



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA  
DEL SISTEMA DE REVERSA DEL MOTOR TURBOFAN DEL  
AVIÓN AIRBUS A 320”**

**AUTOR: CAISAGUANO QUISHPE ALEX MARCELO**

**DIRECTOR: ING. BAUTISTA RODRIGO**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE****UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el señor Alex Marcelo Caisaguano Quishpe, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**.

---

Ing. Rodrigo Bautista

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga, 5 de Marzo 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE****UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Alex Marcelo Caisaguano Quishpe

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado ha sido **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE REVERSA DEL MOTOR TURBOFAN DEL AVIÓN AIRBUS A 320”** desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas páginas se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo de su contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 5 de Marzo 2015

---

Caisaguano Quishpe Alex Marcelo

C.I. 050355402-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.

Yo, Alex Marcelo Caisaguano Quishpe

**AUTORIZO A:**

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación en la biblioteca virtual del trabajo de investigación: **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE REVERSA DEL MOTOR TURBOFAN DEL AVIÓN AIRBUS A 320”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

---

Caisaguano Quishpe Alex Marcelo

C.I. 050355402-4

## **DEDICATORIA**

A mis Padres

Dedico a mis padres, por todo su apoyo incondicional y su gran sacrificio para darme los estudios, sin escatimar esfuerzos y sin dudar ni un solo momento de mi entrega, dedicación y disciplina.

A mis hermanos que con el amor de ellos, día tras día con sus consejos y dedicación fue uno de los pilares importantes en mi vida, para llegar a la culminación de mi carrera y por haberme enseñado a ser un hombre consciente, responsable, con grandes sueños y ganas de llevar a cabo todas las metas que me he trazado para mi vida profesional.

**ALEX MARCELO CAISAGUANO Q.**

## **AGRADECIMIENTO**

Al señor Jesucristo por ser, el único dueño de nuestras vidas, por darme salud y vida, porque siempre estuvo para ayudarme, y las pruebas que me ha puesto en el camino en vez de ser derrotadas, han sido una bendición para mí, las mismas que me ayudaron a formar mi carácter y darme madurez. Por esto gracias mi JESÚS.

Al Director de mi Trabajo de Graduación por el apoyo y la guía que me ha sabido brindar para llegar a la culminación de este proyecto, guiándome con sus sabias orientaciones y conocimientos.

**ALEX MARCELO CAISAGUANO Q.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |       |
|---|-------|
| CERTIFICACIÓN .....                                 | ii    |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....                 | iii   |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....                    | iv    |
| DEDICATORIA.....                                    | v     |
| AGRADECIMIENTO.....                                 | vi    |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                               | xiii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                             | xiv   |
| RESUMEN .....                                       | xvii  |
| ABSTRACT .....                                      | xviii |
| CAPÍTULO I  |       |
| EL TEMA.....  | 1     |
| 1.1 Antecedentes.....                               | 1     |
| 1.2 Planteamiento del problema.....                 | 2     |
| 1.3 Justificación e importancia .....               | 3     |
| 1.4 Objetivos .....                                 | 3     |
| 1.4.1 Objetivo general .....                        | 3     |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                    | 4     |
| 1.5 Alcance.....                                    | 4     |
| CAPÍTULO II   |       |
| MARCO TEÓRICO.....                                  | 5     |
| 2.1 Introducción.....                               | 5     |
| 2.2 Fundamentación teórica.....                     | 6     |
| 2.2.1 Leyes de Newton aplicadas en la aviación..... | 6     |
| 2.2.1.1 Ley de inercia .....                        | 6     |
| 2.2.1.2 Ley de movimiento .....                     | 7     |
| 2.2.1.3 Ley de la acción y reacción .....           | 8     |
| 2.2.2 Planta de poder V2500.....                    | 8     |
| 2.2.2.1 Números de versión de motor .....           | 9     |
| 2.2.3 Motor IAE V2500.....                          | 10    |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.4 Componentes principales del motor IAE V2500 .....                   | 11 |
| 2.2.4.1 Fan (ventilador) N. 31 .....                                      | 11 |
| 2.2.4.2 Carcasa intermedia N. 32.....                                     | 12 |
| 2.2.4.3 Compresor de alta presión N.40.....                               | 12 |
| 2.2.4.4 Sección de combustión y Difusores N. 40, 41 .....                 | 12 |
| 2.2.4.4.1 Case del Difusor .....  | 13 |
| 2.2.4.5 Turbina de alta presión N. 45 .....                               | 13 |
| 2.2.4.5.1 Sistema “Make--up” Air.....                                     | 13 |
| 2.2.4.6 Turbina de baja presión N. 50 .....                               | 13 |
| 2.2.4.7 Caja de accesorios N.60 .....                                     | 13 |
| 2.2.4.8 Sección de escape .....   | 14 |
| 2.2.4.9 Aire del motor .....  | 15 |
| 2.2.4.9.1 Enfriamiento y ventilación de los accesorios de la Nacela ..... | 15 |
| 2.2.4.10 Enfriamiento de la Turbina de alta y baja presión.....           | 16 |
| 2.2.4.10.1 Manifold de la Turbina HP .....                                | 16 |
| 2.2.4.10.2 Manifold de la Turbina LP.....                                 | 16 |
| 2.2.5 Sistema de reversa.....   | 17 |
| 2.2.5.1 Objetivos .....   | 17 |
| 2.2.5.2 Tipos.....  | 17 |
| 2.2.5.2.1 Clamshell Doors .....   | 17 |
| 2.2.5.2.2 Bucket doors.....   | 18 |
| 2.2.5.2.3 Blocker doors.....  | 19 |
| 2.2.6 Reversa del motor IAE V2500 tipo blocker doors.....                 | 19 |
| 2.2.6.1 Unidad de control hidráulico (HCU) (Anexo A) .....                | 20 |
| 2.2.6.2 Isolation Valve .....   | 21 |
| 2.2.6.3 Directional Control Valve .....                                   | 21 |
| 2.2.6.4 Switch de Presión.....  | 21 |
| 2.2.6.5 Indicador del Filtro y Obstrucción .....                          | 22 |
| 2.2.6.6 Palanca de bloqueo Manual .....                                   | 22 |
| 2.2.7 Componentes del sistema de actuación hidráulica.....                | 23 |
| 2.2.7.1 Actuadores Hidráulicos.....                                       | 23 |
| 2.2.7.2 Actuadores superiores.....  | 23 |



|  |    |
|--|----|
| 2.2.7.3 Actuadores inferiores.....                   | 23 |
| 2.2.7.4 Ejes Flexibles .....                         | 23 |
| 2.2.8 Cascadas (anexo C).....                        | 24 |
| 2.2.9 Descripción del sistema de reversa.....        | 25 |
| 2.2.9.1 General.....                                 | 25 |
| 2.2.9.2 Despliegue de la reversa.....                | 25 |
| 2.2.9.3 Guardado de la reversa.....                  | 25 |
| 2.2.10 Despliegue manual de la reversa .....         | 26 |
| 2.2.10.1 Válvula de no retorno .....                 | 26 |
| 2.2.11 Palancas de control del motor .....           | 26 |
| 2.2.11.1 Activación de las palancas de reversa ..... | 27 |
| 2.3 Fibra de vidrio.....                             | 29 |
| 2.4 Resina .....                                     | 29 |
| 2.5 Madera MDF .....                                 | 30 |
| 2.5.1 Identificación .....                           | 30 |
| 2.5.2 Beneficios.....                                | 30 |
| 2.6 Cartulina gruesa .....                           | 31 |
| 2.7 Grapas de tapicería Stanley.....                 | 32 |
| 2.9 Papel de lija.....                               | 33 |
| 2.10 Fondo de relleno automotriz.....                | 34 |
| 2.11 Masilla fina de poliéster .....                 | 34 |
| 2.12 Pintura.....                                    | 35 |
| 2.12.1 Tipos de pintura automotriz .....             | 35 |
| 2.13 Tubo de hierro cuadrado .....                   | 36 |
| 2.14 Electrodo 6011 .....                            | 37 |
| 2.14.1 Aplicaciones .....                            | 37 |
| 2.14.2 Especificación de los electrodos.....         | 38 |
| 2.15 Taladro de mano .....                           | 39 |
| 2.16 Grapadora de tapicería Stanley.....             | 39 |
| 2.17 Soldadura .....                                 | 40 |
| 2.17.1 Soldadura por arco.....                       | 41 |
| 2.18 Pistola para pulverización de pintura.....      | 42 |

|  |    |
|--|----|
| 2.18.1 Partes de la pistola de pintura .....   | 42 |
| 2.19 Amoladora .....   | 43 |
| 2.20 Tornillo de banco .....   | 43 |
| 2.21 Fresadora de madera .....   | 44 |
| 2.22 Seguridad en la construcción de la maqueta.....   | 45 |
| 2.22.1 Seguridad en la manipulación de la fibra.....   | 45 |
| 2.22.2 Seguridad en la soldadura.....  | 45 |
| 2.22.2.1 Ropa y equipos protectores.....   | 46 |
| CAPÍTULO III   |    |
| DESARROLLO DEL TEMA .....  | 47 |
| 3.1 Preliminares .....   | 47 |
| 3.2 Parámetros de construcción del motor .....   | 48 |
| 3.3 Parámetros de construcción del soporte del motor .....   | 48 |
| 3.4 Alternativas de construcción.....  | 48 |
| 3.5 Evaluación de las alternativas de construcción .....   | 50 |
| 3.6 Aspectos a considerar para la construcción .....   | 50 |
| 3.7 Selección de la mejor alternativa.....   | 51 |
| 3.8 Dimensiones del motor escala 1:3 (anexo D).....  | 52 |
| 3.9 Construcción de una maqueta didáctica del sistema de reversa del<br>motor turbofan V2500 del avión Airbus A320. .... | 53 |
| 3.9.1 Normas de seguridad .....  | 53 |
| 3.9.2 Descripción.....   | 53 |
| 3.9.3 Materiales utilizados .....  | 54 |
| 3.9.4 Construcción .....   | 54 |
| 3.9.5 Orden de construcción .....  | 54 |
| 3.9.6 Medición del eje central.....  | 55 |
| 3.9.7 Medición de los mamparos.....  | 55 |
| 3.9.8 Corte de los mamparos .....  | 56 |
| 3.9.10 Montaje de los mamparos al eje central .....  | 57 |
| 3.9.11 Enmascarado de los mamparos .....   | 57 |
| 3.9.12 Aplicación de la fibra .....  | 58 |
| 3.9.13 Aplicación de la masilla poliéster.....   | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.9.14 Lijado del motor .....   | 59  |
| 3.9.15 Vaciado de los componentes internos del motor .....                            | 60  |
| 3.9.16 Corte de los translating cowl .....  | 60  |
| 3.9.20 Construcción del núcleo del motor .....  | 61  |
| 3.9.20.1 Medidas del núcleo del motor.....  | 62  |
| 3.9.21 Montaje del núcleo del motor .....   | 63  |
| 3.9.22 Montantes del motor.....   | 63  |
| 3.9.23 Construcción del soporte principal.....  | 64  |
| 3.9.24 Construcciones de los componentes internos para el sistema de<br>reversa ..... | 65  |
| 3.9.24.1 Actuadores .....   | 65  |
| 3.9.24.2 Rieles superiores e inferiores .....   | 66  |
| 3.9.24.3 Puertas de bloqueo .....   | 67  |
| 3.9.25 Ensamblaje del sistema de reversa en el motor .....                            | 67  |
| 3.9.26 Pintura del motor y señales .....  | 70  |
| 3.9.27 Codificación de máquinas herramientas y materiales .....                       | 71  |
| 3.9.28 DIAGRAMAS DE PROCESO .....   | 73  |
| 3.10 Pruebas de funcionamiento de maqueta .....                                       | 83  |
| 3.10.1 Objetivo .....   | 83  |
| 3.10.2 Alcance.....   | 83  |
| 3.10.3 Pruebas realizadas.....  | 83  |
| MANUALES.....   | 86  |
| 3.11 Descripción de los manuales.....   | 86  |
| 3.11.1 Manual de operación .....  | 86  |
| 3.11.2 Manual de mantenimiento .....  | 86  |
| 3.11.2.1 Ventajas de un mantenimiento .....   | 87  |
| ESTUDIOS ECONÓMICOS .....   | 98  |
| 3.12 Presupuesto .....  | 98  |
| 3.13 Rubros.....  | 98  |
| 3.14 Costo primario .....   | 98  |
| 3.15 Costo secundario.....  | 100 |
| 3.16 Costo terciario .....  | 101 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 3.17 Costo total .....               | 101 |
| CAPÍTULO IV                          |     |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 102 |
| 4.1 Conclusiones.....                | 102 |
| 4.2 Recomendaciones.....             | 103 |
| GLOSARIO.....                        | 104 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....     | 105 |
| ANEXOS .....                         | 106 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Dimensiones generales del motor IAE V2500 .....  | 48  |
| Tabla 2. Dimensiones generales del soporte del motor .....  | 48  |
| Tabla 3. Ventajas y desventajas de la maqueta didactica del motor<br>turbofan en fibra de vidrio..... | 48  |
| Tabla 4. Ventajas y desventajas de la maqueta didactica del motor<br>turbofan en aluminio.....        | 49  |
| Tabla 5. Dimensiones del motor IAE V2500 Escala 1:3 .....   | 52  |
| Tabla 6. Dimensiones del núcleo del motor .....   | 62  |
| Tabla 7. Codificación de Máquinas .....   | 71  |
| Tabla 8. Codificación de Herramientas.....  | 72  |
| Tabla 9. Codificación de materiales .....   | 72  |
| Tabla 10. Especificación de construcción.....   | 73  |
| Tabla 11. Simbología del proceso .....  | 73  |
| Tabla 12. Prueba de funcionamiento con presión de aire .....  | 83  |
| Tabla 13. Codificación para los distintos manuales.....   | 87  |
| Tabla 14. Costo primario .....  | 98  |
| Tabla 15. Costo secundario.....   | 100 |
| Tabla 16. Costo terciario .....   | 101 |
| Tabla 17. Costo total .....   | 101 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Reversa del fan de un avión A320 .....                    | 6  |
| Figura 2. Ley de la inercia .....                                   | 7  |
| Figura 3. Ley del movimiento .....                                  | 7  |
| Figura 4. Ley de la acción y reacción .....                         | 8  |
| Figura 5. Fabricantes del motor IAE V2500.....                      | 9  |
| Figura 6. Números de versión del motor .....                        | 10 |
| Figura 7. Datos del motor IAE V2500.....                            | 11 |
| Figura 8. Partes principales del motor.....                         | 14 |
| Figura 9. Ducto de escape .....                                     | 15 |
| Figura 10. Enfriamiento y ventilación del motor.....                | 16 |
| Figura 11. Enfriamiento de las turbinas.....                        | 17 |
| Figura 12. Reversa tipo clamshell doors .....                       | 18 |
| Figura 13. Reversa tipo bucket door .....                           | 18 |
| Figura 14. Reversa tipo blocker doors.....                          | 19 |
| Figura 15. Reversa desplegada y guardada.....                       | 20 |
| Figura 16. Válvula de no retorno .....                              | 22 |
| Figura 17. Actuadores superiores e inferiores.....                  | 24 |
| Figura 18. Cascadas .....   | 24 |
| Figura 19. Válvula de no retorno .....                              | 26 |
| Figura 20. Palancas de control del motor .....                      | 27 |
| Figura 21. Activación de las palancas de reversa .....              | 27 |
| Figura 22. Indicación de la posición de la reversa.....             | 28 |
| Figura 23. Indicación de la posición desplegada de la reversa ..... | 28 |
| Figura 24. Fibra de vidrio.....                                     | 29 |
| Figura 25. Resina de poliéster.....                                 | 30 |
| Figura 26. Madera MDF .....   | 31 |
| Figura 27. Hoja gruesa de cartulina .....                           | 32 |
| Figura 28. Grampas de tapicería.....                                | 32 |
| Figura 29. Masilla de poliéster.....                                | 33 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 30. Papel de lija.....                             | 34 |
| Figura 31. Fondo de relleno .....                         | 34 |
| Figura 32. Masilla fina de poliéster .....                | 35 |
| Figura 33. Pintura automotriz .....                       | 36 |
| Figura 34. Tubo cuadrado de hierro .....                  | 37 |
| Figura 35. Electrodo indura 6011 .....                    | 38 |
| Figura 36. Especificación de los electrodos .....         | 38 |
| Figura 37. Taladro de mano .....                          | 39 |
| Figura 38 Grapadora de mano .....                         | 40 |
| Figura 39 Soldadura de arco.....                          | 40 |
| Figura 40. Proceso de soldadura .....                     | 41 |
| Figura 41. Pistola de pintura.....                        | 42 |
| Figura 42. Amoladora de mano .....                        | 43 |
| Figura 43. Tornillo de banco.....                         | 44 |
| Figura 44. Fresadora de madera.....                       | 44 |
| Figura 45. Protección con la fibra.....                   | 45 |
| Figura 46. Elementos de seguridad.....                    | 46 |
| Figura 47. Dimensiones motor IAE V2500 a escala 1:3 ..... | 52 |
| Figura 48. Medición del eje central.....                  | 55 |
| Figura 49. Bosquejo de los mamparos .....                 | 56 |
| Figura 50. Corte de los mamparos .....                    | 56 |
| Figura 51. Montaje de los mamparos .....                  | 57 |
| Figura 52. Enmascarado de los mamparos.....               | 58 |
| Figura 53. Aplicación de la fibra .....                   | 58 |
| Figura 54. Aplicación masilla poliéster .....             | 59 |
| Figura 55. Lijado del motor.....                          | 60 |
| Figura 56. Desmontaje de componentes internos .....       | 60 |
| Figura 57. Corte cowlings.....                            | 61 |
| Figura 58. Núcleo del motor .....                         | 62 |
| Figura 59. Medidas del núcleo del motor.....              | 62 |
| Figura 60. Montaje del núcleo del motor .....             | 63 |
| Figura 61. Montantes del motor.....                       | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 62. Soporte principal .....                             | 65 |
| Figura 63. Actuador.....                                       | 65 |
| Figura 64. Rieles superiores.....                              | 66 |
| Figura 65. Rieles inferiores.....                              | 67 |
| Figura 66. Puertas de bloqueo .....                            | 67 |
| Figura 67. Montaje de los rieles superiores e inferiores ..... | 68 |
| Figura 68. Montaje actuadores.....                             | 68 |
| Figura 69. Conexiones neumáticas .....                         | 69 |
| Figura 70. Conexiones de las puertas de bloqueo .....          | 69 |
| Figura 71. Lubricación de los rieles .....                     | 70 |
| Figura 72. Pintura del motor .....                             | 71 |



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado como maqueta didáctica a fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías. El proyecto está enmarcado en la construcción de una maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A320, por lo tanto el proyecto se desarrolla en base a información obtenida de manuales, libros e internet, indispensables para su construcción, además de su implementación en el bloque 42 de la Unidad, de gran utilidad durante las diversas clases en las que se requiera practicar. La maqueta didáctica es sencilla y manejable debido a su diseño y construcción física la cual esta hecha en fibra de vidrio y su soporte en tubo cuadrado de hierro, por lo que es necesario utilizar herramientas específicas tales como un router, amoladora y grapadora, para el proceso de construcción del sistema de reversa del motor IAE V2500. Con la construcción de estos componentes se conseguirá que el estudiante pueda realizar una práctica correcta, más completa y de esta manera tener un mejor aprendizaje en lo que se refiere al estudio del sistema de reversa de un motor IAE V2500.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **MAQUETA DIDÁCTICA**
- **SISTEMA DE REVERSA**
- **TURBOFAN**
- **MOTOR IAE V2500**
- **FIBRA DE VIDRIO**

## **ABSTRACT**

This research work is focused as a teaching model to improve the aeronautical mechanical-engine students learning, at Unidad de Gestión de Tecnologías. The project is outlined in the construction of a didactic model of the Airbus A320 turbofan engine reverse system, so the project is developed based on information from manuals, books and internet necessary for construction, in addition to its implementation in 42 building of UGT, very useful during the different kinds that require practice. The didactic model is simple and easy to use due to its design and physical construction which is made in fiberglass and its support in square iron tube, so it is necessary to use specific tools such as a router, grinder and stapler for construction process, for the IAE V2500 engine reverse system construction process. With the construction of these components, the student will perform a complete practice, and in this way they shall have better learning in regards to the study of IAE V2500 engine reverse system.

