de estas aleaciones según la norma AISI-SAE que son los siguientes:
 - a) Aleaciones 1xxx: Son aleaciones de aluminio técnicamente puro, al 99,9% siendo sus principales impurezas el hierro y el silicio como elemento aleante. Se les aporta un 0.12% de cobre para aumentar su resistencia. Tienen una resistencia aproximada de 90 MPa. Se utilizan principalmente par trabajos de laminados en frío.
 - b) Aleaciones 3xxx: El elemento aleante principal de este grupo de aleaciones es el manganeso (Mn) que está presente en un 1,2% y tiene como objetivo reforzar al aluminio. Tienen una resistencia aproximada de 16 ksi (110MPa) en condiciones de recocido. Se utilizan en componentes que exijan buena mecanibilidad.
 - c) Aleaciones 5xxx: En este grupo de aleaciones el magnesio es el principal componente aleante, su aporte varía del 2 al 5%. Esta aleación se utiliza cuando para conseguir reforzamiento en solución sólida. Tiene una resistencia aproximada de 28 ksi (193MPa) en condiciones de recocido.
- Aleaciones de aluminio forjado con tratamiento térmico.- Algunas aleaciones pueden reforzarse mediante tratamiento térmico en un proceso de precipitación. El nivel de tratamiento térmico de una aleación se representa mediante la letra T seguida de un número por ejemplo T5. Hay tres grupos principales de este tipo de aleaciones.

- ✓ **Aleaciones 2xxx:** El principal aleante de este grupo de aleaciones es el cobre (Cu), aunque también contienen magnesio Mg. Estas aleaciones con un tratamiento T6 tiene una resistencia a la tracción aproximada de 64ksi (442 MPa) y se utiliza en la fabricación de estructuras de aviones.
- ✓ **Aleaciones 6xxx:** Los principales elementos aleantes de este grupo son magnesio y silicio. Con unas condiciones de tratamiento térmico T6 alcanza una resistencia a la tracción de 42 ksi (290MPa) y es utilizada para perfiles y estructuras en general.
- ✓ **Aleaciones 7xxx:** Los principales aleantes de este grupo de aleaciones son cinc, magnesio y cobre. Con un tratamiento T6 tiene una resistencia a la tracción aproximada de 73ksi (504MPa) y se utiliza para fabricar estructuras de aviones.

- **Tratamiento Térmico del Aluminio Aleado**

Se hace necesario realizar a los duraluminios un tratamiento térmico que permite bajar su dureza para realizar el maquinado o aumentarla para mejorar las condiciones de resistencia y de dureza requerida para lo cual fue diseñada. Se realizan dos tipos de tratamiento, recocido y temple.

- ✓ **El recocido** exige calentar el metal por encima de la temperatura de transformación y enfriarlo lentamente, facilitando así la reacción.
- ✓ **El temple** requiere calentar también el metal por encima de la temperatura de transformación, pero enfriarlo rápidamente para impedir la transformación.
- ✓ Existe un tratamiento intermedio llamado **revenido**, que trata de lograr la transformación solo parcial, lo que se logra destruyendo parcialmente el temple por un calentamiento posterior y que no rebase la temperatura de transformación. Cuanto más alta es la temperatura del revenido, mayor la destrucción del temple.

El calentamiento para el temple se efectúa en hornos de sales o en hornos de circulación forzada de aire. La temperatura de calentamiento que oscila generalmente entre 495-530° está limitada por el sólido real

de la aleación, que será evidentemente la de fusión de la eutéctica que la tenga más baja.

Cuando los tratamientos térmicos de temple, revenido o recocido son mal ejecutados, pueden producir tensiones residuales y sensibilización. Como muestra tenemos que para el duraluminio AA-2024, los valores para el tratamiento térmico son:

Recocido: 30 ' a 2 horas a 375° - 410° C seguido de enfriamiento lento.

Puesta en solución: 495° C + - 5° C.

Temple en agua fría (40° C máx.).

Maduración: Estados T3/T4, 4 días min. a 20° C.

Obtención de piezas forjadas: 380° a 460° C.

