

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE UN FUSELAJE SEMIMONOCASCO DEL AVIÓN BOEING 737-200 DESDE LA ESTACIÓN 360 HASTA LA ESTACIÓN 1016 MEDIANTE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.”

POR:

CUJANO PILCO EDWIN ROBERTO

Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN:

MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el alumno **CUJANO PILCO EDWIN ROBERTO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Ing. Pablo Vizcaino

Latacunga, Agosto 09 del 2013

DEDICATORIA

Dedico todo el esfuerzo de este trabajo a Dios por ser la estrella que guía mi camino del bien.

Quiero dedicar este proyecto a toda mi familia especialmente a mis padres por ser las personas que me han apoyado decisivamente, a mi hermano, a todos mis compañeros testigos de mis triunfos y fracasos, a mis amigos que con sus consejos han confiado en mí para ser una persona de bien.

Edwin Roberto Cujano Pilco

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer llegar un profundo agradecimiento Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por ser la institución que me brindo la oportunidad de continuar con mis estudios, al personal docente que con sus conocimientos teóricos y prácticos para que algún día ponga en beneficio de la sociedad durante mi vida profesional.

Edwin Roberto Cujano Pilco

RESUMEN

El presente trabajo contiene el proceso según el cual se desarrollo la construcción de una maqueta didáctica de un fuselaje semimonocasco del avión 737-200, describiendo además el funcionamiento del mismo; el cual será destinado para la instrucción practica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Se detalla la concepción del tema, estableciendo y fundamentando la necesidad de desarrollar la presente maqueta, además se incluye los objetivos a alcanzarse de una manera organizada para así obtener los mejores resultados.

El presente trabajo contiene información técnica de los componentes estructurales que se encuentran en este tipo de fuselaje, así como también información de los accesorios que se han empleado en la construcción de la maqueta.

La maqueta de este fuselaje contiene stringers, cuadernas o circunferenciales, floor beam, pisos y la piel que recubre los componentes estructurales dando así un modelo a escala de los componentes reales de los cuales consta este fuselaje.

También se adiciona el presupuesto económico que se ha requerido para la construcción de esta maqueta de una manera detallada para lo que son los componentes necesarios y a lo que ha mano de obra se refiere.

Este proyecto es implementado con la finalidad de que todos los estudiantes puedan tener la oportunidad de tener un acceso didáctico en lo que se refiere al estudio de las partes estructurales del fuselaje semimonocasco.

SUMMARY

This paper contains the process whereby development is the construction of a teaching model semi-monocoque fuselage of a 737-200 aircraft, describing the operation of the well, the funds will be used for practical training of Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

It details the conception of the subject, establishing and basing the need to develop this model also includes the objectives achieved in a well organized manner for best results. |

This paper contains technical information on the structural components found in this type of fuselage, as well as information on accessories that have been used in the construction of the model.

The model of the fuselage contains stringers, frames or circumferential, floor beam, floor and the skin covering the structural components giving a scale model of the actual components of which comprises the fuselage.

It also adds the economic budget is required for construction of this model in a detailed way to what are the necessary components and which has referred labor.

This project is implemented with the aim that all students can have the opportunity to access training in regard to the study of semi-monocoque fuselage structural parts.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

Debido a la investigación que se realizó con anterioridad el desarrollo del presente trabajo se pudo concluir que para obtener un desempeño eficaz de los estudiantes en el campo laboral, es muy importante la utilización de material didáctico como elementos necesarios de entrenamiento de los estudiantes.

Determinando así que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no cuenta con el material didáctico que preste facilidades de aprendizaje en cuanto a lo que refiere a los componentes estructurales del fuselaje semimonocasco.

En base a la utilización de herramientas de investigación como las encuestas y entrevistas, se pudo determinar las necesidades de los docentes de las materias técnicas como la de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, los cuales concuerdan en la necesidad de la implementación de maquetas de los diversos componentes que ayudan a dar su forma aerodinámica y rigidez al fuselaje de un avión, por ende la necesidad de adquirir una maqueta que muestre las partes estructurales del fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200 para de este modo mejorar el aprendizaje.

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica es muy importante que se tome en cuenta la enseñanza teórico-práctica de la materia de Aeronaves en General, para lo cual se necesita material que ayude a los estudiantes a desarrollar las destrezas prácticas, puesto que con una mejor enseñanza práctica se logrará un mejor desempeño en el ámbito laboral.

En el anteproyecto del presente trabajo, consta la investigación realizada que determinó la factibilidad de construcción de una maqueta que muestre los componentes estructurales del fuselaje del avión Boeing 737-200.

1.2 Justificación

La capacitación y la experiencia de los estudiantes en el campo aeronáutico son componentes indispensables para excelente preparación de Mecánicos Aeronáuticos del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico elementos primordiales para el logro exitoso de la misión del mismo, cimiento para el rendimiento y desarrollo del estudiante.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico en la actualidad cuenta con un buen conjunto de material didáctico pero es necesaria la implementación constante de elementos de estudio que permitan al alumno familiarizarse con los componentes estructurales del avión.

Todos los conocimientos recibidos deben ser interpretados de la mejor manera para que en un futuro puedan ser aplicados en casos reales, es por ello que con la construcción de una maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200 se podrá observar físicamente los componentes estructurales de este tipo de fuselaje.

Es cierto que para cada aeronave tenemos características diferentes en los fuselajes aún siendo del mismo tipo de fuselaje semimonocasco, éstas características propias de cada aeronave vienen dadas de acuerdo a las especificaciones de cada fabricante, pero los componentes estructurales básicos del fuselaje semimonocasco no varían en sus funciones independientemente de la aeronave.

En virtud de lo manifestado con anterioridad se justifica la construcción de la maqueta de un fuselaje semimonocasco tomando como referencia el fuselaje del avión Boeing 737-200 para que así se pueda observar los componentes

estructurales de una manera más fácil y práctica logrando así mejorar el proceso de instrucción y potencializando el desarrollo de los mecánicos aeronáuticos del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Construir e implementar una maqueta didáctica que permita observar los componentes estructurales del avión Boeing 737-200 en la sección de estructuras del área de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, para mejorar el desarrollo teórico práctico bajo procedimientos técnicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información técnica referente a este tipo de fuselaje.
- Observar físicamente los componentes estructurales del fuselaje semimonocasco implementando una maqueta didáctica.
- Realizar el estudio técnico para la implementación de una maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco.
- Construir una maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco que, permita observar los componentes estructurales y realizar las respectivas observaciones técnicas a la maqueta.
- Realizar inspección final de la construcción.

1.4 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance:

- La construcción de la maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco que permita observar los componentes estructurales como los stringers, circunferenciales, pisos y piel de la aeronave, mostrando los componentes anteriormente manifestados en un modelo a escala.
- Este modelo a escala se realizará en base a los componentes reales y con materiales que permitan moldearlos de manera que faciliten el ensamblaje y otros procesos a los cuales se somete al material para conseguir la forma apropiada.
- La maqueta del fuselaje semimonocasco no incluirá componentes como los asientos, tapizado, insolaciones, cielos, sócalos entre otros, pues éstos componentes no son componentes que actúen directamente en la estructura, porque el fin de ésta maqueta es mostrar los componentes que ayudan a la aeronave a absorber de mejor manera todos los esfuerzos que actúan sobre la misma.
- El presente proyecto no seguirá un manual para guía de prácticas ya que cada instructor o persona que emplee la maqueta lo desarrollara en base a sus necesidades y en base a las prestaciones que la misma presenta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

El presente capítulo contiene toda la información y complementación para el manejo y comprensión correcta de los materiales, herramientas que se utilizaron para la construcción de la maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco, además da a conocer nociones generales de temas relacionados al desarrollo de este proyecto.

2.2 Maqueta

Una maqueta es un montaje funcional, a menor "[escala](#)", con materiales pensados para resaltar, en su funcionalidad, la atención de aquello que, en su escala real, presentará como innovación, mejora o sencillamente el gusto de quien lo monta.

.3 Avión Boeing 737-200



Figura 2.1. Boeing 737-200

Fuente: <http://animacatering.wordpress.com/tag/pave/>

Elaborado por: Roberto Cujano

El avión Boeing modelo 737 serie 200, fue diseñado para vuelos de corto y medio alcance pues su autonomía de combustible es de 4 horas aproximadamente, o el equivalente a 2.580 km.

Es un avión bimotor, equipado con motores Pratt & Whitney que se ubican debajo de cada ala y cuentan con sistema de reverso. Altura máxima de vuelo: 35.000 pies (unos 10.500 metros). Velocidad máxima: 952 km/h (Mach 0,84).

Está equipado con 4 puertas, dos a cada lado situados adelante y atrás. En la parte inferior de cada puerta está adosado un tobogán de escape. Adicionalmente, hay 2 ventanillas de emergencia, 1 a cada lado del fuselaje a la altura de las alas, y otras 2 ventanillas situadas debajo de la cabina de vuelo del piloto.¹

Contiene dos estanques de combustible JP-1, ubicados bajo las alas con capacidad de 19.555 litros (15.600 kg aprox.). La cabina es presurizada mediante el sistema de aire acondicionado. Los pilotos controlan su presión en un máximo de 0,5 kg/cm² (7,5 psi) a 35.000 pies de altura.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_737

El oxígeno es proporcionado por dos sistemas independientes. Uno de ellos se activa automáticamente en modalidad de emergencia cuando el avión vuela a 14.000 pies de altura (unos 4.250 metros), presurizado a 130 kg/cm² (1.850 psi).

2.4 Fuselaje

El fuselaje es el cuerpo estructural del avión, de figura fusiforme, que aloja a los posibles pasajeros y carga, junto con los sistemas y equipos que dirigen el avión. Se considera la parte central porque a ella se acoplan directamente o indirectamente el resto de partes como las superficies aerodinámicas, el tren de aterrizaje y el grupo motopropulsor.²

En aviones monomotores el fuselaje contiene al grupo motopropulsor y la cabina del piloto; sirve también de soporte a las alas y estabilizadores; y lleva el tren de aterrizaje. En aviones multimotores no contiene al grupo motopropulsor: los motores van dispuestos en barquillas o mástiles, sobre o bajo las alas, o en la cola.



Figura 2.2 Fuselaje Boeing

Fuente: <http://www.Boeing-entrega-601-aviones.com>

Elaborado por: Roberto Cujano

² <http://es.scribd.com/doc/61738889/Fuselaje>

2.5 Tipos de fuselaje

Los fuselajes se han ido construyendo de diversas maneras a lo largo de la historia dependiendo de la función de la aeronave y de los medios técnicos de los que se disponía. El primer tipo de fuselaje consistía en un entramado de varillas metálicas que conformaban la estructura principal del avión, la cual era cubierta posteriormente con planchas de madera o lona. Era el fuselaje tubular o reticular, el primero en usarse; consecutivamente fueron apareciendo otras formas de concebir el cuerpo del avión según las necesidades de la época, el fuselaje monocasco y el semimonocasco.

2.5.1 Fuselaje reticular o tubular

Se fabrica a partir de tubos de acero o de madera, soldados, que van formando la estructura principal del avión en forma de huso. En esta estructura encontramos las cuadernas que son los elementos más importantes que conforman y dan rigidez a la estructura; los largueros que unen las cuadernas y que son largos tubos horizontales que recorren gran parte del avión; y las diagonales, que dan rigidez al conjunto largueros-cuadernas.

Esa estructura de tubos se cubre más tarde con lona, o en otras ocasiones con planchas metálicas o de madera, de tal forma que el fuselaje adquiere externamente una forma aerodinámica y uniforme. Este recubrimiento no añade resistencia estructural sino que son las cuadernas, largueros y diagonales los que soportan todas las cargas en vuelo y tierra.

Aunque en un inicio era una forma barata, segura y sencilla de fabricar el fuselaje, las exigencias de la industria aeronáutica pronto cambiaron. Los nuevos motores que hacían que el avión pudiese ir más rápido y alto, la demanda de aeronaves para la guerra resistentes a grandes impactos, y el afán de conquistar el Atlántico Norte con hidroaviones, hizo que este tipo de construcción se quedara obsoleta, ya que no aguantaba los impactos, ni las cargas estructurales a las que le sometían los nuevos motores y gracias al desarrollo de hidroaviones a partir de

cascos de barcos se empezó a utilizar un nuevo tipo de construcción: el fuselaje monocasco.³

Hoy en día, todavía hay aviones de fuselaje reticular en activo, tanto ligeros como pesados aunque rara vez se construye ya aviación ligera mediante esta manera.

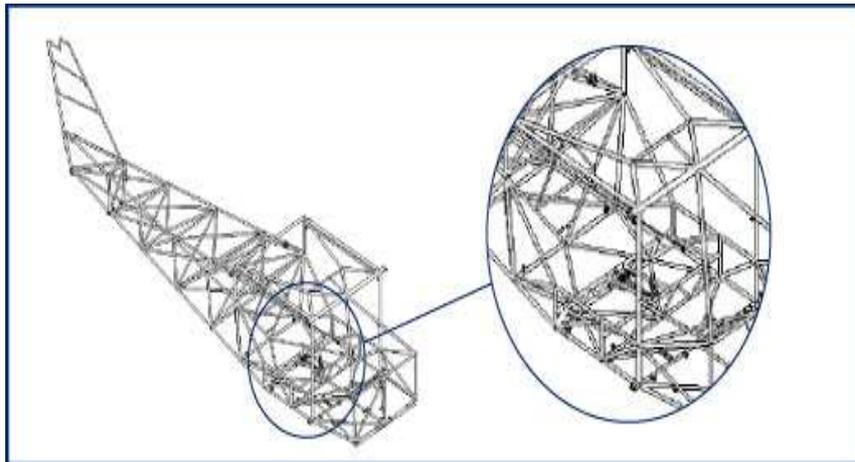


Figura 2.3 Fuselaje Reticular

Fuente: <http://www.google.com.ec/searchfuselaje+reticular>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.5.2 Fuselaje monocasco

El fuselaje monocasco, proveniente de la industria naval, fue utilizado primero en hidroaviones de madera, pero dadas sus ventajas de resistencia fue pronto adoptado para muchos tipos de aeronaves. Este tipo de estructura monocasco o “todo de una pieza” es un tubo en cuyo interior se sitúan a intervalos, una serie de armaduras verticales llamadas cuadernas, que dan forma y rigidez al tubo.

El tubo del fuselaje, o el revestimiento exterior sí forma parte integral de la estructura soportando y transmitiendo los esfuerzos a los que está sometido el avión. Para que este revestimiento soporte estas cargas debe ser resistente y por ello está fabricado en chapa metálica, que debe ser de cierto espesor para

³ <http://es.scribd.com/doc/61738889/Fuselaje>

aguantar mejor. A mayor espesor, mayor peso, y es que el fuselaje monocasco, aun siendo más resistente, es más pesado. Por ello cayó en desuso. Hoy en día se emplea en misiles, aviones-blanco e hidroaviones que no precisen de demasiado espesor de chapa.⁴

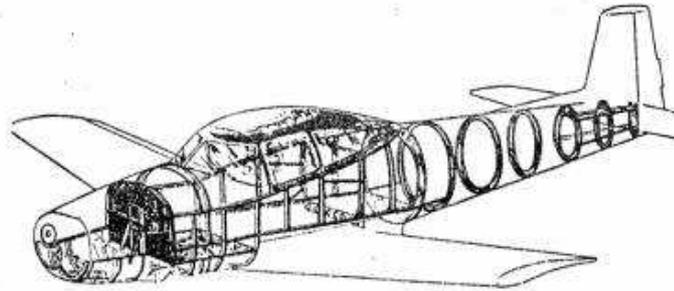


Figura 2.4 Fuselaje Monocasco

Fuente: <http://www.google.com.ec/searchfuselaje+monocasco>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.5.3 Fuselaje semimonocasco

El más usado hoy en día, resolviendo el problema del peso y espesor del anterior modelo. La introducción de piezas de refuerzo en el interior permitió aliviar el revestimiento pudiendo ser más fino. Las cuadernas se unen mediante largueros y larguerillos que recorren el avión longitudinalmente. Los largueros y larguerillos permiten el adelgazamiento de la chapa de revestimiento.

Todo esto forma una compleja malla de cuadernas, larguerillos, largueros y revestimiento, unida mediante pernos, tornillos, remaches y adhesivos.

⁴ <http://es.scribd.com/doc/61738889/Fuselaje>

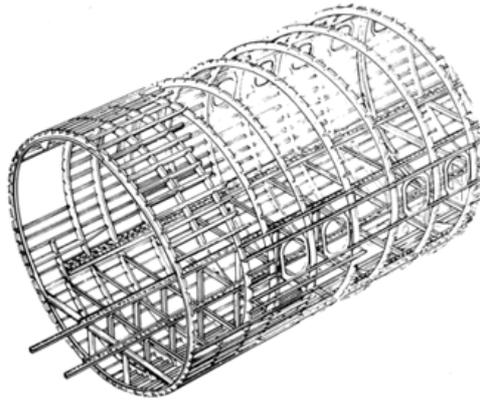


Figura 2.5 Fuselaje Semimonocasco

Fuente: <http://www.google.com.ec/search&um=1&ie=UTF>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.6 Aluminio

El aluminio es un elemento químico, de símbolo **(Al)** y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas).

Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis.

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad (2.700 kg/m^3) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato.⁵

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>

2.6.1 Propiedades del aluminio

Tabla: 2.1 Propiedades del aluminio

Propiedades físicas	
El aluminio comercialmente puro (riqueza no inferior al 99%):	
Densidad	2.7g/cm ³ a 20°C
Calor específico	900 $\frac{J}{KxKg}$
Punto de fusión	658 °C
Punto de ebullición	2.450 °C
Conductibilidad térmica	237 $\frac{W}{Kxm}$
Presión de vapor a 577K	2.42x10 ⁻⁶ Pa
Propiedades mecánicas	
Modulo de elasticidad	70 GPa
Modulo de torsión	2.700kg/mm ²
Recocido	8kg/mm ²
Carga de rotura agrio:	18kg/mm ²
Recocido 20 brinell duraza agrio 47 brinell	recocido 35%
Alargamiento duro	5%

Fuente: <http://www.aluminumassociation.html>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.6.2 Aleaciones de aluminio

El aluminio puro prácticamente no tiene aplicación, dado que se trata de un material blando y de poca resistencia mecánica. Sin embargo, aleados con otros elementos permite aumentar su resistencia y adquirir otras cualidades, que varían según la naturaleza de los aleantes utilizados.⁶

⁶ <http://ingenieriademateriales.wordpress.com/2009/04/17/manual-del-aluminio-y-sus-aleaciones/>

Los elementos más utilizados para formar aleaciones con el aluminio son el Cobre (Cu), Silicio (Si), Magnesio (Mg), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn). En menor medida, usados como aditivos, o que pueden estar presente como impurezas en las aleaciones, están el Hierro (Fe), Cromo (Cr) y Titanio (Ti). Para la obtención de otras aleaciones especiales se suele adicionar Níquel (Ni), Cobalto (Co), Plata (Ag), Litio (Li), Vanadio (V), Zirconio (Zr), Estaño (Sn), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Bismuto (Bi).

2.6.3 Designaciones del aluminio

Las aleaciones de aluminio se designan con un número de 4 dígitos (YXXX) de acuerdo con el sistema adoptado por la Aluminum Association. El primer dígito (Y) indica el tipo de aleación de acuerdo con el elemento aleante principal.