### **KEY WORDS:**

- **DIDACTIC MODEL**
- **REVERSE SYSTEM**
- **TURBOFAN**
- **IAE V2500 ENGINE**
- **FIBERGLASS**

# CAPÍTULO I

## EL TEMA

### 1.1 Antecedentes

La innovación tecnológica en el campo aeronáutico es importante ya que permite adquirir mejores conocimientos y de esta forma mejorar nuestras habilidades y destrezas en el campo aeronáutico, algo muy necesario para los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, y además conocimientos sustentables en el ámbito laboral. Debido a la relevancia de los investigadores en el campo aeronáutico se realizó el trabajo que ha proporcionado buenos resultados, como el siguiente:

- Trabajo del Tlg. Eduardo Viteri Álvarez en la Unidad de Gestión de Tecnologías sobre la implementación de un prototipo del sistema de reversa tipo hidráulico de torrente frío del avión Airbus A320 para el desarrollo práctico de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica, dicho proyecto tenía como objetivo primordial fortalecer los conocimientos impartidos por el docente en las aulas, el cual construyó una maqueta del sistema de reversa del motor IAE V2500.

Por lo mencionado y la necesidad latente en los talleres de Mecánica Aeronáutica es fundamental el desarrollo de trabajos investigativos que faciliten la optimización, y adquisición de equipo y material didáctico para el mejoramiento de los conocimientos y consiguientes aprendizajes significativos y la acreditación de la Unidad.

## 1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías fue creada para brindar servicios de carácter académico. Mismo que no cuenta con materiales didácticos suficientes que faciliten la enseñanza de la teoría y la práctica a los estudiantes de la carrera de Mecánica. Dando origen a una deficiencia práctica en la Unidad lo cual afecta en mayor parte a los estudiantes que no poseen conocimientos previos.

La Unidad al no contar con una maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan IAE V2500 del avión Airbus A320, lo que impide el buen desarrollo de prácticas así como conocer la importancia que tiene el mencionado sistema en un motor a reacción, por parte de los estudiantes de la Carrera Mecánica Mención Motores de la UGT. La carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores requiere de materiales didácticos suficientes, que faciliten a los estudiantes el trabajo práctico.

El problema que se planteó surge al revisar los materiales didácticos del sistema de reversa del motor IAE V2500 con los que no cuenta la Unidad, por lo tanto al ser certificada por la DGAC requiere que sus laboratorios cuenten con todo lo necesario para asegurar que los estudiantes, futuros tecnólogos de aviación, salgan de esta noble Institución plenamente capacitados y aptos para desempeñarse en el ámbito laboral.

Este material didáctico servirá para enseñar a los estudiantes lo importante del funcionamiento de un sistema de reversa, el cual será de mucha utilidad para los mismos y de esta forma lograr que los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica fusionen la teoría con la práctica de los conocimientos impartido en las aulas.

### **1.3 Justificación e importancia**

Debido a la importancia en el campo aeronáutico y como futuros tecnólogos, es fundamental que en los talleres de la Unidad existan equipos de instrucción, los mismos que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje. Razón por la cual la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores debe contar con maquetas didácticas necesarias que permitan impulsar el desarrollo de las habilidades y destrezas en sus estudiantes.

Además, el desarrollo de este proyecto de grado ayudará a los estudiantes a crear una cultura de cuidar y preservar los componentes de la maqueta, cumplir con las clases prácticas en su totalidad, adquirir aprendizajes significativos sustentables, mejorar el manejo de herramientas durante el proceso de mantenimiento.

El presente trabajo investigativo permitirá el desarrollo de habilidades y destrezas que satisfagan las necesidades de los estudiantes y de los organismos reguladores como la DGAC, además de beneficiar a los docentes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo mencionado es importante construir e implementar una maqueta didáctica del sistema de reversa del avión Airbus A320, en los bloques de la Unidad, para poder efectuar las prácticas correspondientes con el docente una vez terminada la teoría impartida previamente en las aulas.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Construir e implementar una maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A320, en el taller de Mecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías para mejorar el desarrollo de las prácticas de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, según el manual de las dimensiones del motor AIRBUS S.A.S.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información de manuales, libros e internet sobre el sistema de reversa del motor IAE V2500 a construir.
- Seleccionar la mejor alternativa de los materiales para construir la maqueta didáctica.
- Construcción de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor IAE V2500.
- Realizar las pruebas de funcionamiento correspondiente a la maqueta didáctica.
- Elaborar manuales de operación y mantenimiento de la maqueta didáctica.

### **1.5 Alcance**

Al determinar el gran vacío que deja la falta de materiales didácticos en la Unidad, por lo que el presente proyecto de grado será de gran beneficio puesto que se basa en la construcción de una maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A320, el mismo que se implementara en el taller de hidráulica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, además de ayudar al desarrollo de la clase práctica beneficiando a los estudiantes y docentes de la Carrera Mecánica Mención Motores de la Unidad; y a la vez, mantener la certificación de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción

El presente Capítulo contiene la información introductoria de los materiales usados en la construcción del sistema de reversa del motor IAE V2500 del avión A320, dando a conocer todas sus especificaciones y características para el desarrollo del proyecto.

Se conoce como empuje de reversa<sup>1</sup> a la desviación temporal de la salida de un reactor de modo que los gases de escape sean expulsados en otra dirección distinta a la del avión. La desaceleración resultante actúa contra el avance de la aeronave, frenándola. Este sistema es empleado por muchos aviones de reacción para facilitar la frenada justo después de tocar tierra, reduciendo el esfuerzo de los frenos y permitiendo al avión operar en aeropuertos de pistas más cortas.

Sin embargo, las normas dictan que un avión debe ser capaz de aterrizar en una pista sin el uso del sistema para que sea certificado como operativo en ella.

El uso del empuje inverso es fácilmente identificable por un repentino aumento del ruido de los motores justo antes de aterrizar. Los inversores son claramente visibles en la parte trasera de los motores durante su uso.

Hay varias formas de invertir el empuje de un motor a reacción. La ilustración muestra un inversor de tipo BLOCKER DOORS, donde todo el flujo de aire es invertido. El empuje inverso se activa normalmente mediante varios

---

<sup>1</sup> (Terminología Aeronáutica, 2008)

juegos de actuadores (cuatro por motor) alzadas después de que el acelerador haya sido puesto en punto muerto.



**Figura 1.** Reversa del fan de un avión A320

**Fuente:** ([http://en.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A320](http://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320), 2015)

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Leyes de Newton aplicadas en la aviación**

#### **2.2.1.1 Ley de inercia**

Todo cuerpo permanece en el estado original en el que se encuentra, si está en reposo permanecerá en reposo, y si está en movimiento, tiende a seguir moviéndose de la misma manera, hasta que actúe una fuerza externa que intente sacar de este estado de inercia al cuerpo.

En el caso de un avión, si un pasajero no mantiene abrochado su cinturón de seguridad, durante un estado de turbulencia; el pasajero puede golpearse con el techo o con el suelo. Lo mismo ocurre en el momento de maniobras o al frenar el avión en la pista.





**Figura 2.** Ley de la inercia

**Fuente:** ([http://profefeito.blogspot.com/2014\\_03\\_01\\_archive.html](http://profefeito.blogspot.com/2014_03_01_archive.html), 2015)

### 2.2.1.2 Ley de movimiento

Esta ley establece que si sobre un cuerpo se aplica una fuerza externa, éste acelerará en la misma dirección y sentido de esta fuerza y en una magnitud proporcional a su masa y a la fuerza aplicada. La segunda Ley de Newton también nos dice que si la fuerza es del doble, el valor de la aceleración que adquiere el cuerpo también aumentará al doble. Por esto es que, con viento de cola la aeronave consumirá menos tiempo y combustible para trasladarse de un punto a otro.



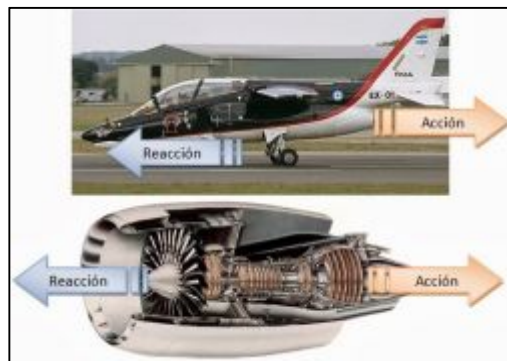
**Figura 3.** Ley del movimiento

**Fuente:** ([http://profefeito.blogspot.com/2014\\_03\\_01\\_archive.html](http://profefeito.blogspot.com/2014_03_01_archive.html), 2015)

### 2.2.1.3 Ley de la acción y reacción

Los frenos de los aviones modernos son muy poderosos y eficientes, pero en una pista congelada, o muy mojada, esta efectividad se ve reducida por la pérdida de adherencia entre la goma y el asfalto, por lo que es necesario usar otro sistema adicional. Éste método es diferente si el avión es de reacción o si es de hélice.

Si el avión es de reacción, el método más idóneo es el de revertir la dirección del chorro de gases. Recordar que un motor de reacción funciona acelerando un chorro de gases hacia atrás (acción), con lo que el avión sale impulsado hacia delante (reacción). Pero también puede ocurrir lo contrario cuando se activa el sistema de reversa la acción y la reacción cambian de sentido obligando a reducir la velocidad del avión.



**Figura 4.** Ley de la acción y reacción

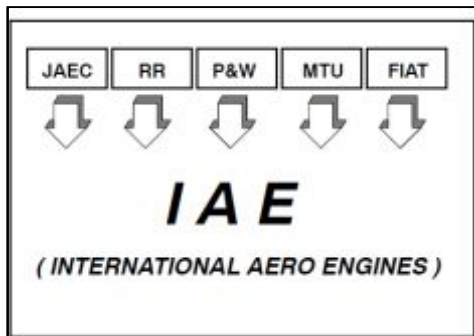
**Fuente:** ([http://profefeito.blogspot.com/2014\\_03\\_01\\_archive.html](http://profefeito.blogspot.com/2014_03_01_archive.html), 2015)

### 2.2.2 Planta de poder V2500

Es producido por la corporación International Aero Engines (IAE). Esta corporación se compone de las siguientes compañías:

- JAEC (Japanese Aero Engines Corporation )
- Rolls Royce
- Pratt & Whitney

- MTU ( Motoren & Turbinen Union )
- Fiat Avio



**Figura 5.** Fabricantes del motor IAE V2500

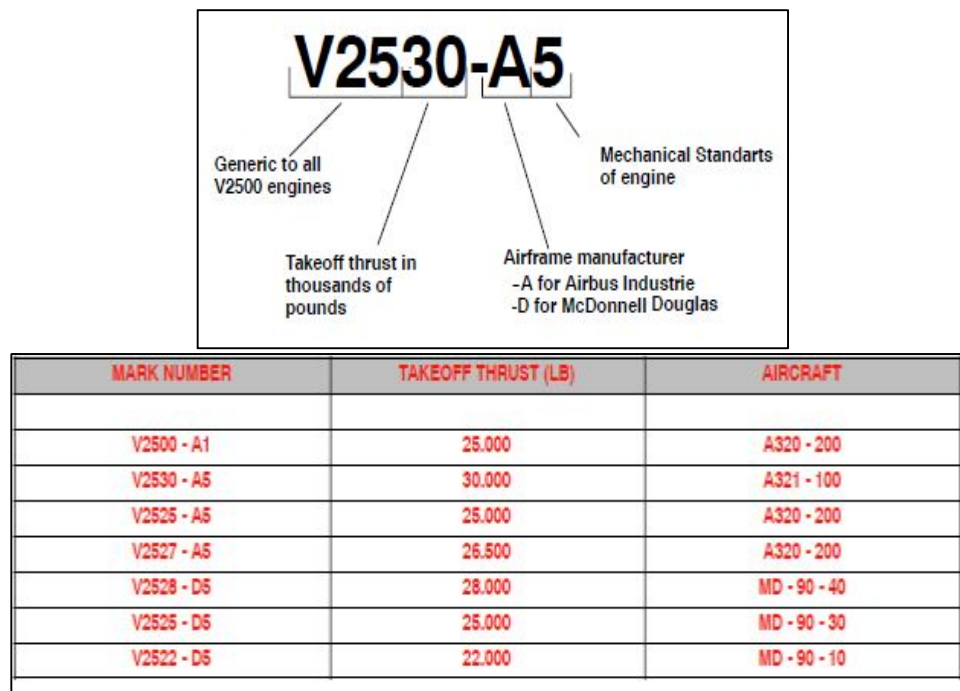
**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

### 2.2.2.1 Números de versión de motor

Para una fácil identificación de las variantes presentes y futuras del V2500, international Aero Engines introdujo un nuevo sistema de designación de motores.

- Todos los motores retendrán **V2500** como su nombre genérico.
- Los tres primeros caracteres de la designación completa son **V25**, identificando cada motor como un **V2500**.

Las dos cifras siguientes indican la rated sea--level takeoff thrust (empuje nominal de despegue a nivel del mar) del motor. La siguiente letra indica el fabricante de la aeronave. La última cifra representa el estándar mecánico del motor.



**Figura 6.** Números de versión del motor

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

### 2.2.3 Motor IAE V2500

El motor V2530-A5 es un motor turbofan de alto bypass ratio (razón de bypass), de flujo axial y dos ejes.

80% del empuje es producido por el fan.

20% del empuje es producido por el núcleo del motor.

Su sistema de compresión cuenta con un fan de etapa única, un compresor de baja de cuatro etapas, y un compresor de presión de diez etapas.

El compresor LP consta de 4 etapas (Baja Presión) es impulsado por una turbina de baja presión de cinco etapas y el compresor HP (Alta Presión) por una turbina de alta presión de dos etapas.

La turbina HP también impulsa una caja de engranajes que, a su vez, impulsa los accesorios montados en el motor y la aeronave.

Los dos ejes están apoyados en cinco rodamientos principales.

El V2500 incorpora un Electronic Engine Control (EEC) (Control Electrónico de Motor) digital de autoridad total.

| <u>DATOS DE IAE V2530-A5</u> |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| Diámetro del fan:            | 63.5 in (161 cm)                   |
| Largo del motor descubierto: | 126 in (320 cm)                    |
| Peso:                        | 4942 lbs (2242 KG)                 |
| Empuje de despegue:          | 30,000 lb, flat rated a +30 deg. C |
| By-pass ratio :              | 5.44: 1                            |
| Razón General de Presión:    | 31.9:1                             |
| Flujo de Masa lbs/s :        | 856 lbs                            |
| N1:                          | 100% (5650 RPM)                    |
| N2:                          | 100% (14950 RPM)                   |
| EGT (Despegue)               | 650 deg. C                         |
| EGT (Arranque)               | 635 deg. C                         |
| EGT (Ascenso/Continuo Max)   | 610 deg.C                          |

**Figura 7.** Datos del motor IAE V2500

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

## 2.2.4 Componentes principales del motor IAE V2500

### 2.2.4.1 Fan (ventilador) N. 31

Situado al frente del motor. Es dónde se inicia la propulsión. Le atraviesa un flujo de aire que se divide en dos corrientes: la primaria y la secundaria. La corriente primaria atraviesa el motor a través de los compresores, cámaras y turbinas mientras que el aire secundario solo rodea al motor.

Consiste de un:

- Ventilador (Fan), de cuerda ancha y de etapa única
- 22 blades huecos de titanio
- 22 espaciadores con forma circular,
- Anillos retenedores para los blades delanteros y traseros

#### **2.2.4.2 Carcasa intermedia N. 32**

El flujo de aire primario pasa a través de diversas etapas del compresor que giran en el mismo sentido del Fan. Se suelen utilizar compresores de alta y de baja presión en distintos ejes. La función de estos compresores es aumentar de modo significativo la presión y la temperatura del aire.

Consiste en la carcasa de contención del fan, los EGV (álabes guía de salida) del fan y el compresor de baja.

El reforzador del fan está constituido por el compresor de baja LP de flujo axial de cuatro etapas.

#### **2.2.4.3 Compresor de alta presión N.40**

El compresor de alta presión es el encargado de elevar aún más la presión y temperatura del aire antes de pasar a las cámaras de combustión.

El compresor HP es un módulo de flujo axial de diez etapas. Se compone del conjunto rotor de tambor, el case delantero alberga los (álabes estatores) variables en las etapas 3, 4 y 5 y el case trasero contiene los estatores fijos.

Está empernado al case intermedio (N. 32) en la parte delantera y al case exterior en la parte trasera.

#### **2.2.4.4 Sección de combustión y Difusores N. 40, 41**

Una vez terminada la etapa de compresión, el aire sale con una presión treinta veces superior de la que tenía en la entrada y a una temperatura elevada. Este aire pasa a través de la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y se quema, alcanzando una temperatura superior a los 1100 °C.

La sección de combustión incluye la sección del difusor, los liners internos y externos de combustión, y el conjunto del rodamiento No 4.

#### **2.2.4.4.1 Case del Difusor**

La sección del difusor es una pieza estructural primaria de la sección de combustión. La sección del difusor tiene 20 superficies de montaje para la instalación de los inyectores de combustible y 20 cámaras de combustión. También tiene dos superficies de montaje para las 2 bujías.

#### **2.2.4.5 Turbina de alta presión N. 45**

El aire caliente que sale de la cámara, pasa a través de los álabes de la turbina, haciendo girar el eje que mueve al compresor de alta presión y este compresor mueve a la gear box a través de un eje.

La turbina de alta presión es una turbina de dos etapas e impulsa al compresor HP y la accessory gearbox.

##### **2.2.4.5.1 Sistema “Make--up” Air**

El make up air descarga aire en el área alrededor del case del rodamiento No 4 y complementa los flujos normales de aire en esta área y aumenta el flujo de enfriamiento que pasa a la 2ª etapa de turbina HP.

El aire de enfriamiento usado es tomado desde el manifold de la 10ª etapa, y es controlado por una válvula de dos posiciones operada neumáticamente. La posición de la válvula es controlada por la E.E.C.

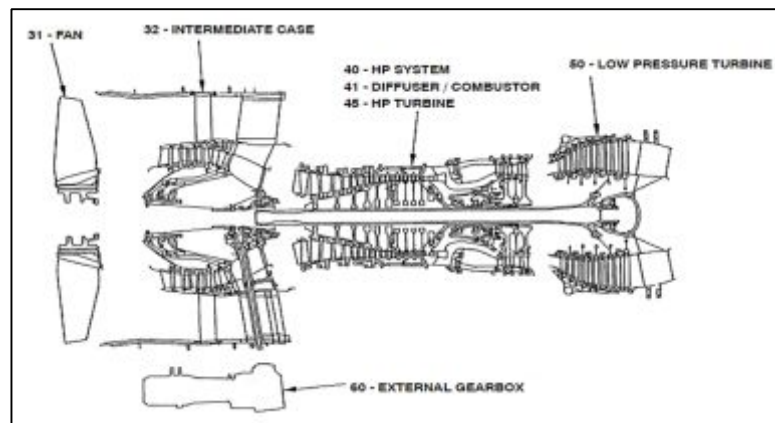
#### **2.2.4.6 Turbina de baja presión N. 50**

La turbina de baja presión es está compuesto por cinco etapas. El cual da movimiento al compresor de baja y al fan a través de un eje el cual une todos estos componentes.