ANEXO N°8

Especificaciones Técnicas del Aluminio

- Características Físicas.- Entre las características físicas del aluminio, se destacan las siguientes:
 - a) Es un metal ligero, cuya densidad es de 2700 kg/m³ (2,7 veces la densidad del agua), un tercio de la del acero.
 - b) Tiene un punto de fusión bajo: 660 °C (933 °K) y un peso atómico del aluminio es de 26,9815 u.
 - c) Es de color blanco brillante, con buenas propiedades ópticas y un alto poder de reflexión de radiaciones luminosas y térmicas.
 - d) Tiene una elevada conductividad eléctrica comprendida entre 34 y 38 m/(Ω mm²) y una elevada conductividad térmica (80 a 230 W/(m·K)).
 - e) Resistente a la corrosión, a los productos químicos, a la intemperie y al agua de mar, gracias a la capa de Al₂O₃ formada.
 - f) Es abundante en la naturaleza. Es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, tras el Oxígeno y el Silicio.
 - g) Su producción metalúrgica a partir de minerales es muy costosa y requiere gran cantidad de energía eléctrica.
 - h) Material fácil y económico de reciclar.

- **Características Mecánicas.-** Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:
 - a) Es un material de fácil mecanizado, muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
 - b) Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
 - c) Material blando (Escala de Mohs: 2-3).
 - d) Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm² [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm².
 - e) El duraluminio es una aleación particularmente resistente. Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.
 - f) Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión. Material soldable. Con CO₂ absorbe el doble del impacto.

- **Características Químicas.-** Entre las características químicas del aluminio, este material es +III como es de esperar por sus tres electrones en la capa de valencia.

El aluminio reacciona con facilidad con HCl, NaOH, ácido perclórico, pero en general resiste la corrosión debido al óxido. Sin embargo cuando hay iones Cu²⁺ y Cl⁻ su pasivación desaparece y es muy reactivo.

El óxido de aluminio es tan estable que se utiliza para obtener otros metales a partir de sus óxidos (Cromo, Manganeso, etc.) por el proceso aluminotérmico.

- **Aplicaciones y Usos**

Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, el uso industrial del aluminio excede al del cualquier otro metal exceptuando el hierro / acero. Es un material importante en multitud de actividades económicas y ha sido considerado un recurso estratégico en situaciones de conflicto.

- **Aleaciones de Aluminio**

Desde el punto de vista físico, el aluminio puro posee una resistencia muy baja a la tracción y una dureza escasa. En cambio, unido en aleación con otros elementos, el aluminio adquiere características mecánicas muy superiores. A estas aleaciones se las conoce con el nombre genérico de Duraluminio, y pueden ser centenares de aleaciones diferentes. El duraluminio contiene pequeñas cantidades de cobre (Cu) (3 - 5%), magnesio (Mg) (0,5 - 2%), manganeso (Mn) (0,25 - 1%) y Zinc (3,5 - 5%).

Son también importantes los diversos tipos de aleaciones llamadas anticorodal, a base de aluminio (Al) y pequeños aportes de magnesio (Mg) y silicio (Si). Pero que pueden contener a veces manganeso (Mn), titanio (Ti) y Cromo (Cr). A estas aleaciones se las conoce con el nombre de avional, duralinox, silumin, hidronalio, peraluman, etc.

Como hay distintas composiciones de aluminio en el mercado, es importante considerar las propiedades que éstas presentan, pues, en la industria de la manufactura, unas son más favorables que otras.

Aportaciones de los elementos aleantes

Los principales elementos aleantes del aluminio son los siguientes y se enumeran algunas de las ventajas que proporcionan:

- ❖ Cromo (Cr) aumenta la resistencia mecánica cuando está combinado con otros elementos Cu, Mn, Mg.
- ❖ Cobre (Cu) incrementa las propiedades mecánicas pero reduce la resistencia a la corrosión.
- ❖ Hierro (Fe) incrementa la resistencia mecánica.
- ❖ Magnesio (Mg) tiene alta resistencia tras el conformado en frío.
- ❖ Manganeso (Mn) incrementa las propiedades mecánicas y reduce la calidad de embutición.
- ❖ Silicio (Si) combinado con magnesio (Mg), tiene mayor resistencia mecánica.
- ❖ Titanio (Ti) aumenta la resistencia mecánica.
- ❖ Zinc (Zn) reduce la resistencia a la corrosión.

ANEXO N°9

¿Qué es la norma ISO 9001?

La ISO 9001 es una norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permite administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).

Esta acreditación demuestra que la organización está reconocida por más de 640000 empresas en todo el mundo.

Cada seis meses, un agente de certificación realiza una auditoria de las empresas registradas con el objeto de asegurarse el cumplimiento de las condiciones que impone la norma ISO 9001. De este modo, los clientes de las empresas registradas se libran de las molestias de ocuparse del control de calidad de sus proveedores y a su vez, estos proveedores solo deben someterse a una auditoria, en vez de a varias de los diferentes clientes. Los proveedores de todo el mundo deben ceñirse a las mismas normas.

ANEXO N°10

Ensayo no destructivo

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de *nondestructive testing*) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: PND; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.