Tabla: 2.2 Número de grupos de las aleaciones de aluminio

Componente Principal	Número Grupo de Aleación
Aluminio sin alear 99%	1
Cu	2
Mn	3
Si	4
Mg	5
Mg, Si	6
Zn	7
Otros	8

Fuente: <http://www.md80.com.ar/aluminumassociation.html>

Elaborado por: Roberto Cujano

Los demás dígitos que designan la serie indican la aleación específica de aluminio o la pureza de éste. Junto con la designación base de 4 números, es común utilizar además letras y números adicionales para una especificación más completa, según el siguiente esquema:

La letra **(O)** indica que la pieza ha sido sometida a recocido ya sea de forja como de fundición, de acuerdo a las siguientes variantes:

- **O1:** Recocido a elevada temperatura y enfriamiento lento.
- **O2:** Sometido a tratamiento termomecánico.
- **O3:** Homogeneizado. Esta designación se aplica a los alambrones y a las bandas de colada continua que son sometidos a un tratamiento de difusión a alta temperatura.

La letra **(H)** seguida por uno, dos o tres dígitos designa el grado de trabajo en frío. Indica el estado de acritud y se aplica a materiales a los que se ha realizado un endurecimiento por deformación:

- **H1:** Endurecido por deformación hasta obtener el nivel deseado y sin tratamiento posterior.
- **H2:** Endurecido en exceso por deformación y recocido parcial para recuperar suavidad y sin perder ductilidad.
- **H3:** Acritud y estabilizado.
- **H4:** Acritud y lacado o pintado. Son aleaciones endurecidas en frío y que pueden sufrir un cierto recocido en el tratamiento de curado de la capa de pintura o lacada.

La letra **(T)** seguida por uno, dos o tres dígitos sirve para indicar que la aleación ha sido endurecida por tratamiento térmico con o sin endurecimiento por deformación posterior. Las designaciones de W y T sólo se aplican a aleaciones de aluminio ya sean de forja o de fundición que sean termotratables:

- **T1:** Enfriado desde un proceso de fabricación realizado a una elevada temperatura y envejecido de forma natural.
- **T2:** Enfriado desde un proceso de fabricación realizado a una alta temperatura, trabajado en frío y envejecido de forma natural.
- **T3:** Solución tratada térmicamente, trabajada en frío y envejecida hasta alcanzar una condición estable.
- **T4:** Solución tratada térmicamente y envejecida hasta alcanzar una condición estable. Es un tratamiento similar a T3 pero sin el trabajo en frío.
- **T5:** Enfriado desde un proceso de fabricación a alta temperatura y envejecida artificialmente.
- **T6:** Solución tratada térmicamente y envejecida artificialmente. Son designados de esta forma los productos que después de un proceso de conformado a alta temperatura (moldeo o extrusión) no son endurecidos en frío, sino que sufren un envejecimiento artificial.
- **T7:** Solución tratada térmicamente y envejecida para su completa estabilización.
- **T8:** Térmicamente tratada por disolución, trabajada en frío y envejecida artificialmente.
- **T9:** Solución tratada térmicamente, envejecida artificialmente y trabajada en frío.
- **T10:** Enfriado desde un proceso de fabricación realizado a una elevada temperatura, trabajado en frío y envejecido artificialmente hasta una condición sustancialmente estable.

La letra **(F)** indica que se trata de una aleación en estado bruto. Es el material tal como sale del proceso de fabricación.

Y por último, la letra **(W)** sirve para indicar que se trata de una solución tratada térmicamente. Se aplica a materiales que después de recibir un tratamiento térmico quedan con una estructura inestable y sufren envejecimiento natural.

2.6.4 Series de aleaciones de aluminio

Las aleaciones de aluminio se dividen en dos grandes grupos, que son, forja y fundición. Esta división se corresponde con el tipo de proceso de conformado a que pueden ser sometidas las aleaciones de aluminio.

Dentro del grupo de las aleaciones de aluminio de forja existe otra división en otros dos subgrupos, las aleaciones tratables térmicamente y las no tratables térmicamente. Las aleaciones no tratables térmicamente sólo pueden aumentar su resistencia si son trabajadas en frío.

Dentro de las aleaciones de aluminio forjado sin tratamiento térmico, los grupos o series principales son los siguientes, según la norma AISI-SAE:

- **Aleaciones 1xxx:** Son aleaciones de aluminio técnicamente puro, al 99,9%, siendo sus principales impurezas el hierro y el silicio como elemento aleante. Se utilizan principalmente para utensilios de cocina, lámina y fleje.

- **Aleaciones 3xxx:** El elemento aleante principal de este grupo es el manganeso (Mn), el cual tiene como objetivo reforzar al aluminio. Presentan buena trabajabilidad, y es utilizado este tipo de aleaciones en utensilios de cocina y envases.

- **Aleaciones 5xxx:** En este grupo de aleaciones es el magnesio (Mg) el principal elemento de aleación. Utilizado en utensilios de cocina, construcción de camiones y aplicaciones marinas.

Dentro de las aleaciones de aluminio forjado que son tratables térmicamente, las series principales son las siguientes:

- **Aleaciones 2xxx:** El principal aleante de este grupo de aleaciones es el cobre (Cu), Esta aleación se utiliza especialmente para la fabricación de estructuras de aviones.
- **Aleaciones 6xxx:** Los principales elementos aleantes de este grupo son magnesio y silicio. Es utilizada para perfiles y estructuras en general.
- **Aleaciones 7xxx:** Los principales aleantes de este grupo de aleaciones son zinc, magnesio y cobre. Se utiliza para fabricar estructuras de aviones. En esta última división, se encuentran las aleaciones de aluminio con mayores resistencias mecánicas: las de las series 2000 y 7000. Por otro lado, son las aleaciones de aluminio de las series 6000 y 7000 las más utilizadas por su amplia gama de aplicaciones.

Cada aleación tiene una composición química y un comportamiento mecánico diferente, además de unas aplicaciones específicas.

2.7 Remaches

Estos son los remaches generalmente usados en el trabajo de reparación. Se identifican junto a la clase de material de que están hechos, su tipo de cabeza, el tamaño del vástago y su condición de temple. Las designaciones del tipo de cabeza de los remaches de vástago macizo, tales como cabeza universal, cabeza redonda, cabeza plana, cabeza embutida y cabeza brazier dependen de la forma del corte transversal de la cabeza. La designación de temple y la probable resistencia se indican por medio de marcas especiales en la cabeza del remache.

La fuerza Aérea y la Armada han adoptado conjuntamente un sistema de numeración en los catálogos de existencias de remaches están enumerados, de manera que usted pueda identificar los que poseen las características requeridas. El número de clave del remache también incluye el diámetro y el largo del diámetro del remache. Esto es lo que se conoce como Norma AN (Fuerza Aérea y Armada).

2.7.1 Materiales para remaches

El material que se usa para la mayor parte de los remaches de vástago macizo para aviones es la aleación de aluminio. Las condiciones de resistencia y temple de los remaches de aleación de aluminio se identifican por medio de dígitos y letras parecidos a los adoptados para la identificación de las condiciones de resistencia y temple del aluminio y del material y del material de lámina de aleación de aluminio.

Los cinco grados de remaches usualmente obtenibles son:

- 1100
- 2017T
- 2024T
- 2117T
- 5056.
- El remache 1100, que es 99.45% de aluminio puro es muy suave. Se usa para remachar aleaciones de aluminio suave, que se usan para las piezas no estructurales o las piezas que la resistencia no es un factor que se ha de considerar.

- El remache 2117T, conocido como el remache de montaje, se usa principalmente para las estructuras de aleación de aluminio. El remache de montaje es de gran demanda, por eso está listo para usarse cuando se recibe, sin que necesite tratamiento térmico ni recocido.⁷
- Los remaches 2017T y 2024T se usan en los lugares donde se requiere una resistencia mayor que la obtenible con el remache 2117T. El remache 5056 es para remachar estructuras de aleación de magnesio. Tiene características de alta resistencia a la corrosión, pero su resistencia al esfuerzo cortante es muy reducida.

2.7.2 Condición de temple

El temple es un factor importante en el procedimiento de remachado, especialmente cuando se trata de remaches de aleación de aluminio. Todos los remaches utilizados en los aviones se instalan en frío. Los remaches de aleación de aluminio tienen la misma característica de tratamiento térmico que el material laminado de aleación de aluminio. Se pueden endurecer y recocer de la misma forma que el aluminio en láminas. El remache debe ser suave o comparativamente suave para poderle formar una buena cabeza de taller. Los remaches 2017T y 2024T son recocidos antes de ser instalados. Ellos se endurecen por envejecimiento.⁸

El procedimiento del tratamiento térmico de los remache es casi igual que el material laminado. Se necesita ya sea un horno de aire eléctrico, un baño de sal o un baño de aceite caliente. La variación del tratamiento térmico, según la aleación es de 625° a 930°F. Para conveniencia de manipulación los remaches son calentados en una bandeja o en una cesta alambre. Son templados en agua fría a 70°F inmediatamente después del tratamiento térmico.

⁷ <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

⁸ <http://www.enocasioneshagoclick.com/2009/06/escuadron-click-como-funciona-un-motor.html>

Los remaches 2017T y 2024T, que se pueden someter a tratamiento térmico, comienzan a endurecer por envejecimiento unos cuantos minutos después de haber sido expuestos a la temperatura atmosférica. Por consiguiente, se deben usar inmediatamente después del enfriamiento por inmersión o guardarlos en un depósito frío. Los medios que más comúnmente se emplean para mantener los remaches termotratables a baja temperatura, a menos de 32°F, es contenerlos en un refrigerador eléctrico.

Éstos remaches se les llaman remaches de “nevera” esta condición de almacenamiento pueden permanecer lo suficientemente suaves para ser instalados durante períodos hasta de dos semanas. Cualquiera de estos remaches que no se usen dentro de este lapso deberán sacarse para volverlos a someter a tratamiento térmico.

2.7.3 Clasificación de los remaches

Los remaches se dividen o se clasifican en dos grupos: Remaches Sólidos y Remaches Especiales.

- **Remaches sólidos:** Son los que se instala en lugares que tienen acceso y se requiere de dos técnicos para formar la cabeza de taller.
- **Remaches Especiales:** Son los que se instala en lugares que no tienen acceso y se requiere de un solo técnico.

2.7.4 Normas militares

Las normas militares son las que sirven para identificar un tipo de remache de acuerdo al requerimiento del técnico y estas normas militares son: **AN – NAS – MS – AMS.**

- **AN** : Army and Navy.
- **NAS:** National Aircraft Standard.

- **MS** : Militar Standard.

- **AMS**: Automotive Militar Standard.

2.7.5 Tipos de cabeza de remaches

Los tipos de cabeza de los remaches que se usan en las: reparaciones, fabricaciones y modificaciones de los aviones son cinco: cabeza avellanada, cabeza redonda, cabeza plana, cabeza brazier y cabeza universal.

2.7.6 Remaches especiales

Los remaches normalizados no pueden cubrir todas las exigencias de fabricación y resistencia en la construcción de aviones y, por ello, se impone la necesidad de utilizar una gran variedad de tipos especiales, diseñados para fines específicos. Es tan pronunciada esta necesidad que algunos fabricantes han montado organizaciones dedicadas enteramente al diseño y fabricación de remaches especiales.

2.7.7 Remaches ciegos

Son los ideales especialmente para ser utilizados en aquellos puntos en los que es imposible emplear la buterola para formar las cabezas; están diseñados y contruidos de modo que pueden ser instalados y conformados desde un lado de la superficie de trabajo y su uso se limita, generalmente, a sitios tales como bordes de salida de perfiles de ala, timones, alerones, etc. y otros puntos accesibles únicamente por un solo lado.

2.7.8 Remaches Cherry

Fabricados por la Cherry Rivet Co., asociada de la Thownsend Co., son huecos, con una espiga extensible insertada en su parte central (fig. 2.6). La espiga del remache se introduce en el taladro cuidadosamente realizado y después se hace que se ensanche y trabe con fuerza en el material. Los tipos corrientes, son dos: el auto-obturador y el hueco.

Cuando se instala el primero, la espiga se rompe por sí misma al ejercer la presión suficiente para aplastar el remache; se corta entonces el muñón remanente y se lima de forma que la superficie quede perfectamente lisa. Para acoplar el tipo hueco se saca completamente la espiga a través del remache. Este tipo no posee una resistencia tan elevada al esfuerzo cortante como el auto-obturador.

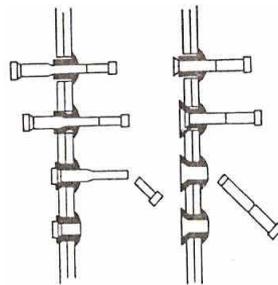


Figura 2.6 Remaches cherry

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.9 Remaches explosivos Du Pont

Construidos por E. I. Du Pont de Nemours & Company, tienen dentro de la espiga una carga explosiva para dilatar el remache una vez introducido en el taladro correspondiente. La figura 2.7 muestra este tipo antes y después de la expansión. Para instalarlo se coloca contra la cabeza del remache la buterola de una pistola remachadora y al detonar el explosivo se dilata la espiga. Como en todos los

remaches ciegos, es esencial seguir al pie de la letra las instrucciones dictadas por el constructor.

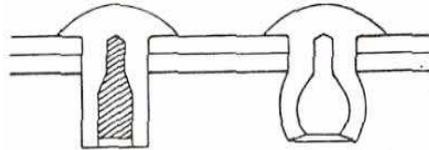


Figura 2.7 Remaches explosivos du pont

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.10 Tuerca remache

Es un tipo de remache ciego roscado interiormente para atornillar el vástago de un espárrago o tornillo en la forma que se indica en la figura 2.8. Los construye la B. F. Goodrich Co., y se usan para fines comerciales generales o para aviación. Se expansiona mediante una tracción ejercida en el núcleo que obliga a la espiga a dilatarse.

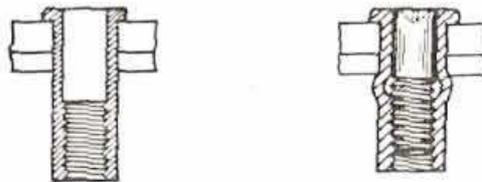


Figura 2.8 Tuerca remache goodrich

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.11 Identificación de los remaches

La identificación de los tipos de cabeza de los remaches se lo hace por medio de una norma militar y un número de clave, el mismo que nos indica a que tipo de cabeza pertenece.

- **AN426** Cabeza Avellanada.

- **AN430** Cabeza Redonda.

- **AN440** Cabeza Plana.

- **AN450** Cabeza Brazier.

- **AN470** Cabeza Universal.

Los Remaches que mas utilizamos en los diferentes trabajos ya sean estos por: reparación, fabricación o modificación son los de: Cabeza Universal y Cabeza Avellanada o sea los: AN470 y AN426.

2.7.12 Aleaciones de los remaches

A las aleaciones de los remaches se los puede identificar por medio de: letras, marcas, números y colores.

Por Medio de Letras:

- **A**

- **AD**

- **D**

- **DD**

Por Medio de Marcas:

Cabeza Liza, Un Hoyuelo sobre la Cabeza, Un Punto en Alto Relieve sobre la Cabeza, Dos Guiones en Alto Relieve sobre la Cabeza, Cruz en Relieve Sobre la Cabeza, Triangulo en Relieve Sobre la Cabeza, Guión en Relieve Sobre la Cabeza y Dos Puntas en Relieve Sobre la Cabeza.

Por medio de Números:

- **1100**
- **2117T**
- **2017T**
- **2024T**
- **5056**

Por Medio de su Color:

- **Blanco**
- **Anaranjado**
- **Amarillo**
- **Rojo**
- **Azul**

También hay otras: letras y números que se añaden a un numero de parte; las letras: designan el contenido de la aleación del remache; Los números: indican el

diámetro y la longitud de los remaches. Las letras que se usan mas comúnmente para la designación de la aleación son:

- **A** = aleación del aluminio de composición 1100 o 3003
- **AD** = aleación de aluminio de composición 2117T
- **D** = aleación de aluminio de composición 2017T
- **DD** = aleación de aluminio de composición 2024T
- **B** = aleación de aluminio de composición 5056
- **C** = cobre
- **M** = monel

Ejemplos

AN430A3-5

AN= Armada y Ejercito

430= Cabeza Redonda

A= Aluminio Puro

3= Indica el Diámetro del Remache en 32 Avos.

5= Indica la Longitud del Remache en 16 Avos.

MS20440D5-7

MS= Militar Estándar

20440= Cabeza Plana

D= Aleación de Aluminio 2017T

5= Indica el Diámetro del Remache en 32 Avos.

7= Indica la Longitud del Remache en 16 Avos.

2.7.13 Tratamiento térmico

Los remaches que requieren ser dado tratamiento térmico son los que tienen como aleación: 2017T y 2024T. El remache que no requiere ser dado tratamiento térmico es el que tiene como aleación: 2117T, ya que este remache viene listo para ser utilizado.

Para los tratamientos térmicos que se los realiza a los Materiales y a los Remaches se debe tomar en cuenta lo siguiente por:

- **Aleación**

- **Espesor**

- **Temperatura.**

2.7.14 Tiempo de calentamiento en un horno de aire

Aleación del Remache	Tiempo	Temperatura del Tratamiento Térmico
2024	1 hora	910 Ƒ. - 930Ƒ.
2017	1 hora	925 Ƒ. - 950 Ƒ.

2.7.15 Procedimiento para realizar una distribución de remaches

Para realizar una distribución de remaches en una lámina metálica que vamos a trabajar debemos saber, encontrar y calcular los siguientes pasos: Diámetro del Remache, Borde de Distancia, Paso del Remache y Paso Trasversal.

2.7.16 Diámetro del Remache

Para encontrar el diámetro del remache debemos multiplicar el espesor mayor de la lámina que vamos a trabajar por una constante que es: 3

Ejemplo:

Si tenemos una lámina de un espesor de: .040" debemos multiplicar por: 3; lo que nos da como resultado: $0.040 \times 3 = 0.120$ ", que aproximándole a la medida más cercana que es 0.125" nos indica que es un remache de: 1/8" de diámetro.

2.7.17 Borde de distancia

Es la distancia que existe desde el borde o filo de la lamina al centro del primer remache, para lo cual podemos utilizar cualquiera de los 3 (tres) bordes de distancia que son: lo mínimo, lo recomendable y lo máximo y para calcular el borde de distancia debemos multiplicar el diámetro del remache que vamos a utilizar por: lo mínimo, lo recomendable o lo máximo.

- Dentro de lo mínimo podemos usar: 2 D (diámetros)

- Dentro de lo recomendable podemos usar: $2 \frac{1}{2} D$ (diámetros)
- Dentro de lo máximo podemos usar: $3 D$ (diámetros).

Ejemplo:

Si tengo un remache de $\frac{1}{8}$ " de diámetro y quiero usar un borde mínimo de distancia, debo calcular: $\frac{1}{8} \times 2 = \frac{2}{8}$ simplificando nos da: $\frac{1}{4}$ ", que es el borde de distancia que debo usar.

2.7.18 Paso del remache

Es la distancia que existe del: centro del 1er. remache al 2do. – 3ero. – 4to. – 5to. etc. En la misma fila, para lo cual podemos utilizar cualquiera de los 3 (tres) pasos de remaches que son: Lo Mínimo, Lo Recomendable y Lo Máximo y para calcular el paso del remache debemos multiplicar el diámetro del remache que vamos a usar por: lo mínimo, lo recomendable o lo máximo.

- Dentro de lo mínimo podemos usar: $4 D$ (diámetros)
- Dentro de lo recomendable podemos usar: de 6 a $8 D$ (diámetros).
- Dentro de lo máximo podemos usar: $10 D$ (diámetros).

Ejemplo:

Si tengo un remache de $\frac{1}{8}$ " de diámetro y quiero usar el paso mínimo de remache, debo calcular: $\frac{1}{8} \times 4 = \frac{4}{8}$ simplificando nos da: $\frac{1}{2}$ ", que es el paso del remache que debo usar.