#### **2.2.4.7 Caja de accesorios N.60**

El conjunto de la caja de engranajes de aluminio fundido transmite potencia desde el motor para proporcionar impulsos para los accesorios montados en las caras delanteras y traseras de la caja de engranajes.

Durante el arranque del motor la caja de engranajes también transmite potencia desde el motor de arranque neumático hacia el motor. La Gearbox también proporciona un hand cranking (movimiento manual con una manivela) para el rotor HP (N2) para operaciones de mantenimiento.



**Figura 8.** Partes principales del motor

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

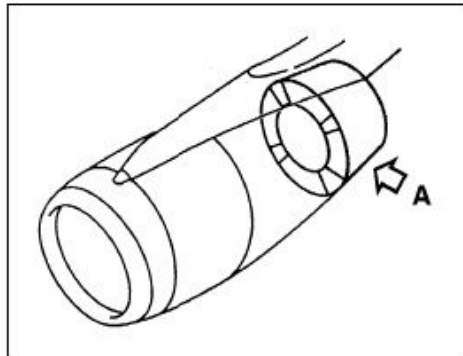
#### 2.2.4.8 Sección de escape

El sistema de escape combinado recoge dos flujos de aire. El primero es el flujo de aire frío, que es el aire bypass del fan y el segundo es el flujo de aire caliente, que viene del motor. El sistema de escape combinado está compuesto del common nozzle assembly y el cono del escape del motor.

El colector común del escape admite los flujos de gas caliente y frío. Estos flujos de gas luego salen hacia la atmósfera a través de la boquilla común. La boquilla forma un conducto convergente que aumenta la velocidad del gas para dar empuje hacia adelante.

El cono del escape del motor forma el contorno interno del colector del escape de la boquilla común. Está hecho de un panel perforado de honeycomb para atenuación de sonido.





**Figura 9.** Ducto de escape

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

### **2.2.4.9 Aire del motor**

El sistema de aire en el motor tiene como objetivo lo siguiente:

- Enfriamiento y ventilación de los accesorios de la Nacela
- Enfriamiento de la Turbina de alta y baja presión

#### **2.2.4.9.1 Enfriamiento y ventilación de los accesorios de la Nacela**

La ventilación es proporcionada para la Zona 1 del compartimiento del fan y para la Zona 2 del compartimiento de carcasa:

- Evitar el sobrecalentamiento de accesorios y componentes
- Evitar la acumulación de vapores inflamables.

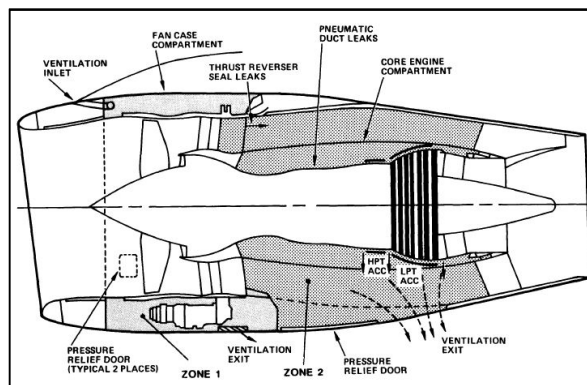
#### **Ventilación de la Zona 1**

El aire entra a la zona a través de una entrada ubicada en el lado izquierdo superior de la capota de entrada de aire.

El aire circula a través del compartimiento del fan y sale por el escape ubicado en la línea central trasera inferior de las puertas de la capota del fan.

## Ventilación de la Zona 2

La ventilación de la Zona 2 es proporcionada por aire que escapa desde el sistema de active clearance control (A.C.C.) (Control de Tolerancia Activa) alrededor del área de turbinas. El aire circula a través del compartimiento core y sale a través de la bifurcación inferior de los ductos "C".



**Figura 10.** Enfriamiento y ventilación del motor

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

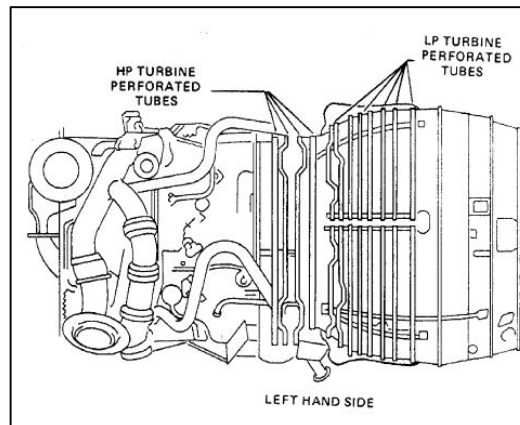
### 2.2.4.10 Enfriamiento de la Turbina de alta y baja presión

#### 2.2.4.10.1 Manifold de la Turbina HP

El conjunto consiste de tubos izquierdo y derecho que son insertados en el manifold. Orificios de salida de aire en la cara interior de los tubos dirigen el aire hacia el case de la turbina HP.

#### 2.2.4.10.2 Manifold de la Turbina LP

El conjunto consiste de tubos superiores e inferiores con manifolds integrales. Ambos extremos de los tubos de enfriamiento están sellados. Orificios de salida de aire en las superficies interiores dirigen el aire hacia la carcasa de la turbina de baja.



**Figura 11.** Enfriamiento de las turbinas

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

## 2.2.5 Sistema de reversa

### 2.2.5.1 Objetivos

El principal objetivo es cambiar la dirección del empuje para:

- Reducir distancias de aterrizaje.
- Permitir aterrizajes seguros en pistas contaminadas o en condiciones de viento cruzado.
- Reducir la distancia de aceleración-parada.

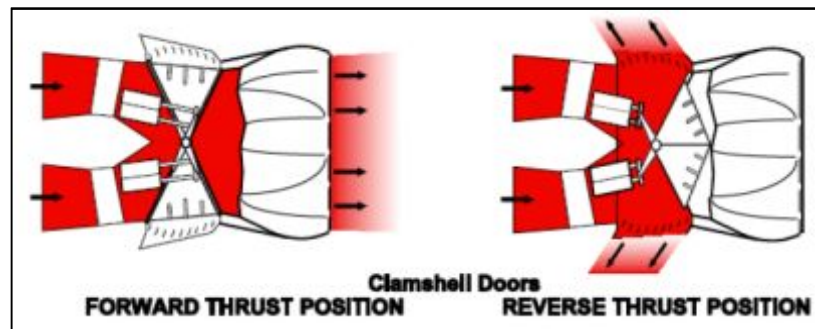
Nota: algunas aeronaves pueden permitir el uso de la reversa para hacer el retroceso (con mucho cuidado, porque puede provocar daños en el motor).

### 2.2.5.2 Tipos

#### 2.2.5.2.1 Clamshell Doors

Compuertas que cuando están cerradas el aire fluye a través del motor, si se abren, hace que el flujo se desvíe unos 90°, saldría en vertical, pero hay unos álabes guía (cascade vanes) para que de 90° giren justo a la dirección opuesta a la del avión para producir un freno efectivo.

Aproximadamente, el 50% del empuje de despegue puede utilizarse como reversa. Las compuertas se abren por presión neumática procedente del compresor de alta (N2). Este aire a presión mueve las compuertas desde la posición de vuelo recto (stowed position) hasta la posición de reversa (deployed position).



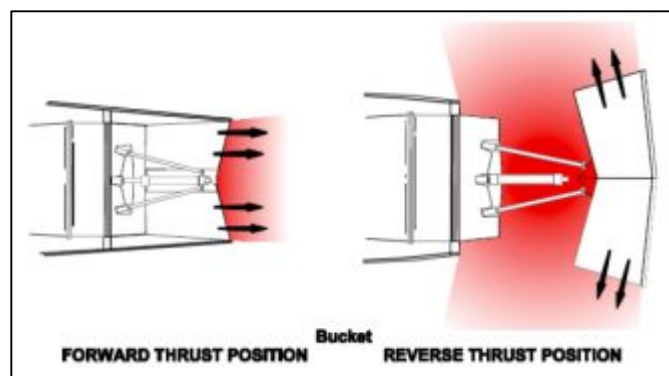
**Figura 12.** Reversa tipo clamshell doors

Fuente: (NOTES ON POWERPLANT, 2011)

#### 2.2.5.2.2 Bucket doors

Operadas hidráulicamente. La parte del final de la tobera se despliega en dos mitades que se unen verticalmente. Es muy característico de los turbojets.

Por ejemplo: B737-200, MD80 o Fokker 100.



**Figura 13.** Reversa tipo bucket door

Fuente: (NOTES ON POWERPLANT, 2011)

### 2.2.5.2.3 Blocker doors

En este caso se utiliza el flujo secundario (aire frío) para revertir el empuje. Es por este motivo que este tipo de reversa se llama **COLD STREAM REVERSER**.

Solo se usan en motores con alto índice de derivación. Hay álabes guía (cascade vanes) que en la posición de replegadas están escondidas debajo las puertas. Cuando se abren las compuertas, estos álabes guía dirigen parte del flujo secundario hacia el exterior, para crear el empuje inverso.

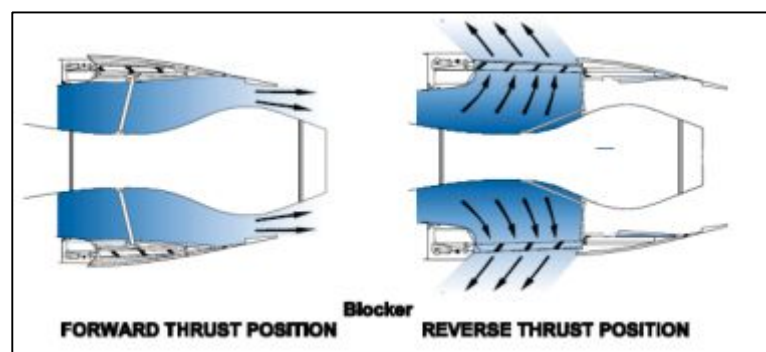


Figura 14. Reversa tipo blocker doors

Fuente: (NOTES ON POWERPLANT, 2011)

### 2.2.6 Reversa del motor IAE V2500 tipo blocker doors

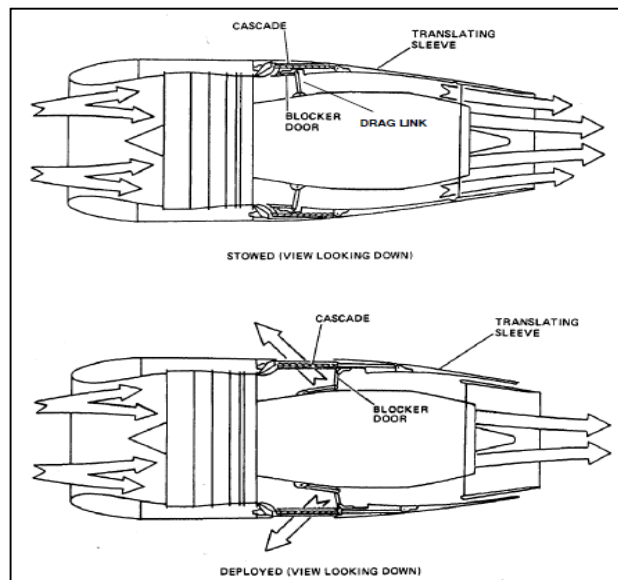
La thrust reverser comprende un conjunto interno fijo y uno externo móvil (de traslación). La capota de traslación es movida por cuatro actuadores operados hidráulicamente los cuales son presurizados por las bombas montadas en cada motor.

El aire es descargado a través de cascadas.

La reversa está controlada a través del sistema FADEC desde el cockpit por una palanca abisagrada a la palanca de control de throttle correspondiente.

### El Sistema de reversa comprende:

- Un HCU (Hydraulic control unit) unidad de control hidráulica
- Cuatro actuadores con seguro interno para los actuadores inferiores
- Tres ejes flexibles
- Dos transformadores diferenciales variables lineales ubicados en cada actuador superior
- Dos switches de proximidad ubicados a cada lado del actuador inferior
- Cascadas



**Figura 15.** Reversa desplegada y guardada

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

#### 2.2.6.1 Unidad de control hidráulico (HCU) (Anexo A)

La unidad de control hidráulico controla el flujo de fluido hidráulico a los actuadores de la reversa. Señales de control y feedback son intercambiadas con el EEC. La HCU está montada en el pilón sobre la línea central del motor, justo delante del ducto C y es accesible desde el lado izquierdo.

**La unidad de control hidráulico incluye los siguientes ítems:**

- Válvula de aislamiento (Isolation valve)
- Válvula de control direccional (Directional control valve)
- Interruptor de presión (Pressure switch)
- Indicador del filtro y obstrucción
- Palanca de bloque manual

**2.2.6.2 Isolation Valve**

El solenoide de la isolation valve es un solenoide de válvula de bobina doble conectado a ambos canales del EEC. La isolation valve está en la posición cerrada mientras el reversor está en la posición de guardado para el empuje del motor.

Al momento de la actuación del sistema de reversa, el solenoide de la isolation valve es energizado y la isolation valve es abierta.

**2.2.6.3 Directional Control Valve**

La directional control valve es operada por un solenoide el cual dirige el fluido hidráulico de alta presión a los actuadores para guardar o desplegar el cowling. El solenoide de la directional control valve es energizado cuando el comando de despliegue es dado y proporciona fluido hidráulico a presión de suministro de bomba hidráulica a ambos extremos del actuador a través de la directional control valve para iniciar el despliegue de la reversa.

**2.2.6.4 Switch de Presión**

El switch de presión proporciona señales al EEC para indicar cuando hay presión hidráulica en la válvula de aislamiento. El switch de presión es cerrado a presiones entre 798 y 1450 psi y es abierto a una presión mínima de 798 psi.

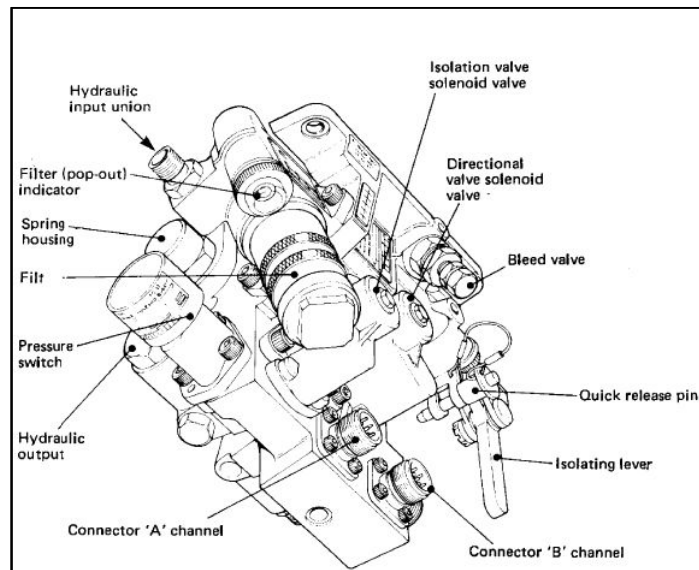
### 2.2.6.5 Indicador del Filtro y Obstrucción

El filtro del HCU es usado para filtrar el suministro de fluido desde el sistema hidráulico de la aeronave. El filtro es del tipo de flujo directo. El indicador de obstrucción monitorea pérdida de presión a través del filtro y cuenta con un indicador pop out para señalar cuando es necesario reemplazar el elemento filtrante.

### 2.2.6.6 Palanca de bloqueo Manual

Con la palanca de bloqueo manual es posible cortar el suministro hidráulico a la reversa, al cerrar la válvula de aislación en la HCU. La palanca puede ser asegurada en la posición de bloqueo con un pin.

Esto debe ser siempre hecho cuando se trabaja en el sistema de reversa.



**Figura 16.** Válvula de no retorno

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)



## **2.2.7 Componentes del sistema de actuación hidráulica**

### **2.2.7.1 Actuadores Hidráulicos**

La base del actuador está fijada a un anillo de torque y el extremo del pistón está fijado a la manga de traslación. A medida que la presión hidráulica aumenta en el actuador el pistón se extiende. Esto mueve el cowling hacia atrás a la posición de despliegue. En el modo de repliegue, el pistón se repliega, lo que mueve el cowling de vuelta a la posición de almacenamiento.

- Los actuadores superiores (2) tienen LVDT interno.
- Los actuadores inferiores (2) tienen una manija de desbloqueo manual y proximity switches.

### **2.2.7.2 Actuadores superiores**

Los actuadores superiores incorporan un (LVDT) Transformador Direccional Variable Lineal, integral para indicar la posición del pistón, y así trasladar la posición del cowling al EEC.

### **2.2.7.3 Actuadores inferiores**

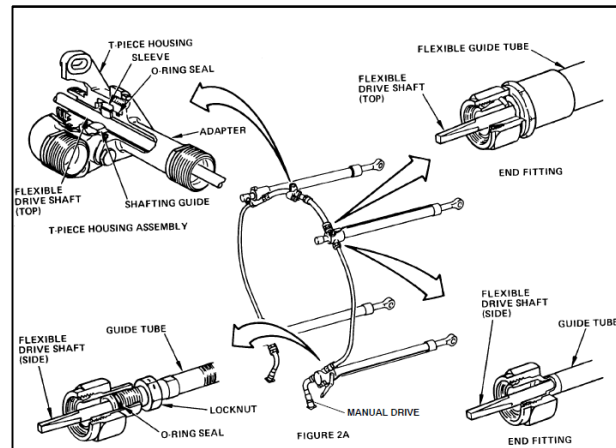
Los actuadores inferiores incorporan un mecanismo de bloqueo integral el cual mantiene el pistón en la posición de guardado completo.

Todos los actuadores usan amortiguación hidráulica al final del recorrido de despliegue para desacelerar los actuadores hacia el final del recorrido de despliegue.

### **2.2.7.4 Ejes Flexibles**

Tres ejes flexibles conectan los cuatro actuadores juntos para sincronizar la velocidad con la cual los actuadores operan a cada lado del motor.

Esta sincronización mantiene la parte inferior y superior de la reversa recorriendo a la misma velocidad de modo que reversa no se incline o atasque. La sincronización también mantiene las dos reversas moviéndose juntas de modo que la presión inversa en el flujo de aire secundario sea igual a ambos lados del motor.

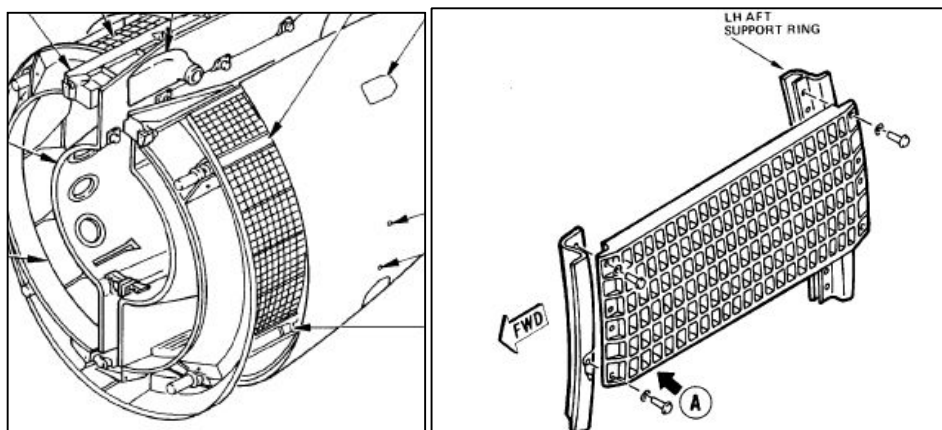


**Figura 17.** Actuadores superiores e inferiores

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

### 2.2.8 Cascadas (anexo C)

Hay 16 cascadas instaladas. Las cascadas no son intercambiables.



