



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA FUNCIONAL DEL
SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR
JT8D-17 DEL AVIÓN BOEING 737-200”

POR:

SIMBA TACO CARLOS ENRIQUE

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

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

“MOTORES”

2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por A/C Sr. CARLOS ENIQUE SIMBA TACO como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.**

Tlga. Maritza Nauñay

DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga 24 de Agosto del 2014

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

Yo Carlos Enrique Simba Taco declaro que el proyecto de grado **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR JT8D-17 DEL AVIÓN BOEING 737-200”** ha sido 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, 24 agosto de 2014

Simba Taco Carlos Enrique

050349547-5

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

Yo Carlos Enrique Simba Taco autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE a la publicación en la biblioteca virtual la tesis de investigación: **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR JT8D-17 DEL AVIÓN BOEING 737-200”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Simba Taco Carlos Enrique

050349547-5

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación se lo dedico a mi familia, que gracias a su ayuda incondicional, he logrado dar un paso significativo en mi vida.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por facilitarme con todos los recursos necesarios para estudiar.

Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Mis abuelos María Dolores Taco y Carlos Enrique Taco Taipe, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

A mis tías en especial a mi tía Nancy Margoth Taco Taco por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A una personita que llevo en mi corazón la cual en cada momento me demuestra su anhelo de que me supere en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

¡Gracias a Todos!

Carlos Enrique Simba Taco

AGRADECIMIENTO

Un infinito agradecimiento a Dios y la Stma. Virgen del Rosario por brindarme la salud, y mantener a mi familia junto a mí.

A mi Abuelo querido que me acompaña en cada paso que doy, y cuida de mí en todo momento, y me da las fuerzas para seguir adelante y aspirar a más.

Agradezco a mis profesores, maestros o amigos, por brindarme sus conocimientos y sus consejos que ser mejor cada día.

También a los compañeros que ya hace tres años, nos involucramos en la hermosa aviación y que juntos hemos llegado al final de un largo y duro camino.

Y por último a aquellas personas, que hicieron que este personaje, progrese y siga siempre adelante, ante las situaciones de la vida.

Carlos Enrique Simba Taco

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
SUMARY.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
EL TEMA.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Definición del problema	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. General	2
1.4.2. Específicos.....	2
1.5. Alcance.....	2
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 Motor JT8D-17	3
2.1.1. Componentes del motor.....	5
2.2. Concepto de reversa	11

2.2.1 Tipos de reversa.....	13
2.2.3. Reversa tipo bucket doors.....	13
2.2.4. Reversa clamshell doors.....	14
2.2.5. Reversa cascada doors.....	15
2.3. Reversa tipo bucket doors.....	17
2.3.1. Estructural del empuje de reversa.....	19
2.3.2. Puertas deflectoras.....	19
2.3.3. Deflectores de aspas en cascada.....	19
2.3.4. Puertas tipo concha.....	20
2.3.5. Grupo de Bisagras de las puertas conchas.....	21
2.3.6. Actuadores de empuje de reversa.....	21
2.3.7. Bloqueadores de la reversa.....	22
2.3.8. Válvula de secuencia.....	23
2.3.9. Circuito de luces de operación de la reversa.....	24
2.3.10. Capotaje de la tobera de escape y la reversa.....	24
2.3.11. Conjunto de cubierta de la reversa.....	25
2.3.12. Controles de la reversa y el sistema neumático.....	25
2.3.13. Válvula direccional de reversa.....	26
2.3.14. Leva de control de reversa.....	26
2.3.15. Controles de verificación (seguimiento) de la reversa.....	26
2.3.16. Cable de movimiento reciproco de la reversa.....	27
2.3.17. Sistema de Indicación del inversor de empuje.....	28
2.3.18. Paneles de indicaciones de la reversa.....	29
2.4 Definiciones físicas.....	31
2.4.1. Fuerza.....	31
2.4.2. Momento.....	31

2.4.3. Fuerza axial	32
2.4.4. Unidades de fuerza	32
2.4.5. Relación entre momento cortante y carga.....	33
2.4.6. Construcción del diagrama de momentos	34
2.5. Esfuerzos en vigas	34
2.5.1. Esfuerzo causado por Flexión	34
2.6. Materiales	35
2.6.1. Aceros estructurales.....	35
2.6.2. Acero Inoxidable.....	35
2.6.3. Tubos y perfiles	36
2.6.3. Láminas o planchas de acero.....	36
2.6.3. Ruedas para el transporte	38
2.6.3. Electrodo	39
2.6.4. Pinturas	40
2.6.5. Aglutinante	41
2.6.6. Disolventes.....	42
2.6.7. Secantes o secativos.....	42
2.6.8. Pigmentos.	43
2.6.9. Anticorrosiva.....	43
2.7. Materiales de construcción/ Instrumentos de medición	44
2.7.1. Esmerilado	44
2.7.2. Corte.....	44
2.7.3. Doblado	45
2.7.4. Plegado básico de la chapa	45
2.7.5. Soldadura	46
2.7.6. Cañerías neumáticas.....	48

2.7.7. Acoples.....	49
2.7.8. Acoples rápidos para servicio neumático	50
2.7.9. Manómetros	51
2.7.10. Tipos de manómetros:.....	51
2.7.11. Manómetros abiertos:.....	51
2.7.12. Manómetros diferenciales:	51
2.7.13. Reguladores de presión	52
2.7.14. Reguladores reductores:	53
2.7.15. Funcionamiento de los reguladores de presión:.....	53
2.7.16. Actuadores.	55
2.7.17. Los actuadores neumáticos.....	56
2.7.18. Los motores hidráulicos.....	56
2.7.19. Actuator neumáticos modelo FVBC32*100.	56
2.7.20. Actuadores de simple efecto	56
2.7.21. Actuadores de doble efecto.....	57
2.7.22. Fibra de vidrio.....	57
2.7.23. Fibra de vidrio que se utiliza en la aviación.	60
CAPÍTULO III	63
DESARROLLO DEL TEMA.....	63
3.1 Preliminares.....	63
3.2. Adquisición de los materiales	63
3.3 Dimensiones.....	64
3.4 Diseño Digital.....	65
3.4.1 Diseño de la Estructura.....	65
3.4.2. Diseño del sistema eléctrico	65
3.4.3 Diseño del Sistema Neumático	69

3.5. Construcción.....	72
3.5.1. Corte de la plancha de tol para cilindros	73
3.5.2. Elaboración de los cilindros (Doblado)	73
3.5.3. Soldado de los cilindros.....	74
3.5.4. Elaboración de las clamshell doors	75
3.5.5. Elaboración de los ejes para la compuerta de las clamshell doors.....	75
3.5.6. Pruebas de funcionamiento de las clamshell doors.....	76
3.5.7. Trabajo con fibra de vidrio	77
3.5.8. Masillado y lijado de la parte interior de la Clamshell doors	79
3.5.9. Fondeado y pintado de las compuertas.....	79
3.5.10. Pruebas de funcionamiento.....	80
3.5.11. Construcción del tablero de control	82
3.6. Diagrama de procesos.....	85
3.6.1. Diagrama de proceso de construcción del soporte	85
3.6.2 Diagrama de proceso de construcción de los cilindros	87
3.6.3. Diagrama de proceso de construcción del mecanismo.....	88
3.6.4 Diagrama de proceso de construcción de las clamshell doors	89
3.6.5. Diagrama de proceso de construcción de las tapas del mecanismo.....	90
3.6.6. Diagrama de proceso de construcción del tablero de control.....	91
3.6.7. Diagrama de proceso del ensamblaje total.	92
3.7. Análisis de resistencia de la estructura.....	93
3.8. Pruebas y análisis de movimiento	94
3.8. Manuales	94
3.8.1. Manual de operación.....	94
3.8.2. Manual de mantenimiento	94

3.8.3. Estudio económico	94
3.9. Análisis económico	95
3.9.1. Costo de la investigación.....	95
3.9.2. Costo de materiales.....	95
3.9.3. Costo de mano de obra	96
3.9.4. Gastos varios	97
3.9.5. Gastos totales	97
CAPÍTULO IV.....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
4.1 Conclusiones	98
4.2 Recomendaciones	98
GLOSARIO	100
BIBLIOGRAFÍA.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Motor JT8D-17	4
Figura 2. 2: Compresor del motor JT8D-17.....	6
Figura 2. 3: Cámara de combustión del motor JT8D-17	7
Figura 2. 4: Disco de turbina	8
Figura 2. 5: Turbina de impulso	9
Figura 2. 6: Turbina de reacción	10
Figura 2. 7: Turbina de acción-reacción.....	10
Figura 2. 8: Turbina de acción-reacción.....	11
Figura 2. 9: Avión aterrizando	12
Figura 2. 10: Actuando la reversa	13
Figura 2. 11: Reversa tipo deflector doors	14
Figura 2. 12: Reversa tipo clamshell doors.....	14
Figura 2. 13: Reversa tipo cascada doors.....	15
Figura 2. 14: Reversa tipo “pétalo”.....	16
Figura 2. 15: Reversa de ángulo variable	17
Figura 2. 16: Sistema de reversa del Motor JT8D.....	18
Figura 2. 17: Deflectores del sistema de reversa del Motor JT8D	19
Figura 2. 18: Sistema neumático de reversa del Motor JT8-D	20
Figura 2. 19: Deflectores tipo bucket doors del Boeing 737-200.....	21
Figura 2. 20: Actuadores del sistema de compuertas	22
Figura 2. 21: Ubicación del actuador en el Sistema.....	23
Figura 2. 22: Válvula de secuencia y actuadores del Sistema de Reversa..	24
Figura 2. 23: Controles del sistema de reversa.....	26
Figura 2. 24: Instalación del deflector doors	27
Figura 2. 25: Panel p5 del Boeing 737-200.....	29
Figura 2. 26: Panel p2 del Boeing 737-200.....	29
Figura 2. 27: Sistema esquemático del control de la Reversa	30
Figura 2. 28: Isolation valve / Pressure switch	30
Figura 2. 29: Representación gráfica de momentos	31
Figura 2. 30: Conversiones de unidades	33