2.7.19 Paso transversal

Es la distancia que existe desde la: 1era. Fila a la 2da. – 3era. – 4ta. – etc. – etc. Y para calcular el paso trasversal debemos multiplicar el paso del remache por: el 75% o sea $\frac{3}{4}$.

Ejemplo:

Si tenemos un paso de remache de $\frac{1}{2}$ “multiplicamos por $\frac{3}{4}$ “que es el paso trasversal. -

$$\frac{1}{2} \text{ “} \times \frac{3}{4} \text{ “} = \frac{3}{8} \text{ “}$$

2.7.20 Medición de los remaches sólidos

Para medir la longitud de un remache sólido se lo mide desde la parte superior e inferior de la cabeza del remache hasta el final del vástago y la longitud se lo mide en: 16 avos.

Para medir el diámetro del remache se lo realiza por medio de un instrumento de medición, hasta estar familiarizado con los remaches y su diámetro se lo mide en: 32 avos.

2.7.21 Para encontrar la longitud total de un remache.

Para encontrar la longitud total de un remache para unir dos o más láminas se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se debe encontrar el diámetro del remache.
- 2.- Se suma las laminas que se van a unir.
- 3.- Mas $1 \frac{1}{2}$ “D. del diámetro del remache que vamos a usar.

Ejemplo: Vamos a unir dos láminas que tienen un espesor de: 0.025" y 0.032".

$T = 0.025''$ y $0.032''$

$DR = 0.032 \times 3 = 0.096''$ que nos da un remache de $3/32''$ de diámetro. Suma de las laminas que se va a unir = $0.025 + 0.032 = 0.057''$. Más $1\ 1/2''$ D. del diámetro del remache que es:

$0.093 (1\ D) + 0.046 (1/2\ D) = 139''$, luego sumamos las láminas que se va a unir + el $1\ 1/2\ D.$ del diámetro del remache que nos da = $0.057 + 0.138 = 0.195''$ esto nos da una medida de: $3/16''$ de longitud.

2.7.22 Para encontrar el diámetro de la cabeza de taller.

Para encontrar el diámetro de la cabeza de taller debemos calcular: $1\ 1/2D.$ del diámetro del remache que vamos a utilizar.

Ejemplo:

Si tenemos un remache de $1/8''$ de diámetro, la cabeza de taller debe tener sumando:

- $0.125''$ que es igual a: $1\ D.$
- $0.062''$ que es igual a: $1/2\ D.$

Que es igual $0.187''$ que nos da una medida de: $3/16''$ de diámetro de la cabeza de taller.

2.7.23 Como encontrar la altura de la cabeza de taller.

Para encontrar la altura de la cabeza de taller debemos calcular: $1/2\ D.$ del diámetro del remache vamos a utilizar.

Ejemplo:

Si tenemos un remache de 1/8" de diámetro, la altura de la cabeza de taller debe tener: 0.062" que es igual a: 1/2 D. Que nos da una medida de: 1/16" de altura de la cabeza de taller.

2.7.24 Longitud de agarre.

Longitud de agarre es todo lo que está dentro o en la parte interior de las láminas que se van a unir.

Ejemplo:

Si tenemos que unir dos laminas de: T= 0.025" y 0.032". Sumamos las láminas que se va a unir.

➤ 0.025"

➤ 0.032"

Que es igual a: 0.057" que nos da una medida de: 1/16" de longitud de agarre.

2.7.25 Colocación de los remaches

La instalación de los remaches corrientes consiste en hacer taladros en las piezas y unir de diámetro ligeramente mayor al del remache, quitar las rebabas de los bordes de los taladros, meter el remache en éstos y trabajarlo. Este se realiza corrientemente por medio de un martillo neumático y una buterola para recalcar. La (figura 2.9) muestra cómo deben ser colocados los remaches para unir dos piezas de plancha de aleación de aluminio.

La pistola o martillo de remachar es el aparato empleado para colocar los remaches. Está equipada con un juego de útiles para remachar, diseñados para conformar adecuadamente la cabeza del remache que se trabaja. El útil se adapta en el manguito de la pistola y se sujeta por medio de un muelle de retención, que

debe estar siempre en su sitio para evitar que el útil pueda escaparse y hacer daño a cualquier persona que se encuentre en las proximidades.

Durante el funcionamiento, un émbolo se mueve rápidamente hacia atrás y hacia adelante, dentro de la pistola, por medio de aire comprimido dirigido alternativamente a ambos lados del mismo, el cual, a su vez, empuja con rapidez al útil para dar forma a la cabeza. La (figura 2.9) enseña la disposición y funcionamiento de una pistola remachadora típica, así como algunos otros diseños de este mecanismo.

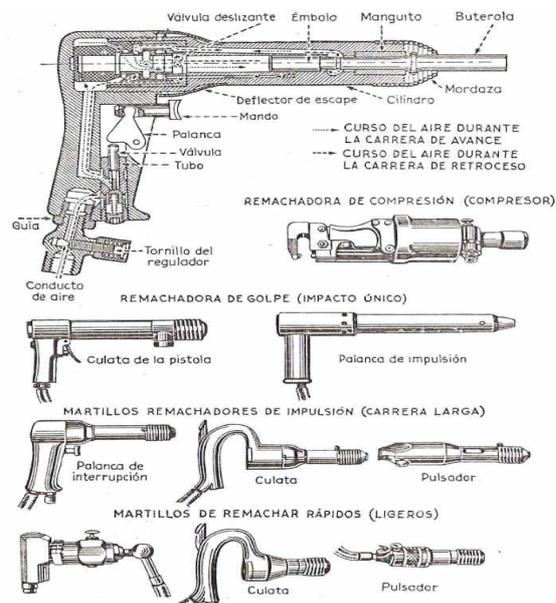


Figura 2.9 Remachadoras neumáticas

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

Los útiles de remachar se fabrican de muchas formas y dimensiones para responder a las diversas necesidades de estas operaciones y a los diversos tipos de remaches.

La espiga, vástago o cuerpo del útil es la parte que se adapta a la pistola y se construyen de dimensiones normalizadas para trabajar en las pistolas igualmente normalizadas.

La (figura 2.10) presenta algunos útiles frecuentemente utilizados en las pistolas de remachar. Los útiles diseñados para trabajar remaches de cabeza universal o de gota de sebo, tienen una estampa en forma de copa que se adapta sobre la cabeza del remache. La copa esta curvada con un radio ligeramente mayor que el de la cabeza del remache para asegurar que la fuerza máxima de la pistola sea aplicada al centro de la cabeza, consiguiendo de esta forma, que aprieten con fuerza, uno contra otro, los materiales que se unen al formar la cabeza nueva.⁹

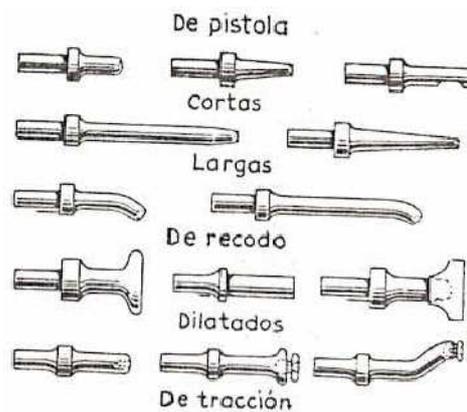


Figura 2.10 Buterolas o útiles de remachar

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.26 Ejecución de los taladros

Para obtener una buena junta por medio de remaches, es esencial que los taladros sean realizados correctamente. La primera exigencia para un taladro perfectamente realizado es que sea efectuado con una broca afilada con exactitud, lo cual es corriente cuando las brocas son nuevas; después se embotan y deben ser afiladas o desechadas. La (figura 2.11) señala las dimensiones de una broca afilada correctamente. Antes de emplear una broca deberá ser examinada cuidadosamente, comprobando si está derecha y si su punta está afilada de acuerdo con los valores requeridos.

⁹ <http://www.buenastareas.com/ensayos/Practica-Remachado/2885444.html>

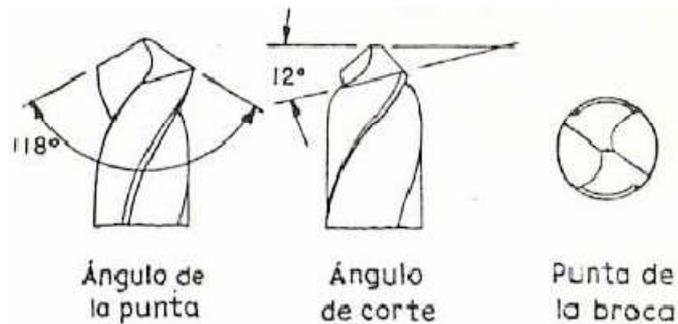


Figura 2.11 Características de las brocas

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

La situación de un taladro debe ser marcada con un lápiz o con un granete cuando se trata de planchas gruesas. Si la disposición de los taladros debe ser muy precisa, normalmente se emplea una guía o mecanismo que mantiene la broca exactamente en el punto en el cual debe ser realizado el taladro.

Cuando se inicia un taladro se debe poner gran cuidado en mantener la broca perpendicular a la superficie del material que se taladra y sostener la máquina de taladrar de modo que la broca no se salga de su posición correcta y estropee el material adyacente. Es práctica corriente iniciar el taladro colocando la broca en su posición y hacerla girar a mano antes de poner en marcha el motor eléctrico o neumático; por este medio se consigue realizar el taladro en la posición debida.

La (figura 2.12) señala la forma correcta de sostener una taladradora portátil en el momento de iniciar el taladro.

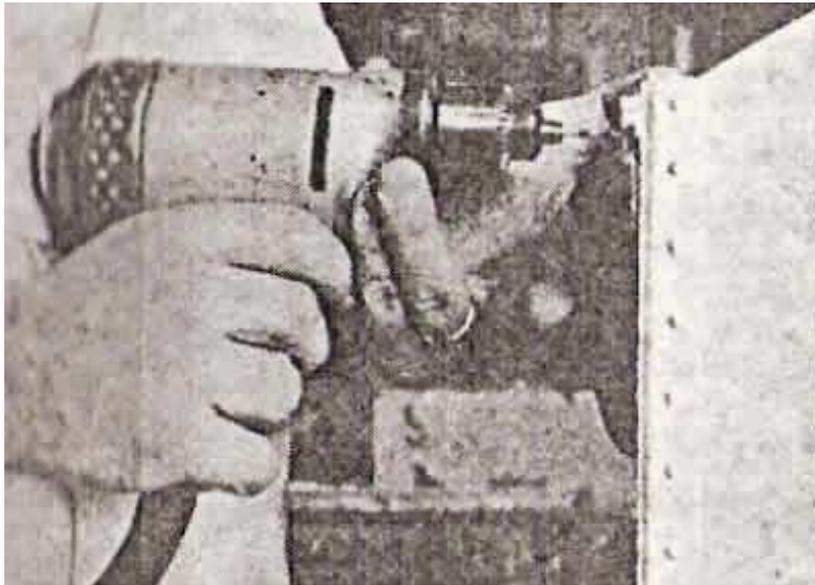


Figura 2.12 Forma de sostener una taladradora portátil

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

En la (figura 2.13) se pueden ver una serie de taladros bien y mal realizados; los de la parte izquierda y central son limpios y bien alineados y los de la derecha están hechos con la broca inclinada y no sirven para remachar.

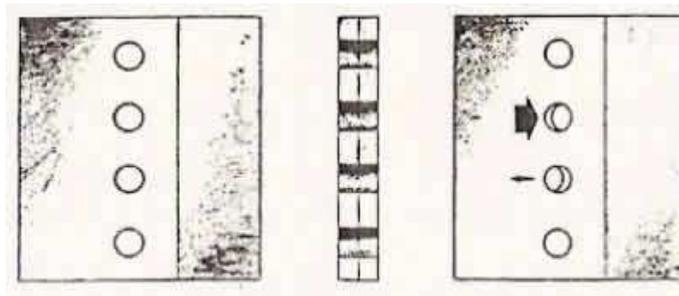


Figura 2.13 Taladros correctos e incorrectos

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

Un taladro no está terminado en tanto no se hayan quitado las rebabas de las aristas exteriores e interiores; esta operación se realiza corrientemente a mano con una broca de diámetro mayor que el taladro o con una herramienta especial

de rebarbar, que no es más que una pieza metálica con bordes afilados. Cuando se taladran dos o más planchas al mismo tiempo es necesario quitar las virutas y rebabas que se forman entre ellas, pues en caso contrario puede ocurrir lo que se señala en la (figura 2.14).

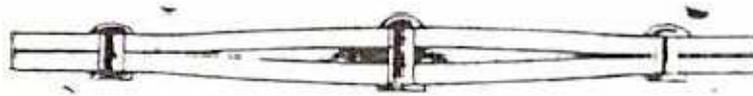


Figura 2.14 Cuerpos extraños dispuestos entre las planchas a remachar

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.27 Buterolas

La buterola es una barra de acero suave que presenta una gran variedad de formas y dimensiones (fig. 2.15) y que se emplea para dar forma de cabeza a la espiga de un remache al ser golpeada por una pistola de remachar. Los bordes están ligeramente redondeados para evitar que corten el material y su superficie es perfectamente lisa. Las caras de la barra, que se coloca contra la espiga, son planas y reciben los nombres de muñequillas, sufrideras o troqueles.

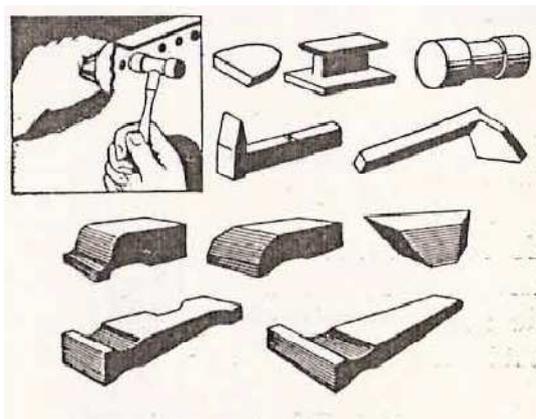


Figura 2.15 Buterolas

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

Para obtener los mejores resultados, se debe elegir la buterola de peso y forma adecuada a cada caso particular. Una regla común, de tanteo, es que la buterola debe pesar unos 450 gramos menos que el valor en gramos que se obtiene multiplicando por 4,50 el número de la pistola que se emplee; por ejemplo, con la pistola 3X se debe utilizar una buterola de unos 900 gr de peso.

Las buterolas extensibles (fig. 2.16) son piezas de acero cuyos diámetros pueden ser regulados. Una de las expuestas en la figura está unida al extremo de un tubo de acero que contiene una barra que puede ser dividida para aumentar o disminuir la anchura del bloque.

Se utilizan para colocar remaches en el interior de estructuras tubulares o lugares similares no accesibles con las de tipo corriente. Los tramos deben ser lo suficientemente pequeños para que un lado del bloque. Expansionado parcialmente, apriete sobre la punta de la espiga del remache, y el otro presione contra una superficie de apoyo firme.

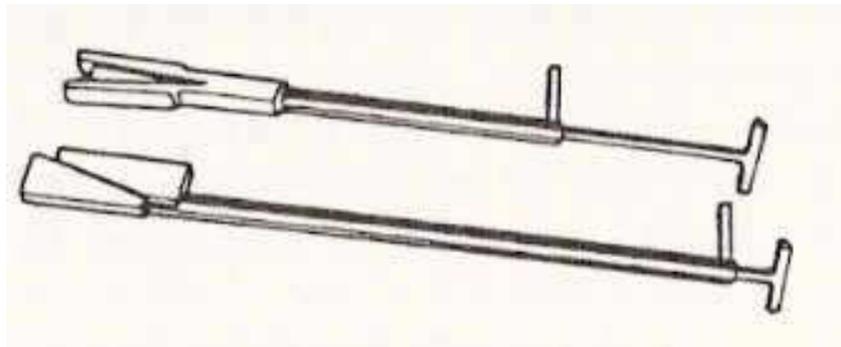


Figura 2.16 Buterolas extensibles

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

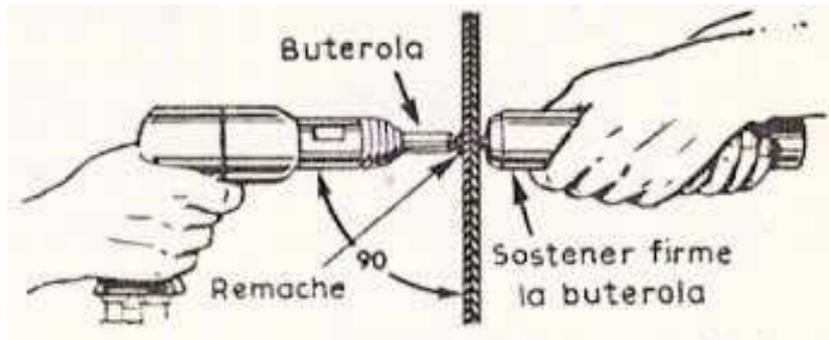


Figura 2.17 Colocación de un remache

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

La buterola se utiliza como se indica en la (figura 2.17), apoyándola firmemente contra la espiga del remache, en tanto que la pistola con el útil adecuado se aplica a la cabeza fabricada. Es esencial que la buterola esté colocada contra la espiga del remache antes de actuar sobre éste, pues de no ser así se estropearía la plancha que se cose.

La instalación correcta de un remache depende tanto del uso adecuado de la buterola como de la pistola de remachar. La cara de ésta debe mantenerse a escuadra con el remache, pues en caso contrario se corre el peligro de descentrar la cabeza. Es conveniente controlar la formación de la cabeza oscilando con cuidado la buterola.

Tanto la pistola como la buterola deben apoyarse firmemente sobre el remache antes de abrir la salida de la pistola para actuar sobre el remache. (La figura 2.18) muestra una serie de remaches mal instalados.

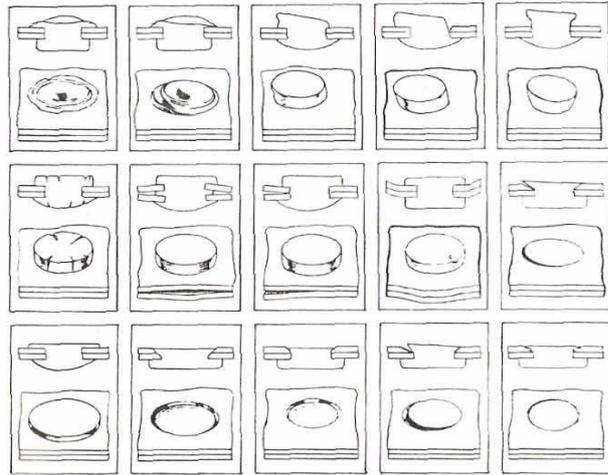


Figura 2.18 Remaches mal colocados

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.7.28 Sujetadores de planchas

Uno de los más convenientes y provechosos útiles ideados para unir planchas metálicas son los sujetadores, construidos de formas y tamaños diversos, pero cuyo uso corriente está limitado actualmente a muy pocas variedades. Un tipo muy difundido es el construido por la Wedglock Company (fig. 2.19), cuya disposición interior se da en la (figura 2.20).



Figura 2.19 Sujetador Wedglock para planchas metálicas

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano



Figura 2.20 Elementos del sujetador Wedglock

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

Su objeto es el de mantener en su posición mutua las planchas durante la operación de taladrar o remachar y consiste en un cuerpo de acero mecanizado, en el que se encuentran montados el émbolo, el muelle, las patas de retención y el separador.