**Figura 18.** Cascadas

**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

## **2.2.9 Descripción del sistema de reversa**

### **2.2.9.1 General**

La reversa es actuada en respuesta a las señales desde el Engine Electronic Control (EEC). La selección para guardar o desplegar desde el cockpit genera una señal al EEC del motor el que a su vez suministra señales a la unidad de control hidráulico (HCU) del thrust reverser.

### **2.2.9.2 Despliegue de la reversa**

El despliegue de la reversa es iniciado por movimiento hacia atrás de la palanca reversora la cual ingresa una señal al EEC. El EEC suministra una señal de 28 volts a la válvula de aislación y a los solenoides de la válvula de control direccional montados en la HCU.

El suministro de señal al solenoide de la válvula de control direccional es dependiente también de si la aeronave está en tierra (peso sobre ruedas) y del cierre del switch de permisión en esa línea. Este switch es cerrado por la posición de la Palanca del Acelerador por medio del computador y la energización de la unidad de Interface del Motor y el solenoide de la válvula de control direccional permiten presión hidráulica dentro del sistema. Este evento es informado al EEC por el switch de presión montado en la HCU.

Presión en los actuadores inferiores libera los seguros y estos eventos son señalados al EEC por los Proximity Switch. A medida que los pistones se mueven hacia atrás para desplegar el reversor, los actuadores superiores monitorean el movimiento e informan al EEC cuando la manga de traslación es desplegada completamente.

### **2.2.9.3 Guardado de la reversa**

El guardado de la reversa es iniciado por el movimiento de las palancas hacia adelante las cuales señalan esta intención al EEC. La señal al solenoide de la válvula de control direccional es cancelada por el EEC y el

permission switch, permitiendo a la presión permanecer sólo en el lado de guardado de los actuadores.

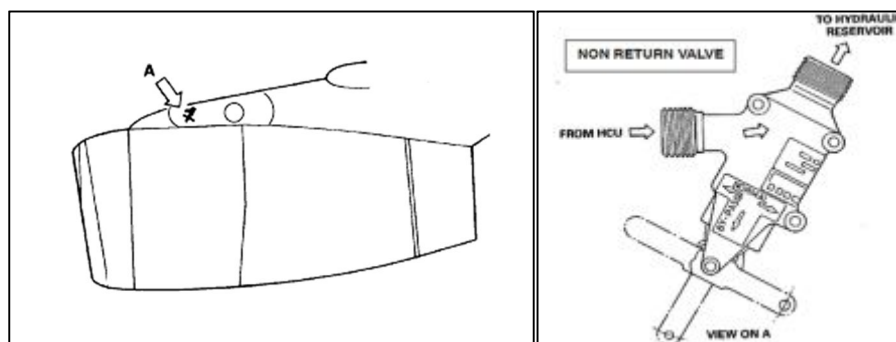
Los pistones luego se mueven hacia adelante hasta que el guardado este completo y los seguros del actuador inferior estén enganchados, después de lo cual el solenoide de la isolation valve es desenergizado y el reversor es asegurado en el modo de empuje hacia adelante.

## 2.2.10 Despliegue manual de la reversa

### 2.2.10.1 Válvula de no retorno

Durante el despliegue manual la válvula de no retorno debe estar colocada en la posición de bypass para permitir al fluido hidráulico de los actuadores devolverse a la línea de retorno.

El acceso a la válvula de no retorno es obtenido sacando el panel de acceso al pilón en el lado izquierdo.



**Figura 19.** Válvula de no retorno

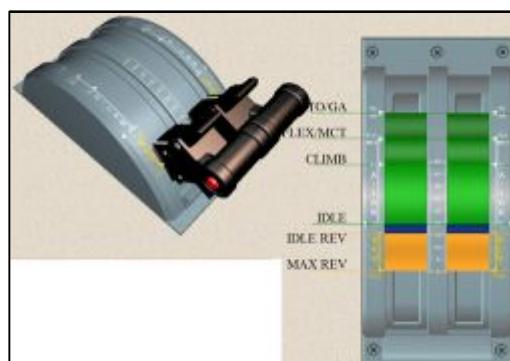
**Fuente:** (LUFTHANSA LAN, 1999)

### 2.2.11 Palancas de control del motor

Las palancas de potencia poseen seis detents:

- IDLE
- CL para maxima potencia de ascenso

- FLEX/MCT un detent para dos funciones:  
     FLEX es usado para reducir la potencia en un despegue.  
     MCT para potencia continua maxima, es usada para operaciones simples del motor.
- TO/GA para maximo en despegue o potencia en tierra.
- IDLE REV para potencia minima cuandola reversa es selectada.
- MAX REV para maxima potencia en reversa.



**Figura 20.** Palancas de control del motor

**Fuente:** (Entrenamiento técnico del personal en tierra, 2015)

### 2.2.11.1 Activación de las palancas de reversa

Después de contacto con tierra, la reversa es inmediatamente activada para ayudar en la desaceleración de la aeronave moviendo la palanca de aceleración a la posición IDLE.



**Figura 21.** Activación de las palancas de reversa

**Fuente:** (Entrenamiento técnico del personal en tierra, 2015)

A continuación se activara las palancas de reversa y se movera la thrus lever de la posición REVERSE IDLE a FULL REVERSE y en el indicador de EPR, aparecerá una indicación de REV en color ámbar indicando que la reversa ha sido desbloqueada y está en transición.



**Figura 22.** Indicación de la posición de la reversa

**Fuente:** (Entrenamiento técnico del personal en tierra, 2015)

Pero cuando la reversa está totalmente desplegada, la indicación REV en el EPR cambia de color ámbar a verde.



**Figura 23.** Indicación de la posición desplegada de la reversa

**Fuente:** (Entrenamiento técnico del personal en tierra, 2015)

### 2.3 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material el cual posee un gran cantidad de fibras considerablemente finas.

Si se transforma el vidrio en finas fibras, su tensión de rotura aumenta considerablemente. La fabricación de fibra para el uso en plástico reforzado, se emplea el vidrio tipo "E", el cual es un vidrio especial, con escaso contenido de álcalis.

Se fabrican diferentes tipos de refuerzo en fibra de vidrio, según las exigencias, en cuanto al diseño y al proceso de transformación a emplear.



**Figura 24.** Fibra de vidrio

**Fuente:** (<http://fibra/de/vidrio.com>, 2015)

### 2.4 Resina

La más empleada en el mercado por su costo y calidad es la resina de poliéster. Este compuesto se obtiene al combinar ácido polibásico con glicoles. En las diferentes proporciones entre ellas y al combinarlas con otros compuestos, surgen otros tipos de resina diferente uno de otro.

En su etapa inicial, la resina es sólida y para concederle sus propiedades de polimerización, se deben disolver para obtener un líquido espeso. Las resinas pasan del estado líquido al sólido, al combinarlo con el poliéster, con

el aporte de un iniciador activo llamado catalizador y en combinación con otro producto químico denominado acelerador o mediante el aporte de calor.



**Figura 25.** Resina de poliéster

**Fuente:** (<https://www.google.com.ec/search?q=resina+de+poliester>, 2015)

## **2.5 Madera MDF**

La madera MDF (medium density fiberboard) que en español significa “fibra vulcanizada de densidad media”. Esta madera está compuesta por pedazos de fibra de madera aglomerado con pegamento, resina, presión y calor. El MDF es muy utilizado para la elaboración de muchos objetos para almacenar y pisos.

### **2.5.1 Identificación**

El MDF se caracteriza por tener una superficie suave para elaborar armarios o depósitos, la cual se la puede pintar con pinturas a base de aceite o agua.

### **2.5.2 Beneficios**

Este tipo de madera no tiene granos. Por lo tanto los fabricantes de productos de madera pueden cortarla en cualquier dirección, muy beneficioso con relación a otros tipos de madera que deben ser cortados a lo largo del grano.



Otro beneficio es que esta madera no tiene nudos, y los fabricantes pueden hacer hoyos en cualquier parte de la madera.



**Figura 26.** Madera MDF

**Fuente:** ([http://es.wikipedia.org/wiki/Tablero\\_de\\_fibra\\_de\\_densidad\\_media](http://es.wikipedia.org/wiki/Tablero_de_fibra_de_densidad_media), 2015)

## 2.6 Cartulina gruesa

Este tipo de cartulina se caracteriza por ser un papel generalmente grueso y más resistente que un papel normal, que se utiliza para la escritura o impresión, pero es mucho más flexible y liviano a la vez que otros tipos de cartón.

El grosor del papel se describe normalmente en gramos por metro cuadrado llamado gramaje<sup>2</sup>. Los materiales para la elaboración de la cartulina gruesa se obtienen de la celulosa cruda o blanqueada, de la pulpa mecánica o del papel reciclado.

La cartulina gruesa tiene generalmente una textura mate, pero puede ser rugosa o brillante.

---

<sup>2</sup> (<http://es.wikipedia.org/wiki/Gramaje>, 2015)



**Figura 27.** Hoja gruesa de cartulina

**Fuente:** (<http://es.opitec.com/opitec-web/articleNumber/408370>, 2015)

## 2.7 Grapas de tapicería Stanley

En la antigüedad las grapas eran fabricadas en hierro las cuales eran más económicas y el resto se fabricaban en bronce. Pero el bronce era el material más acogido porque, además de ser más duradero, no se oxida como el hierro.

Las grapas son generalmente piezas de hierro u otro metal, con sus dos extremos doblados y afilados, que se clavan para unir y sujetar papeles, tablas u otros materiales.



**Figura 28.** Grapas de tapicería

**Fuente:** (<http://es.wikipedia.org/wiki/Grampa>, 2015)

## 2.8 Masilla de poliéster

Tiene como objetivo principal corregir las irregularidades que se originan después de trabajar con fibra de vidrio. Las principales masillas que se utilizan en carrocerías están elaboradas por resinas de poliéster a esta se le añade un catalizador el cual acelera el endurecimiento y secado.

La masilla poliéster de relleno se la aplica con una espátula, suele ser multifunción para una mejor adherencia sobre superficies metálicas, fibras, etc.



**Figura 29.** Masilla de poliéster

**Fuente:** (<http://www.google.com.ec-Poliester-Blanca>, 2015)

## 2.9 Papel de lija

El papel de lija o simplemente lija, es una herramienta que consiste básicamente de un papel sobre el cual es adhiere un material abrasivo, como puede ser vidrio o esmeril.

Se utiliza para desbastar las superficies de los materiales y dejar sus caras lisas, a modo de preparación para pintar o barnizar. También se la puede utilizar para pulir, hasta eliminar ciertas capas del material o en algunos casos para obtener una superficie áspera en la elaboración de encolado (adhesivos).



**Figura 30.** Papel de lija

**Fuente:** (<http://www.la-ferreteria.es/tela-esmeril-lija-hierro-ratio-p-7301.html>, 2015)

### **2.10 Fondo de relleno automotriz**

Este es un producto fabricado a base de resinas acrílicas con un alto poder de relleno, de fácil lijado y con elevada adherencia a las superficies. Este fondo rellena la superficie áspera después del proceso de lijado en trabajos de masilla al poliéster.

Mejora la adherencia de la pintura al material en proceso de pintura.



**Figura 31.** Fondo de relleno

**Fuente:** (<http://pc.dupont.com/dpc/en/US//>, 2015)

### **2.11 Masilla fina de poliéster**

La masilla fina de poliéster se utiliza para proveer a la superficie de una perfecta planitud. También se emplea para rellenar pequeñas grietas, fisuras e imperfecciones que pueda tener la superficie.

Este compuesto tiene como finalidad rellenar y reparar, la cual tras su posterior lijado se obtenga una superficie plana y estéticamente correcta. La masilla no tiene ninguna función protectora o que mejore las propiedades de la superficie, su única función es nivelar y restaurar pequeñas superficies.

La masilla fina especialmente utilizada para tapar poros que deja la masilla standard.



**Figura 32.** Masilla fina de poliéster

**Fuente:** (<https://www.baulofertas.com>, 2015)

## 2.12 Pintura

La pintura es un producto ya sea este líquido o en polvo, que al aplicarlo sobre una superficie limpia en capas finas, al cabo de un tiempo se transforma en una película sólida, de tal forma que protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado.

### 2.12.1 Tipos de pintura automotriz

- **Acrílicas (AC)**

Su principal característica es que su secado es rápido, de fácil manipulación y otorga un acabado en semibrillo. El tiempo de secado para manipularlo es de 30 min a 1 hr y el secado estará completo en un día

- **Poliuretano (PU)**

Esta pintura requiere de un diluyente poliuretano para su uso y un catalizador para su secado. El secado puede variar dependiendo de la cantidad de catalizador que se agrega. De 1 a 2 hrs para manipularlo y

de 1 a 2 días para secado completo. Esta pintura otorga un acabado brillante.

- **Poliéster (Base)**

Pintura conocida más como “Base” es derivada del poliuretano. Es de sacado muy rápido para fácil manipulación, la cual le otorga un acabado opaco por lo tanto es necesario el uso de un barniz para dar brillo.

El tiempo de secado es de 10 a 30 min y el secado final 12 hr.



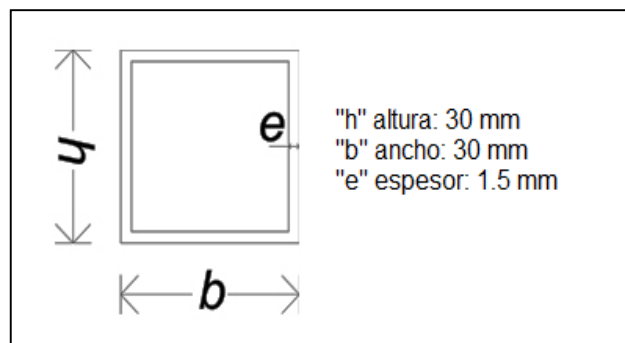
**Figura 33.** Pintura automotriz

**Fuente:** (<http://www.pintulac.com.ec/pinturas/detalle.php?i=U9074-GL>, 2015)

### 2.13 Tubo de hierro cuadrado

Los tubos de hierro cuadrado se los fabrica poniendo la colada en un molde o mediante inyección de hierro fundido. Utilizando este proceso los tubos salen sin costura.

Otra ventaja es su durabilidad y resistencia al uso, pero son más frágiles ante los golpes.



**Figura 34.** Tubo cuadrado de hierro

**Fuente:** ([http://www.incafe2000.es/Ing/Esp/tubos\\_cuadrados/shop/shop](http://www.incafe2000.es/Ing/Esp/tubos_cuadrados/shop/shop), 2015)

## 2.14 Electrodo 6011

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna y con corriente continua, electrodo positivo, posee un alma de acero al carbono. El rápido endurecimiento del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y también se puede soldar sobre la cabeza. Además posee un revestimiento de color gris.

Este electrodo es capaz de ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce y especialmente en trabajos donde se requiera penetración.

### 2.14.1 Aplicaciones

- Cordón de raíz en cañerías.
- Cañerías de hierro.
- Reparaciones generales.
- Estructuras.



**Figura 35.** Electrodo indura 6011

**Fuente:** ([http://www.indura.net/productos\\_detalle.asp?idq=511](http://www.indura.net/productos_detalle.asp?idq=511), 2015)

### 2.14.2 Especificación de los electrodos

La tabla describe la especificación de electrodos E6011 y E6013, características que son muy importantes para realizar un correcto proceso de soldadura.

| Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1 |   |     |   |   |
|--|---|-----|---|---|
| Electrodo cubierto de Acero "Dulce"                                    |   |     |   |   |
| <b><u>E - X X X X</u></b>  |   |     |   |   |
| (1)  | (2)   | (3) | (4)   | (5)   |
| (1) Lo identifica como electrodo                                       | (2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI. |     | (4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo | (5) Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos |

**Figura 36.** Especificación de los electrodos

**Fuente:** (<http://www.construsur.net/>, 2015)

**Ejemplo:**

**E 6011**

**E=** Electrodo revestido.

**60 =** 60 x 1000PSI = 60000PSI de resistencia de la tracción.



**1** = Para soldar en cualquier posición (plana, horizontal, vertical, y sobre cabeza)

**1=** Funciona con corriente AC y DC en polaridad inversa.

### **2.15 Taladro de mano**

El taladro es una máquina herramienta utilizada principalmente para realizar agujeros en distintos materiales. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manipulación. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca impulsada por el motor eléctrico de la máquina, y el de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual o de forma automática.



**Figura 37.** Taladro de mano

**Fuente:** (<http://www.perles.com.pe/>, 2015)

### **2.16 Grapadora de tapicería Stanley**

Una grapadora de tapicería industrial es una herramienta que se utiliza para unir hojas de papel, plástico o papel tapiz colocando una grapa metálica por lo general de hierro.

Esta grapadora manual se maneja con fuerza muscular. La grapadora stanley pueden grapar a una velocidad algo más rápida que otras grapadoras, pero su ventaja principal es que pueden ser utilizadas continuamente por horas sin parar.



**Figura 2.38** Grapadora de mano

**Fuente:** (<http://www.lamarcadelprofesional.com/>, 2015)

## 2.17 Soldadura

La soldadura es un proceso donde se realiza la unión de dos materiales generalmente metales, prácticamente a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas al fusionarse y al agregar un material de relleno (metal o plástico), que al enfriarse, se convierte en una unión fija. En algunos casos la presión es usada conjuntamente con el calor, para producir la soldadura.

Muchas fuentes de energía pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico o un láser. La energía utilizada para la unión entre dos piezas de metal es generalmente un arco eléctrico.



**Figura 2.39** Soldadura de arco

**Fuente:** ([http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco), 2015)

### 2.17.1 Soldadura por arco

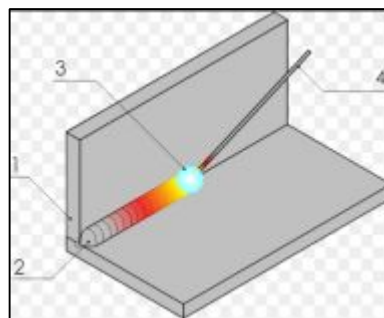
#### Proceso

Se debe utilizar una fuente de alimentación, para crear y mantener un arco eléctrico entre el electrodo y el material base, derritiendo los metales a un punto de soldadura. Se puede utilizar la corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles.

La corriente se usa para formar un arco eléctrico entre el material base y el electrodo, puede ser de acero y está recubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación producto de los gases.

El proceso es versátil y puede realizarse con un equipo relativamente barato, haciéndolo adecuado para trabajos de taller y trabajo de campo. Los tiempos de soldadura son algo lentos, puesto que los electrodos consumibles deben ser sustituidos con frecuencia y porque el restante de fundente, debe ser retirado después de soldar.

1. Metal de aportación
2. Cordón de soldadura
3. Fuente de energía
4. Metal de aportación



**Figura 40.** Proceso de soldadura

**Fuente:** (<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>, 2015)

## 2.18 Pistola para pulverización de pintura

Existen dos tipos de pistolas de pintura por gravedad o por succión, esto se refiere a cómo obtiene la pistola la pintura desde su reservorio.

Una pistola de pintura que trabaja por gravedad, el reservorio estará en la parte superior de la pistola, de forma invertida para que la pintura caiga en la pistola.

Una pistola de succión, El reservorio está usualmente debajo de la pistola y depende de un pequeño tubo para impulsar la pintura hacia arriba. Otra de las partes más importantes de la pistola son sus hoyos en los extremos de la cápsula de aire, los cuales controlan el rocío de la pistola.