Figura 2. 31: Relación entre momento y cortante	33
Figura 2. 32: Diagrama de momentos.....	34
Figura 2. 33: Tabla de pesos en kg para chapas y sus dimensiones comerciales.....	37
Figura 2. 34: Ruedas de transporte con frenos o garruchas con frenos	38
Figura 2. 35: Especificaciones técnicas de electrodos.....	39
Figura 2. 36: Tabla interpretativa para el último dígito, según la clasificación AWS de electrodos.	40
Figura 2. 37: Especificaciones técnicas de disco de corte	45
Figura 2. 38: Doblado de planchas metálica	46
Figura 2. 39: Tipos de suelda.....	47
Figura 2. 40: Tipos de suelda (fría y caliente)	48
Figura 2. 41: Temperatura para soldar	48
Figura 2. 42: Especificaciones técnicas de líneas flexibles.....	49
Figura 2. 43: Acoples de conexión rápida y desconexión rápida	50
Figura 2. 44: Reguladores de presión.....	52
Figura 2. 45: Actuador neumático de simple efecto	57
Figura 2. 46: Actuador neumático de doble efecto.....	57
Figura 2. 47: Fibra de Vidrio.....	58
Figura 2. 48: Composición de las fibras de vidrio	59
Figura 2. 49: Propiedades de la fibra de vidrio.....	59
Figura 2. 50: Propiedades de la resina epoxi y poliéster	61
Figura 2. 51: Probeta de medición de viscosidad de la resina	61
Figura 2. 52: Características de la resina.....	62
Figura 3. 1: Diseño digital de la Reversa y la Estructura	65
Figura 3. 2: Diseño digital del Sistema Eléctrico	66
Figura 3. 3: Sistema Eléctrico de la Maqueta.....	68
Figura 3. 4: Diseño del Sistema Neumático de la Maqueta	69
Figura 3. 5: Sistema Neumático de la Maqueta	71
Figura 3. 6: Corte de la plancha de tol para los cilindros	73
Figura 3. 7: Elaboración de los cilindros	74
Figura 3. 8: Soldado de los dos cilindro	74

Figura 3. 9: Elaboración de las clamshell doors.....	75
Figura 3. 10: Ejes para la compuerta de las clamshell doors.....	76
Figura 3. 11: Pruebas de funcionamiento	76
Figura 3. 12: Cubriendo la estructura con fibra de vidrio	77
Figura 3. 13: Masillado de compuertas	78
Figura 3. 14: Lijado del masillado de compuertas.....	78
Figura 3. 15: Masillado y lijado de la parte interior de la Clamshell doors ...	79
Figura 3. 16: Fondeado y pintado de las compuertas.....	79
Figura 3. 17: Clamshell doors terminado	80
Figura 3. 18: Pruebas de funcionamiento	80
Figura 3. 19: Reversa con sus clamshell doors	81
Figura 3. 20: Soporte lijado y pintado	81
Figura 3. 21: Colocación de cauchos protectores.....	82
Figura 3. 22: Soporte y maqueta.....	82
Figura 3. 23: Caja de control.....	83
Figura 3. 24: Elementos componentes del tablero de control	83
Figura 3. 25: Tablero de control terminado	84
Figura 3. 26: Simbología de los Diagramas de Proceso	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Especificaciones del Motor JT8D-17.....	4
Tabla 2. 2 Química del acero.....	35
Tabla 2. 3 Características mecánicas del acero	35
Tabla 3. 1: Lista de Componentes adquiridos.....	64
Tabla 3. 2: Dimensiones de la Maqueta.....	64
Tabla 3. 3: Los componentes incluidos este sistema son los siguientes	66
Tabla 3. 4: El sistema eléctrico funciona con una alimentación de 110 V. Al activar el switch principal, se activan los siguientes elementos:	68
Tabla 3. 5: Los elementos que componen el sistema neumático para su adecuado funcionamiento son los siguientes:.....	70
Tabla 3. 6: Parámetros de las pruebas de funcionamiento.....	84
Tabla 3. 7: Costos de la Investigación	95
Tabla 3. 8: Costos de Materiales	96
Tabla 3. 9: Costos de Mano de Obra	97
Tabla 3. 10: Gastos varios	97
Tabla 3. 11: Gastos totales de proyecto	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A MOTOR JT8D-17 DEL BOEING 737-200 **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO B MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MAQUETA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR JT8D-17 DEL AVIÓN BOIENG 737-200 **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO C MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR JT8D-17 DEL AVIÓN BOEING 737-200..... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO D ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA MAQUETA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS DEL MOTOR JT8D-17 DEL AVIÓN BOIENG 737-200 **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO E CONTROLES EN EL TABLERO.... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO F PLANOS DE LA ESTRUCTURA, REVERSA Y MECANISMO. **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

El diseño y la construcción de un sistema de reversa BUCKET DOORS del motor JT8D-17 del avión Boeing 737-200 fue elaborado para la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE, este proyecto tiene como finalidad ser un equipo de apoyo para que los estudiantes de la carrera de mecánica puedan adquirir nuevos conocimientos. El presente trabajo brinda información detallada de los recursos utilizados para su elaboración tales como; componentes de un sistema de reversa BUCKET DOORS, principio de funcionamiento, tipos de reversa, además se proporciona adecuada información sobre actuadores, válvulas, manómetros acoples, conectores, aceros, pinturas, fibra de vidrio, garruchas y soldadura. Para el desarrollo del proyecto se utilizó programas tales como Proteus, Fluidisim e Inventor necesario para conocer el funcionamiento del sistema antes del proceso de fabricación. También se detalla los procesos de construcción y ensamblaje del sistema reversa BUCKET DOORS dando seguimiento de la construcción del proyecto hasta su culminación, adicional a esto se proporciona un presupuesto económico detallado, necesario para la elaboración del presente sistema. Como complemento se cuenta con los principios de funcionamiento de la reversa Boeing 737-200 y del manual en los cuales se basa la realización del presente tema. El sistema de reversa BUCKET DOORS del motor JT8D-17 del avión Boeing 737-200 puede realizar movimientos tales como: el repliegue y despliegue de las BUCKET DOORS mediante actuadores de esta manera mayor realismo para los estudiantes y el personal que la utilice.

PALABRA CLAVE

**Boeing 737-200/ SISTEMA DE REVERSA BUCKET DOORS/ PROTEUS/
FLUIDISIM/ INVENTOR**

SUMARY

The design and the construction of a system of reverse bucket doors of the motor JT8D-17 of the airplane Boeing 737-200 were elaborated for the UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE; this project has as purpose to be a support team so that the students of the mechanics career can acquire new knowledge. The present work offers detailed information of the utilized resources for its such elaboration as; components of a system of reverse bucket doors, operation principle, types of reverse, appropriate information is also provided it has more than enough actuators, valves, manometers couple, connectors, steels, paintings, glass fiber, pulleys and welding. For the development of the project it was used such programs as Proteus, Fluidisim and necessary inventor to know the operation of the system before the manufacturing process. It is also detailed the construction processes and assembling of the system reverse bucket doors giving pursuit of the construction of the project until their culmination, additional to this a detailed economic budget is provided, necessary for the elaboration of the present system. As complement it is had the principles of operation of the reverse Boeing 737-200 and of the manual in which the realization of the present is based fears. The system of reverse bucket doors of the motor JT8D-17 of the airplane Boeing 737-200 can carry out such movements as: the fold and unfolding of the bucket doors by means of actuators this way bigger realism for the students and the personnel that it uses it.

KEYWORDS

**BOEING 737-200/ SYSTEM OF REVERSE BUCKET DOORS/ PROTEUS/
FLUIDISIM/ INVENTOR/**

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. Antecedentes

La unidad de Gestión de Tecnologías, es una Institución de Educación Superior en la rama de la Aviación, creada en beneficio de la sociedad, en donde se forman los futuros aerotécnicos de la FAE y personal civil especializado y capacitado en mantenimiento de aeronaves civiles y militares.

Para el desarrollo de las actividades educativas se cuenta con el apoyo de material didáctico, como: carteles, acetatos, software interactivos para impartir conocimientos en los sistemas de los aviones, maquetas y sistemas operativos de aeronaves a escala.

La instrucción impartida en las aulas, requiere de una parte práctica y es indispensable la mejora y actualización del material didáctico existente para los alumnos del UGT, a fin de que puedan afianzar sus conocimientos referentes a los sistemas de la aeronave.

Razones por las que se determinó la necesidad de construir una maqueta funcional del sistema de reversa BUCKET DOORS del motor JT8D-17 de avión BOEING 737 – 200 para la instrucción de los alumnos de la UGT.

1.2. Definición del problema

Dentro de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la carrera de Mecánica Aeronáutica se necesita implementar una maqueta funcional del sistema de reversa BUCKET DOORS del motor JT8D-17 de avión Boeing 737 – 200

1.3. Justificación

Se hace indispensable disponer de material didáctico específico, para todos los sistemas de la aeronave, tomando como referencia las aeronaves que se encuentran operativas en nuestro medio.

Es así como la construcción de una maqueta funcional del Sistema de Reversa del motor JT8D-17 constituye una contribución muy importante para el desarrollo de los estudiantes en el estudio de este Sistema, de tal manera que al disponer de esta maqueta, los estudiantes se familiaricen con la operación y funcionamiento del sistema.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Construir una maqueta funcional del sistema de reversa BUCKET DOORS del motor JT8D-17 de avión BOEING 737 – 200.

1.4.2. Específicos

- Recopilar toda la información disponible del motor JT8D-17 y su Sistema de Reversa.
- Diseñar de la maqueta en el software Inventor, Proteus y Fluisim.
- Construir la maqueta.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.5. Alcance

El presente trabajo está dirigido a todos los estudiantes de la Carrera de Mecánica, personal Docente, y todo ente que tenga acceso a la maqueta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Motor JT8D-17

El JT8D es un motor turbofán de flujo axial frontal que incorpora un diseño de doble eje. Tiene dos ensambles de rotación independiente coaxialmente conectados: un ensamble de rotación para el compresor de baja presión que abarca las primeras seis etapas (seis pares de palas rotativas y estatores, incluyendo las dos primeras etapas que comprenden el ventilador frontal); y un segundo ensamble rotativo para la sección del compresor de alta presión que comprende siete etapas. El compresor de alta presión está conectado a la primera turbina delantera, que tiene una sola etapa. El ventilador (fan) frontal tiene dos etapas. El ducto anular de descarga para el ventilador recorre todo el motor, permitiendo que el aire que pasa por el ventilador salga junto a los gases de combustión por la misma tobera. Esta relación permite cierta atenuación del ruido, en la medida en que los gases de combustión calientes de alta velocidad se compriman dentro del flujo de aire relativamente frío y de movimiento más lento proveniente del ventilador frontal.

La familia de motores JT8D comprende ocho modelos estándar, cubriendo el rango de potencia desde 12.250 a 17.400 libras de empuje unitario (62 a 77 kN) y motoriza a los aviones 727, 737-100/200, y DC-9.