Cuando se empuja el émbolo mediante unas tenazas de apriete, las patas salen fuera del separador y se reduce su diámetro para permitir su entrada en un taladro de dimensiones adecuadas en la forma que se indica en la (figura 2.21).

Cuando se aflojan las tenazas, las patas retroceden, resbalando sobre el separador y se separan para quedar aprisionadas en los lados del taladro como puede verse en la (figura 2.22). Siguiendo un proceso inverso se retira el sujetador.

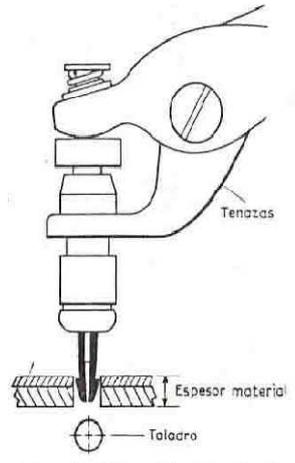


Figura 2.21 Colocación del sujetador Wedglock en un taladro

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

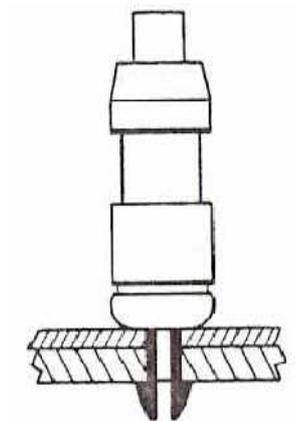


Figura 2.22 Disposición del sujetador Wedglock adaptado a un taladro

Fuente: <http://es.scribd.com/search?query=remachado>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.8 Operaciones y términos de formación

Los métodos que usted utilizara en las operaciones de formación incluyen procedimientos de de trabajo en laminas metálicas tales como encogimiento, repujado, rizado y doblamiento.

2.8.1 Repujado

La operación de forma a los metales maleables martillándolos o golpeándolos para formar combadura, se llama repujado. Durante este proceso el metal se apoya en un molde o un troquel. Cada uno de estos dispositivos tienen una depresión en la cual se pueden añadir las piezas metalizas martilladas. El repujado se puede hacer a mano o a máquina.

2.8.2 Rizado

Siempre que se doble, pliegue o se corrugue un pedazo de lámina metálica para que se acortase esta rizado. El rizado con frecuencia se usa para achicar un poco el extremo de un tramo de tubo, de manera que se pueda acoplar una sección dentro de otra. El rizado de un lado de un pedazo recto de un fierro angular, usando alicates para rizar, hace que se encorve.

2.8.3 Estiramiento

Si usted martilla una pieza metálica plana en el área indicada por la línea de puntos, el material de esta área se adelgazaría. Sin embargo, como la cantidad de material habrá disminuido, cubrirá un área mayor. Por lo tanto, usted ha producido un estiramiento en ese punto.

El estiramiento de una parte de una pieza metálica afecta al material que lo rodea, especialmente en el caso de ángulos formados y estirados por presión.

2.8.4 Doblamiento

El hacer dobleces en láminas, planchas u hojas metálicas, se llama doblamiento. La palabra doblez usualmente sugiere la idea de dobleces cerrados y angulares. Este se hacen generalmente en maquina dobladoras.

2.8.5 Dobleces en línea recta

Cuando se forman dobleces rectos, usted debe tener presente el grosor del material, la composición de su aleación y su condición de temple. En términos generales, mientras más delgado sea el material se pueden hacer dobleces más agudos o de radio de curvatura más pequeño, mientras más suave sea más cerrada resultara la curva. La curva más cerrada que se puede hacer sin debilitar tanto la pieza se llama radio mínimo de curvatura. Otros factores que deben tenerse en cuenta cuando se hacen dobleces en línea recta son la tolerancia para el doblado, el retroceso y la línea donde debe apoyarse la dobladora o línea visual.

Se han establecido para su uso formulas y tablas se han de aplicar en las diferentes circunstancias. La aplicación de formulas normalmente consiste en substituir medidas tales como el espesor del material de lámina y grado de los dobleces. Todas estas tablas y formulas están basadas en el sistema decimal. Si los espesores del material de lámina están indicados en calibres, usted debe convertirlos a equivalentes en decimales, antes de proseguir con cálculos.

2.8.6 Radio de curvatura

El radio de curvatura de una lámina de material es el radio del doblado medido por la parte interior del material curvado. El radio mínimo de curvatura de una lámina de material es la curva o doblado más cerrado al cual se puede doblar la hoja sin debilitar demasiado la parte en el doblado. Si el radio de curvaturas es demasiado pequeño, los esfuerzos y tensiones debilitaran el metal y se puede producir rajaduras.

Para cada tipo de metal laminado que se usa en los aviones se especifica un radio mínimo de curvatura. La clase de material, el espesor la condición de temple son factores que lo afectan. Usted puede doblar laminas recocidas a un radio aproximadamente igual a su espesor. El acero inoxidable y la aleación de aluminio 2024T requieren un radio de curvatura constante mayor.

2.8.7 Margen de dobléz

Supongamos que usted tiene el problema de hacer un ángulo formado como larguerillo para que se ajuste a una esquina. La esquina mide una pulgada a cada lado, pero usted se da cuenta que no puede hacer un dobléz a escuadra en el metal y que no se ajusta a escuadra en la esquina, por que tendrá una curva. Usted sabe, también que la distancia dad será menor que la distancia que va hacia le esquina y hacia afuera. Al hacer un dobléz en una lamina metálica, usted debe calcular el margen de dobléz o sea la longitud de material requerido para el dobléz.

La tolerancia para el dobléz depende de cuatro factores: el grado de dobléz, el radio de curvatura el espesor del metal y el tipo de metal usado. El radio de curvatura es generalmente proporcional al espesor del material. Además, mientras más cerrado se haga el radio de curvatura corto será el material necesario para el dobléz. El tipo de material también es importante, que si el material es suave se puede doblar a vueltas muy cerradas, pero si es duro, el radio de curvatura y el margen de dobléz serán también mayores. El grado de curvatura afectara la altitud total del metal, mientras que el espesor influirá en el radio de curvatura.

Al doblar la tira metálica, el material se comprimirá en la parte interior de la curva y se estirara en la parte exterior de ella. Sin embargo, en alguna distancia entre estos dos extremos hay un espacio que no es afectado por ninguna de estas dos fuerzas.

Este se conoce como línea natural o eje neutral. Esto ocurre a una distancia aproximada de 0.445 del espesor del metal ($0.445 \times T$) desde el interior del radio de curvatura. Cuando se dobla el metal a dimensiones exactas, se debe determinar la longitud de la línea neutral, a fin de dejar suficiente material para el dobléz. Para ahorrarle tiempo en el cálculo del margen de dobléz, se han establecido formulas y tablas de diferentes ángulos, radios de curvatura, espesores de material y otros factores para su uso. La fórmula del margen de dobléz para un dobléz de 90° se puede establecer co mo sigue:

Al radio de curvatura R añádele la mitad del espesor del metal $\frac{1}{2} T$. esto da $R + \frac{1}{2} T$ que es el radio del círculo en el eje neutral, aproximadamente.

Calcule la circunferencia de este círculo, multiplicando el radio de curvatura de la línea neutral ($R + \frac{1}{2} T$) por 2π . Esto da circunferencia como:

$$2 \pi (R + \frac{1}{2} T)$$

Como un dobléz de 90° , es la cuarta parte del círculo, divida la circunferencia entre 4:

Esto da por resultado:

$$2 \pi (R + \frac{1}{2} T)/4$$

Por consiguiente, el margen de dobléz para un dobléz de 90° es:

$$2 \pi (R + \frac{1}{2} T)/4$$

Para usar la formula en el cálculo del margen de dobléz de un dobléz de 90° que tenga un radio de $\frac{1}{4}$ de pulgada, para un material de 0.051 de pulgada de espesor, substituya los valores en la formula como sigue:

Margen de dobléz:

$$= \frac{2 \times 3.1416(0.250 + 1/2(0.051))}{4}$$

$$= \frac{6.2832(0.250 + 0.0255)}{4}$$

$$= 0.4323$$

Por lo tanto, el margen de dobléz necesario o longitud requerida del material para el dobléz es 0.4323 o $7/16$ de pulgada.

La fórmula tiene un pequeño error, porque en realidad, la línea neutral no está exactamente en el centro de la lámina que se está doblando. Sin embargo, la cantidad de error incurrido en cualquier problema determinado es tan pequeña (puesto que el material usado es delgado) que el mayor parte de los trabajos la fórmula es satisfactoria.

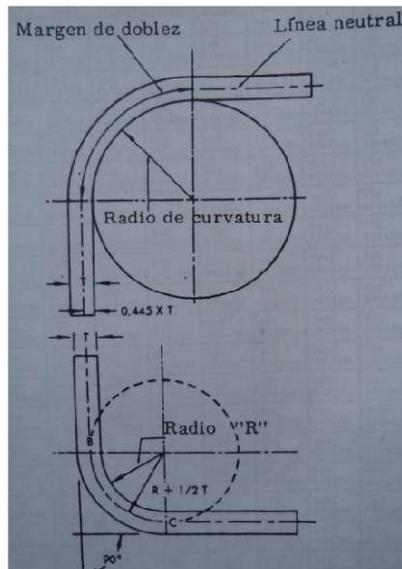


Figura 2.23 Margen de doblado, Doblez 90°

Fuente: <http://www.google.com.ec/search&um=1&ie=UTF>

Elaborado por: Roberto Cujano

Esta fórmula se puede aplicar en caso que no se tenga una tabla de margen de doblado. Para determinar el margen de doblado para cualquier grado de doblado, mediante el uso de la tabla, entre el margen por grado para el espesor del material y el radio de curvatura en cuestión, multiplíquelo por el número de grados del doblado.

El radio de curvatura se da como una fracción decimal en la línea superior de la tabla. El margen de doblado aparece directamente debajo de las cifras que indican el radio. El número superior en cada caso es el margen de doblado para un ángulo de 90° , mientras que el número debajo es para un ángulo de 1° . El espesor del material se da en la columna izquierda de la tabla.

Par encontrar el margen de doblez cuando el espesor de la lamina es de 0.051 de pulgada, radio de curvatura, de ¼ de pulgada (0.250) y el doblez de 90° consulte la tabla de márgenes de doblez de (0.250) de pulgada. Ahora encuentre en esta columna la casilla que esta opuesta al espesor de 0.051 en la columna ala izquierda. El número superior en la casilla es (0.428) es el margen correcto de doblez en pulgadas para un doblez de 90°.

Radio	1/32	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	7/32	1/4	9/32	5/16	11/32	3/8	7/16	1/2
Espesor	.031	.063	.094	.125	.156	.188	.219	.250	.281	.313	.344	.375	.438	.500
.020	.062 .000693	.113 .001251	.161 .001792	.210 .002333	.259 .002874	.309 .003433	.358 .003974	.406 .004515	.455 .005056	.505 .005614	.554 .006155	.603 .006695	.702 .007795	.799 .008877
.025	.066 .000736	.116 .001294	.165 .001835	.214 .002376	.263 .002917	.313 .003476	.362 .004017	.410 .004558	.459 .005098	.509 .005657	.558 .006198	.607 .006739	.705 .007838	.803 .008920
.028	.068 .000759	.119 .001318	.167 .001859	.216 .002400	.265 .002941	.315 .003499	.364 .004040	.412 .004581	.461 .005122	.511 .005680	.560 .006221	.609 .006762	.708 .007862	.805 .008920
.032	.071 .000787	.121 .001345	.170 .001886	.218 .002427	.267 .002968	.317 .003526	.366 .004067	.415 .004608	.463 .005149	.514 .005708	.562 .006249	.611 .006789	.710 .007889	.807 .008971
.038	.075 .000837	.126 .001396	.174 .001937	.223 .002478	.272 .003019	.322 .003577	.371 .004118	.419 .004659	.468 .005200	.518 .005758	.567 .006299	.616 .006840	.715 .007940	.812 .009021
.040	.077 .000853	.127 .001411	.176 .001952	.224 .002493	.273 .003034	.323 .003593	.372 .004134	.421 .004675	.469 .005215	.520 .005774	.568 .006315	.617 .006856	.716 .007955	.813 .009037
.051		.134 .001413	.183 .002034	.232 .002575	.280 .003116	.331 .003675	.379 .004215	.428 .004756	.477 .005297	.527 .005855	.576 .006397	.624 .006934	.723 .008037	.821 .009119

Figura 2.24 Tabla de los márgenes de doblez

Fuente: <http://www.google.com.ec/search&um=1&ie=UTF>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.8.8 Máquinas formadoras

Las máquinas formadoras pueden ser accionadas a mano o a motor. Las máquinas pequeñas usualmente se accionan a mano, mientras que las grandes son motorizadas. Las maquinas formadoras de línea recta incluyen la dobladora de barras, la dobladora de tubos, la plegadora de cornisas y la plegadora de caja. Las maquinas formadoras rotativas incluyen la formadora de rodillos y la máquina de combinación.

Las formadoras motorizadas son aquellas que requieren algún tipo de motor para funcionar. Dentro de esta categoría están incluidas la maquina mecánica de hacer rebordes y los rodillos mecánicos.

2.8.9 Las plegadoras

La plegadora de barras se usa para doblar o plegar laminas metálicas. Esta máquina es más adecuada para doblar dobles, redondear, hacer nervaduras y hacer pestañas reforzadas con alambre. La mayoría de las máquinas plegadoras tienen una capacidad de espesor 0.22 y 42 pulgadas de largo.

Antes de usar la plegadora, usted deberá efectuar varios ajustes, inclusive el del espesor del material, ancho, agudeza y ángulo de doblez.

2.8.10 Espesor del material

El ajuste para espesor del material se lleva a cabo ajustando los tornillos que están a cada extremo de la plegadora. Mientras que se efectúa este ajuste, coloque un pedazo de metal del espesor deseado dentro de la plegadora y levante la manivela de funcionamiento hasta que el rodillo pequeño descansa sobre la leva. Sostenga la hoja plegadora en esta posición y ajuste los tornillos de fijación de modo que el metal quede firme y uniformemente sujetado a lo largo de la hoja plegadora. Después que la plegadora se haya ajustado, pruebe cada extremo de la maquina, por separado, doblando realmente un pedazo pequeño de metal.

Tenga sumo cuidado de no ajustar la maquina plegadora de modo que la presión sujetadora sea muy grande, porque un ajuste tal dañara la hoja sujetadora. Esta condición es fácil de evitar porque la maquina debe funcionar libremente. Si no funciona libremente es porque está muy apartada.

2.8.11 Ancho de doblez

El ancho del doblez se controla mediante el tornillo de ajuste. Este tornillo mueve a corredera y el medidor de atrás hacia adelante para determinar el ancho de doblez deseado.

El medidor esta graduado en fracciones de pulgada de 0 a 1 pulgada, puesto que lo dobleces de 1 pulgada son los mayores que pueden efectuarse en esta máquina. Después de haber efectuado el ajuste, asegúrese el medidor en su sitio, apretando el tornillo de fijación que está ubicado en el lado derecho del medidor. Si es necesario efectuar dobleces mayores de 1 pulgada, deberá usarse la dobladora de cornisa.

2.8.12 Agudeza del doblez

La máquina plegadora puede usarse para hacer dobleces ya sean agudos o redondos. La agudeza de doblez se controla elevando o bajando el ala. Esto requiere ajuste adecuado de la cuña que sostiene el ala.

El botón de ajuste de la cuña está ubicado en el centro de la hoja plegadora. Antes de poder efectuar el ajuste de la cuña, la hoja debe estar en posición perpendicular a la hoja plegadora.

Para hacer un doblez agudo, coloque la cuña de modo que el ala permanezca en la misma posición durante el ciclo de operación. Para hacer un doblez redondo, ajuste la cuña de modo que el ala se fuerce a retroceder cuando usted haga los dobles.

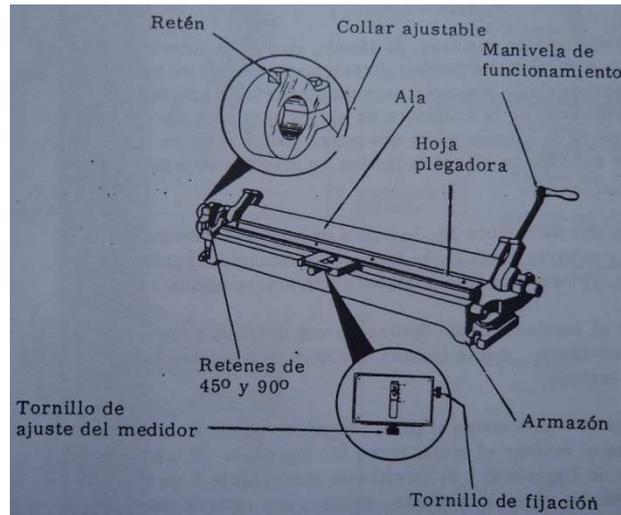


Figura 2.25 Máquina plegadora

Fuente: <http://www.google.com.ec/search&um=1&ie=UTF>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.8.13 Ángulo de doblez

Hay dos retenes positivos en la plegadora, uno para dobleces o pliegues de 45° y el otro para dobleces de 90°. La plegadora tiene un dispositivo adicional un aro que puede ajustarse a cualquier grado de doblez dentro de la capacidad de la máquina.

Para formar ángulos de 45° o 90° se lleva a su sitio el retén adecuado. Esto permitirá mover la manivela hacia adelante al ángulo correcto. Para formar otros ángulos, se usa el collar estable que se muestra en la ilustración circunscrita. Esto se logra aflojando el tornillo de fijación y ajustando el retén al ángulo deseado. Después de ajustar el retén, apriete el tornillo de fijación y termine el doblez.

2.8.14 Modo de efectuar el doblez

Para efectuar el doblez, ajuste la máquina correctamente usando los procedimientos citados previamente y luego inserte el metal. El metal se inserta entre la hoja plegadora y la quijada. Sostenga el metal firmemente contra el medidor a medida que usted hará hacia usted de la manivela de funcionamiento.

Cuando la manivela se lleva hacia adelante, la quijada automáticamente se eleva y sostiene el metal hasta que se haya efectuado el doblado. Cuando la manivela se regresa a su posición original, la quijada y la hoja regresarán a sus posiciones originales y soltarán el metal.

2.8.15 Dobladora de cornisa

La dobladora de cornisa tiene un margen mucho más amplio de utilización que la máquina plegadora. Cualquier doblado formado en una máquina plegadora puede hacerse en la dobladora de cornisa. La máquina plegadora puede formar un doblado o borde únicamente del ancho de la profundidad de sus quijadas. En comparación, en comparación la dobladora de cornisa permite que la lámina pase por las quijadas de adelante a atrás sin obstrucción.

Al hacer dobleces ordinarios con la dobladora de cornisas, la lámina se coloca sobre la plataforma con la línea visual directamente debajo del borde de la barra de sujeción. La barra de sujeción se baja entonces para mantener la lámina finalmente en su lugar. El reten que está a la derecha de la dobladora se ajusta para el ángulo dado o a la cantidad de doblado y la hoja dobladora se levanta hasta que pegue contra el reten si deben efectuarse otros dobleces, la barra de sujeción se alza y la lámina se mueve a la posición correcta para el nuevo doblado.

Cuando se doblen láminas más gruesas que de calibre 22, la barra de sujeción debe levantarse una cantidad igual al espesor del metal y echarla hacia atrás la misma distancia. Para las láminas más gruesas que la de calibre 22, refuerce la hoja dobladora con hierro angular.