### 2.18.1 Partes de la pistola de pintura

1. Es donde se almacena la pintura
2. Regula la cantidad de pintura que pasará a través de la pistola hacia la superficie
3. Regula el espacio del abanico hasta llegar a un punto para los detalles
4. La boquilla de aire cambia la posición del abanico puede ser vertical u horizontal.
5. El gatillo da el paso de la pintura la cual es arrastrada por el aire
6. Regulador del paso de aire



**Figura 41.** Pistola de pintura

**Fuente:** (www.pearls-and-flakes.pistola-de-pintura, 2015)

## 2.19 Amoladora

La amoladora también conocida como muela, consiste básicamente de un motor eléctrico y dependiendo del tipo de disco que esté manipulando se puede utilizar en diversas tareas.

Generalmente los discos de material blando y flexible, se utilizan para el pulido y abrillantado de metales. También pueden ser de material abrasivo, constituidos por granos gruesos o granos finos. El disco de grano grueso se utiliza para desbastar piezas metálicas, mientras que los discos de grano fino suelen emplearse para cortar cerámicas, metal, madera, etc.



**Figura 42.** Amoladora de mano

**Fuente:** (<http://www.rumbomaq.com/es/amoladoras-bosch>, 2015)

## 2.20 Tornillo de banco

El tornillo de banco es una herramienta que sirve para sujetar de manera eficiente, y a su vez debe ser fácil de manejar, a las piezas que sean sometidas a diferentes operaciones mecánicas como, perforado, fresado y limado.

Esta herramienta es fundamental en la fabricación de cualquier producto del hierro o cualquier otro material que tenga que sujetarse para trabajarlo.



**Figura 43.** Tornillo de banco

**Fuente:** ([http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo\\_de\\_banco](http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_de_banco), 2015)

## 2.21 Fresadora de madera

La fresadora es una máquina eléctrica que provee un movimiento giratorio donde se ubica una cuchilla y al movimiento longitudinal que le damos a la máquina, va creando el labrado en la pieza. Existen multitud de formas de fresas según la forma que queramos hacer.

El fresado es un trabajo recomendable para expertos pues aparte de su propia dificultad, la fresadora y las fresas, requieren una calidad aceptable, además estas requieren de constante mantenimiento (afilado continuo).



**Figura 44.** Fresadora de madera

**Fuente:** (<http://www.bricotodo.com/fresar//>, 2015)

## 2.22 Seguridad en la construcción de la maqueta

### 2.22.1 Seguridad en la manipulación de la fibra

La fibra de vidrio tiene un uso muy amplio; las formas más comunes, como son filamento o tejido, las cuales encontramos en barcos, depósitos o tanques y la lana de vidrio es empleada como aislante térmico para la construcción. Cuando se trabaja con fibra de vidrio es necesario utilizar varias medidas de seguridad para evitar riesgos contra la salud de cada persona.

- Debe usar siempre los Equipos de Protección Personal.
- No puede desarrollar trabajos con fibra de vidrio sin usar su mascarilla, sus guantes de protección y su ropa de trabajo reglamentaria.
- Después de usar estos equipos debe higienizarlos adecuadamente.
- No debe comer o beber con Equipos de Protección Personal ya que puede contaminar los alimentos que toma.
- Si trabaja en el corte o en el lijado con filamento de fibra de vidrio tiene que mantener las mismas medidas de seguridad.



**Figura 45.** Protección con la fibra

**Fuente:** (<http://www.jsolana.com.mx/fibra/>, 2015)

### 2.22.2 Seguridad en la soldadura

Los soldadores están expuestos a gases peligrosos y a partículas finas que se encuentran en el aire. Los procesos como la soldadura por arco, producen humo que contiene partículas de varios tipos de óxidos, que en algunos casos

pueden producir enfermedades como la fiebre del vapor metálico. El tamaño de las partículas en cuestión influye en la toxicidad de los vapores, pues las partículas más pequeñas presentan un peligro mayor.

Debido al uso de gases comprimidos y llamas, en muchos procesos de soldadura se plantea un riesgo de explosión y fuego. Algunas precauciones comunes incluyen la limitación de la cantidad de oxígeno en el aire y mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.

### 2.22.2.1 Ropa y equipos protectores

- **Máscaras protectoras o cascos.** Para protegerse contra los rayos y las chispas del arco se usa una protección para la cara.
- **Lentes protectores.** Permitir que el soldador pueda ver mientras está soldando y para filtrar los rayos perjudiciales de la soldadura, se utiliza un lente de color.
- **Guantes.** Indispensable para protegen las manos y las muñecas contra los rayos del arco.
- **Cortinas.** Todas las zonas para la soldadura deben estar equipadas con cortinas de asbesto o de una lona resistente al fuego.
- **Botas.** Necesario para evitar accidentes en nuestros pies.



**Figura 46.** Elementos de seguridad

**Fuente:** (<http://www.reparatucultivador.com/seguridad-para-soldadura/>, 2015)



## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### Construcción

En este capítulo se hace referencia al proceso que se siguió para la construcción de la maqueta didáctica DEL SISTEMA DE REVERSA DEL MOTOR TURBOFAN DEL AVIÓN AIRBUS A 320, de una manera secuencial y describiendo cada uno de los pasos.

#### 3.1 Preliminares

La construcción de la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor turbofan, responde a las necesidades de la Unidad de Gestión de Tecnologías durante el proceso de investigación.

La Unidad no cuenta con una maqueta del sistema de reversa del motor turbofan IAE V2500 el cual permitirá mejorar los conocimientos de los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Para realizar esta maqueta se realizó un estudio del motor tubofan IAE V2500 perteneciente al avión Airbus A320, se escogió este motor por su diseño, el cual facilita la construcción del mismo y de esta forma se aportó a la Unidad con una maqueta de gran calidad para así elevar las destrezas prácticas de los estudiantes de la unidad, necesario para asegurar la inserción laboral de cada uno de ellos.

### 3.2 Parámetros de construcción del motor

Tabla 1

Dimensiones generales del motor IAE V2500

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| <b>Diámetro externo del motor</b> | <b>0.69 m</b> |
| <b>Diámetro interno del motor</b> | <b>0.50 m</b> |
| <b>Longitud del motor</b>         | <b>1.75 m</b> |

### 3.3 Parámetros de construcción del soporte del motor

Tabla 2

Dimensiones generales del soporte del motor

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| <b>Altura total del soporte</b> | <b>1,20m</b>   |
| <b>Base del soporte</b>         | <b>80cmx1m</b> |

### 3.4 Alternativas de construcción

Tabla 3

Ventajas y desventajas de la maqueta didáctica del motor turbofan en fibra de vidrio.

| <b>MOTOR IAE V2500</b>                                 | <b>VENTAJAS</b> | <b>DESVENTAJAS</b> |
|--|-----------------|--------------------|
| Posee un regulador de presión                          | ✓               |                    |
| Regula la presión para una abertura segura del cowling | ✓               |                    |

CONTINÚA 

|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| Menor costo de materiales             | ✓ |   |
| Bajo costo de reparación              | ✓ |   |
| Bajo costo para el mantenimiento      | ✓ |   |
| Dificultad en la construcción         |   | ✓ |
| Equipos costosos para su construcción |   | ✓ |
| Menor resistencia a los golpes        |   | ✓ |

**Tabla 4**

**Ventajas y Desventajas de la maqueta didáctica del motor turbofan en aluminio.**

| <b>MOTOR IAE V2500</b>                                 | <b>VENTAJAS</b> | <b>DESVENTAJAS</b> |
|--|-----------------|--------------------|
| Posee un regulador de presión                          | ✓               |                    |
| Regula la presión para una abertura segura del cowling | ✓               |                    |
| Mayor resistencia a la fragilidad                      | ✓               |                    |
| Alto costo en materiales                               |                 | ✓                  |
| Alto costo de equipos                                  |                 | ✓                  |

CONTINÚA 

|                                  |  |   |
|----------------------------------|--|---|
| Alto costo de reparación         |  | ✓ |
| Dificultad en su construcción    |  | ✓ |
| Alto costo para el mantenimiento |  | ✓ |

### 3.5 Evaluación de las alternativas de construcción

En función de las ventajas y desventajas que prestan las alternativas, a continuación se escogerá la mejor alternativa de acuerdo a los aspectos evaluados, por lo que al final será seleccionado para realizar su construcción. Estas alternativas serán de mucha utilidad a la hora de elegir el material con el cual se trabajar y está a nuestro alcance.

### 3.6 Aspectos a considerar para la construcción

#### Regulador de presión.

Este regulador de presión brindará mayor protección a la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor IAE 2500, para alargar su vida útil.

#### Costo de los materiales

Este parámetro es importante para determinar si es factible la construcción de la maqueta y si los materiales se los puede encontrar localmente y a qué precio.

#### Costo de reparación

Este es uno de los parámetros con los cuales se determinara que alternativa dará menor costo en reparaciones.

**Costo de mantenimiento**

Con este parámetro se podrá descartar la alternativa que presente mayor costo en su mantenimiento.

**Construcción**

Este parámetro determina que alternativa es más factible de construir sin tener que acudir a terceras personas.

**Costos de los equipos para su construcción**

Este parámetro ayudará a determinar si es necesario realizar gastos innecesarios para la construcción de la maqueta.

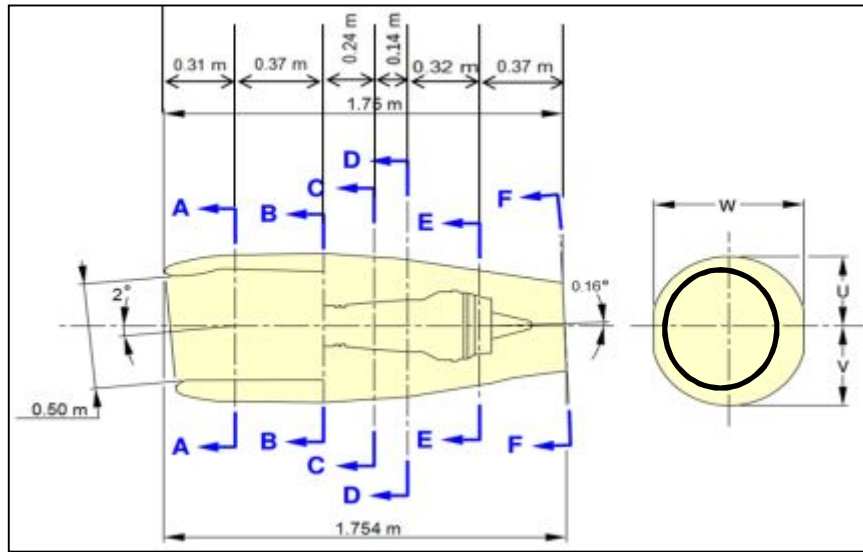
**Resistencia a los golpes**

Este parámetro indicará si la maqueta soportara los diferentes tipos de esfuerzos y maltratos a los que estará sometida la maqueta.

**3.7 Selección de la mejor alternativa**

Una vez realizado el análisis de cada alternativa, y la evaluación de los parámetros, se llega a determinar que la primera alternativa presenta mejores condiciones de diseño, debido al material disponible, su facilidad de construcción y maniobrabilidad para las prácticas en la maqueta del sistema de reversa del motor IAE V2500.

### 3.8 Dimensiones del motor escala 1:3 (anexo D)<sup>3</sup>



**Figura 47.** Dimensiones motor IAE V2500 a escala 1:3

**Fuente:** (Dimensiones del motor AIRBUS S.A.S, 1990)

**Tabla 5**

**Dimensiones del motor IAE V2500 Escala 1:3.**

|     | W     |      | U     |      | V     |      | COMPONENTES              |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|--------------------------|
|     | m     | feet | m     | feet | m     | feet |                          |
| A-A | 0.67  | 2.19 | 0.33  | 1.08 | 0.366 | 1.21 | INLET ATTACH FLG         |
| B-B | 0.67  | 2.19 | 0.333 | 1.09 | 0.37  | 1.21 | TORQUE BOX "V" BLADE     |
| C-C | 0.66  | 2.16 | 0.32  | 1.06 | 0.356 | 1.17 | COMB. CHAMBER ENTRY FLG  |
| D-D | 0.643 | 2.10 | 0.31  | 1.02 | 0.343 | 1.13 | COMB. CHAMBER EXIT FLG   |
| E-E | 0.546 | 1.79 | 0.26  | 0.85 | 0.286 | 0.94 | TECH FLG TURB. EXIT CASE |
| F-F | 0.413 | 1.35 | 0.20  | 0.65 | 0.21  | 0.70 | AFTER END CNA            |

<sup>3</sup> (Dimensiones del motor AIRBUS S.A.S, 1990)

### **3.9 Construcción de una maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan V2500 del avión Airbus A320.**

#### **3.9.1 Normas de seguridad**

Antes de empezar la construcción de la maqueta es importante resaltar lo indispensable de la seguridad para no tener accidentes innecesarios. Por lo tanto se deberá utilizar los equipos de protección personales (EPP) y dependiendo de cada trabajo se utilizará otros equipos de protección tales como:

- Guantes (de asbesto y nitrilo)
- Calzado de protección
- Gafas protectoras de vista (de color para suelda)
- Mascarillas
- Ropa adecuada
- Caretas o protectores de cara

#### **3.9.2 Descripción**

La maqueta está construida en su totalidad en fibra de vidrio, la cual se compone de 4 capas a lo largo de todo el motor con un molde interno en madera MDF de 15 mm cortada previamente con un router (Fresadora). A esta maqueta se masillo con masilla de poliéster y se lijó con lija 80 para desbastar el material sobrante y amoldar.

Esta maqueta se sostiene por medio de un soporte con tubos cuadrados de hierro previamente cortado y soldado con electrodos 6011. Se la fondeo para eliminar rayaduras en todo el motor. Se masilló nuevamente con masilla fina de poliéster para darle un acabado liso.

Se pintó la maqueta con pintura de acrílico sintética de secado rápido y alto brillo de color blanco. Se montó el motor en su respectivo montante para mantenerla en pie y luego se pintó con pintura amarilla. Se realizó todas las

conexiones internas de los actuadores y al final se efectuó una prueba de funcionamiento del sistema.

### **3.9.3 Materiales utilizados**

1. Madera normal y MDF
2. Cartón suave
3. Fibra de vidrio
4. Brochas
5. Lijas en varias numeraciones
6. Masilla de poliéster fina y standard
7. Tubos cuadrados de hierro
8. Electrodo
9. Pintura

### **3.9.4 Construcción**

Se especificará los pasos a seguir para construir la maqueta didáctica del sistema de reversa del avión Airbus A320.

### **3.9.5 Orden de construcción**

- Recopilación de información de manuales para obtener las medidas exactas del motor.
- Cortes de la madera MDF
- Montaje de la madera MDF en la madera normal
- Recubrimiento de la madera MDF con cartón suave para moldear la fibra
- Aplicación de la fibra sobre el molde
- Masillado del cowling, lijado y fondeado
- Construcción del motor
- Construcción del montante



- Montaje del cowling al motor
- Montaje del motor al montante

### 3.9.6 Medición del eje central

Las medidas del eje central se realizó con la ayuda del manual de dimensiones del motor V2500<sup>4</sup> (Figura 3.1) El eje central del motor está hecho de madera previamente trabajada de 8x8cm y de 1,25m de largo el cual tiene como finalidad sostener a los mamparos evitando que estos se muevan y de esta forma dañen el molde en fibra. Las medidas del eje central se detallan en la figura 3.1



**Figura 48.** Medición del eje central

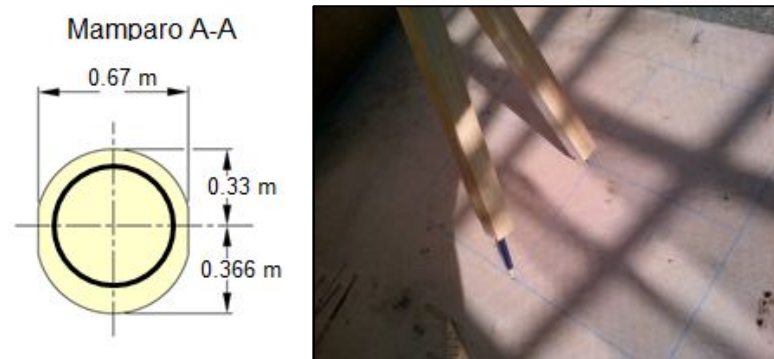
**Fuente:** (Cinta métrica, 2015)

### 3.9.7 Medición de los mamparos

La medida de los mamparos se tomó del manual de avión Airbus A320 especificados en la Figura 3.1. Los mamparos están hechos en madera de MDF de 15 mm para darle mayor firmeza al molde para lo cual se realizó bosquejos en lápiz con la ayuda de un compás y una regla, las medidas del mamparo A-A tabla 3.4 son las siguientes:

---

<sup>4</sup> (Manual de entrenamiento A320, 2001)



**Figura 49.** Bosquejo de los mamparos

**Fuente:** (Compas de madera, 2015)

### 3.9.8 Corte de los mamparos

Los mamparos se cortó con la ayuda de un router marca Black & Decker, con la cuchilla N. 1 y con la ayuda de un circle jig o también conocido como regla para círculos la cual asegura que todos los círculos sean perfectos.

Para esto se debe utilizar los equipos de protección personal como la mascarilla, gafas y guantes al ser una máquina de corte es muy peligrosa por tal razón se debe manipular con muchísimo cuidado.



**Figura 50.** Corte de los mamparos

**Fuente:** (Router Black & Decker, 2015)

### 3.9.10 Montaje de los mamparos al eje central

Los mamparos se montó uno a uno como dicta el manual respetando la distancia exacta entre ellos al eje central al final de cada extremo se los atornillo para evitar que se descentre y también para darle el respectivo ángulo ya sea al nose cowl y a la tobera de escape. Fig. 3.5



**Figura 51.** Montaje de los mamparos

**Fuente:** (Mamparos en MDF, 2015)

### 3.9.11 Enmascarado de los mamparos

A todos los mamparos se cubrió de cartón para mejorar su diseño y de esta manera poder obtener un molde perfecto y así no desperdiciar mucho material.

Para acoplar el cartón a los mamparos se los debe grapar con la ayuda de una grapadora de tapicería y grapas de 3/8" ideal para asegurar su fijación con mucho cuidado ya que esta grapadora puede perforar las manos y causar mucho daño para ello se debe utilizar guantes de manipulación mecánica.



**Figura 52.** Enmascarado de los mamparos

**Fuente:** (Cartón suave, 2015)

### 3.9.12 Aplicación de la fibra

Previa a la aplicación de la fibra se debe utilizar guantes de caucho, gafas y protección respiratoria ya que la fibra es muy peligrosa y puede causar lesiones graves a nuestra salud.

Antes de aplicar la fibra se deberá preparar todos los materiales como la resina, este compuesto tiene un tiempo corto para su secado dependiendo de la cantidad del MEK (catalizador), este líquido ayuda a acelerar el tiempo de secado por tal razón se debe trabajar con rapidez.

En la maqueta se aplicó 4 capas de fibra para mejorar su resistencia, también se aplicó refuerzos de fibra en las zonas de corte de los translatig cowl de motor.



**Figura 53.** Aplicación de la fibra

**Fuente:** (Fibra estándar, 2015)

### 3.9.13 Aplicación de la masilla poliéster

La masilla se debe aplicar a lo largo de todo el motor en capas iguales para evitar dañar el diseño del motor, para que la masilla se seque se debe aplicar una cantidad prudente de secante la proporción es de 4 secantes por un galón de masilla, se debe mezclar en un bandeja y aplicarlo con una espátula de caucho.