En la 13^a etapa del compresor (etapa final), parte del aire es expulsado y utilizado como antihielo. La cantidad es controlada dependiendo de la señal que reciba el Controlador de Presión de Aire Desviado (Pressure Ratio Bleed Control ó PRBC). La carcasa del difusor en la parte final del compresor alberga la 13.ª Etapa. Esto incrementa el área de sección, permitiendo que el aire comprimido baje su velocidad antes de entrar a una de las nueve

cámaras combustión es de forma anular. Cada cámara tiene tres tamaños de orificios de admisión de aire: el más pequeño es para refrigeración, el medio para inflamación de combustible y el más grande permite crear vacío.¹

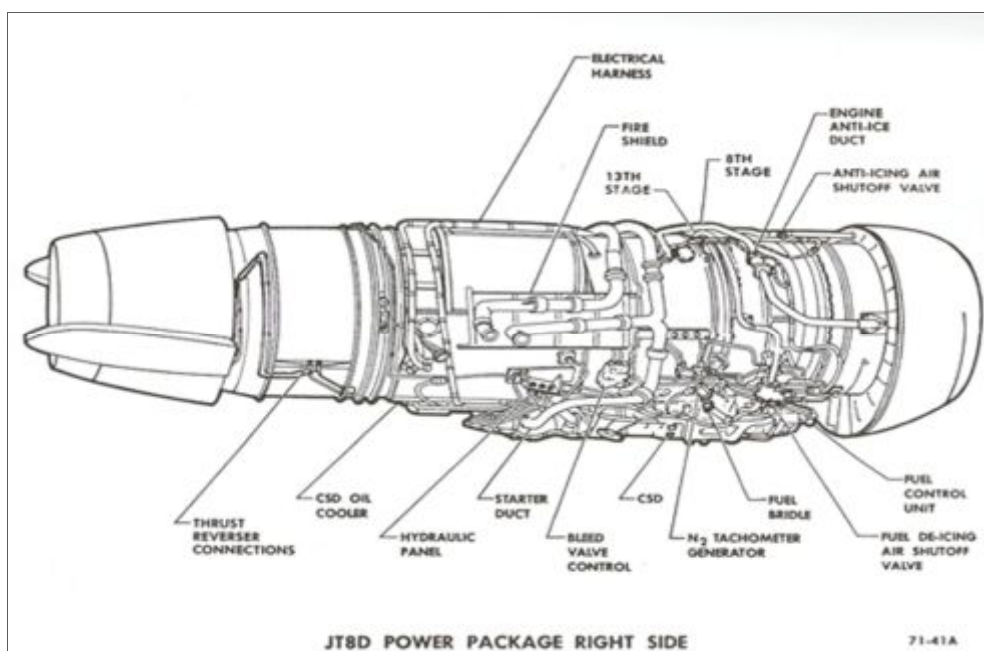


Figura 2. 1: Motor JT8D-17

Tabla 2. 1

Especificaciones del Motor JT8D-17

Especificaciones Generales Del Motor	
Tipo:	Turbofan
Tipo de cámaras de combustión:	Can-anular
Numero de cámaras de combustión:	9
Longitud:	120.0 pulgadas / 3048mm - 154.1pulgadas / 3914mm
Diámetro:	49.2pulgadas / 1250mm

Continúa →

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_JT8D

Compresor:	Flujo axial de 13 etapas: 6 etapas de compresor de Baja Presión (LPC) incluye las dos primeras del ventilador, 4 etapas del compresor, y 7 etapas del compresor de Alta Presión (HPC)
Turbina:	Tiene 4 etapas: 3 etapa de alta presión y 1 de baja presión.
Relación de compresión	16:1
Empuje aproximado	18000-21000 lb (Según el modelo)
Peso en seco (aprox.):	JT8D-17 3430 libras

El motor tiene seis secciones generales, la sección de entrada de aire, la sección del compresor, la sección de combustión, la sección de la turbina y de escape, la caja de accesorios (Caja de engranajes), y la sección de descarga del fan.

2.1.1. Componentes del motor

2.1.1.1. Admisión (intake)

Capta la masa de aire del exterior y la introduce al compresor. A mayor velocidad mayor gasto másico (G) y mayor empuje. El gasto másico se mide en Kg/s.

2.1.1.2. Compresor

Ubicado detrás de la toma de aire. Se encarga de comprimir el aire (disminuir su velocidad) antes de introducirlo en la cámara de combustión. El empuje aumenta cuanto mayor es la compresión (mayor ratio de compresión). Pueden ser:

- Centrífugo (3 ó 4 etapas): comprimen el aire desde el centro al exterior (90°).
- Axiales (13 o más etapas): comprimen el aire a través del centro.

El compresor axial es el más utilizado en la actualidad.

Radial o Centrífugo: la corriente de aire ingresa en el sentido del eje y sale en sentido radial, consta de un solo disco con álabes en una o ambas caras, es el compresor universalmente utilizado en las micro turbinas, es mucho más resistente que el axial pero como desventaja es más pesado y tiene un área frontal mayor.

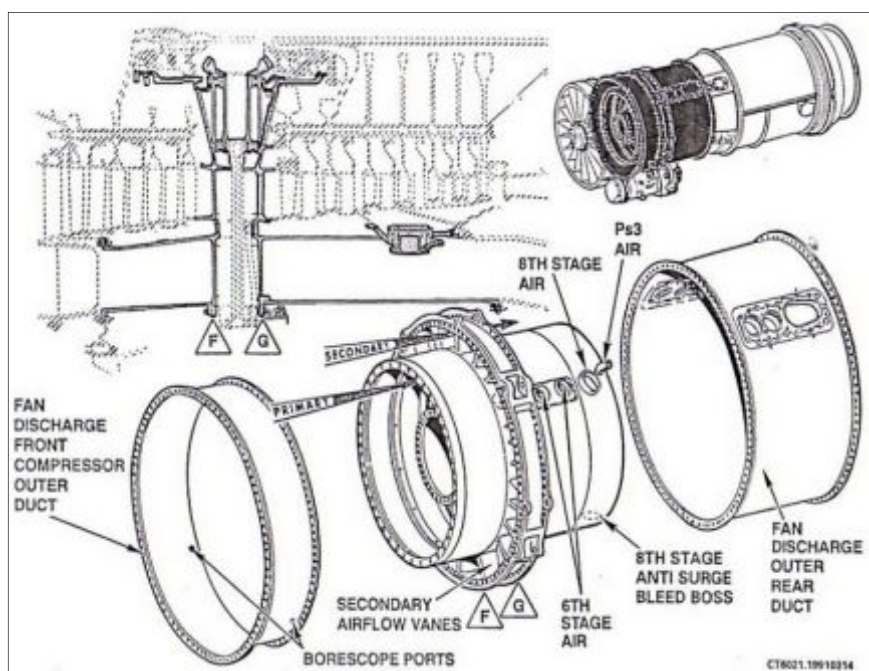


Figura 2. 2: Compresor del motor JT8D-17

2.1.1.3. Cámaras de combustión

Es una de las partes más críticas del motor de turbina, en su interior se produce la mezcla y combustión del combustible con el aire que ha salido del compresor. Su diseño debe soportar las elevadas temperaturas que se producen en su interior. De igual manera la longitud de la cámara está limitada por cuestiones de diseño del eje compresor – turbina.

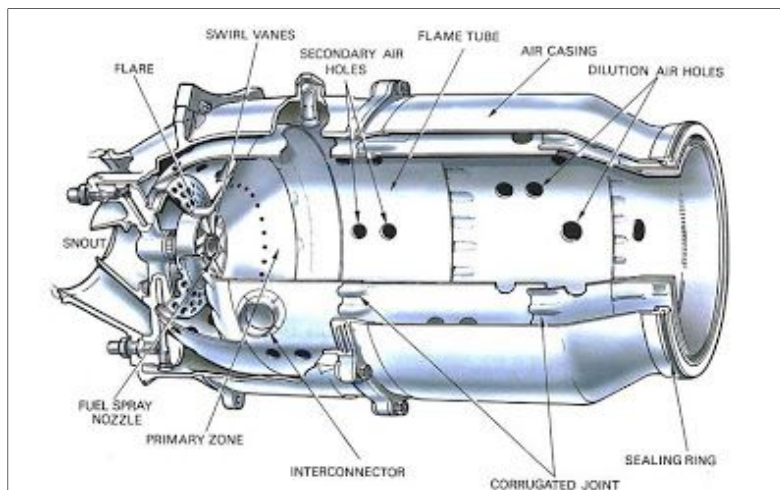


Figura 2. 3: Cámara de combustión del motor JT8D-17

2.1.1.4. Turbina

Es la parte encargada de extraer parte de la energía de la corriente de gas para convertirla en movimiento, su única función es hacer rotar el compresor al cual se encuentra unido por medio de un eje. La turbina se halla sujeta a elevadas temperaturas y a elevadas cargas centrifugas que en conjunto a la disminución de resistencia del material por causa de la temperatura hacen que este sea el elemento que más importancia tiene en cuanto a la elección de materiales, sin excepción se utilizan aleaciones con elevado contenido de níquel y cromo (comercialmente tienen diferentes nombres como ser INCONEL, NIMONIC etc.) Existen dos tipos de discos de turbina:

Los axiales: Son los más utilizados pues poseen excelentes características de aceleración y un peso bastante reducido, el inconveniente es que debe respetarse a estrictamente la temperatura y velocidad máxima para no correr el riesgo de que el disco se "desintegre".



Figura 2. 4: Disco de turbina

Las turbinas radiales si bien se utilizan menos, ya que poseen un peso superior y por lo tanto tardan más en acelerar los gases. Tienen la particularidad de ser robustas, soportan altas revoluciones a mayor temperatura

Básicamente una turbina convierte la energía del flujo en una energía mecánica y se clasifica acorde a su principio de funcionamiento así²:

- a) Acción.
- b) Reacción.
- c) Impulso-reacción.

a) Turbinas de acción (o impulso)

Se llaman así cuando la transformación de la energía potencial en energía cinética se produce en los órganos fijos anteriores al rodete (inyectores o toberas). En consecuencia el rodete solo recibe energía cinética. La presión a la entrada y salida de los álabes es la misma e igual a la atmosférica.

Un ejemplo típico de este tipo de turbina es la Pelton.

2

<http://www.ultraligero.net/Cursos/mecanica/Como%20funciona%20el%20motor%20a%20turbina.pdf>

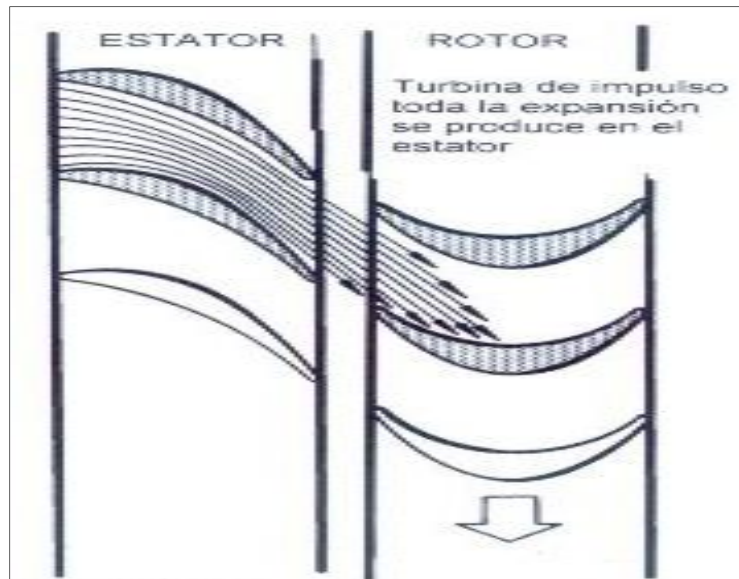


Figura 2. 5: Turbina de impulso

b) Turbinas de reacción.

Se llama así cuando se transforma la energía potencial en cinética íntegramente en el rodete. Este recibe solo energía potencial. La presión de entrada es muy superior a la presión del fluido a la salida. Esto ocurre en un aspersor. En la realidad no se ha desarrollado este tipo de turbina industrialmente. Se llaman así aun que habría que considerarlas como un tipo mixto

Un ejemplo de estas turbinas es la Francis.