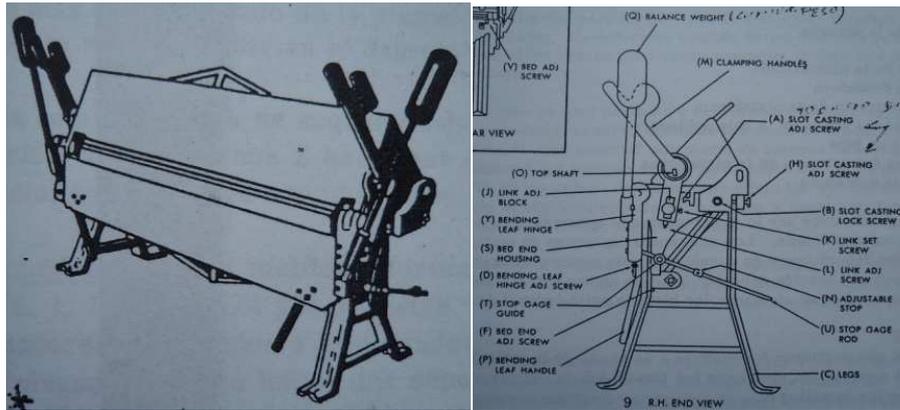


Figura 2.26 Plegadora de cornisa

Fuente: <http://www.google.com.ec/search&um=1&ie=UTF>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.9 Barolado

2.9.1 Definición del proceso de barolado

El barolado es un procedimiento comúnmente usado para la manufactura de tubos, proceso mediante el cual una lamina es sometida a la acción de una serie de rodillos que le proporcionan a la chapa metálica una forma específica, en la figura 2.44 puede observarse este procedimiento. Este puede ser efectuado mediante maquinas automáticas o manuales, las cuales usan rodillos para doblar las láminas.



Figura 2.27 Barolado

Fuente: <http://www.google.com.ec/search=barolado&oq>

Elaborado por: Roberto Cujano

Otra de las opciones que presenta el barolado es la obtención de distintos grados de curvatura en diversos tipos de perfiles, ya sean perfiles sólidos o perfiles huecos. Este procedimiento se lo realiza mediante el curvado en frío.¹⁰

Generalmente se toma como referencia el eje neutro del perfil a barolar, de forma que la parte superior sufre tracción y la interior sufre compresión permitiendo la deformación plástica y desplazamiento del grano siempre dentro del límite elástico del material en las distintas calidades.

Para obtención de un perfil barolado generalmente se lo realiza en una maquina que disponga de tres ejes giratorios al que se acoplan diversos tipos de matrices guía para los distintos tipos de perfiles.

2.9.2 Tipos procesos de barolado

Uno de los tipos de barolado más conocidos es aquel de forma cilíndrica, generalmente se lo utiliza para construir tanques de presión y ductos para diversos fines como se muestra en la (figura 2.28).

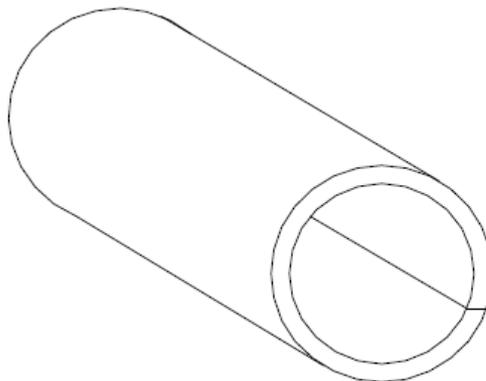


Figura 2.28 Barolado en cilindro

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

¹⁰ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

De igual manera es usado para barolar láminas con forma de elipse (figura 2.29), sección transversal usada para el transporte de líquidos, derivados de petróleo o sustancias químicas.

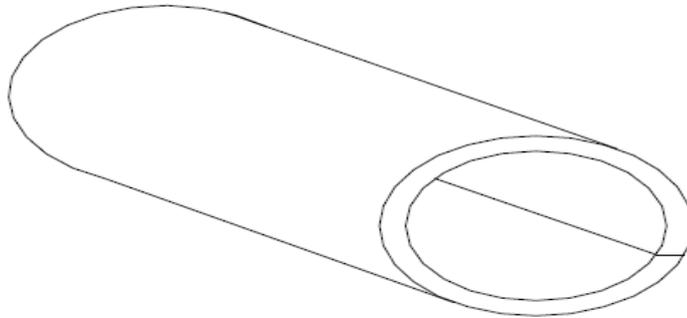


Figura 2.29 Barolado elíptico

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

Distintos tipos de cilindros contenedores se los obtienen únicamente mediante el proceso de barolado en U, como se lo indica en la (figura 2.30), mismos contenedores son usados para el almacenamiento de aceite, así como también son usados como carcasas de transformadores eléctricos.

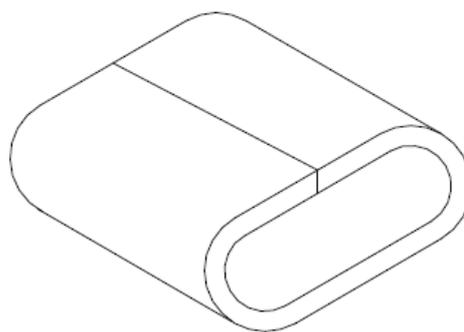


Figura 2.30 Barolado en U

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

Las tovas usadas en maquinas que necesitan algún tipo de alimentación, como la mezcladoras de cemento o las inyectoras de plástico, son obtenidas mediante el barolado de cono truncado, (figura 2.31), que implica la variación del ángulo de posición de uno de los rodillos, este ángulo es semejante al ángulo que debe poseer el cono a ser obtenido.

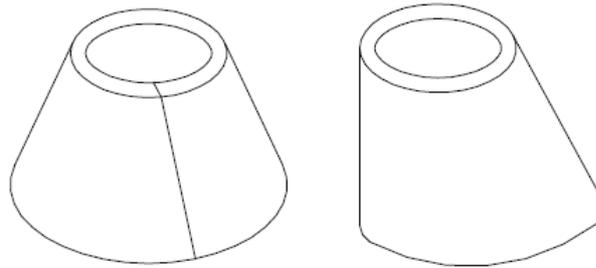


Figura 2.31 Barolado cono truncado

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.9.3 Tipos de baroladoras

Existen diversos tipos de baroladoras, equipos que pueden realizar formas tradicionales de curvado así como nuevas formas, el uso de estos equipos representan mayor rentabilidad en el proceso de obtención de perfiles curvos. Generalmente estos equipos suelen ser manuales o mecánicos.

2.9.4 Barolado manual

Conocidas así porque el movimiento requerido se obtiene manualmente, fuerza del hombre; esta es aprovechada para obtener el trabajo deseado, para esto se utilizan dispositivos mecánicos que disminuyan el esfuerzo que debe realizar la persona, un caro ejemplo se puede observar en la (figura 2.32).

La fuerza del hombre es aprovechada de manera adecuada, ya sea que el sistema de transmisión que poseen estos tipos de equipos hacen que la fuerza empleada sea la mínima y necesaria.



Figura 2.32 Baroladora manual

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.9.5 Baroladora mecánica

Estos tipos de equipos obtienen la fuerza de trabajo mediante la transmisión de la fuerza por medio de un motor acoplado a un mecanismo cinético, el cual consta de algunos dispositivos, los más usados: conjunto tornillo sin fin-rueda, conjunto de bandas-polea, conjunto de tren de ruedas dentadas y conjuntos mixtos. Una maquina de este tipo se encuentra en la (figura 2.33).

El motor generador del movimiento principal generalmente corresponde a motores eléctricos, usados debido a que estos ofrecen mayores prestaciones de esfuerzo y seguridad, la potencia a ser seleccionada en estos equipos depende primordialmente del tipo de espesor del perfil a ser trabajado.



Figura 2.33 Baroladora mecánica

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>

Elaborado por: Roberto Cujano

2.10 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, generalmente metales o termoplásticos, usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido metal o plástico, para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés soldering) y la soldadura fuerte (en inglés brazing), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

Mientras que con frecuencia es un proceso industrial, la soldadura puede ser hecha en muchos ambientes diferentes, incluyendo al aire libre, debajo del agua y en el espacio. Sin importar la localización, sin embargo, la soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos, y la sobreexposición a la luz ultravioleta.¹¹

¹¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

2.10.1 Tipos de suelda

2.10.2 Soldadura por arco



Figura 2.34 Suelda por arco

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

Elaborado por: Roberto Cujano

Estos procesos usan una fuente de alimentación de soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles los cuales se encuentran cubiertos por un material llamado revestimiento

A veces, la región de la soldadura es protegida por un cierto tipo de gas inerte o semi inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

2.10.3 Soldadura a gas



Figura 2.35 Soldadura a gas de una armadura de acero

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

Elaborado por: Roberto Cujano

El proceso más común de soldadura a gas es la soldadura oxiacetilénica, también conocida como soldadura autógena o soldadura oxi-combustible. Es uno de los más viejos y más versátiles procesos de soldadura, pero en años recientes ha llegado a ser menos popular en aplicaciones industriales.

Todavía es usada extensamente para soldar tuberías y tubos, como también para trabajo de reparación.

El equipo es relativamente barato y simple, generalmente empleando la combustión del acetileno en oxígeno para producir una temperatura de la llama de soldadura de cerca de 3100 °C.

Puesto que la llama es menos concentrada que un arco eléctrico, causa un enfriamiento más lento de la soldadura, que puede conducir a mayores tensiones residuales y distorsión de soldadura, aunque facilita la soldadura de aceros de alta aleación. Un proceso similar, generalmente llamado corte de oxicombustible, es usado para cortar los metales.

Otros métodos de la soldadura a gas, tales como soldadura de acetileno y aire, soldadura de hidrógeno y oxígeno, y soldadura de gas a presión son muy similares, generalmente diferenciándose solamente en el tipo de gases usados. Una antorcha de agua a veces es usada para la soldadura de precisión de artículos como joyería. La soldadura a gas también es usada en la soldadura de plástico, aunque la sustancia calentada es el aire, y las temperaturas son mucho más bajas.

2.10.4 Soldadura por resistencia

La soldadura por resistencia implica la generación de calor pasando corriente a través de la resistencia causada por el contacto entre dos o más superficies de metal. Se forman pequeños charcos de metal fundido en el área de soldadura a medida que la elevada corriente (1.000 a 100.000 A) pasa a través del metal. En general, los métodos de la soldadura por resistencia son eficientes y causan poca contaminación, pero sus aplicaciones son algo limitadas y el costo del equipo puede ser alto.



Figura 2.36 Soldador de punto.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

Elaborado por: Roberto Cujano

La soldadura por puntos es un popular método de soldadura por resistencia usado para juntar hojas de metal solapadas de hasta 3 mm de grueso. Dos electrodos son usados simultáneamente para sujetar las hojas de metal juntas y para pasar corriente a través de las hojas. Las ventajas del método incluyen el uso eficiente

de la energía, limitada deformación de la pieza de trabajo, altas velocidades de producción, fácil automatización, y el no requerimiento de materiales de relleno.

La fuerza de la soldadura es perceptiblemente más baja que con otros métodos de soldadura, haciendo el proceso solamente conveniente para ciertas aplicaciones. Es usada extensivamente en la industria de automóviles. Los coches ordinarios pueden tener varios miles de puntos soldados hechos por robots industriales

2.10.5 Soldadura por rayo de energía

Los métodos de soldadura por rayo de energía, llamados soldadura por rayo láser y soldadura con rayo de electrones, son procesos relativamente nuevos que han llegado a ser absolutamente populares en aplicaciones de alta producción. Los dos procesos son muy similares, diferenciándose más notablemente en su fuente de energía.

La soldadura de rayo láser emplea un rayo láser altamente enfocado, mientras que la soldadura de rayo de electrones es hecha en un vacío y usa un haz de electrones. Ambas tienen una muy alta densidad de energía, haciendo posible la penetración de soldadura profunda y minimizando el tamaño del área de la soldadura.

Ambos procesos son extremadamente rápidos, y son fáciles de automatizar, haciéndolos altamente productivos. Las desventajas primarias son sus muy altos costos de equipo (aunque éstos están disminuyendo) y una susceptibilidad al agrietamiento. Los desarrollos en esta área incluyen la soldadura de láser híbrido, que usa los principios de la soldadura de rayo láser y de la soldadura de arco para incluso mejores propiedades de soldadura.

2.11 Pintura



Figura 2.37 Pintura.

Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://enasa.es/sites/default/files>

Elaborado por: Roberto Cujano

La pintura aeronáutica cumple funciones básicas y representa el capítulo final de la construcción de un avión, pero quizás sea uno de los grandes desconocidos del mundo de los aviones. La pintura de una aeronave tiene como misión principal el proteger la estructura contra el efecto corrosivo, dotar al operador de la aeronave de una identidad reconocible y facilitar las tareas de mantenimiento.

El proceso de pintura dura entre 5 y 12 días, dependiendo del tipo de avión y complejidad de la marca de la aerolínea o fuerza aérea y es realizado por verdaderos maestros de la pistola electrostática. Se dice que un especialista proveniente del sector del automóvil necesita cerca de un año para poder pintar sin ayuda y cerca de dos para ser un pintor de verdad.

Las labores comienzan con el enmascaramiento de las zonas delicadas, como ventanas, tomas de aire, ranuras o antenas. Se lija para quitar la suciedad y rugosidad de la estructura. Después se da una imprimación no cromada para facilitar la adhesión de la pintura y se aplican las capas primero en fuselaje y luego sobre el ala.

Posteriormente se rotula con instrucciones de servicio y mantenimiento y en casos de aviones de patrulla marítima, se añade un barniz protector.

Las capas de pintura están compuestas por una capa intermedia, sobre ella se aplica una capa base sobre la que se pintan los colores de la aerolínea y por último una capa transparente que le da brillo y durabilidad.

Los procesos de pintura se realizan en hangares especiales con sistemas de ventilación avanzados que filtran el aire. El aire se renueva 18 veces cada hora a través de un proceso de limpieza que incluye sistemas en el suelo y limpiadores de agua para asegurar que las partículas sean eliminadas separadamente.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En el presente trabajo se hace referencia al proceso que se siguió para la construcción de la maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200 indicando paso a paso de una manera secuencial el procedimiento de construcción.

3.1 Principios de construcción

El material utilizado debe ser liviano además de que debe ser muy fácil para formar los diversos ángulos y piezas que se necesita sin que se rompa ni presente ningún tipo de fragilidad al trabajarlo, tampoco al usarlo, ya que tiene como fin ser de fácil traslado desde su lugar de almacenamiento hasta el lugar donde se empleara la maqueta, ya sea en las aulas de clase o lugares para explicaciones prácticas.

Para la ejecución del trabajo se tomó en cuenta factores fundamentales como:

- ✓ Espesor del material a utilizar.
- ✓ Herramientas a utilizarse.
- ✓ Dimensiones de los componentes de la maqueta.
- ✓ Tipo de remaches adecuados.
- ✓ Otros.

3.2 Descripción de la maqueta

La maqueta del fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200 es un modelo a escala que presenta todos los componentes estructurales que tienen este tipo de fuselajes, está constituida en su totalidad de material de aluminio puro de 1mm de espesor, además de un soporte que aloja al fuselaje construido de tubo de hierro el cual nos garantiza resistencia.

Esta maqueta contiene stringers o largueros en forma de "u" por la facilidad de formación y de doblado, circunferenciales o cuadernas los cuales atraviesan los stringers para después proceder a remacharlos; remachadas las partes principales del fuselaje nos brindan dureza y estabilidad a la estructura.

También contiene la piel que recubre toda la estructura compacta, conteniendo a su vez en su interior los floor beam, pisos entre otros componentes que han sido colocados únicamente con fines didácticos.

3.3 Partes de la maqueta del fuselaje semimonocasco

3.3.1 Floor beam



Figura 3.1 Medición Floor beam

Fuente: Roberto Cujano

Primeramente se procedió a la medición de la plancha de aluminio de acuerdo a las medidas establecidas por los cálculos de margen de doblez y radio de curvatura también de acuerdo a la medida de los planos del Anexo B.

Para el radio de curvatura se utilizó el mismo espesor del material, el cual es de 0.032", por otro lado para el margen de doblez se utilizó la fórmula siguiente:

$$\frac{2\pi(R+1/2T)}{4} = \frac{2\pi(0.032+1/2 \cdot 0.032)}{4} = 0.075''$$



Figura 3.2 Medición Floor beam

Fuente: Roberto Cujano

- Para comenzar con la construcción de los floor beam se procedió a realizar el corte de la lámina de aluminio en la guillotina motorizada tomando en cuenta las medidas necesitadas de los elementos a construirse.

3.3.2 Procedimiento para utilizar y operar la cortadora eléctrica

- Utilizar solo personal autorizado.
- Mantener presente las medidas de seguridad.
- Ver que esté conectado a la fuente de poder.
- Poner en posición de “ON” para su funcionamiento.
- Para realizar un corte se debe mantener a escuadra el material.
- Antes de realizar el corte se debe señalar el sitio donde se va a proceder dicha operación.
- Se debe presionar el pedal para realizar el proceso de corte.

- Una vez realizado el corte se debe apagar el equipo.
- Verificar que las cuchillas de corte estén libres para realizar el proceso.
- Mantener la distancia adecuada de las manos antes de operar el equipo.
- Tener precaución de que nadie debe estar atrás de la cortadora.



Figura 3.3 Cortado floor beam

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.4 Botones de control de la cortadora

Fuente: Roberto Cujano

- Se debe tomar en cuenta todos los procedimientos de utilización de la máquina, y previo el corte poner a escuadra la lámina para un corte adecuado.



Figura 3.5 Lámina cortada

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se muestra el corte realizado obteniendo una plancha acorde a las medidas necesitadas para formar la parte estructural que se necesita para conformar el fuselaje.

3.3.3 Procedimiento para utilizar y operar la dobladora eléctrica.

- Utilizar solo personal autorizado.
- Mantener presente las medidas de seguridad.
- Ver que esté conectado a la fuente de poder.
- Poner en posición de “ON” para su funcionamiento.

- Para realizar un dobléz se debe hacer una regulación de radio de dobléz adecuado utilizando una llave de inglesa para evitar que se rompa el material.
- Antes de realizar el dobléz se debe utilizar las mordazas de protección al material para evitar las marcas del equipo según el proceso de dobléz.
- Asegurar y presionar las palancas sobre el material antes de realizar el dobléz.
- Quitar las seguridades del master switch.
- Presionar el botón “APRON UP” para subir la quijada inferior para el proceso de doblamiento.
- Presionar el botón “APRON DOWN” para bajar la quijada después de haber realizado el dobléz.
- Se puede realizar el dobléz al ángulo que requiere para lo cual se debe realizar la regulación antes del proceso.
- En caso que se presente algún problema durante el trabajo presione el botón rojo de “STOP” para parar el equipo.
- Realizado el dobléz o el trabajo verificar que el equipo vuelva a su posición original.



Figura 3.6 Doblado Floor beam

Fuente: Roberto Cujano

- Para el proceso de doblado se debe señalar la plancha cortada de acuerdo con las medidas establecidas para la construcción, se debe también regular la máquina de acuerdo al espesor a doblar en este caso si se utilizó una plancha de 0.032" se lo multiplica por tres para saber el valor a regular para que el material no se fragmente.