En la maqueta se utilizó 5 galones de masilla para amoldar perfectamente la superficie y de esta manera mejorar su diseño. La masilla se debe aplicar con rapidez ya que tiene un tiempo corto de secado dependiendo de la cantidad de secante, la proporción de la masilla y el catalizador depende del peso 100% de masilla y 2% de catalizador, mezclar de tal manera que se forme una pasta homogénea y así se tardará en secar unos 10 min aproximadamente.



**Figura 54.** Aplicación masilla poliéster

**Fuente:** (Masilla estándar, 2015)

### 3.9.14 Lijado del motor

Para amoldar el motor y darle una superficie lisa y perfecta se debe desbastar el material con la apoyo de una lija, en este caso se utilizó lija de fierro P33 y se lijó a mano con la ayuda de un taco sin utilizar lijadoras neumáticas (rápidas) para evitar hundimientos en el motor. El lijado es la parte más demorosa y complicada de todo el trabajo debido a que se debe amoldar a mano y darle el mejor acabado sin salirse del diseño.



**Figura 55.** Lijado del motor

**Fuente:** (Lijas para metal, 2015)

### **3.9.15 Vaciado de los componentes internos del motor**

Para vaciar los componentes internos del motor se debe cortar con una sierra de arco de diente grueso y sacarlos uno a uno con cuidado evitando no dañar a la fibra y a los anillos de refuerzo interno. Primero se desmontó los mamparos de los extremos y después los internos con cuidado de no romper ninguno de ellos ya que sería irreversible.



**Figura 56.** Desmontaje de componentes internos

**Fuente:** (Desmontaje, 2015)

### **3.9.16 Corte de los translating cowl**

Primero se seccionó el lado izquierdo de los cowlings para evitar un descentramiento del mismo y después se montó el motor interno, se seccionó con una amoladora y un disco de corte en las partes rectas, mientras que en las partes circulares se cortó con una sierra de diente grueso de marca Baco.

En este proceso hay que tener mucho en cuenta que la sierra como la amoladora, desprenden la fibra la cual es muy peligrosa para la salud por lo tanto utilizar mascarilla y guantes para evitar daños.

El corte se lo realizó como indica el manual de la sección B-B hasta la sección E-E mostradas en la figura 47.



**Figura 57.** Corte cowlings

**Fuente:** (Motor V2500 sin cowling, 2015)

### 3.9.20 Construcción del núcleo del motor

El motor interno se construyó como los cowlings a base de fibra y madera MDF, este componente posee dos capas de fibra y en las partes más críticas se reforzaron con 2 capas adicionales para evitar fallas.

Una vez secado por completo toda la fibra se procedió a rellenar las imperfecciones de todo el motor con masilla de poliéster y después se empezó a desbastar con lija de fierro P263 para desbastar de forma rápida la masilla y así moldear el motor, aunque esta lija deje muchas rayaduras.

Luego se montó los álabes guías, 6 álabes en cada extremo del motor y se atornilló para asegurar los alabes, y a continuación se montó el motor a los cowlings y se aseguró con tornillos, después se aplicó fibra para mejorar la firmeza del mismo.

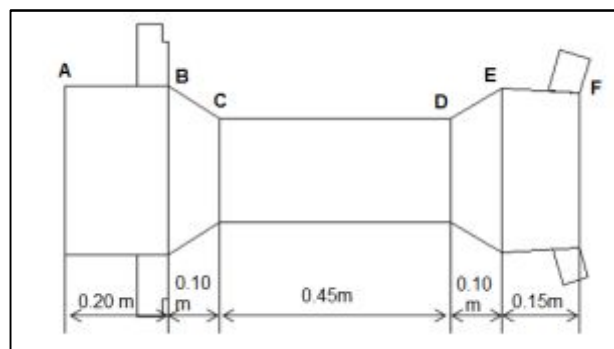
Como último paso se cortó el cowling faltante, con la ayuda de una sierra y su respectivo arco.



**Figura 58.** Núcleo del motor

**Fuente:** (Parte interna del motor V2500, 2015)

### 3.9.20.1 Medidas del núcleo del motor



**Figura 59.** Medidas del núcleo del motor

**Fuente:** (Dimensiones motor V2500, 2015)

**Tabla 6**

**Dimensiones del núcleo del motor**

| SECCIÓN | DIÁMETRO |
|---------|----------|
| A       | 0.33m    |
| B       | 0.33m    |
| C       | 0.20m    |
| D       | 0.20m    |
| E       | 0.32m    |
| F       | 0.30m    |



### 3.9.21 Montaje del núcleo del motor

El montaje del motor se realizó para evitar un descentramiento del nose cowl con la tobera de escape para ello se tuvo que seccionar primero una sola parte de los coolings y después centrar el motor.

El motor se aseguró con tornillos cabeza avellanada y luego se los aseguro con fibra y resina para mejorar su dureza y así evitar fallos de construcción.



**Figura 60.** Montaje del núcleo del motor

**Fuente:** (Motor V2500 Seccionado, 2015)

### 3.9.22 Montantes del motor

Los montantes del motor se los hizo en tubos cuadrados 30x30x1,5mm, el montante principal se ubica en la sección A-A hasta la sección B-B, este montante es el que carga la mayor parte del peso. El montante posterior se ubica cerca de la sección E-E para nivelar el motor y así distribuir las cargas en todo el montante.

Los montantes están soldados con electrodo E6011, se soldó con la soldadora de arco con una corriente de 220 volt AC.



**Figura 61.** Montantes del motor

**Fuente:** (Tubo de hierro cuadrado, 2015)

### **3.9.23 Construcción del soporte principal**

El montante está hecho de tubos de hierro cuadrado de 35x35x1.5 mm, la soldadura se realizó con electrodos 6011 de 1/8" con una soldadora de arco de 220V AC con un amperaje de 50 a 90 Amp.

Tener cuidado con la soldadura ya que puede causar daños a los ojos por la radiación y a las vías respiratorias por el humo que se despiden al soldar, por lo que se recomienda utilizar máscara, mascarilla, guantes de cuero, mandil, botas especiales, para evitar quemaduras.

El montante se pintó de color amarillo por normas de seguridad ya que es un color de alta visibilidad por lo tanto, será el color básico para indicar la necesidad de tener "precaución" y para riesgos físicos. Se pintó con una pistola a gravedad.



**Figura 62.** Soporte principal

**Fuente:** (Montaje del motor al soporte, 2015)

### 3.9.24 Construcciones de los componentes internos para el sistema de reversa

#### 3.9.24.1 Actuadores

Los actuadores se construyeron de tubo redondo e internamente posee un sello de caucho y esta comprimido por un resorte de acero para asegurar que el mismo regrese a su posición inicial.

Los actuadores poseen un orificio de 5/16" por el cual ingresa el abastecimiento neumático con una presión de 35 psi para comprimir por completo el resorte y de esa manera abrir el sistema de translating cowl.



**Figura 63.** Actuador

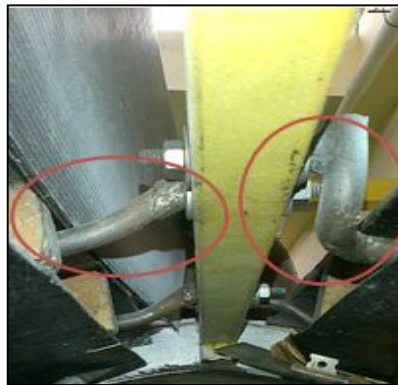
**Fuente:** (Actuador desarmado, 2015)

### 3.9.24.2 Rieles superiores e inferiores

- **Rieles superiores**

Los rieles superiores están hechos de una barra redonda de 1,5 cm, la cual se amoldó con suelda autógena para darle la forma apropiada y de esta forma cumpla su principal función la cual es guiar hacia atrás el cowling.

Para unir los rieles al montante se soldó centrado en el montante para evitar descentramientos de los rieles



**Figura 64.** Rieles superiores

**Fuente:** (Rieles del sistema de reversa, 2015)

- **Rieles inferiores**

Los rieles inferiores están hechos de barras de hierro de 1 cm el cual está montado en la sección (B-B figura 1.) parte inferior del mismo.

Este riel está asegurado por unos pernos de ¼” para evitar fallos de operación de los cowlings.



**Figura 65.** Rieles inferiores

**Fuente:** (Rieles del sistema de reversa, 2015)

### 3.9.24.3 Puertas de bloqueo

Las puertas de bloqueo son las encargadas de obstruir el flujo de aire y enviarlo hacia a fuera del motor para disminuir la velocidad de la aeronave. Estas puertas están hechas de láminas de 3mm ubicadas en todo el motor.

Las compuertas poseen una barra en la parte inferior las cuales están unidas al motor por tornillos, estos ayudarán a abrir las compuertas cuando el cowling se deslice hacia atrás completando el sistema de reversa.



**Figura 66.** Puertas de bloqueo

**Fuente:** (Puertas del sistema de reversa, 2015)

### 3.9.25 Ensamblaje del sistema de reversa en el motor

Pasos para el ensamblaje del sistema de reversa

- Primero se montó los rieles superiores y luego los inferiores para ello se soldó pernos 5/16" en los extremos para sujetarlo al motor. Una vez

centrado cada cowling se procedió a soldar los rieles superiores para evitar descentramientos.



**Figura 67.** Montaje de los rieles superiores e inferiores

**Fuente:** (Rieles del sistema de reversa, 2015)

- Después se montó los actuadores neumáticos dos en cada cowling, para ajustar estos pernos se debe tener una herramienta especial e ingresarla por el estrecho espacio existente.



**Figura 68.** Montaje actuadores

**Fuente:** (Actuadores motor V2500, 2015)



- El siguiente paso son las conexiones neumáticas entre actuadores y palanca de control, para esto se utilizó 4 metros de manguera plástica de ¼" y 3 acoples en forma de T.



**Figura 69.** Conexiones neumáticas

**Fuente:** (Cañerías neumáticas, 2015)

- Luego se fijó los actuadores a los cowlings con sus respectivos pernos, se ajustó con la llave especial y después se accionó las cowling manualmente para ajustar las compuertas internas.



**Figura 70.** Conexiones de las puertas de bloqueo

**Fuente:** (Puertas del sistema de reversa, 2015)

- Como último paso se lubricó todos los rieles y después se ubicó las cascadas para realizar las pruebas de funcionamiento del sistema y revisar fugas de aire en los actuadores y mangueras del sistema.



**Figura 71.** Lubricación de los rieles

**Fuente:** (Rieles del motor V2500, 2015)

### **3.9.26 Pintura del motor y señales**

Para pintar todo el motor se requiere lo siguiente:

- Soplete de pintura a gravedad
- Lijas 120, 1400
- Tiñer
- Franelas

Primero se debe preparar la superficie a pintar, se debe pasar la lija PS33 en todo el motor para reducir las rayaduras dejadas por la lija anterior y después se debe fondear y como paso final antes de la pintura es recomendable aplicar la masilla fina de poliéster la cual ayuda a eliminar las líneas de lija y deja una superficie totalmente lisa. La pintura se prepara con tiñer y la pistola debe estar totalmente limpia para evitar grumos en la superficie.

La señalética implementada en el motor fue principalmente de advertencia para evitar daños al personal que la esté operando, después se ubicó la marca del motor y el tipo de sistema de reversa.





**Figura 72.** Pintura del motor

Fuente: (Motor IAE V2500, 2015)

### 3.9.27 Codificación de máquinas herramientas y materiales

**Tabla 7**

**Codificación de Máquinas.**

| No. | Máquina   | Marca          | Características      | Código |
|-----|-----------|----------------|----------------------|--------|
| 1   | Soldadora | lincoln        | Eléctrica de 400 Amp | M1     |
| 2   | Taladro   | Perles         | Potencia 500 W       | M2     |
| 3   | Amoladora | Makita         | Potencia 840 W       | M3     |
| 4   | Router    | Black & decker | Potencia 1200 W      | M4     |

Tabla 8

Codificación de herramientas.

| No | Herramienta | Código |
|----|-------------|--------|
| 1  | Escuadra    | H1     |
| 2  | Flexómetro  | H2     |
| 3  | Sierra      | H3     |
| 4  | Copas       | H4     |
| 5  | Engrapadora | H5     |

Tabla 9

Codificación de materiales.

| No | Materiales      | Código |
|----|-----------------|--------|
| 1  | Fibra de vidrio | Ma 1   |
| 2  | Masilla         | Ma 2   |
| 3  | Lija            | Ma 3   |
| 4  | Pintura         | Ma 4   |
| 5  | Disco de corte  | Ma 5   |
| 6  | Grapas          | Ma 6   |

Tabla 10





Especificación de construcción.

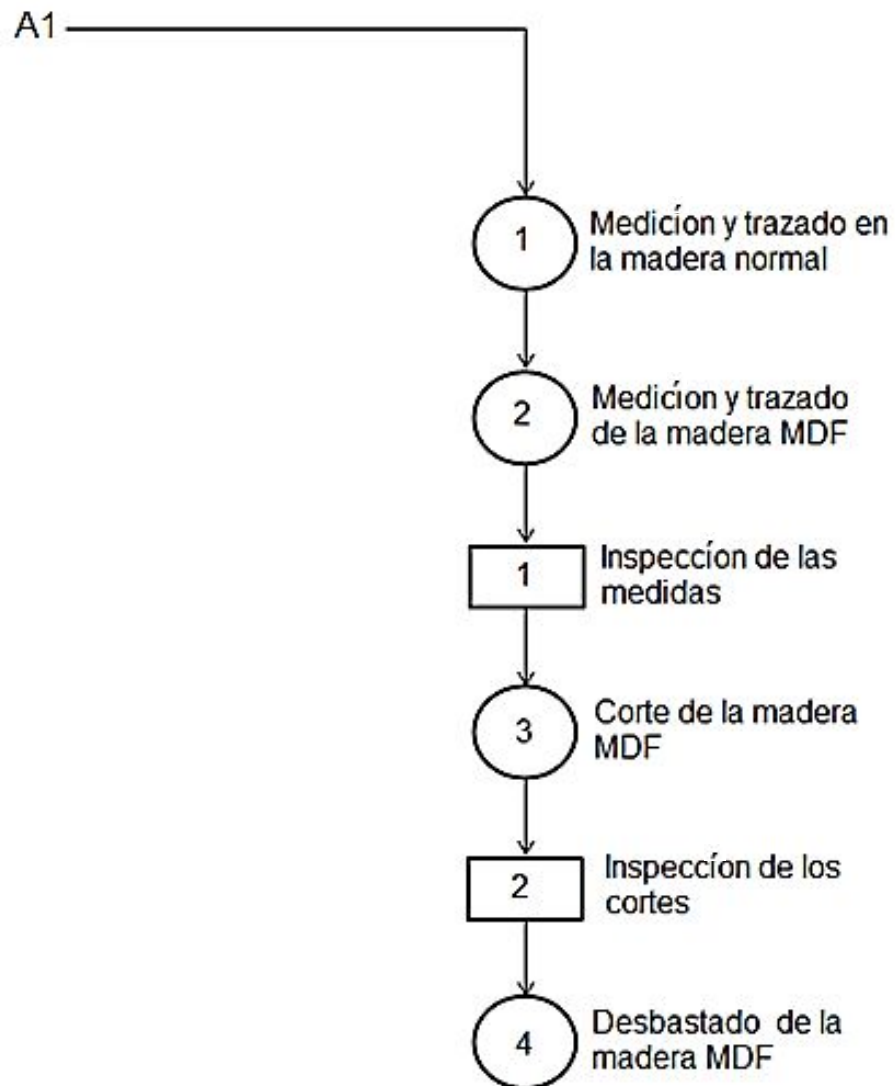
| Actividad | Descripción                | Máquina | Herramienta | Material |
|-----------|----------------------------|---------|-------------|----------|
| 1         | Medición de los materiales | 1-2     | 4           |          |
| 2         | Corte                      | 3-4     | 3           | 5        |
| 3         | Aplicación fibra           |         |             | 1        |
| 4         | Aplicación masilla         |         |             | 2        |
| 5         | Perforación                | 2       |             |          |
| 6         | Lijado                     |         |             | 3        |
| 7         | Pintura                    |         |             | 4        |

### 3.9.28 DIAGRAMAS DE PROCESO

Tabla 11

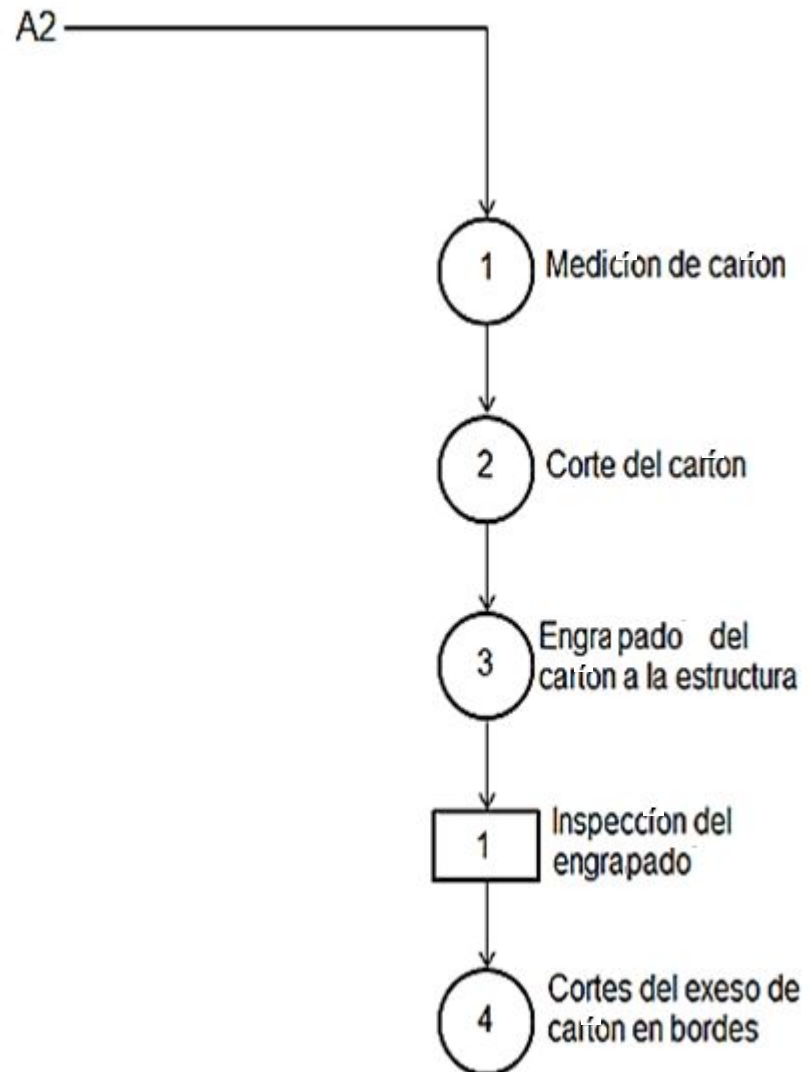
Simbología del proceso.

| No. | SIMBOLOGÍA  | SIGNIFICADO               |
|-----|---|---------------------------|
| 1   |  | Operación                 |
| 2   |  | Inspección y comprobación |
| 3   |  | Ensamblaje                |
| 4   |  | Conector                  |