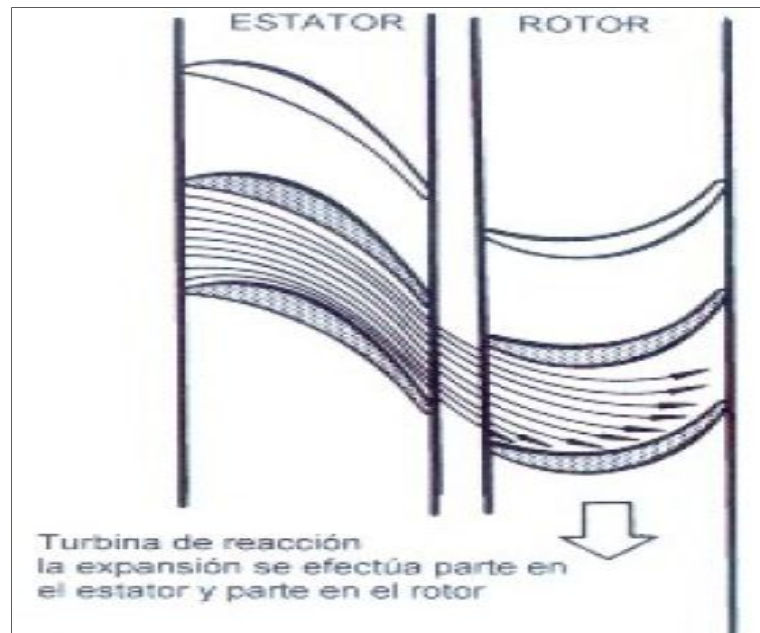


Figura 2. 6: Turbina de reacción

c) Turbinas de Impulso – Reacción

Estos tipos de turbina pueden combinarse por diseño de los álabes, tanto del estator como del rotor, para formar una turbina mixta de impulso y reacción, obteniéndose de esta forma características que corresponden sensiblemente al 50% de cada tipo.

La forma óptima de este tipo de turbina corresponde a la utilización del tipo de impulso en la raíz del álabe y del tipo de reacción en el extremo

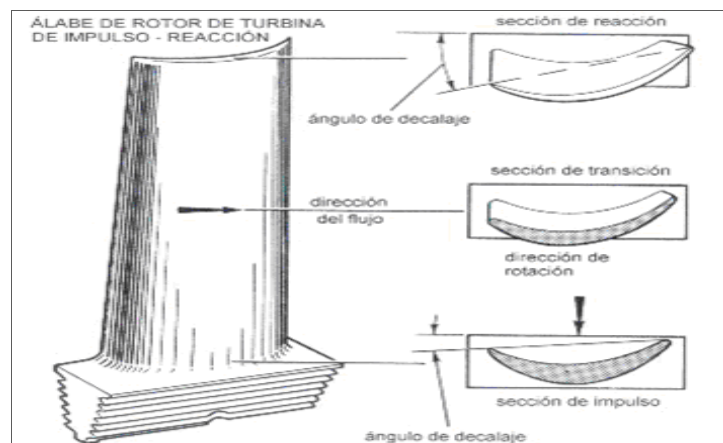


Figura 2. 7: Turbina de acción-reacción

2.1.1.5. Tobera de escape (nozzle)

El aire sale a alta velocidad por la tobera y genera una fuerza de reacción contraria (empuje). Este es el empuje máximo aprobado para el crucero. Se obtiene de la misma forma que el Máximo Continuo.

El empuje varía con la altitud.

- A mayor altitud, disminuye el empuje (ya que la densidad disminuye).

El empuje también es función de la velocidad.

- A mayor velocidad, disminuye el empuje (ya que el aire es más turbulento).



Figura 2. 8: Turbina de acción-reacción

2.2. Concepto de reversa

La reversa es un sistema muy utilizado en la aviación se conoce como empuje inverso o empuje de reversa 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. También es instalado en aviones a hélice gracias a los motores con palas de inclinación variable hacia ángulos negativos, de modo que se puede invertir la dirección del flujo de aire.

“Todo avión puede aterrizar sin reversas (pues sino no obtiene la licencia de vuelo), usando los frenos y los dispositivos hipersustentadores (flaps, slats y spoilers o aerofrenos). Para demostrarlo, se hace un experimento: el avión con 60000 libras (27215,5 kilogramos aproximadamente) ha de aterrizar en una pista mojada o helada a nivel del mar a 103 nudos (190 Km/h aproximadamente). La diferencia de un aterrizaje sin y con reversa es de 243,84 metros.”

“En los aterrizajes el avión pasa de ir muy rápido entre 145 nudos y 180 que son aproximadamente unos 290 y 260 kilómetros hora hasta 20 nudos unos 40 kilómetros hora. Casi todos los aviones en sus motores tienen una cosa llamada reversa que lo que hace es la función contraria del motor, en vez de expulsar aire por atrás para ganar velocidad, lo hecha por delante consiguiendo una frenada inmediato.³

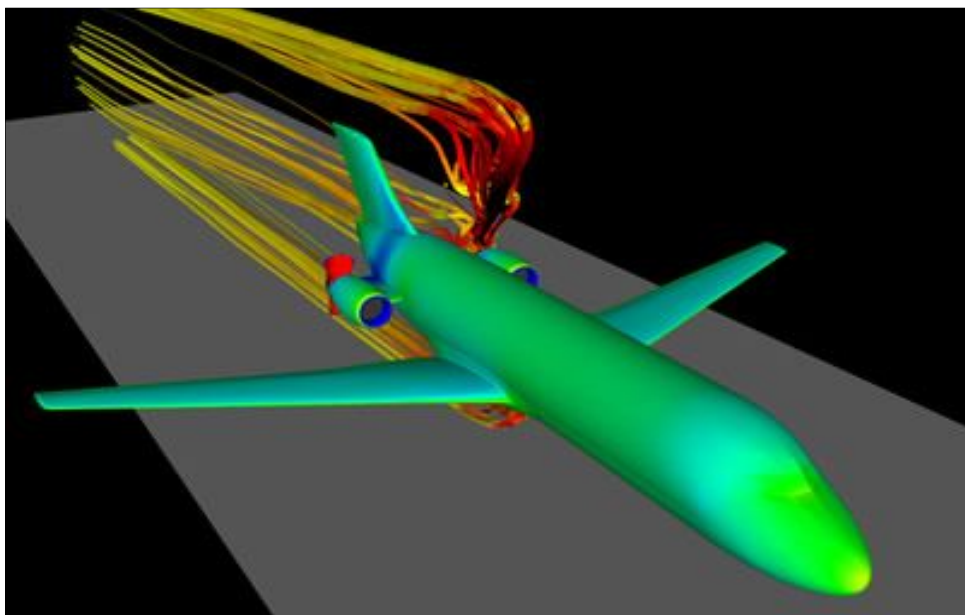


Figura 2. 9: Avión aterrizando

³http://www.thehouseofblogs.com/articulo/la_reversa-112125.html/2010

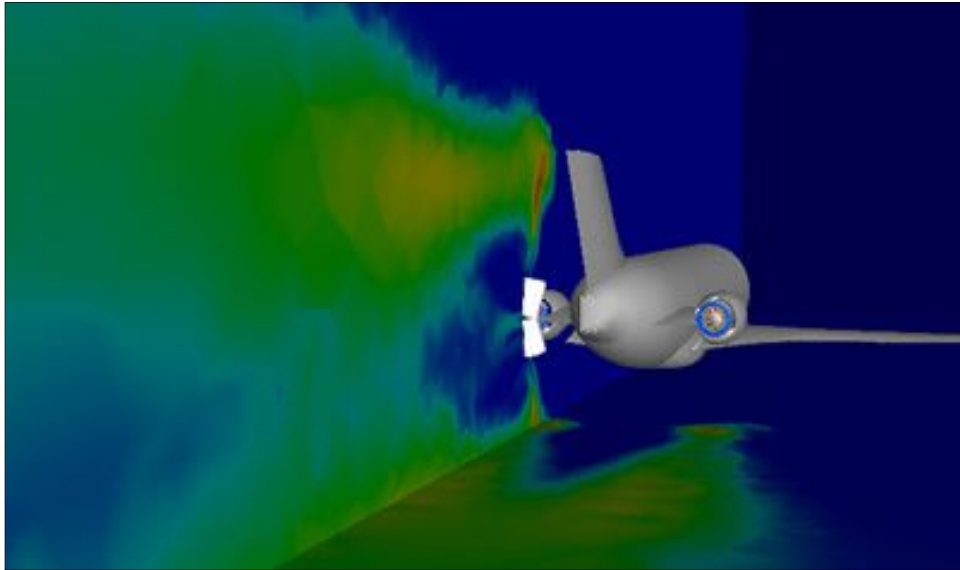


Figura 2. 10: Actuando la reversa

2.2.1 Tipos de reversa

Existen diferentes tipos de reversa tales como:

- Bucket doors
- Clamshell doors
- Cascades doors
- Reversa tipo "Petaló"

2.2.3. Reversa tipo bucket doors

"Esto también se conoce como "tipo de destino", y es de accionamiento hidráulico. En la posición de empuje hacia adelante los cubos reversos en forma convergente / divergente de la tobera de escape del motor. En la posición inversa los cubos desvían la corriente de aceite o flujo de gases de escape hacia adelante.



Figura 2. 11: Reversa tipo deflector doors

2.2.4. Reversa clamshell doors

Una unidad de reversa, localizada en el extremo final de cada motor, se usa para reducir la longitud de rodaje del aterrizaje. La reversa es del tipo compuerta tipo concha la cual proporciona inversión del empuje bloqueando el camino de la descarga de flujo de gas del motor contra las compuertas tipo concha, desviando los gases a través de las aperturas en la reversa hacia dos deflectores tipo cascada.”⁴

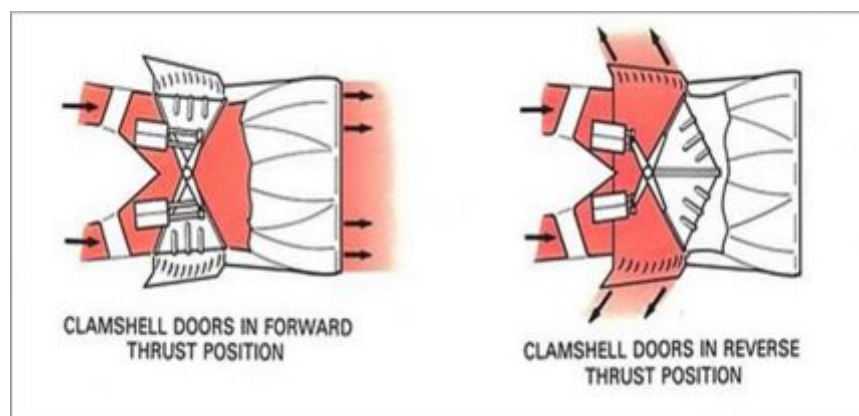


Figura 2. 12: Reversa tipo clamshell doors

⁴ Manual de mantenimiento del Boeing 727

2.2.5. Reversa cascada doors

Denominadas coloquialmente “Cascadas”. Se utilizan para retractar el chorro frío del fan. Unas persianas bloquea el chorro hacia atrás. Se abren unas ranuras en los laterales al mover hacia atrás la carcasa externa de la salida del fan, por el que sale el chorro frío dirigido hacia delante a través de unas persianas orientadas de ángulo variable⁵



Figura 2. 13: Reversa tipo cascada doors

2.2.6. Reversa tipo “Petaló”

Similar a las Cascadas para deflecar el chorro frío, pero las ranuras quedan cerradas por unos pétalos que se abren hacia el exterior. Los pétalos redirigen el chorro frío con una componente hacia delante.⁶

⁵ Manual de mantenimiento del Boeing 777

⁶ Manual de mantenimiento del Airbus 320



Figura 2. 14: Reversa tipo “pétalo”

2.2.6. Reversa de ángulo variable

“El movimiento de la reversa de empuje en aeronaves Turbo-Hélice se obtiene cambiando el ángulo de la pala de la hélice a través de un sistema de control hidromecánico.