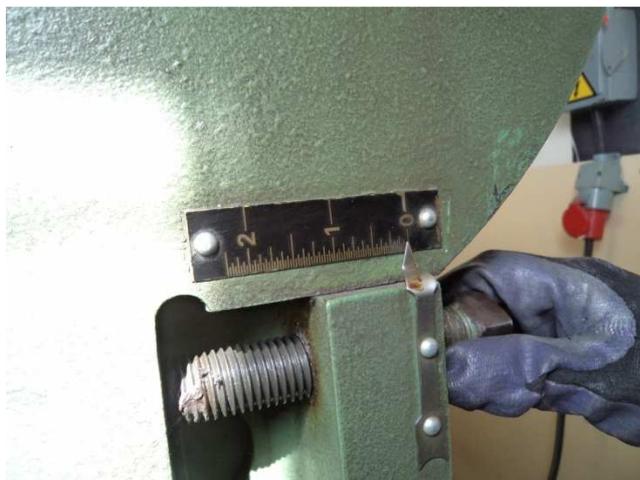


Figura 3.7 Regulación máquina dobladora

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.8 Doblado Floor beam

Fuente: Roberto Cujano

- Se procedió al doblado de las piezas cortadas dándoles un ángulo de 45° que eran los requeridos para proceder al siguiente paso.



Figura 3.9 Doblado Floor beam

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.10 Activación máquina dobladora

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.11 Activación maquina dobladora

Fuente: Roberto Cujano

- A continuación se activa el motor el cual procede a doblar el material y al regularlo se detiene automáticamente.



Figura 3.12 Quijada dobladora subiendo
Fuente: Roberto Cujano

- Una vez terminado el proceso de doblado se vuelve la máquina a su posición inicial para proceder a retirar el material doblado.

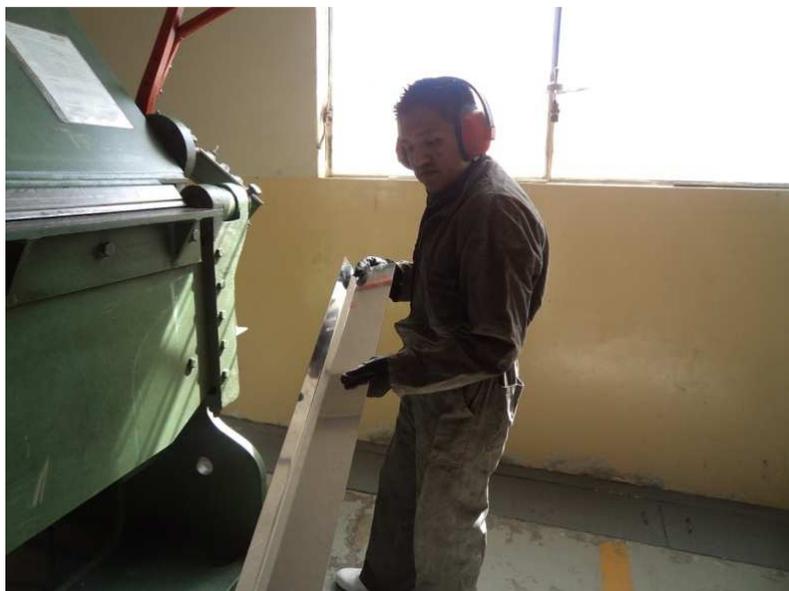


Figura 3.13 Floor beam doblado
Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.14 Floor beam doblado

Fuente: Roberto Cujano

- Este es el complemento de formación de la parte estructural conocido como floor beam el cual es sometido a un último proceso de doblado para terminar formando los dos ángulos deseados para formar dicha parte.



Figura 3.15 Floor beam

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.16 Floor beam doblado completo.

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.17 Unión de las partes del floor beam

Fuente: Roberto Cujano

- Obtenidas las dos piezas necesarias para poder tener la forma de los floor beam se procede a taladrar los mismos y a unirlos mediante las herramientas de sujeción hasta terminar con este paso para después proceder a remachar.

3.3.4 Cálculos para la colocación de remaches

3.3.4.1 Diámetro del remache.

Como la lámina es de 0.032" este valor lo multiplicamos por 3 esto nos da un valor de 0.096 que es un proporcional a un remache de 3/32", este es la medida del remache que se utilizó.

3.3.4.2 Borde de distancia.

Como se trata de un modelo a escala lo que se decidió utilizar es un margen mínimo como lo es un 2D, que es el equivalente a dos diámetros del remache en este caso si tenemos un remache de $2 \times 3/32$ " dándonos un valor de 3/16".

3.3.4.3 Paso del remache.

Esta distancia es la que existe entre el primer, segundo, tercer remache en la misma fila. En este trabajo se utilizó un paso mínimo como lo es un 4D, el equivalente a $4 \times 3/32$ " que nos da un valor de 3/8".

3.3.4.4 Paso transversal.

Esta es la distancia entre la primera y la segunda fila etc. La cual se la halla multiplicando el paso del remache por 3/4". Entonces $3/8" \times 3/4 = 9/32"$.



Figura 3.18 Perforación floor beam

Fuente: Roberto Cujano

En las figuras se muestra el procedimiento de corte de los agujeros de alivio de los floor beam, para este proceso de perforación se debe primeramente señalar el centro de la perforación, esto se logra con una broca guía la cual insertada en el punto centro se procede a la perforación con la cierra circular de dos pulgadas, y a continuación se muestra el resultado de corte en la figura 3.19. Hay también que tomar en cuenta la distancia entre agujeros, medido de centro a centro, la distancia existente es de 4 pulgadas, y se tiene una totalidad de seis agujeros de alivio.



Figura 3.19 Floor beam perforado

Fuente: Roberto Cujano

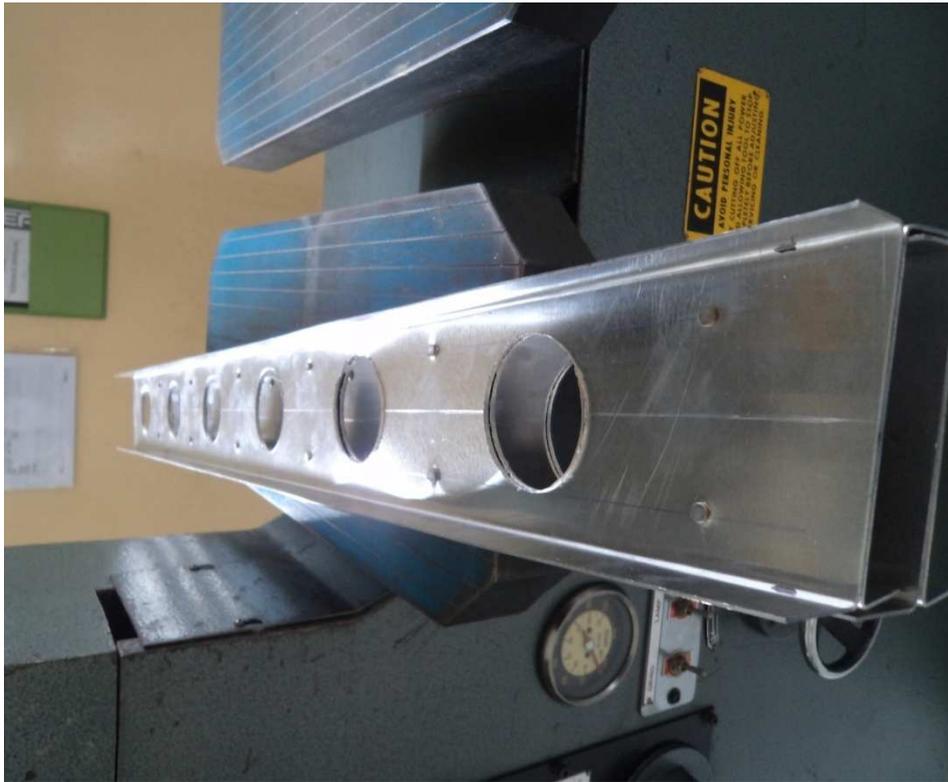


Figura 3.20 Floor beam terminado

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura 3.20 se observa el trabajo terminado después del procedimiento de remachado a lo largo de la parte construida, los remaches utilizados son remaches sólidos de aluminio para evita el daño en la piel del fuselaje al momento de remachar la piel a la estructura finalizado este procedimiento se perforó mediante una cierra circular las piezas construidas para que tome una forma similar a lo floor beam reales.
- Los remaches utilizados son los de 3/32 de pulgada o AN4703-5, específicamente los remaches utilizados son sólidos de aluminio utilizamos los mismos para unir las piezas elaboradas anteriormente, la cantidad de remaches utilizados son 14 remaches sólidos distribuidos de forma que nos de firmeza a la estructura.

3.3.5 Stringers o largueros



Figura 3.21 Medición de los largueros

Fuente: Roberto Cujano

- La figura se muestra la medición de los stringers de acuerdo a las medidas establecidas en el Anexo B para lo cual se hizo necesarios utilizar un flexómetro y un marcador para dar señal el lugar de corte específico.



Figura 3.22 Cortado de los largueros

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.23 Activación máquina cortadora

Fuente: Roberto Cujano

- Para comenzar la construcción de los stringers o largueros se procedió al corte de la lámina de aluminio en la guillotina motorizada ingresando la lámina de aluminio señalada bajo las medidas necesarias, las medidas fueron estudiadas con anterioridad de acuerdo a la necesidad de la escala a utilizarse.
- De acuerdo a los parámetros de uso de la guillotina se procedió primero a prender el equipo y después a colocar de forma apropiada la plancha de aluminio para proceder al corte de la misma.



Figura 3.24 Cortado de la lámina

Fuente: Roberto Cujano

- El corte de la lámina de aluminio se la realizó bajo los procedimientos establecidos por los fabricantes de las máquinas, utilizándola de la manera adecuada según las instrucciones y también bajo las medidas de seguridad ya establecidas para el uso de la máquina.



Figura 3.25 Láminas cortadas

Fuente: Roberto Cujano

- Después de cortar la lámina se procedió a doblarla en la máquina dobladora en las partes anteriormente señaladas en la medición de forma similar que en el proceso anterior de los floor beam, con la diferencia que el doblado se lo hace en este caso de la forma que esta pieza lo requiere.



Figura 3.26 Doblado largueros

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.27 Quijada dobladora subiendo

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.28 Larguero doblado

Fuente: Roberto Cujano

- Se debe tener en cuenta siempre el margen de doblado principalmente para que no se fragmente la lámina, esto como requerimiento principal. El margen de doblado es el mismo en todos los casos de doblado de todas las piezas de la estructura debido a que el material utilizado es el mismo por ende el cálculo hecho al principio nos sirve durante todo el proceso de doblado de las piezas de fuselaje.



Figura 3.29 Unión piezas del larguero

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.30 Remachado de los largueros

Fuente: Roberto Cujano

- Después el procedimiento de doblado se procedió a unir las partes, debido a la dificultad del doblado de la pieza en su totalidad se lo realizó por partes es decir que las dos partes se las tuvo que unir mediante el procedimiento de remachado.

3.3.6 Circunferenciales o cuadernas



Figura 3.31 Doblado de los circunferenciales

Fuente: Roberto Cujano

- El doblado de los circunferenciales se lo realizó de la misma forma que los componentes anteriores tomando en cuenta que el espesor del material es el mismo para todos los casos en la construcción de la maqueta.



Figura 3.32 Formado de ángulo de los circunferenciales

Fuente: Roberto Cujano

- El procedimiento de la formación de ángulos para las piezas planas, se inicia con la calibración de la máquina de acuerdo con el espesor de la lámina, en este caso tenemos la lámina de 1mm de espesor.



Figura 3.33 Formado de ángulo de los circunferenciales

Fuente: Roberto Cujano

- Terminada la calibración de la máquina poco a poco se va recogiendo la pieza de acuerdo a las necesidades que se tenga; este es un procedimiento complicado el cual requiere de mucha concentración y paciencia para lograr la forma deseada.



Figura 3.34 Remachado de los circunferenciales con los floor beam

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se observa el proceso de remachado de los circunferenciales con floor beam; en el caso de los circunferenciales, se realizó el proceso de formado del ángulo en dos partes debido a que la lámina de aluminio no tenía la dimensión necesaria para todo el trabajo terminado.



Figura 3.35 Floor beam y circunferenciales terminado

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se observa el procedimiento finalizado; el procedimiento de remachado finiquita el trabajo, este remachado se lo realiza de la misma forma y con los mismos remaches que se lo vino realizando durante todo el proceso.
- Este proceso de remachado de los circunferenciales tanto de los componentes que le dan la forma a los circunferenciales, como también del remachado de los floor beam a los mismos circunferenciales.



Figura 3.36 Corte circunferenciales para ensamble con los largueros

Fuente: Roberto Cujano

- Proceso de corte en los circunferenciales; esto sirve para en este lugar ensamblar los largueros, este procedimiento se lo realizó mediante una cortadora neumática dándole de esta forma un espacio, para que se acople de la mejor manera los largueros procediendo a continuación al corte también de los largueros.



Figura 3.37 Corte largueros para ensamble con circunferenciales

Fuente: Roberto Cujano

- A continuación se muestra el proceso de corte, que se lo realizó en los largueros para después proceder al ensamble entre los circunferenciales y los largueros; este proceso se lo realizó con una cortadora neumática previamente señaladas las posiciones de corte de acuerdo a los lugares en los cuales estaban previstos hacer los ensambles entre los circunferenciales y los largueros.

3.3.7 Stringers y cuadernas



Figura 3.38 Taladrado ensamble circunferenciales con largueros

Fuente: Roberto Cujano

- La figura anterior muestra el procedimiento de taladrado y utilización de herramientas de sujeción; para el taladrado se utilizó un taladro neumático con una broca apropiada para el trabajo que se realizó.



Figura 3.39 Remachado largueros con circunferenciales

Fuente: Roberto Cujano

- Aquí se realizó el proceso de remachado de las partes uniendo tanto los circunferenciales y los largueros también para darnos más estabilidad a la estructura; el proceso de remachado se lo realizó mediante un martillo neumático y la buterola apropiada conjuntamente con el instrumento que nos proporciona el golpe o tope, para que el remache se desplace de la mejor manera para cumplir la función para la que está diseñado.



Figura 3.40 Largueros y circunferenciales terminado

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se puede apreciar la parte estructural de la maqueta terminada; después de terminados todos los procesos mediante los cuales logramos una estructura sólida, principalmente a través del remachado de las partes estructurales que conforman la maqueta.



Figura 3.41 Barolado piel del fuselaje

Fuente: Roberto Cujano

- A continuación se detalla el procedimiento de barolado el cual se lo realiza con la misma lámina de aluminio de 1mm de espesor, tomando en cuenta los procedimientos técnicos de utilización de la máquina baroladora como requerimiento principal para una formación de la piel del fuselaje, la cual sea apropiada para ser remachada a la estructura anteriormente realizada.



Figura 3.42 Baroladora
Fuente: Roberto Cujano

La máquina baroladora comprende principalmente de rodillos los cuales son regulables de acuerdo a la necesidad de barolado en este caso se necesita un barolado cilíndrico; así que simplemente se utiliza una regulación normal de acuerdo a las medidas que se acoplen a la estructura principal. Esto se lo logra mediante los volantes de regulación de la máquina.



Figura 3.43 Barolado piel del fuselaje
Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.44 Barolado piel del fuselaje

Fuente: Roberto Cujano

- A continuación en las figuras se muestra el proceso de pintado con el equipo adecuado al igual que las herramientas necesarias para este proceso. Con la estructura terminada en su totalidad se puede dar el terminado con la pintura exterior e interior.



Figura 3.45 Equipo de pintura

Fuente: Roberto Cujano

- El material utilizado en el interior es prymer y en el exterior se utilizo pintura de acabado exterior poliuretano, este tipo de pintura utilizada es aeronáutica apropiada para el tipo de trabajo realizado; de igual manera el prymer utilizado es de tipo aeronáutico utilizado en la aviación normalmente.



Figura 3.46 Pintado exterior

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.47 Pintado interior

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.48 Fuselaje terminado

Fuente: Roberto Cujano

- En esta figura se muestra el trabajo terminado después del trabajo de remachado de la estructura a la piel, el proceso se finaliza con la pintura que es la encargada de impedir todo tipo de corrosión a la que está expuesta la maqueta.

3.3.8 Soporte del fuselaje



Figura 3.49 Medición soporte

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se puede observar el proceso de medición para la construcción del soporte el cual se lo realizó con un tubo cuadrado de 1 pulgada; la medición se lo realizó con flexómetro de acuerdo a las medidas necesarias para que se acomode la estructura para la cual está destinada.



Figura 3.50 Corte partes del soporte

Fuente: Roberto Cujano

- Después del procedimiento de medición se continúa con el corte de del tubo, destinado para el proceder a la suelda, este procedimiento se lo realizó mediante una cierra que ayudó para realizar en primer instancia las partes del soporte.



Figura 3.51 Soldadura de las partes del soporte

Fuente: Roberto Cujano

- El procedimiento de suelda se lo realizó mediante la sueldo de arco, utilizando un electrodo 6011, se procedió a la soldadura de las partes anteriormente cortadas.
- Con esto se consiguió formar la estructura deseada, también se le pasó por un procedimiento de pintado, para que la estructura no se exponga a la corrosión.



Figura 3.52 Pintado del soporte

Fuente: Roberto Cujano



Figura 3.53 Soporte terminado

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se muestra el soporte terminado y destinado para la estructura del fuselaje, ya que se lo realizó de acuerdo a las necesidades y las medidas de la estructura. El soporte también se le realizó un procedimiento adicional de pintura, para de igual manera evitar la corrosión que al ser un efecto que afectaría a toda la maqueta entonces es de necesaria importancia para la preservación del trabajo realizado.



Figura 3.54 Maqueta terminada

Fuente: Roberto Cujano

- En la figura se muestra el trabajo terminado unidas las partes realizadas como son el soporte estructural y la maqueta del fuselaje terminada, conjuntamente con elementos adicionales como pisos, cielos, insolaciones que únicamente han sido colocadas con fines didácticos como también para la estética de la maqueta
- En si el trabajo fue realizado con fines de mejorar el aprendizaje, entonces se vio conveniente colocar estos elementos adicionales debido a que sencillamente se utilizaron remaches universales de fácil aplicación.

3.4 Construcción

Para la construcción de la maqueta se debe tener en cuenta la optimización de los recursos, materiales y equipos. Todas las partes que constituyen la maqueta fueron diseñadas y construidas.

A continuación se detallan los elementos que constituyen la maqueta.

Construidos:

- Stringers
- Cuadernas
- Floor Beam
- Piel
- Soporte

3.5 Codificación de máquinas, equipos y herramientas.

Tabla 3.1 Codificación de máquinas.

N°	Máquina	Características	Código
1	Guillotina motorizada	L 1350mm	M1
2	Dobladora	1000mm	M2
3	Formadora de ángulos	90°	M3
4	Cortadora neumática	80 PSI	M4
5	Taladro	80 PSI	M5
6	Baroladora	110/220 V	M6

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

Tabla 3.2 Codificación de equipos.

N°	Equipo	Características	Código
1	Compresor y equipo de pintura	80psi – 1HP	E1
2	Soldadora y equipo de suelda	110/220 V	E2

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

Tabla 3.3 Codificación de herramientas.

N°	Herramienta	Código
1	Flexómetro	H1
2	Escuadra	H2
3	Rayador	H3
4	sujetadores	H4
5	Playo de presión	H5
6	Cortadora de remaches	H6

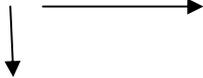
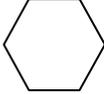
Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.6 Simbología

La siguiente simbología de diagramas de procesos es la que se utilizará dentro de los diversos procesos de construcción de la maqueta, los mismos servirán para describir detalladamente todo lo realizado durante la construcción.