**ESTRUCTURA PRINCIPAL (MOLDE DEL COWLING)****Material:** Madera de MDF

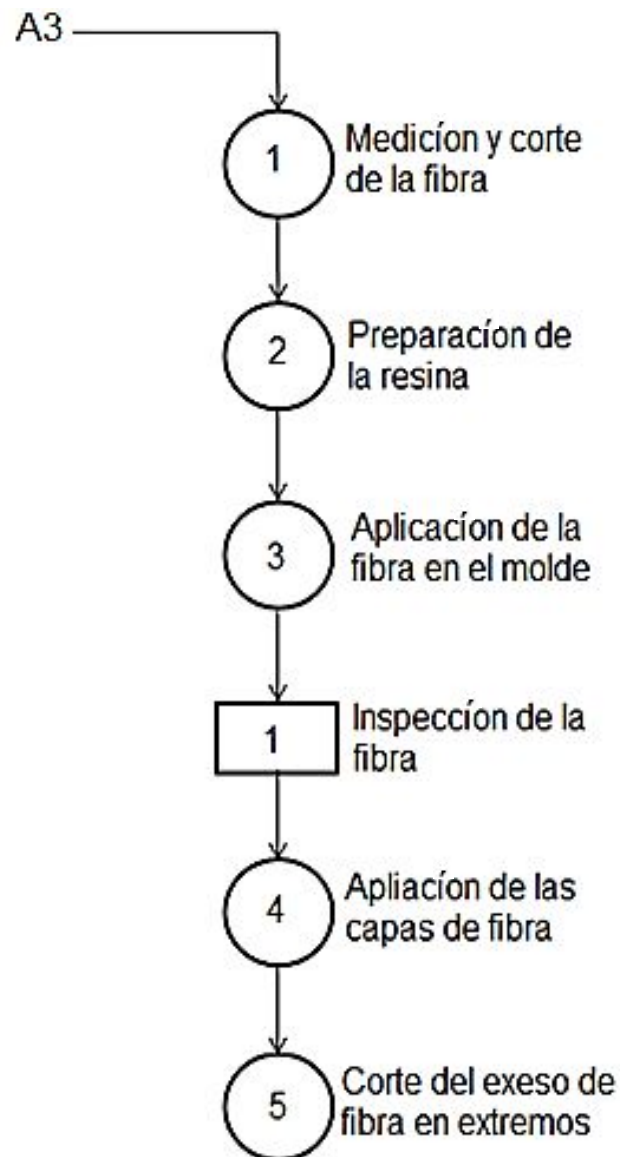
## ENMASCARADO

**Material:** Cartón suave



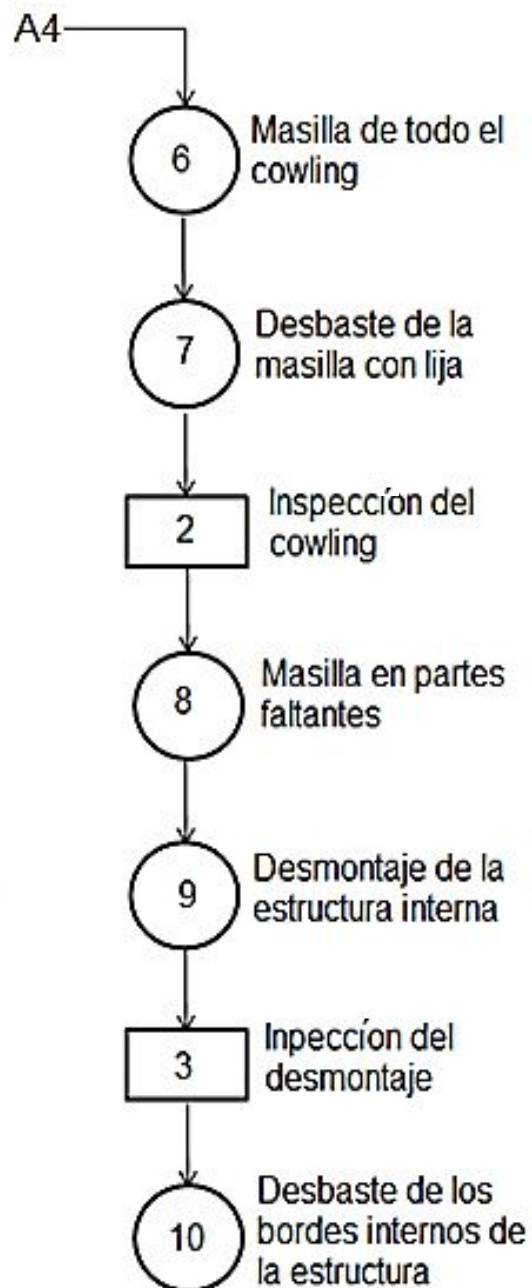
## APLICACIÓN DE LA FIBRA

**Material:** Fibra



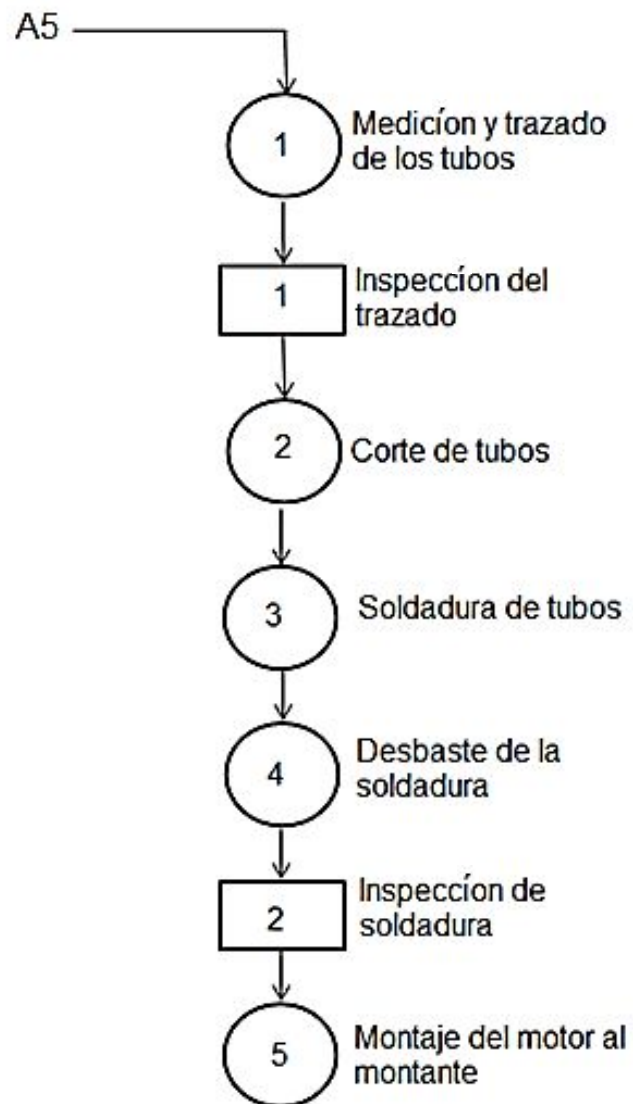
## APLICACIÓN DE LA MASILLA

**MATERIAL:** masilla



## MONTANTE PRINCIPAL DEL MOTOR

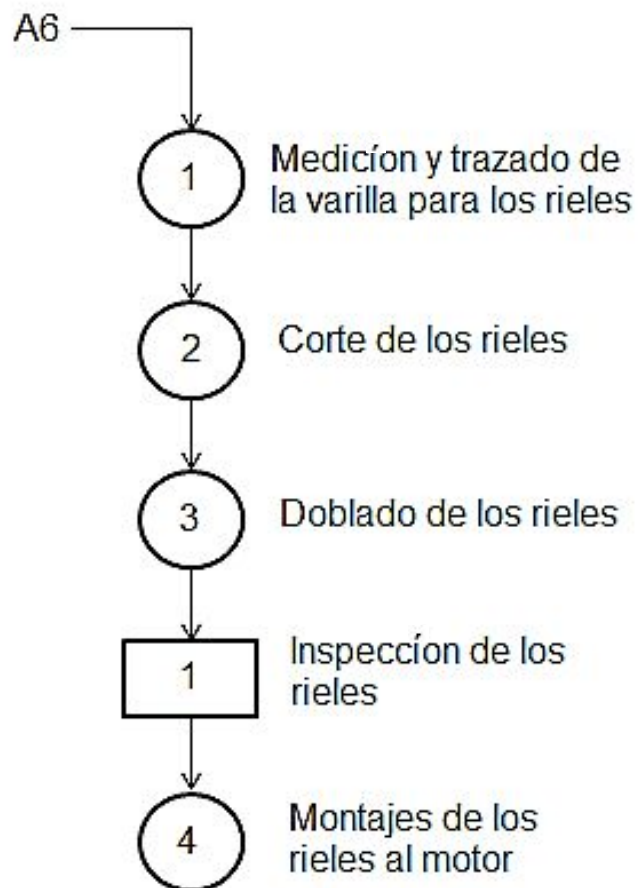
**Material:** Tubo cuadrado de 30x30x1.5 mm





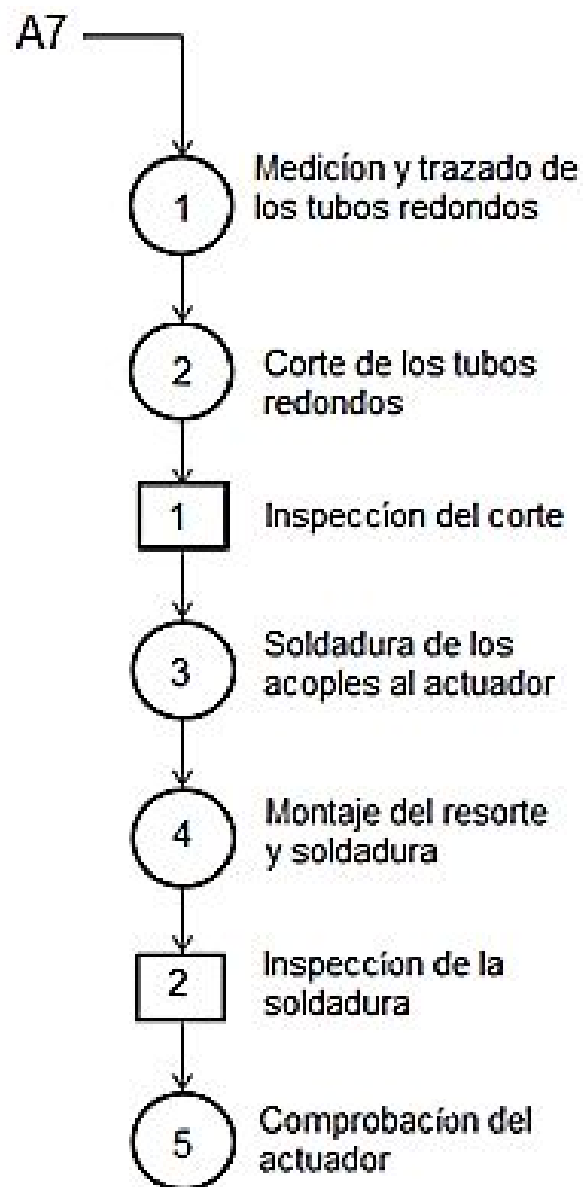
## RIELES SUPERIORES E INFERIORES

**Material:** Varilla redonda



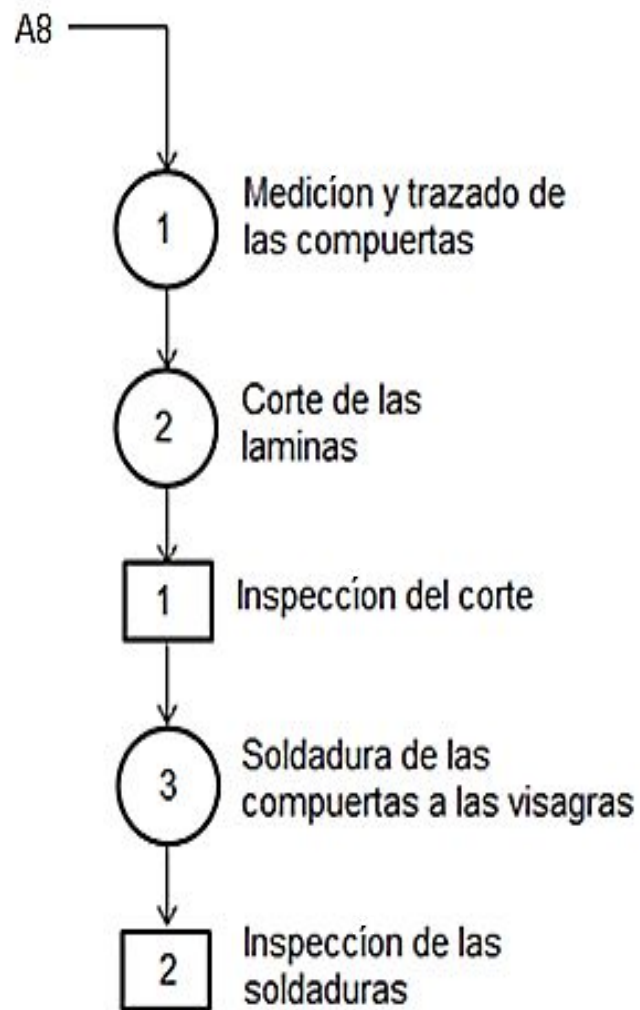
## ACTUADORES

**Material:** Tubo redondo de 20x1.5 mm

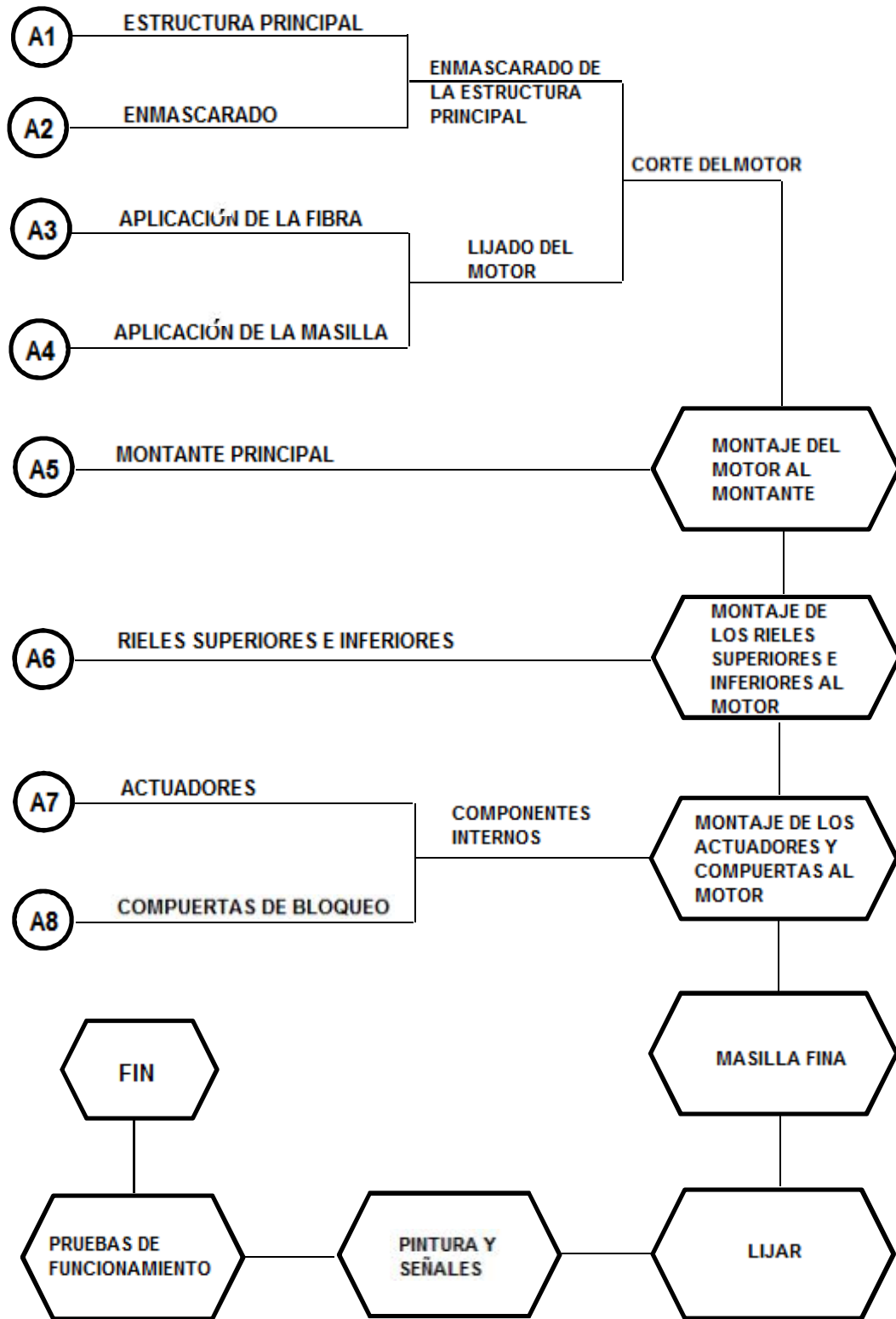


## COMPUERTAS DE BLOQUEO

**Material:** lámina de metal



**DIAGRAMA COMPLETO**



### 3.10 Pruebas de funcionamiento de maqueta

A continuación se detalla las pruebas de funcionamiento que se realizará a la maqueta, la cual será de gran ayuda para obtener conocimientos en la manipulación del equipo.

#### 3.10.1 Objetivo

Documentar las distintas acciones que se realizarán en las pruebas de comprobación y funcionamiento de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A320.

#### 3.10.2 Alcance

Comprobar el funcionamiento normal de la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor turbofan del avión Airbus A320. En un tiempo relativo empleado en la explicación de la unidad.

#### 3.10.3 Pruebas realizadas

Con fin de estimar el tiempo empleado en las pruebas de funcionamiento de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A320. Y de esta forma asegurar la correcta operación y funcionamiento del sistema de reversa.

#### Tabla 12

##### Prueba de funcionamiento con presión de aire.

| PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO  |
|--|
| <b>Nota:</b> esta prueba de funcionamiento se la debe realizar cuando se cambie un componente, después de un mantenimiento anual o cuando la maqueta este mucho tiempo sin funcionar, para asegurar un funcionamiento adecuado antes de realizar una práctica. |

CONTINÚA 

Materiales y equipos:

- Compresor de aire o fuente neumática
- Línea neumática (manguera)

Equipos de protección personal para el personal que realiza la prueba de funcionamiento.

- Guantes de manipulación mecánica
- Orejeras o tapones
- Overol
- Botas punta de acero

| N.- | DESCRIPCIÓN  | FIRMA |
|-----|--|-------|
| 1   | Arrancar el compresor y esperar que se cargue por completo   |       |
| 2   | Configurar la maqueta antes de conectar la línea neumática <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulador de presión totalmente cerrado</li> <li>• Palanca de actuación en posición stow (Guardado)</li> </ul>                   |       |
| 3   | Conectar la línea neumática al sistema y verificar que no haya fugas entre la salida del compresor hasta la entrada al regulador de presión  |       |
| 4   | Abrir el regulador de presión y verificar que la presión en el manómetro ascienda hasta los 90 psi $\pm$ 10  |       |
| 5   | Manipular la palanca de actuación a la posición deploy (abierto) y verificar los siguientes eventos.<br><br>Presión en el manómetro descienda por unos segundos y se restablezca.<br><br>Los cowling LH y RH se abren con normalidad |       |

CONTINÚA 

|    |  |  |
|----|--|--|
| 6  | Verificar fugas de aire en los actuadores y líneas neumáticas en todo el sistema   |  |
| 7  | Si no hay fugas en el sistema retorne la palanca de actuación a la posición stow(Guardado) y cierre el manómetro hasta que la presión descienda hasta cero |  |
| 8  | Desconecte la línea neumática del sistema  |  |
| 9  | Apague el compresor si es necesario  |  |
| 10 | La prueba de funcionamiento ha sido completada con éxito   |  |

#### 3.10.4 Conclusión

Una vez finalizada las pruebas de funcionamiento se pudo precisar que la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor turbofan V2500 del avión Airbus A320, responde de manera eficiente y no presenta ninguna anomalía en sus componentes.