El movimiento de la palanca de combustible dirige aceite del sistema de control al mecanismo de hélice para reducir el ángulo de la pala a cero, y luego a un ángulo negativo (reversa). Durante el movimiento de la palanca de combustible, el combustible para el motor es reducido por la válvula de combustible, ya que está interconectado a la unidad de control de ángulo, con lo cual la potencia del motor y el ángulo de la pala son ubicados para el cambio de grados o posición para obtener la cantidad deseada de reversa. El movimiento de la reversa de empuje también puede ser usado para maniobrar aeronaves Turbo-Hélice de adelante hacia atrás luego que haya sido estacionada.

Algunos factores de seguridad son incluidos en el sistema de control de hélice en el caso de mal funcionamiento de la misma, y estos dispositivos, generalmente son hidromecánicos, son topes o bases finales.⁷

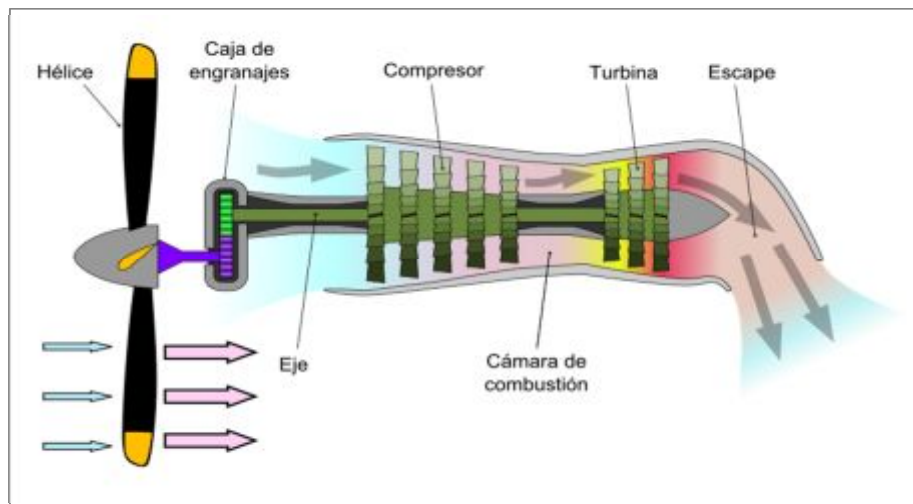


Figura 2. 15: Reversa de ángulo variable

2.3. Reversa tipo bucket doors

Esta reversa opera hidráulicamente y monitoreada eléctricamente la presión hidráulica es proporcionado por la vía del sistema hidráulico "A" la línea baja del tren de aterrizaje es alimentado por el sistema hidráulico stamby la indicación de la operación de la reversa es proporcionada en la cabina de control en los paneles P2 y P5.

El movimiento de la palanca de potencia es transmitido por medio de poleas de control, por un cable de conexión directa. Una leva de control de la reversa, en el extremo de la parte baja del eje provee la posición de entrada de la válvula direccional.

El aire es conducido de la válvula direccional, por las cañerías neumáticas a dos actuadores de la reversa que ejerce la aportación para accionar y controlar.

⁷ Manual de mantenimiento del Boeing 737-200

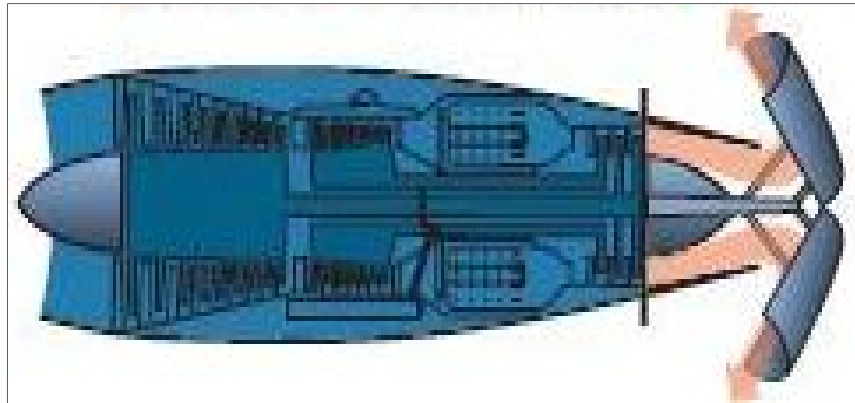


Figura 2. 16: Sistema de reversa del Motor JT8D

Un actuador de bloqueo de la reversa, localizado en la entrada de los actuadores, en la línea neumática, mantiene a la reversa mecánicamente trabada en una posición delantera hasta que el empuje de reversa es seleccionado. Cuando el empuje de reversa es seleccionado el actuador es neumáticamente operado para desbloquear la reversa y conducir aire a los actuadores de reversa.

La válvula de secuencia está instalada solo en reversas con puertas deflectoras, y está localizada en la entrada de los actuadores, en la línea neumática delantera, para conducir el aire secuencialmente, a los pistones de las puertas concha y al pistón de la puerta defleitora de los actuadores, para retractar las puertas concha a la posición delantera, y después retractar las puertas deflectoras.

La operación del empuje de reversa es seleccionada por el uso de la palanca de potencia en la cabina de control, el accionamiento de la palanca de reversa posiciona la válvula direccional para dirigir aire neumático Ps4 a los puertos apropiados de los actuadores causando la reversa de las puertas deflectoras.

2.3.1. Estructural del empuje de reversa

El armazón de la reversa es una estructura soldada en la cual están unidas, las puertas concha, puertas deflectoras o deflectores de alabes en cascada, las articulaciones accionadas de las puertas concha y deflectoras, actuadores de reversa, válvulas de secuencia y el escape.

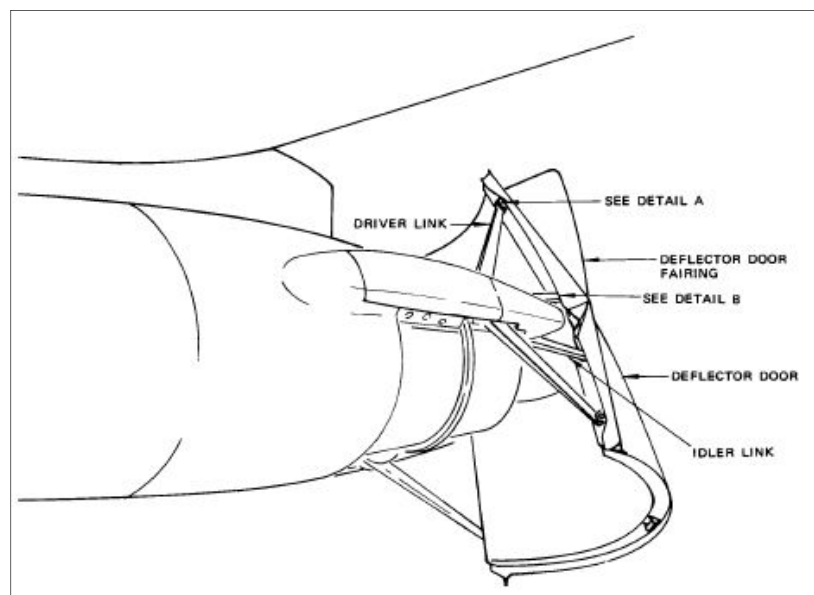


Figura 2. 17: Deflectores del sistema de reversa del Motor JT8D

2.3.2. Puertas deflectoras

Las puertas deflectoras, durante la operación de la reversa, proveen una superficie de deflexión que dirige el flujo de gas de escape en una dirección apropiada para obtener empuje de reversa, existen dos puertas deflectoras para cada motor una superior y otra inferior.

2.3.3. Deflectores de aspas en cascada

Estos están montados a cada lado de la parte posterior del conjunto del armazón de la reversa en el motor central. Los motores laterales tienen alabes en cascada superior e inferior.

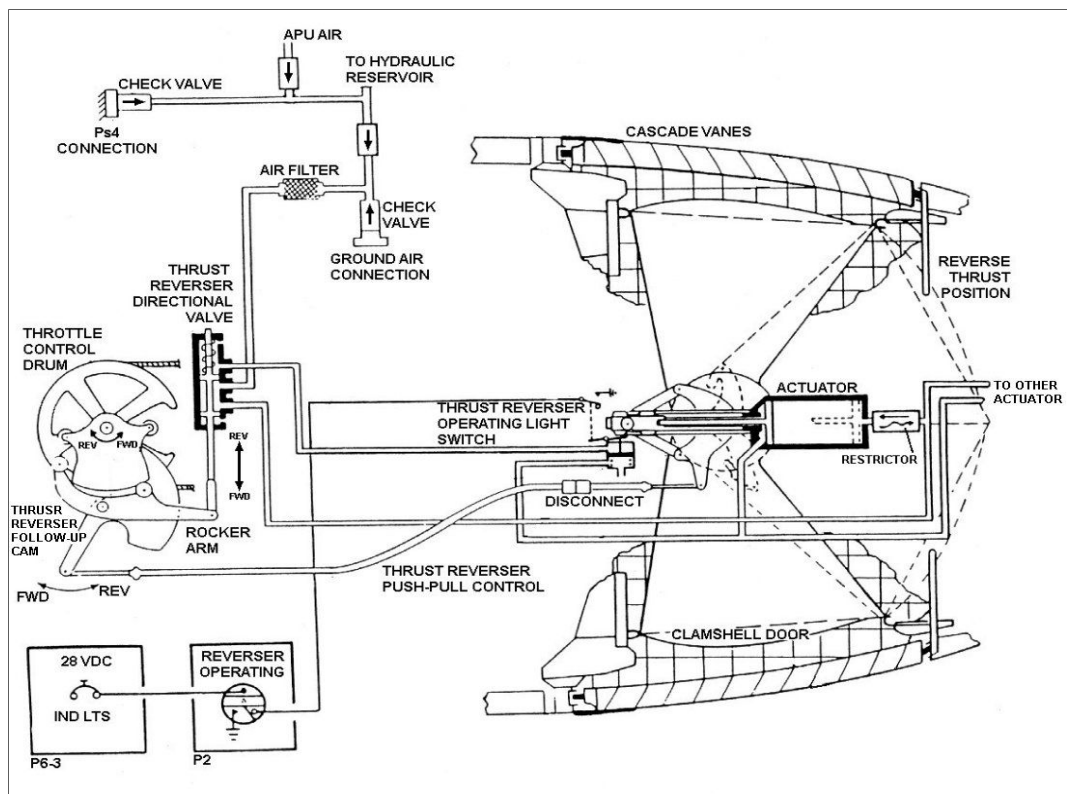


Figura 2. 18: Sistema neumático de reversa del Motor JT8D-17

2.3.4. Puertas tipo concha

Dos puertas tipo concha localizadas dentro del conjunto del armazón de la reversa, son sujetas a un conjunto de bisagras coaxial, instaladas en la superficie superior e inferior del grupo del armazón en la línea vertical central.