Tabla 3.4 Simbología

N°	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Producto terminado	

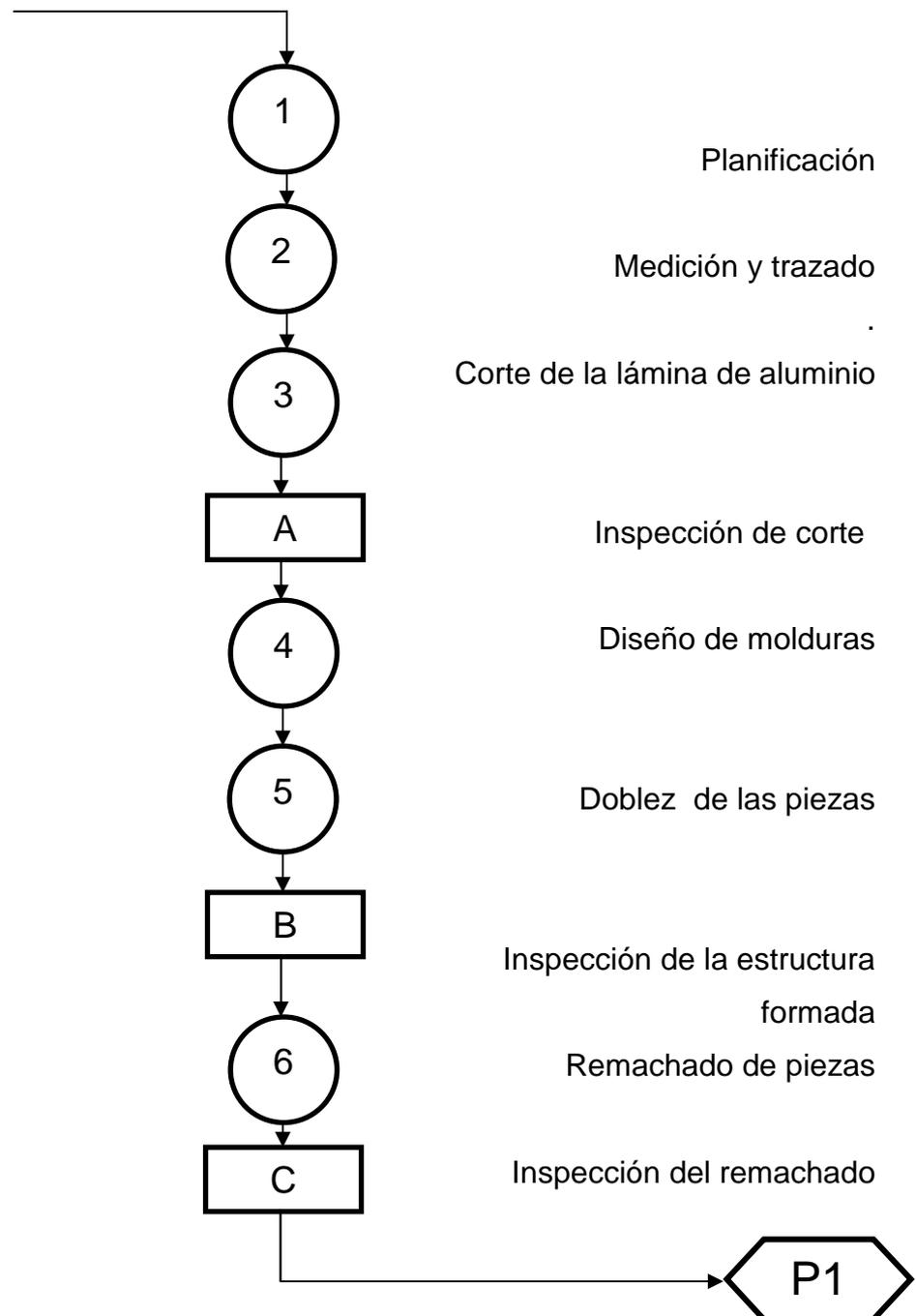
Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.7 Diagramas de los procesos de construcción.

3.7.1 Diagrama del proceso de construcción de los stringers o largueros.

Material: Plancha aluminio puro liso de 1.25m x 2.43m x 1mm de espesor



3.7.2 Proceso de formación de los stringers o largueros.

Tabla 3.5 Proceso de formación de los stringers o largueros.

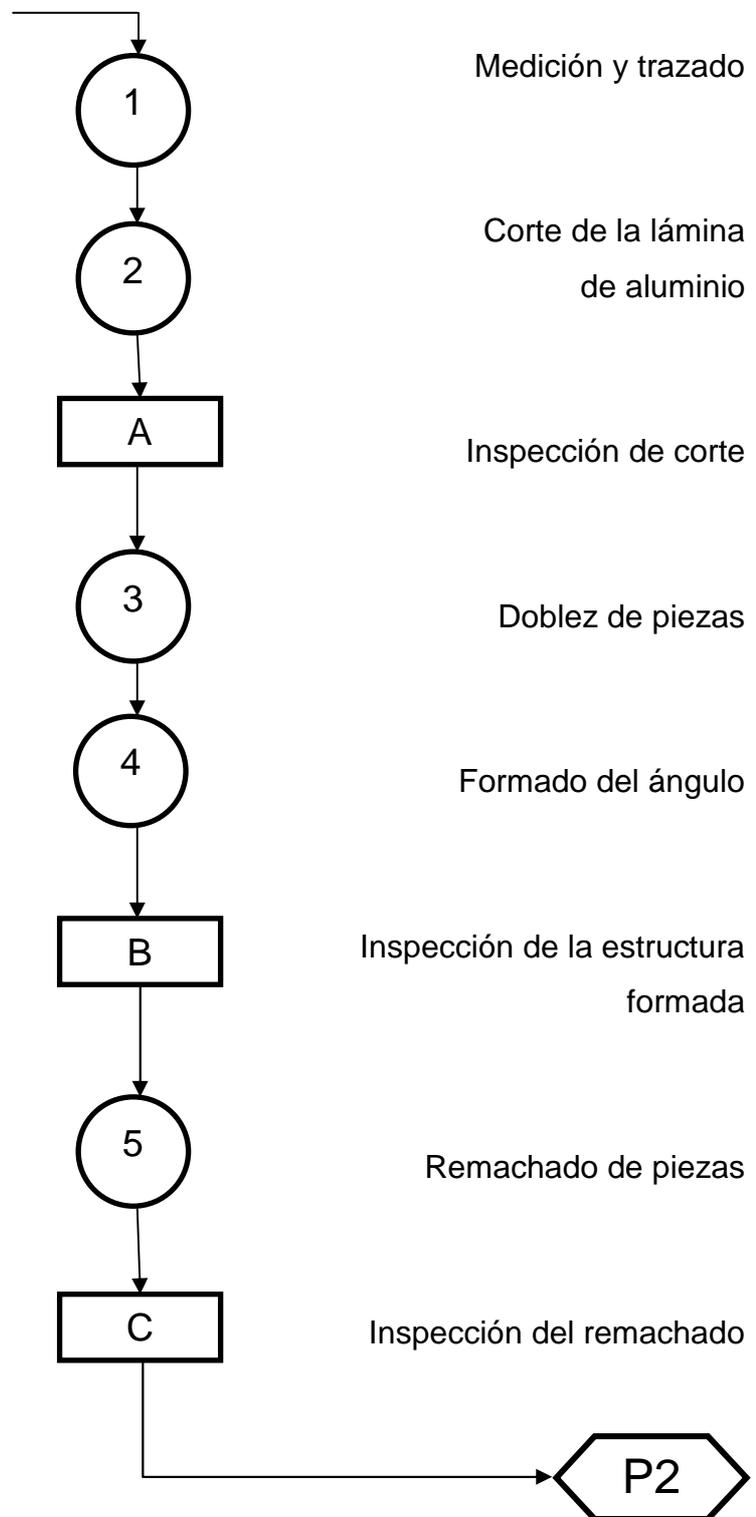
N°	Proceso	Máquina – Equipo – Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	T	E	t	H	T
1	Medición y trazado					H1- H2- H3	90
2	Corte de la lámina de aluminio	M1	240				
3	Diseño de molduras	M2	180				
4	Doblez de las piezas	M3	60				
5	Remachado de piezas	M5	180				

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.7.3 Diagrama del proceso de construcción de los circunferenciales.

Material: Plancha aluminio puro liso de 1.25m x 2.43m x 1mm de espesor.



3.7.4 Proceso de formación de los circunferenciales o cuadernas.

Tabla 3.6 Proceso de formación de los circunferenciales o cuadernas.

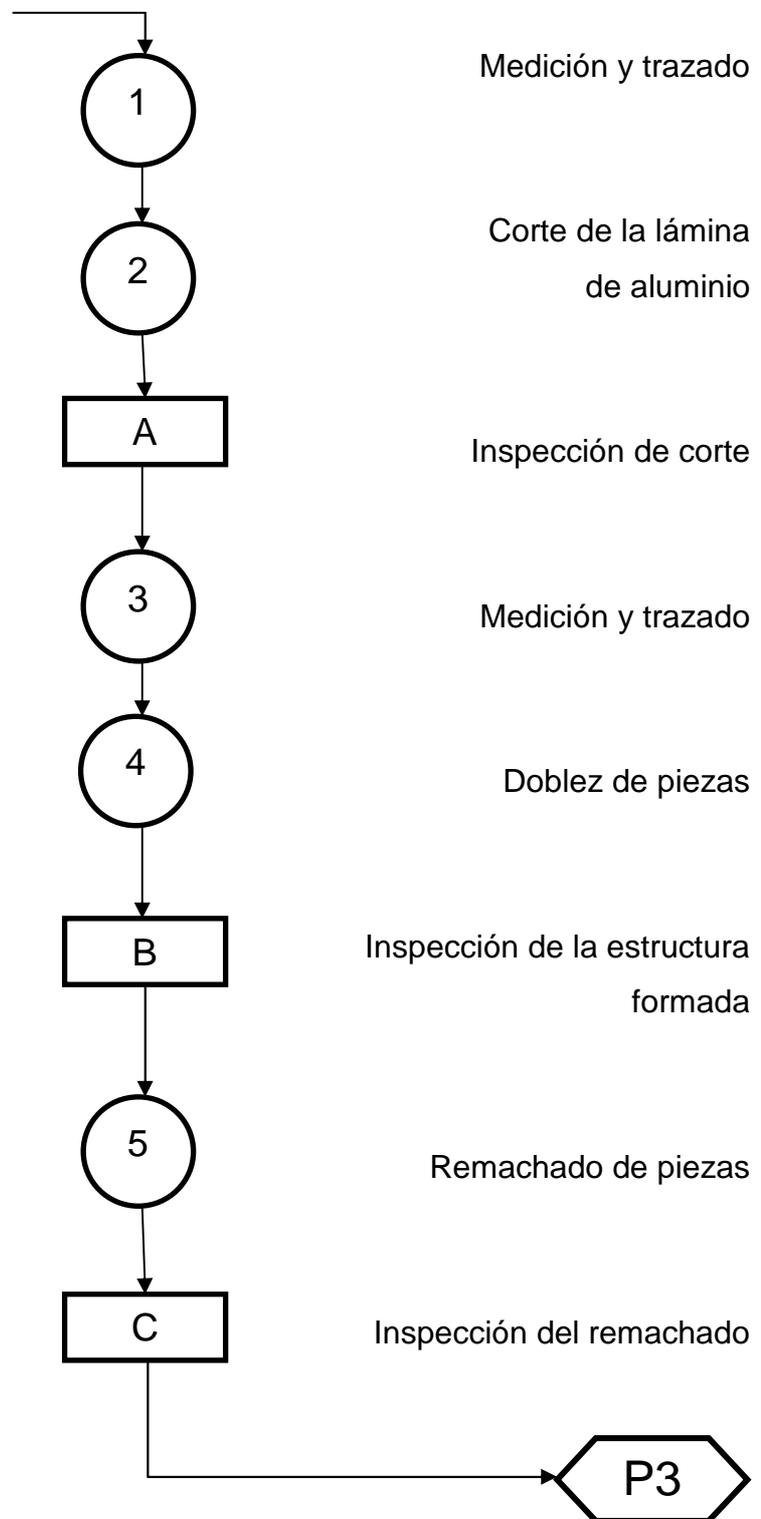
N°	Proceso	Máquina – Equipo – Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	T	E	T	H	T
1	Medición y trazado					H1- H2- H3	60
2	Corte de la lámina de aluminio	M1	90				
3	Doblez de piezas	M2	120				
4	Formado del ángulo	M3	180				
5	Remachado de piezas	M5	60				

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.7.5 Diagrama del proceso de construcción de los floor beam.

Material: Plancha aluminio puro liso de 1.25m x 2.43m x 1mm de espesor.



3.7.6 Proceso de formación de los floor beam.

Tabla 3.7 Proceso de formación de los floor beam.

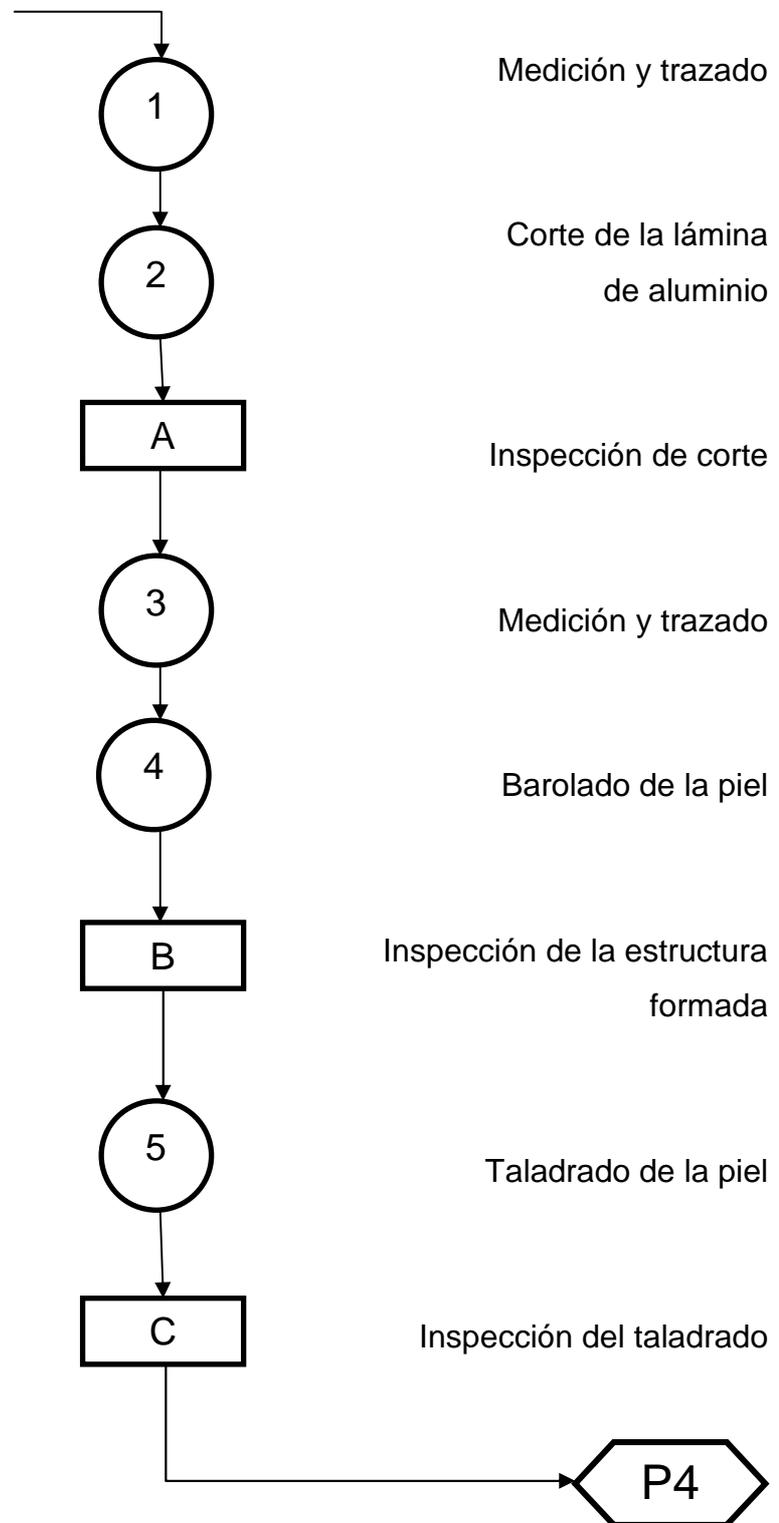
N°	Proceso	Máquina – Equipo – Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	t	E	T	H	T
1	Medición y trazado					H1- H2- H3	60
2	Corte de la lámina de aluminio	M1	240				
3	Medición y trazado					H1- H3	90
4	Doblez de piezas	M2	180				
5	Remachado de piezas	M5	180				

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.7.7 Diagrama del proceso de barolado de la piel del fuselaje.

Material: Plancha aluminio puro liso de 1.25m x 2.43m x 1mm de espesor.



3.7.8 Proceso de barolado de la piel del fuselaje.

Tabla 3.8 Proceso de barolado de la piel del fuselaje.

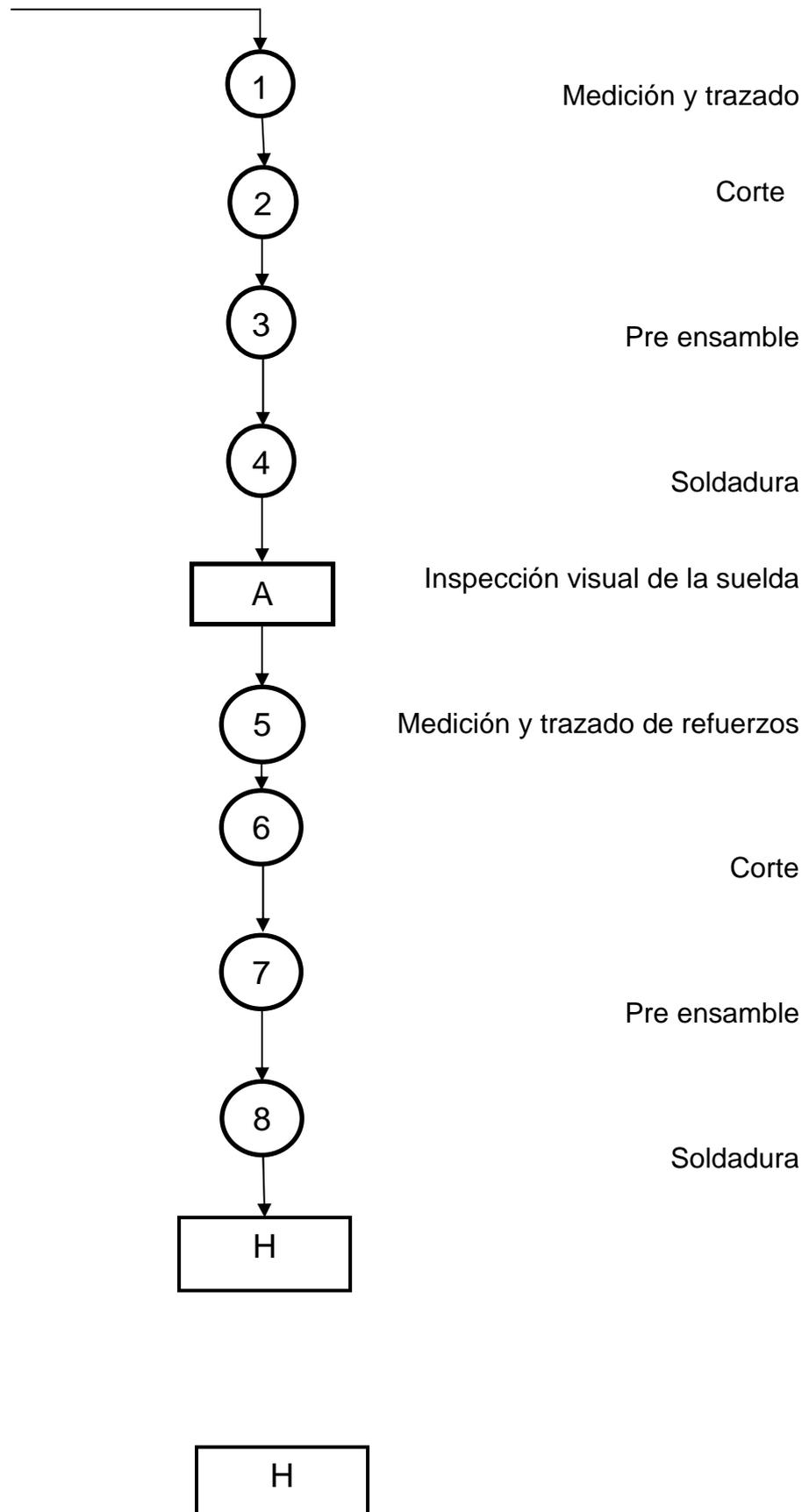
N°	Proceso	Máquina – Equipo – Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	t	E	T	H	T
1	Medición y trazado					H1- H2- H3	60
2	Corte de la lámina de aluminio	M1	240				
3	Medición y trazado					H1- H3	90
4	Barolado de la piel	M6	60				
5	Taladrado de la piel	M5	180				