## MANUALES

### 3.11 Descripción de los manuales

Los manuales y las hojas de registros servirán de ayuda en el seguimiento, manipulación, mantenimiento y seguridad, con el fin de optimizar la operación de la maqueta, aprovechándolo al máximo, trabajo para el que fue creado y de esta forma alargar la vida útil; siendo los siguientes.

- Manual de operación
- Manual de mantenimiento

#### 3.11.1 Manual de operación

En este manual se hace una descripción breve de los pasos que se deberá seguir para operar de forma correcta este sistema.

Las normas de operación y funcionamiento son básicas debido a que la complejidad de operación del sistema de reversa es mínima y se basa en la operación y accionamiento del motor del avión las cuales se las encuentra en los manuales de mantenimiento del avión Airbus A320.

Las precauciones que se deben tomar al momento de operar la maqueta a pesar de que su funcionamiento sea sencillo, hay que tener en cuenta las debidas precauciones para evitar cualquier inconveniente o incidente al momento de emplear el sistema.

#### 3.11.2 Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento consta de todas las características las cuales se debe dar a un conjunto de operaciones y los cuidados necesarios para alargar la vida útil de la maqueta y de todos sus componentes los cuales estarán operando en los más altos niveles de eficiencia.



El manual de esta maqueta ayudara a preservar el buen estado de la misma evitando su deterioro apresurado, provocado por agentes externos como la humedad, oxido, polvo, entre otros, y daños causados por el uso frecuente, conocido como desgaste normal.

En el manual se dará una breve descripción de los pasos que se debe seguir para dar un mantenimiento a la maqueta y a sus componentes después de ser utilizada con fines de estudio.


### 3.11.2.1 Ventajas de un mantenimiento

- Disminución de tiempo muerto, tiempo de parada.
- Alargar la vida útil de la maqueta y componentes
- Menor costo en su reparación
- Mayor confianza en su funcionabilidad, ya que se conoce su estado.

**Tabla 13**

**Codificación para los distintos manuales.**

| <b>Codificación de los manuales</b>   |               |
|---|---------------|
| <b>Manual</b>   | <b>Código</b> |
| Manual de operación de la maqueta del sistema de reversa del motor V2500 del avión Airbus A320.     | LMB-027       |
| Manual de mantenimiento de la maqueta del sistema de reversa del motor V2500 del avión Airbus A320. | LMB-027       |

|  |   |   |                               |
|--|---|---|-------------------------------|
| <br>U.G.T   | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>  |   | Pág. 1 de 7                   |
|  | <b>MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE REVERSA DE UN MOTOR TURBOFAN V2500 DEL AVIÓN AIRBUS A 320</b> |   | <b>Código:</b><br><br>LMB-027 |
|  | <b>Elaborado por:</b> Sr. Alex Caisaguano   |   | <b>Revisión N.</b><br><br>002 |
|  | <b>Aprobado por:</b><br><br>Ing.: Rodrigo Bautista  | <b>Fecha de aprobación:</b><br><br>10-01-2015 |                               |
| <p><b>1.0.- OBJETIVO</b></p> <p>Documentar las distintas operaciones que se deberá realizar para la inspección de la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor turbofan V2500 del avión Airbus a 320.</p> <p><b>2.0 ALCANCE</b></p> <p>Docentes, Técnicos y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica ( Motores – Aviones )</p> <p><b>3.0.- PROCEDIMIENTO</b></p> |   |   |                               |

### 3.1.- MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

- Realizar una limpieza general del motor, evitando dejar impurezas.
- Realizar un chequeo visual de la maqueta en general para detectar golpes y otras anomalías.



- Revisar internamente que no haya objetos extraños que dificulten el funcionamiento adecuado de la maqueta.



- Revisar el estado de las llantas de la maqueta por condición, limpiar y lubricar con grasa los rodamientos internos.



### 3.2.- MANTENIMIENTO SEMESTRAL

- Verificar el estado de las compuertas las cuales deben estar bien sujetas al motor.



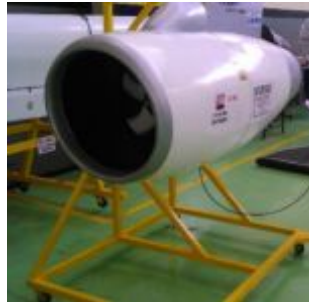
- Realizar una limpieza y lubricación de los rieles superiores e inferiores.



- Verificar el montante posterior en la parte baja en la unión con el motor revisando que todos los tornillos estén bien sujetos.



- Revisar la condición del montante que no tenga golpes, corrosión y partes despintadas.



### 3.3 MANTENIMIENTO ANUAL

- Revisar la condición de la maqueta por golpes, rajaduras y desperfectos existentes.
- Remover el translating cowl para verificar el estado de los rieles por condición y desgaste.



- Pasos para la remoción del translating cowl
  - ✓ Remover el fan (ventilador) para ganar acceso y aflojar los pernos que sujetan los actuadores.



- ✓ Aflojar los pernos que sujetan los actuadores con una llave ½".



- ✓ El siguiente paso es aflojar los rieles superiores con una llave de  $\frac{1}{2}$ ", con mucho cuidado de no perder las arandelas de calibración del translating cowl.



- ✓ A continuación aflojar las compuertas de bloqueo con un destornillador estrella.



- ✓ Finalmente desmontar el translating cowl deslizándolo hacia atrás con cuidado.

- Una vez desmontado el translating cowl limpie los rieles y lubrique con una grasa liviana.



- Remover los actuadores y lubricar con un aceite liviano SAE 30 por el punto de lubricación como se indica en la imagen.



- Realizar un chequeo visual de las cañerías verificando su estado.




- Monte nuevamente los translating cowl, asegure los rieles, actuadores, compuertas de bloqueo y el fan.



- Realice pruebas de funcionamiento para chequear fugas y demás desperfectos (Golpes, Rayaduras, activación de la palanca de mando, mal funcionamiento del manómetro).

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_



|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <br>U.G.T   | <b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>  |  | <b>Pág. 1 de 3</b>                            |
|  | <b>MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE REVERSA DE UN MOTOR TURBOFAN DEL AVIÓN AIRBUS A 320</b> |  | <b>Código:</b><br>LMB-027                     |
|  | <b>Elaborado por:</b> Sr. Alex Caisaguano   |  | <b>Revisión N.</b><br>002                     |
|  | <b>Aprobado por :</b><br><br>Ing.: Rodrigo Bautista   |  | <b>Fecha de Aprobación:</b><br><br>10-01-2015 |
| <p><b>1.0.- OBJETIVO</b></p> <p>Documentar los procedimientos de operación de la maqueta didáctica del sistema de reversa de un motor turbofan del avión Airbus a 320.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE</b></p> <p>Dar a conocer al operador el procedimiento para utilizar la maqueta.</p> <p><b>3.0.- NOMBRE DEL EQUIPO</b></p> <p>Maqueta didáctica del sistema de reversa del motor turbofan del avión Airbus A 320.</p> <p><b>4.0 NORMAS DE SEGURIDAD</b></p> <p><b>Para el personal que realiza la práctica:</b></p> <p>Utilizar los equipos de protección personal y hacer caso a las indicaciones que dicta este manual.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes de manipulación mecánica</li> <li>• Orejeras o tapones</li> <li>• Overol</li> <li>• Botas punta de acero</li> </ul> |   |  |   |

**Caution :** Verifique que no haya obstrucciones dentro del motor

**Caution:** Asegúrese de que la palanca de mando este en la posición guardada para evitar una apertura imprevista provocando daños al operador.

**Warning:** Evite un accidente no ingrese la manos en las cascadas cuando el sistema está operando ya que los actuadores están cargados a resorte y regresan a su posición inicial automáticamente cuando pierde energía neumática.

## **5.0.- PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO EL EQUIPO**

### **5.0.1 ANTES**

- Antes de poner en funcionamiento la maqueta revise que nadie esté cerca de las partes en movimiento, un rango aproximado de 1 metro.
- Revisar que no haya obstrucciones dentro de la maqueta para evitar daños a sus componentes.
- Verificar que la palanca de mando y el regulador estén cerrados antes de conectar la línea neumática.
- Conectar la línea neumática (Manguera de aire) a una fuente de abastecimiento neumático (compresor)
- Regular la presión de aire mirando el manómetro que no exceda los  $90\pm 10$  PSI.
- Revisar que no haya fugas de aire en el sistema de ser así arregle el daño y no opere la maqueta.

### **5.0.2 DURANTE**

- Activar la palanca de actuación a la posición deploy (desplegar), el cowling se deslizará hacia atrás.

- No ingresar las manos dentro de la reversa ya que esta regresa automáticamente a su posición inicial después de perder repentinamente la presión o una fuga, debido a que los actuadores están cargados a resorte.
- Regresar la palanca de actuación a la posición stow (guardar).
- Realizar este procedimiento cuantas veces sea necesario para verificar el funcionamiento del sistema.

### **5.0.3 DESPUÉS**

- Retornar la palanca de mando a la posición stow (guardar).
- Bajar la presión de aire, mirando que la presión en el manómetro descienda a cero.
- Desconectar la manguera de aire que ingresa a la maqueta.
- Apague el compresor si es necesario.
- Como último paso limpie y ordene el área de trabajo.

## ESTUDIOS ECONÓMICOS

### 3.12 Presupuesto

El presupuesto para la construcción de este proyecto está dado en cada uno de los materiales utilizados para la maqueta del sistema de reversa, tomando en cuenta todos los equipos, materiales, mano de obra.

### 3.13 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Maquinaria, Herramientas, equipos).
- Costo secundario (Materiales).
- Costo terciario (Mano de obra).
- Costo total.

### 3.14 Costo primario

Comprende el costo detallado de las herramientas que se utilizó en la construcción.

Tabla 14

Costo primario.

| N | Máquinas-Herramienta | Marca          | Tiempo (h) | Características   | Costo  |
|---|----------------------|----------------|------------|---|--------|
| 1 | Router (Fresadora)   | Black & Decker | Compra     | 1200 W de potencia para un mayor rendimiento.<br>Incluye 6 fresas para uso inmediato. | 350.00 |

CONTINÚA 

|              |                   |         |        |  |                     |
|--------------|-------------------|---------|--------|--|---------------------|
| 2            | Taladro           | Perles  | Compra | Taladro de percusión con una potencia de 650w.<br>Uso profesional de carga liviana | 100.00              |
| 3            | Soldadora         | Lincoln | 10 (h) | Con corriente alterna puede soldar electrodos convencionales E6011 y E6013         | 25.00               |
| 4            | Amoladora         | Skil    | 5 (h)  | Potencia de 700w.<br>Uso profesional carga liviana.                                | 20.00               |
| 5            | Equipo de pintura | Max air | 8(h)   | Compresor de aire de 60 Galones de 6 HP a 220V.                                    | 25.00               |
| 6            | Torno             | Turri   | 2(h)   | Torno paralelo de 1500 rpm, de accionamiento mecánico.                             | 20 .00              |
| <b>TOTAL</b> |                   |         |        |  | <b>USD. 540 USD</b> |

### 3.15 Costo secundario

Comprende el costo detallado de los materiales que se utilizó en la construcción.

**Tabla 15**

**Costo secundario.**

| No           | MATERIAL           | DESCRIPCIÓN           | CANTIDAD         | PRECIO UNITARIO | COSTO         |
|--------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1            | Madera MDF         | 15mm                  | 1 Plancha        | 35 USD          | 35 USD        |
| 2            | Madera normal      | 8mmx8mmx1.70 m        | 1 U              | 15 USD          | 15 USD        |
| 3            | Pernos y tornillos | 1/4" y 5/16"          | 20 U             | 0.50 USD        | 10 USD        |
| 4            | Fibra de vidrio    | Fibra standard        | 12m <sup>2</sup> | 2 USD           | 24 USD        |
| 5            | Resina             | Ninguna               | 8 lbs            | 10 USD          | 80 USD        |
| 6            | Brochas            | 2 plg                 | 8 U              | 0.65 USD        | 5,20 USD      |
| 7            | Masilla standard   | Poliéster             | 7 gls            | 15 USD          | 105 USD       |
| 8            | Masilla fina       | Poliéster             | 3 libras         | 4 USD           | 12 USD        |
| 9            | Lija               | 33                    | 5 U              | 0,50 USD        | 2,50 USD      |
| 10           | Lija               | 120                   | 3 U              | 0,60 USD        | 1,80 USD      |
| 11           | Lija               | 1400                  | 3 U              | 0,60 USD        | 1,80 USD      |
| 12           | Tubos cuadrados    | 30x30x1.5 mm          | 2 U              | 15 USD          | 30 USD        |
| 13           | Electrodos         | E6011                 | 1 lb             | 2ZUSD           | 2 USD         |
| 14           | Pintura            | Varios colores        | 3 litros         | 5 USD           | 15 USD        |
| 15           | Tinner             | Automotriz            | 3 litro          | 1USD            | 3 USD         |
| 16           | MEK                | Recipientes de 125 cc | 5 U              | 1,50 USD        | 7,50 USD      |
| <b>TOTAL</b> |                    |                       |                  | <b>USD.</b>     | <b>379.80</b> |

### 3.16 Costo terciario

Comprende el costo detallado de la mano de obra que se utilizó para la construcción.

**Tabla 16**

**Costo terciario.**

| NO.          | DETALLE  | COSTO            |
|--------------|----------|------------------|
| 1            | Tornero  | USD 20.00        |
| 2            | Pintor   | USD 10.00        |
| 3            | Soldador | USD 10.00        |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>USD 40.00</b> |

### 3.17 Costo total

Comprende la suma de todos los costos que se utilizó para la construcción.

**Tabla 17**

**Costo total.**

| NO           | DETALLE   | COSTO                  |
|--------------|---|------------------------|
| 1            | Costo primario (Maquinaria, Herramientas, equipos). | 540.00 USD             |
| 2            | Costo secundario (Materiales)                       | 379.80 USD             |
| 3            | Costo terciario (Mano de obra).                     | 40.00 USD              |
| <b>TOTAL</b> |   | <b>USD. 959.80 USD</b> |

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- La información recopilada de manuales, libros e internet, a más de servir como instrucción inicial, provee de conocimientos necesarios para la construcción de la maqueta didáctica del sistema de reversa del motor IAE V2500, siempre y cuando se cuente con los medios necesarios para dicho fin.
- Una vez que se determinó los materiales más adecuados apoyándonos en su costo, calidad y si se encuentran localmente, es mucho más fácil adquirir dichos materiales para la construcción de la maqueta
- Para la construcción de la maqueta didáctica fue necesario utilizar fibra de vidrio, material que se encuentra localmente y más que todo no se requiere de mucha experiencia para trabajar con dicho material, pero cabe insistir la importancia de utilizar equipos de protección personal para este proyecto.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento con el único objetivo de buscar anomalías existentes, y de esta manera solucionar los percances que se presenten en el sistema, para así continuar con el desarrollo del proyecto.
- Los manuales en el ámbito aeronáutico son de gran ayuda para realizar una tarea, por tal razón la maqueta cuenta con Manuales de Mantenimiento y Operación los cuales son de útil y confiable fuente de seguridad a la hora de realizar algún trabajo.



## 4.2 Recomendaciones

- Revisar la información que se encuentra en los manuales de mantenimiento y operación LMB-027 antes de operar la maqueta del sistema de reversa para salvaguardar la vida útil del componente y del personal que esté realizando prácticas.
- Tener especial cuidado cuando el sistema esté operando para no causar lesiones graves al personal que este practicando en este material didáctico.
- Para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en la maqueta didáctica, hacerlo en un lugar apropiado, con todas las medidas de seguridad, que se cuente con las herramientas necesarias y que las mismas estén disponibles.
- Dar a conocer a los estudiantes y docentes que realizan trabajos en los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica sobre la disponibilidad de la maqueta del sistema de reversa.
- Tener especial cuidado y evitar la pérdida de los componentes que posee la maqueta didáctica, pues su diseño y medidas son demasiado exactas que dificultan realizar una réplica exacta de cualquier componente que sea este.

## GLOSARIO

**Bypass:** Se define como la relación entre el caudal másico de aire que pasa por fuera del núcleo del motor (aire no quemado), con respecto al caudal másico que pasa por el núcleo (aire quemado).

**Cascade vanes:** Son alabes guías los cuales tienen como función redireccionar el flujo de aire unos cuantos grados hacia adelante del motor.

**Estatorreactores:** Un estatorreactor es un tipo de motor de reacción que carece de compresores y turbinas, pues la compresión se efectúa debido a la alta velocidad a la que ha de funcionar.

**Esfuerzo:** Es el empleo de elementos necesarios para conseguir algún fin.

**Gramaje:** Unidad de medida normalmente el gramo por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ). El papel más flexible tiene el gramaje más bajo.

**ISA:** International Standard Atmosphere o Atmósfera Estándar Internacional, creado por la Organización de Aviación Civil Internacional. Se utiliza principalmente en la navegación aérea.

**Propulsión:** La propulsión es el movimiento generado a partir de una fuerza que da impulso.

**Turbo fan:** Se puede traducir como turbosoplante o turboventilador es una generación de motores a reacción que reemplazó a los turborreactores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LUFTHANSA LAN, 1999, Technical training, (s.e.), Argentina, (s.e.)
- DIMENSIONES DEL MOTOR AIRBUS S.A.S, 1990, Customer Services Technical Data Support and Services, (s.e.), FRANCE, (s.e.)
- (s.a.), 2011, NOTES ON POWERPLANT, Chapter 4 Turbine, CESDA, (s.e.)
- JORGE GARCÍA DE LA CUESTA, 2003, Motores a reacción, Madrid, Díaz de santos S.A.
- ROBERT D. ZUCKER, 1977, Fundamentals of Gas Dynamics, (s.e.), California, Matrix Publishers S.A.
- JORGE LÓPEZ CRESPO, 2012, Modulo 17 Hélices, 1<sup>ra</sup> Edición, Madrid España, Paraninfo S.A.
- HERNÁNDEZ GERMÁN, 2001, Manual del Soldador, 23<sup>a</sup> Edición, (s.l.), Cesol.
- GIACHINO JOSEPH, 2005, Técnica y Practica de Soldadura, 1<sup>ra</sup> Edición, Barcelona España, Reverté S.A.
- CUESTA Álvarez Martin, 2005, Motores a Reacción, 9<sup>a</sup> Edición, España, Paraninfo S.A.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/International\\_Standard\\_Atmosphere](http://es.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Atmosphere) (Citado el 26-12-2014 )
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_de\\_vidrio](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_vidrio) (Citado el 01-01-2015 )
- <https://www.google.com.ec/search?q=resina+de+poliester> (Citado el 20-11-2014)
- <http://www.ehowenespanol.com/madera-mdf>. (Citado el 12-09-2014)
- [http://www.indura.com.ec/productos\\_detalle.asp?idq=4230](http://www.indura.com.ec/productos_detalle.asp?idq=4230) (Citado el 12-09-2014)
- <http://www.perles.com/> (Citado el 01-03-2015 )
- [http://www.oiss.org/atprlja/IMG/pdf/14\\_Fibra\\_Vidrio.pdf](http://www.oiss.org/atprlja/IMG/pdf/14_Fibra_Vidrio.pdf) (Citado el 22-11-2014 )
- [http://profefeito.blogspot.com/2014\\_03\\_01\\_archive.html](http://profefeito.blogspot.com/2014_03_01_archive.html) (Citado el 26-12-2014 )

# ANEXOS