Durante la operación de reversa, las puertas cierran las aberturas a un lado del armazón, formando una pared interior del empuje de reversa, para formar un trayecto de flujo de gas intermedio, para los gases de escape entre el motor y el ducto de escape.

En la activación de la reversa las compuertas concha son accionadas por los actuadores de la reversa a través de los brazos abisagrados, rotándolas hasta que los bordes de las compuertas de las concha se unan, cerrando la

trayectoria del flujo de gas de escape dirigiendo el flujo de gas hacia afuera, a través de las aberturas en el armazón de la reversa.

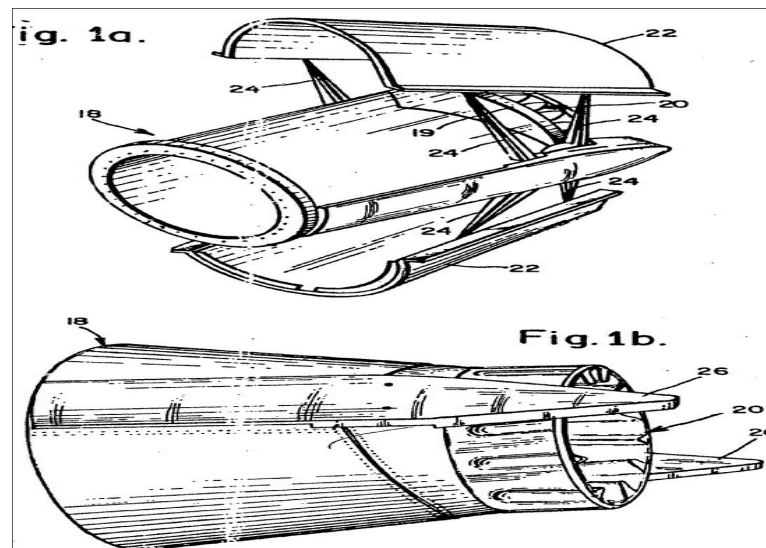


Figura 2. 19: Deflectores tipo bucket doors del Boeing 737-200

2.3.5. Grupo de Bisagras de las puertas conchas

Dos conjuntos de bisagras están instaladas diametralmente opuestas una de la otra en orificios del armazón de la reversa.

Brazos articulados en el otro extremo del eje que provee acoplamiento al mecanismo de varilla y pistón actuador.

2.3.6. Actuadores de empuje de reversa

Los actuadores de reversa son unidades de pistón, operadas neumáticamente y proveen una fuerza de impulso mecánico, para operar las puertas concha, cuando la reversa es seleccionada en el estante de control. Son dos actuadores por cada reversa, un conjunto actuador está localizado en cada una de las bisagras de las puertas conchas, en lados opuestos del empuje de reversa.

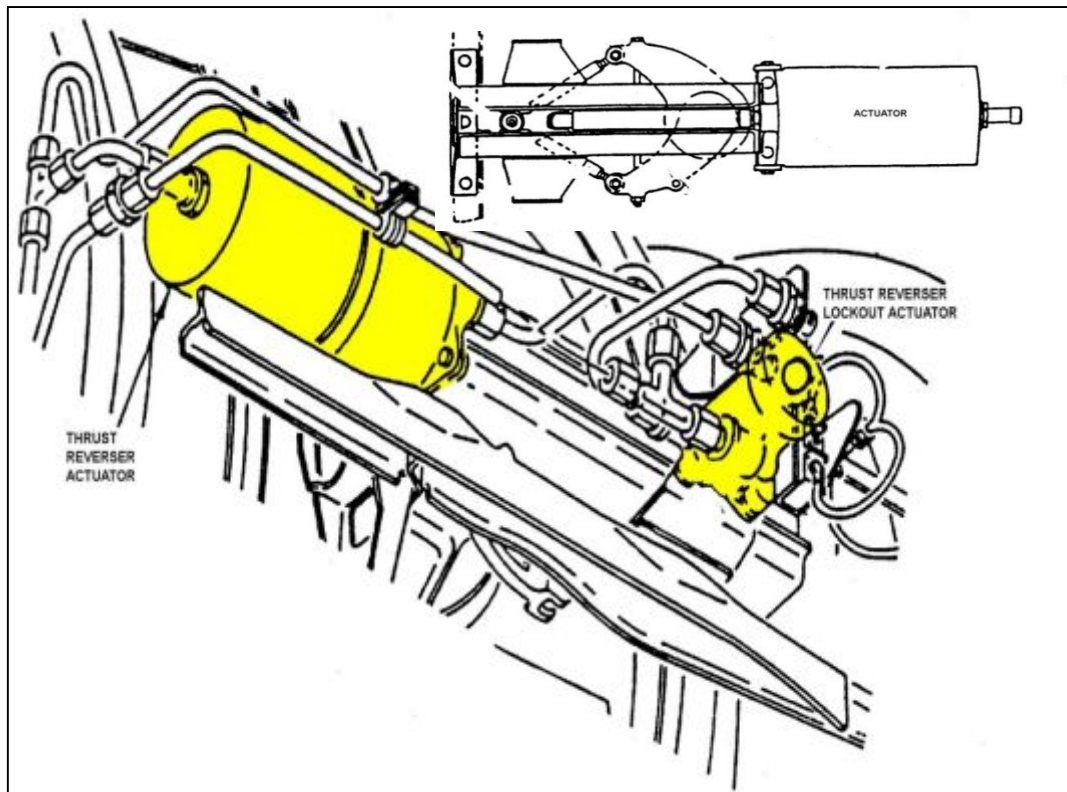


Figura 2. 20: Actuadores del sistema de compuertas

2.3.7. Bloqueadores de la reversa

La básica configuración del empuje de reversa consiste principalmente de un actuador de bloqueo, el cual mantiene la reversa mecánicamente bloqueada en la posición delantera todo el tiempo, excepto cuando la operación de reversa es seleccionada al tiempo que este actúa desbloqueando la reversa el aire es conducido al actuador de reversa para su operación.

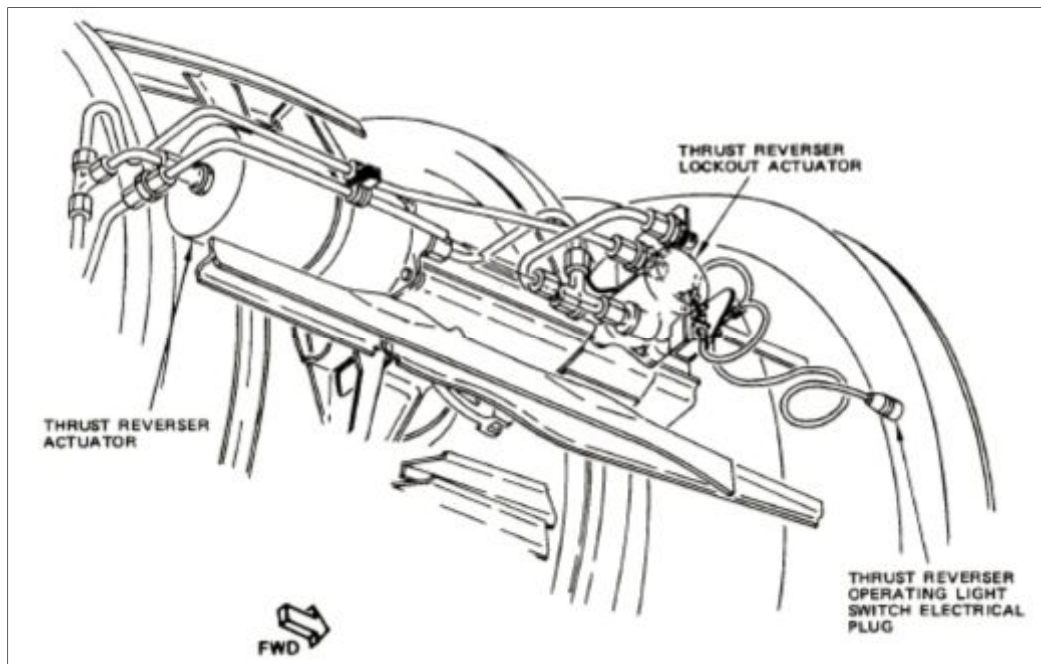


Figura 2. 21: Ubicación del actuador en el Sistema

2.3.8. Válvula de secuencia

Es una válvula de control direccional de dos posiciones. Este provee la señal neumática para operar los dos pistones de los actuadores de reversa en secuencia.

La válvula de secuencia está localizada, en la línea neumática del empuje de reversa, entre la válvula direccional y los puertos principales primario y secundario, de los actuadores.

Cuando la operación de la reversa es seleccionada, el aire es conducido de la válvula direccional de la reversa a la válvula de secuencia. La posición de la válvula de secuencia dirige el aire a través de un puerto de la válvula, al puerto primario de los actuadores, causando la operación del pistón de la puerta concha.

El movimiento de la puerta concha a la posición de reversa reposiciona la válvula de secuencia, al puerto secundario en los actuadores, causando la operación de la puerta deflectora.