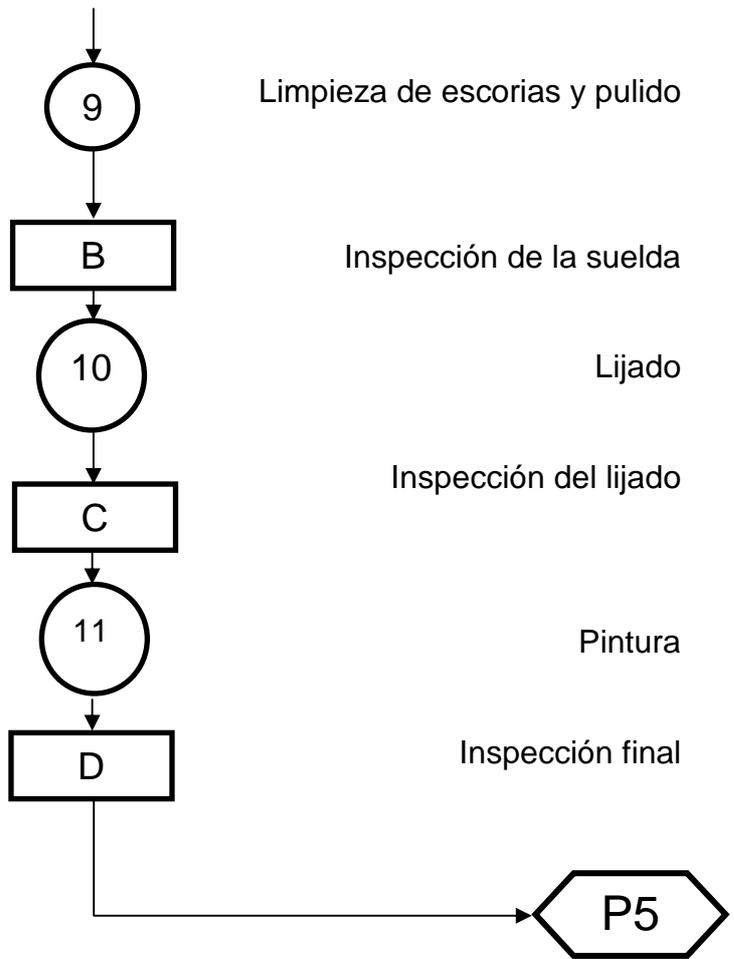
Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.7.9 Diagrama de proceso de construcción de la estructura del soporte.

Material: tubo cuadrado de hierro de 1"x 1" x 1





3.7.10 Procesos de construcción de la estructura del soporte

Tabla 3.9 Procesos de construcción de la estructura del soporte

N°	Proceso	Máquina – Equipo – Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	t	E	T	H	T
1	Corte	M1	60				
2	Soldadura			E2	60		
3	Medición y trazado de los refuerzos	M6	60				
4	Corte	M5	180				
5	Soldadura			E2	60		
6	Pintura			E1	30		

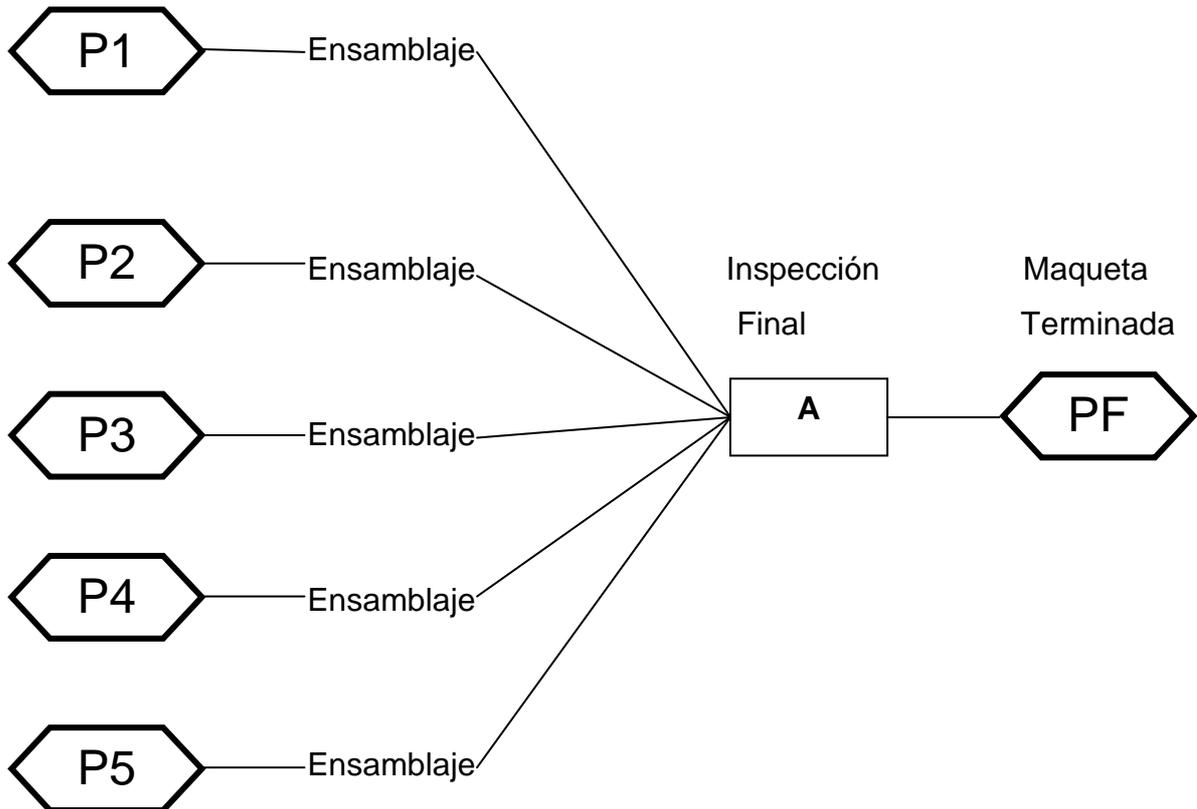
Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.8 Diagrama de ensamblaje

Para realizar el ensamblaje adecuado de la maqueta y todos sus componentes, se debe realizar actividades cuidadosas para evitar daños en algunas de las partes estructurales que están incorporados en la maqueta.

3.9 Diagrama del ensamblaje final de la maqueta



3.10 Estudio económico

El estudio económico es un factor necesario para determinar el costo real de la construcción de la maqueta, una vez terminada la construcción se detalla los valores exactos, los recursos económicos aplicados en materiales, maquinas, equipos y mano de obra; todos estos valores están dados en dólares americanos.

3.11 Presupuesto

Inicialmente se presento en el desarrollo del anteproyecto el estudio económico previo para elaborar este proyecto en el cual consta un estimado de 775 dólares acorde a las propuestas. A continuación se presenta el costo real de la construcción del proyecto de la maqueta del fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200.

3.12 Análisis de costos

En la elaboración del proyecto se realizaron los gastos que se presentan a continuación:

Costos primarios:

- Materiales
- Herramientas y equipos
- Mano de obra

Costos secundarios:

- Derechos de grado
- Elaboración de textos

3.12.1 Costos primarios

Tabla 3.10 Gastos de material

Detalle	Valor en USD
Pintura de fondo	50,00
Primer	25,00
Plancha aluminio liso	150,00
Total	225,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

Tabla 3.11 Mano de obra

Mano de obra	Horas	Valor unitario por hora \$	Valor total \$
Mano de obra del mecánico	5	10,00	50,00
Mano de obra del traslado	4	10,00	40,00
		Total	90,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

Tabla 3.12 Herramientas y equipos

Ítem	Cant.	Horas	Valor unitario por hora \$	Valor total \$
Alquiler herramientas	1	120	150	150,00
Alquiler equipos	1	120	150	150,00
Soplete	1	4	5,00	20,00
Suelda	1	3	5,00	15,00
Brocas	2	5	5,00	10,00
Limas	2	5	5,00	25,00
			Total	370,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

Tabla 3.13 Total costos primarios

Detalle	Valor en USD
Costos herramientas y equipos	370,00
Costos mano de obra	90,00
Gastos de material	225,00
Total	685,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.12.2 Costos secundarios

Tabla 3.14 Total costos secundarios

Detalle	Valor en USD
Elaboración de textos	100.00
Alimentación y transporte	50,00
Total	150,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

3.13 Costo total del proyecto

Tabla 3.15 Total costos del proyecto

Detalle	Valor en USD
Costos primarios	685,00
Costos secundarios	150,00
Total	835,00

Elaborado por: Roberto Cujano

Fuente: Maqueta en construcción

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se toman en cuenta todas las observaciones que determinan el final del trabajo, y se ha comprobado la existencia de todas las partes estructurales de la maqueta perfectamente.

Analizados los procedimientos técnicos, procesos, problemas y beneficios de la maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones

- ✓ Fue necesario un estudio de las dimensiones matrices para comenzar a realizar el trabajo con exactitud.

- ✓ Se realizó el estudio para determinar todas las herramientas y máquinas necesarias para la formación de todos componentes de la maqueta didáctica del fuselaje semimonocasco.

- ✓ La maqueta de un fuselaje semimonocasco del avión Boeing 737-200 ayudará notoriamente en el aprendizaje de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

4.2 Recomendaciones

- ✓ Los componentes de la maqueta deberán ser utilizados única y exclusivamente para realizar inspecciones visuales con fines didácticos, para instruir de mejor manera a los estudiantes.
- ✓ Tomar en cuenta que la información técnica cuando se vaya a realizar inspecciones con fines didácticos para una mejor instrucción a los estudiantes acerca de los componentes tomando en cuenta que la maqueta es un modelo a escala.
- ✓ Al momento de realizar cualquier procedimiento se debe contar con el equipo de protección adecuada, para evitar lesiones y tener mucho cuidado con ciertos componentes ya que se pueden romper o dañar.
- ✓ Realizar las tareas respectivas de mantenimiento a la maqueta para de esta forma evitar que se corra o deteriore la maqueta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XV
Índice de anexos.....	XVI
Resumen.....	XVII
Summary.....	XVIII

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo General.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	Alcance.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Introducción.....	5
2.2	Maqueta.....	5
2.3	Avión Boeing 737-200.....	6
2.4	Fuselaje.....	7
2.5	Tipos de fuselaje.....	8

2.5.1 Fuselaje reticular o tubular	8
2.5.2 Fuselaje monocasco.....	9
2.5.3 Fuselaje semimonocasco	10
2.6 Aluminio.....	11
2.6.1 Propiedades del aluminio	12
2.6.2 Aleaciones de aluminio.....	12
2.6.3 Designaciones del aluminio.....	13
2.6.4 Series de aleaciones de aluminio.....	16
2.7 Remaches	17
2.7.1 Materiales para remaches	18
2.7.2 Condición de temple.....	19
2.7.3 Clasificación de los remaches	20
2.7.4 Normas militares	20
2.7.5 Tipos de cabeza de remaches	21
2.7.6 Remaches especiales	21
2.7.7 Remaches ciegos.....	21
2.7.8 Remaches Cherry	22
2.7.9 Remaches explosivos Du Pont.....	22
2.7.10 Tuerca remache	23
2.7.11 Identificación de los remaches	24
2.7.12 Aleaciones de los remaches.....	24
2.7.13 Tratamiento térmico.....	27
2.7.14 Tiempo de calentamiento en un horno de aire	28
2.7.15 Procedimiento para realizar una distribución de remaches	28
2.7.16 Diámetro del Remache.....	28
2.7.17 Borde de distancia.....	28
2.7.18 Paso del remache	29

2.7.19 Paso transversal.....	30
2.7.20 Medición de los remaches sólidos.....	30
2.7.21 Para encontrar la longitud total de un remache.....	30
2.7.22 Para encontrar el diámetro de la cabeza de taller.....	31
2.7.23 Como encontrar la altura de la cabeza de taller.....	31
2.7.24 Longitud de agarre.....	32
2.7.25 Colocación de los remaches.....	32
2.7.26 Ejecución de los taladros.....	34
2.7.27 Buterolas.....	37
2.7.28 Sujetadores de planchas.....	40
2.8 Operaciones y términos de formación.....	42
2.8.1 Repujado.....	43
2.8.2 Rizado.....	43
2.8.3 Estiramiento.....	43
2.8.4 Doblamiento.....	43
2.8.5 Dobleces en línea recta.....	44
2.8.6 Radio de curvatura.....	44
2.8.7 Margen de dobléz.....	45
2.8.8 Máquinas formadoras.....	48
2.8.9 Las plegadoras.....	49
2.8.10 Espesor del material.....	49
2.8.11 Ancho de dobléz.....	50
2.8.12 Agudeza del dobléz.....	50
2.8.13 Ángulo de dobléz.....	51
2.8.14 Modo de efectuar el dobléz.....	51
2.8.15 Dobladora de cornisa.....	52
2.9 Barolado.....	53

2.9.1	Definición del proceso de barolado	53
2.9.2	Tipos procesos de barolado	54
2.9.3	Tipos de baroladoras.....	56
2.9.4	Barolado manual	56
2.9.5	Baroladora mecánica.....	57
2.10	Soldadura	58
2.10.1	Tipos de suelda	59
2.10.2	Soldadura por arco	59
2.10.3	Soldadura a gas	60
2.10.4	Soldadura por resistencia.....	61
2.10.5	Soldadura por rayo de energía	62
2.11	Pintura	63

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Principios de construcción.....	65
3.2	Descripción de la maqueta	66
3.3	Partes de la maqueta del fuselaje semimonocasco	67
3.3.1	Floor beam	67
3.3.2	Procedimiento para utilizar y operar la cortadora eléctrica.....	68
3.3.3	Procedimiento para utilizar y operar la dobladora eléctrica.....	70
3.3.4	Cálculos para la colocación de remaches	78
3.3.4.1	Diámetro del remache.	78
3.3.4.2	Borde de distancia.....	78
3.3.4.3	Paso del remache.....	78
3.3.4.4	Paso transversal.....	78
3.3.5	Stringers o largueros	81

3.3.6	Circunferenciales o cuadernas	87
3.3.7	Stringers y cuadernas.....	91
3.3.8	Soporte del fuselaje.....	98
3.4	Construcción	101
3.5	Codificación de máquinas, equipos y herramientas.	103
3.6	Simbología	106
3.7	Diagramas de los procesos de construcción.	107
3.7.2	Proceso de formación de los stringers o largueros.	108
3.7.3	Diagrama del proceso de construcción de los circunferenciales.	109
3.7.4	Proceso de formación de los circunferenciales o cuadernas.....	110
3.7.5	Diagrama del proceso de construcción de los floor beam.....	111
3.7.6	Proceso de formación de los floor beam.	112
3.7.7	Diagrama del proceso de barolado de la piel del fuselaje.	113
3.7.8	Proceso de barolado de la piel del fuselaje.....	114
3.7.9	Diagrama de proceso de construcción de la estructura del soporte.....	115
3.7.10	Procesos de construcción de la estructura del soporte	117
3.8	Diagrama de ensamblaje.....	118
3.9	Diagrama del ensamblaje final de la maqueta.....	118
3.10	Estudio económico	118
3.11	Presupuesto	119
3.12	Análisis de costos.....	119
3.12.1	Costos primarios	120
3.12.2	Costos secundarios	122
3.13	Costo total del proyecto.....	122

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	123
4.2	Recomendaciones.....	124
	Glosario.....	125
	Bibliografía	127
	Anexos	128

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Referencias del structural repair manual.....	128
Anexo B Planos de la maqueta.....	131

GLOSARIO

ACCESORIO Cualquier mecanismo, equipo, parte, aparato, o dispositivo, incluyendo equipo de comunicaciones que no es fundamental para el funcionamiento de un producto aeronáutico.

AERODINO Toda aeronave que, principalmente, se sostiene en el aire, en virtud de fuerzas aerodinámicas.

AERÓDROMO Es toda área delimitada, terrestre o acuática habilitada por la autoridad aeronáutica y destinada a la llegada, salida y maniobra de aeronaves en la superficie.

AERONAVE Es todo vehículo apto para el traslado de personas o cosas, y destinado a desplazarse en el espacio aéreo, en el que se sustenta por reacciones del aire con independencia del suelo.

ALTITUD Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar (MSL).

ALTURA 1) Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y una referencia especificada. La referencia debe especificarse ya sea en el texto o en una nota explicativa en la publicación correspondiente. 2) Dimensión vertical de un objeto. El término altura puede usarse también en sentido figurado para expresar una dimensión que no sea vertical; por ejemplo, la altura de una letra o cifra pintada en una pista.

AVIÓN (AEROPLANO) Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

CENTRO DE MANTENIMIENTO Organismo tal como maestranza, taller, centro de reparación, laboratorio, etc. Aprobado por la DGAC, para efectuar trabajos técnicos en material aeronáutico o parte del mismo.

COMPONENTE Cualquier instrumento, mecanismo, equipo, parte, aparato, dispositivo o parte unitaria e integrante de un producto aeronáutico.

FABRICANTE Significa el titular de una aprobación de producción otorgada por la Autoridad Aeronáutica, sea esta un Certificado de Producción (PC), Aprobación de Fabricante de Partes (PMA), Aprobación de Orden Técnica Estándar (TSOA), o Fabricación bajo Certificado.

FUSIFORME Adjetivo de forma de huso

FUSELAJE Parte de la aeronave que incluye los "booms", las nacelas, las tapas, las vigas, las superficies aerodinámicas (incluyendo los rotores, pero excluyendo las hélices y las superficies de sustentación rotatorias).

MANTENIMIENTO Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de la aeronave, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas; reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación.

TIPO DE AERONAVE Todas las aeronaves de un mismo diseño básico con sus modificaciones, excepto las que alteran su manejo o sus características de vuelo.

BIBLIOGRAFÍA

Libros consultados

- **Antonio Esteban Oñate**, "Conocimientos del avión" Paraninfo.
- **David Mondey**, "Nueva enciclopedia ilustrada aviones" Edicomunicación S.A.

Manuales

- Boeing 737-200 Structural Repair Manual
- 737-12_ALL_SRM_D6-15565_TD

Páginas web

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fuselaje>
- http://www.actiweb.es/dobladorasdeplancha/maquinaria_motorizada.html
- http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/remaches/proceso.html
- <http://www.aluminumassociation.html>
- <http://es.scribd.com/search?query=remachado>
- <http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-Doblado>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4072/1/CD-3821.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- <http://www.buhardillapodcast.com/tag/aeronautica/>
- <http://www.buenastareas.com/ensayos/Practica-Remachado/2885444.html>