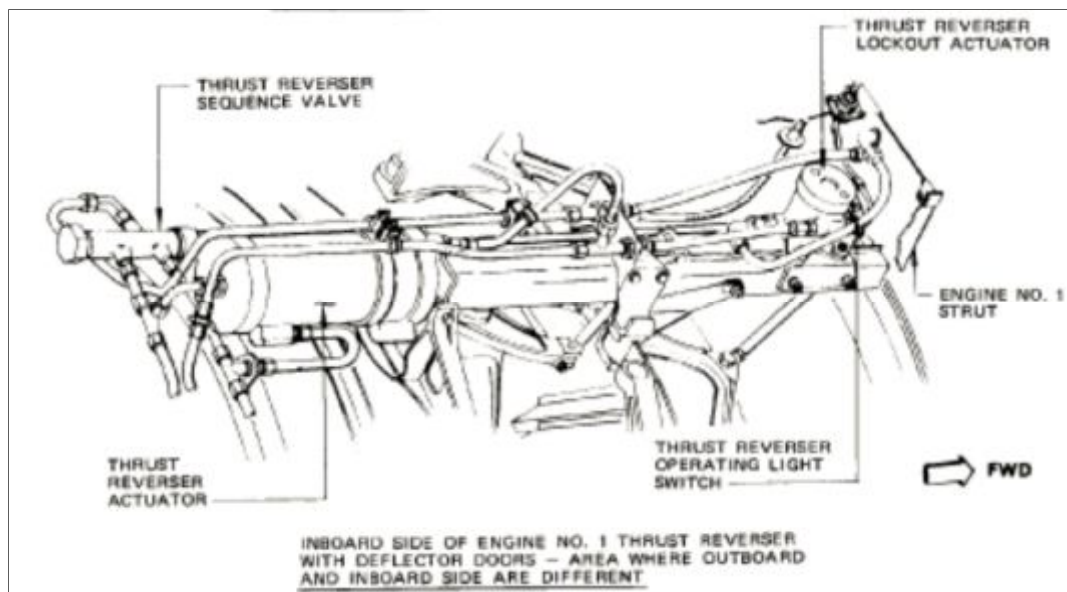


Figura 2. 22: Válvula de secuencia y actuadores del Sistema de Reversa

2.3.9. Circuito de luces de operación de la reversa

Este circuito de cada motor provee indicaciones a la tripulación a través de una luz ámbar, que la reversa no está por completo en la posición delantera o que el bloqueo mecánico no está funcionando. El circuito provee indicación por una luz azul que la reversa está en tránsito entre las posiciones de empuje.

El circuito para cada motor consiste de una luz ámbar (**operación de la reversa**) y la luz azul (**reversa en tránsito**), en el panel de instrumentos del motor y dos micro-interruptores tipo pulsador que están ubicados en el MASTER CAUTION.

2.3.10. Capotaje de la tobera de escape y la reversa

Pegado al anillo de montaje posterior del armazón de la reversa esta la tobera de Escape.

El escape es un conjunto soldado por una suelda tipo metal con gas activo (MIG), que consiste de una parte delantera de forma cilíndrica y una parte posterior con forma de cono truncado, y soldado a la sección delantera.

El escape provee una trayectoria de salida, para los gases de escape durante la operación de crucero. Un ángulo de acoplamiento circunferencial alrededor de la superficie del escape, provee acoplamiento para el capotaje de la reversa.

2.3.11. Conjunto de cubierta de la reversa

Este conjunto estructural posee una caja de cuatro piezas, formando un anillo anular alrededor del extremo delantero de la reversa.

El conjunto cubierta de la reversa provee un capotaje entre las cubiertas del motor y la reversa y también provee un sellado de gas y vapor entre los compartimentos del motor y el compartimiento de la reversa. Las cuatro secciones del conjunto de cubierta están instaladas alrededor de la circunferencia de la reversa y acopladas al reborde de montaje delantero de la reversa, formando un anillo circunferencial completo excepto por una abertura a cada lado de la reversa, la cual acomoda la extensión de la vía de movimiento del actuador.

2.3.12. Controles de la reversa y el sistema neumático

Las cañerías neumáticas de la reversa conducen aire de alta presión de 3000 psi, del compresor (sangrado de aire de la 13va etapa, Ps4), a los actuadores de la reversa y a la válvula de secuencia para el accionamiento de la reversa.

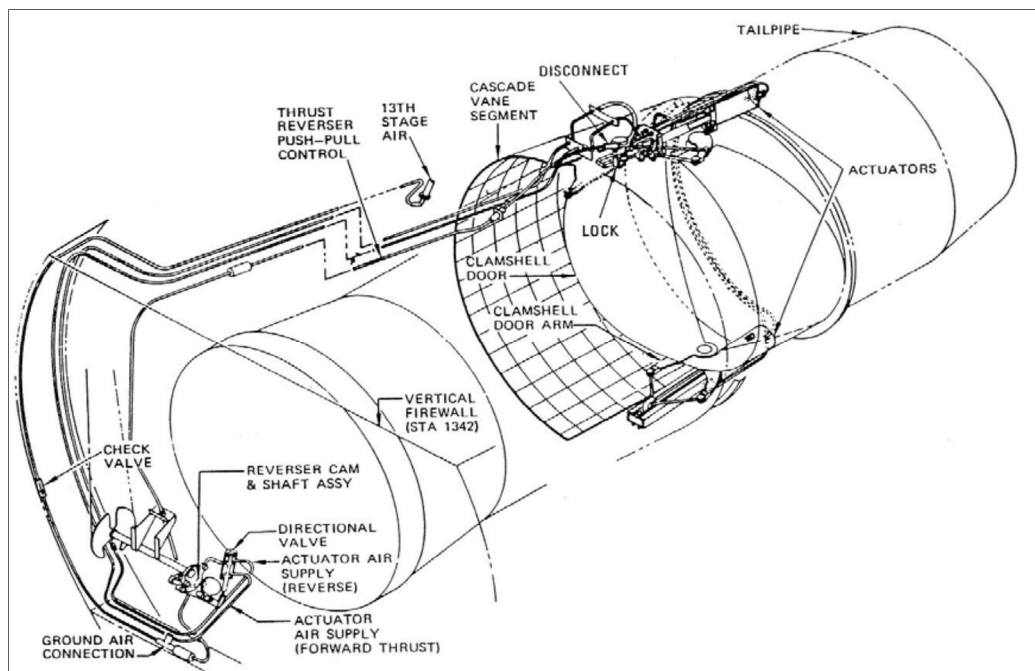


Figura 2. 23: Controles del sistema de reversa

2.3.13. Válvula direccional de reversa

Es una válvula de control neumático, de dos posiciones la cual provee control direccional para conducir el aire a través de los múltiples de la reversa, como sea seleccionado por la palanca de reversa de la cabina de control.

2.3.14. Leva de control de reversa

Esta leva transmite la posición de entrada de la válvula direccional, que viene desde la palanca de potencia. Cuando las palancas de avance o reversa son operadas, el eje del acelerador rota y la leva de control posicionan la válvula direccional a través de un balancín.

2.3.15. Controles de verificación (seguimiento) de la reversa

Los controles de seguimiento positivo (follow-up control) en el motor central consisten de, un eje donde está instalado la leva de seguimiento

(follow-up- cam) de la reversa, la válvula direccional con balancín y la manivela de seguimiento (follow-up crank).

2.3.16. Cable de movimiento recíproco de la reversa

Transmite la posición de las puertas concha al eje control de aceleración, para proveer bloqueo del eje en una posición de baja potencia, cuando la reversa está en tránsito entre las posiciones de empuje. El cable está conectado a un extremo del brazo articulado de la puerta concha en la reversa y al extremo opuesto del control de seguimiento de la reversa en el eje control de aceleración.

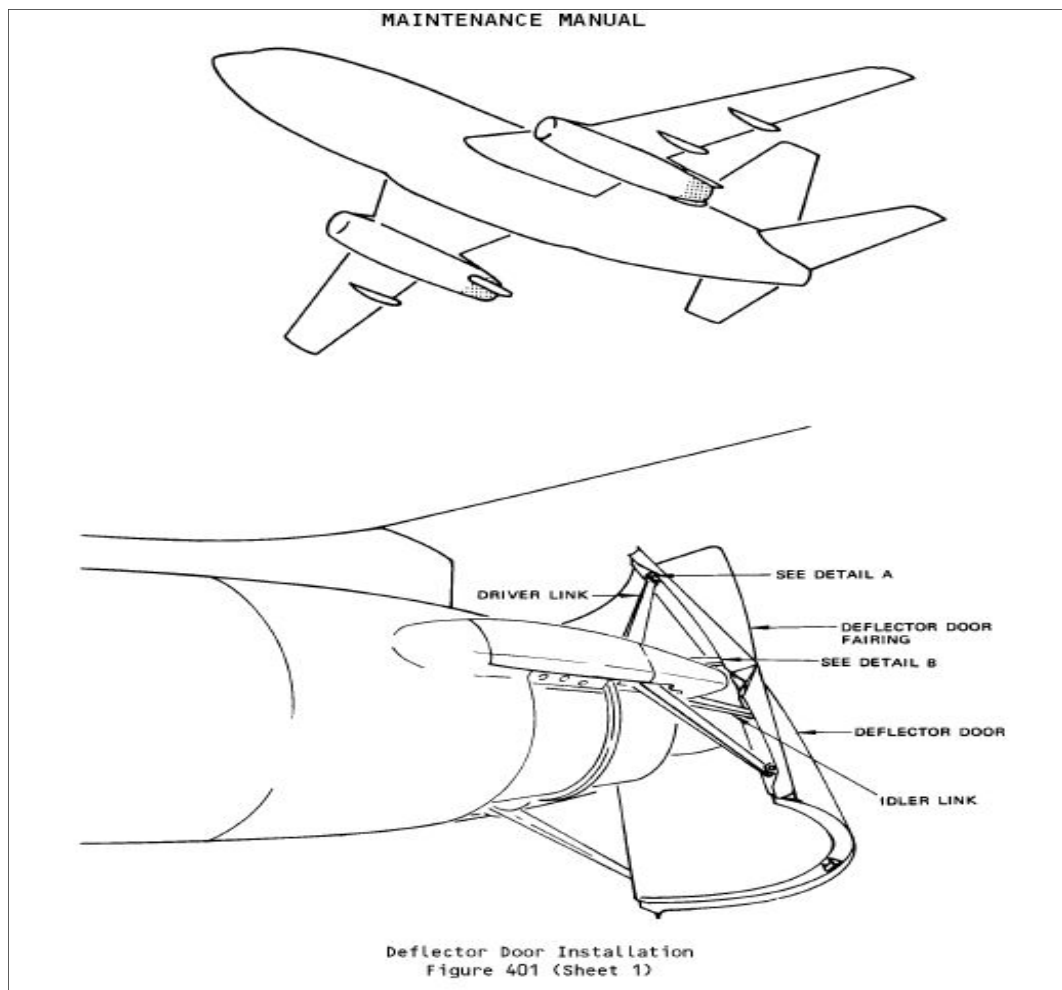


Figura 2. 24: Instalación del deflector doors

2.3.17. Sistema de Indicación del inversor de empuje

El inversor de empuje del sistema para inversores de empuje N ° 1 y N ° 3 del motor que indica consiste en un interruptor de advertencia de baja presión (montada en el inversor de empuje, en el soporte acumulador hidráulico) y un interruptor de posición del inversor que se encuentra en cada puerta del conjunto del pestillo.

El Interruptor del acumulador de baja presión - advertencia - está instalado en cada lado de la parte trasera del fuselaje, y por delante de la estación de 1, 2,4 y 3 al lado del acumulador hidráulico. El interruptor acciona una luz ámbar "No. 1 REV ACUM BAJA PRESS o No. 3 EMPUJE REV ACUM PRESS BAJO en la (P4), Panel de tercer tripulante.

El circuito de luz de funcionamiento para los motores proporciona una indicación de color ámbar claro a la tripulación de que el inversor de empuje está en la posición de desbloqueo.

El circuito para cada motor consiste en una luz de color ámbar en el panel de instrumentos (P2) que funciona por micro-interruptor montado en cada puerta de la caja del actuador mediante un pestillo. El émbolo del interruptor se mantiene en la posición deprimida durante la operación de empuje hacia adelante por un émbolo delantero interruptor pivotante que en un extremo está empujado hacia adelante por el accionado de pestillo. Cuando se selecciona el inversor de empuje, la luz "OPERACIÓN REVERSA" se ilumina tan pronto como el mecanismo de la puerta se desbloquea. La luz se enciende hasta que el inversor de empuje puertas volverá a la / posición de bloqueo totalmente replegada.

2.3.18. Paneles de indicaciones de la reversa⁸



Figura 2. 25: Panel p5 del Boeing 737-200



Figura 2. 26: Panel p2 del Boeing 737-200

⁸ <http://es.slideshare.net/ccoyure/engine-jt8d-boeing-737200?related=1>

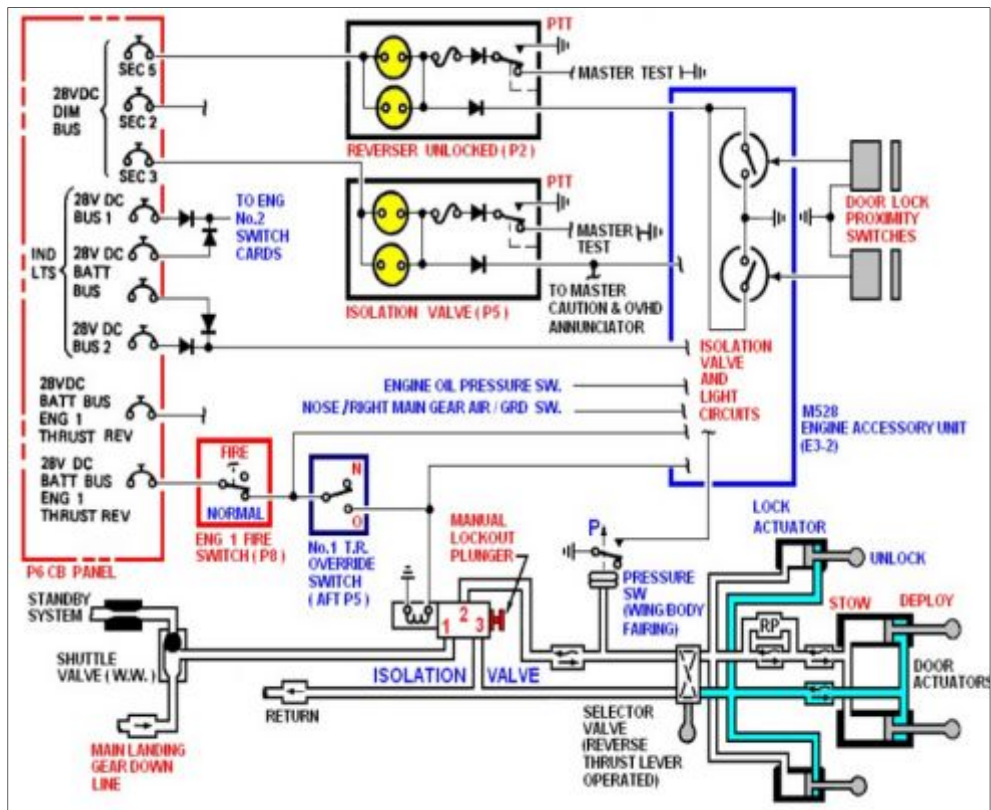


Figura 2. 27: Sistema esquemático del control de la Reversa

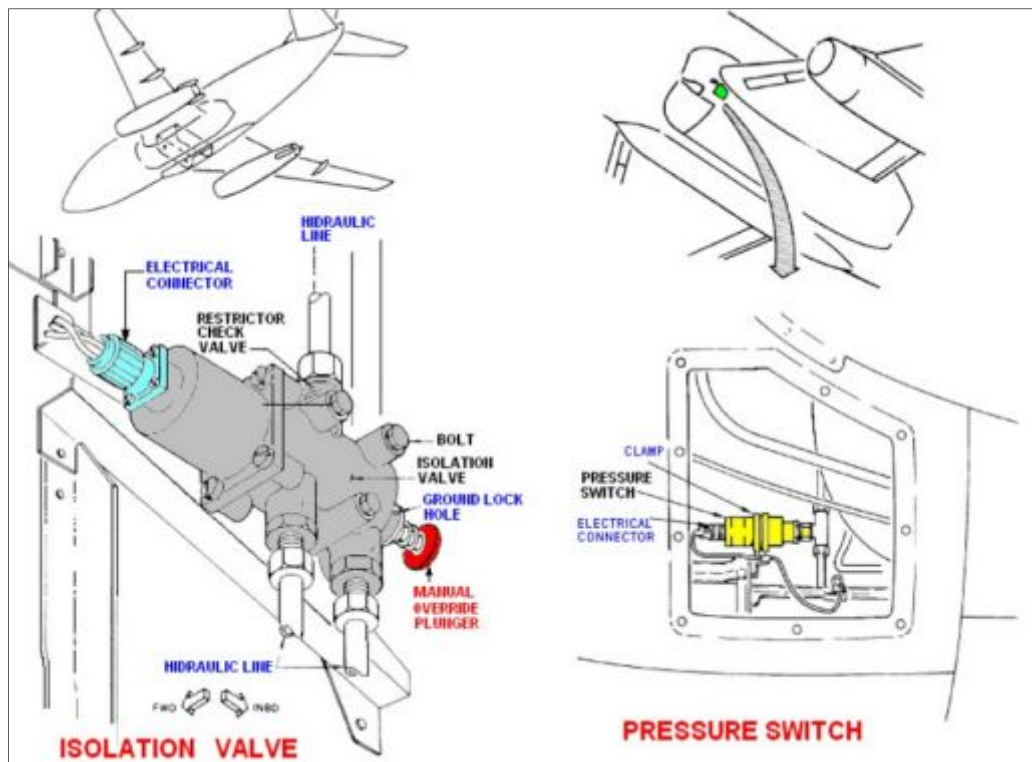


Figura 2. 28: Isolation valve / Pressure switch

2.4 Definiciones físicas

2.4.1. Fuerza

Fuerza es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los cuerpos materiales. No debe confundirse con los conceptos de esfuerzo o de energía. En el Sistema Internacional de Unidades, la fuerza se mide en newtons (N).

La fuerza es una magnitud física de carácter vectorial capaz de deformar los cuerpos (efecto estático), modificar su velocidad o vencer su inercia y ponerlos en movimiento si estaban inmóviles (efecto dinámico). En este sentido la fuerza puede definirse como toda acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una aceleración que modifica el módulo o la dirección de su velocidad) o bien de deformarlo⁹.

2.4.2. Momento

Los momentos positivos son aquellos que producen concavidad en el elemento horizontal o tracciones en la fibra inferior. Para elementos verticales esta convención se puede complicar un poco por lo tanto regirá el criterio de dibujar el diagrama de momentos para la cara traccionada.

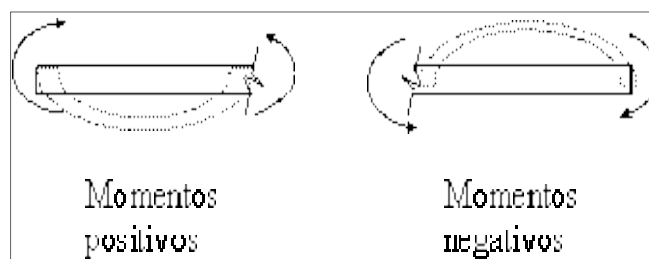


Figura 2. 29: Representación gráfica de momentos

⁹ <http://es.slideshare.net/>

2.4.3. Fuerza axial

Se considera una fuerza axial positiva cuando ella implica tracción en el elemento.

Las acciones de las fuerzas internas en vigas se ilustran mejor por medio de diagramas de fuerza axial (P), diagramas de fuerza cortante (V) y diagramas de momento flector (M). Los diagramas representan la variación de estas fuerzas a lo largo del elemento, dibujando en las abscisas la longitud del elemento y en las ordenadas el valor de la fuerza interna. Para axial y cortante los valores positivos se dibujan por encima del elemento pero para los momentos se dibujará el diagrama para el lado traccionado del elemento, así, si el elemento es horizontal el lado positivo del diagrama estará para abajo. La convención para momentos rige para cualquier ubicación de este en el espacio y es independiente del origen escogido, ya sea este en el extremo derecho o izquierdo del elemento¹⁰

2.4.4. Unidades de fuerza

La unidad de medida según el sistema internacional (S.I) de fuerza es el newton (cuyo símbolo es N). Es derivada con nombre especial al considerar a Isaac Newton como el primero que formuló la definición de fuerza, la que se define a partir de la masa y la aceleración (magnitud en la que intervienen longitud y tiempo).

Formula:

$$F = m \cdot a$$

Siendo F la fuerza total que actúa sobre el cuerpo, m la masa y a la aceleración).

¹⁰ <http://prezi.com/et7emutyc8ax/fuerza-axial/>

Fuerza	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA
kilogramo fuerza	kgf	9,806 65 N
gramo fuerza	gf	$9,806 65 \cdot 10^{-3}$ N
tonelada fuerza	tf	9 506,65 N
dina	dyn	$1 \cdot 10^{-5}$ N
libra fuerza	1bf	4,448 22 N
sthene	sn	1 000 N
poundal	pdl	0,135 255 N
onza fuerza	ozf	0,278 014 N

Figura 2. 30: Conversiones de unidades

En el Sistema Internacional (SI) de unidades la fuerza se mide en Newtons (N), en el CGS en Dinass (dyn) y en el sistema técnico en Kilopondio (Kp), siendo un kilopondio lo que comúnmente se llama un kilogramo, un kilogramo fuerza o simplemente un kilo.¹¹

2.4.5. Relación entre momento cortante y carga

En el caso de cargas distribuidas actuando perpendicular al elemento se puede encontrar una relación con las fuerzas internas de cortante y momento por medio del siguiente análisis de una sección infinitesimal del elemento.

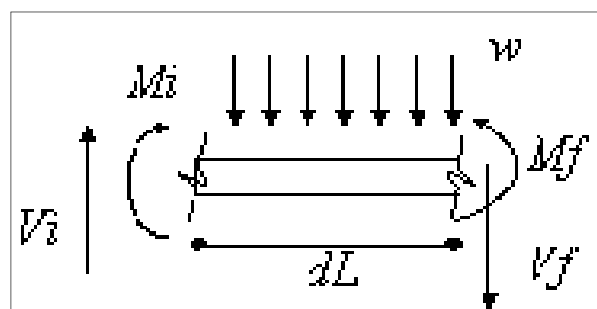


Figura 2. 31: Relación entre momento y cortante

¹¹ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/units.html>

2.4.6. Construcción del diagrama de momentos

- El diagrama empieza en cero y termina en cero.
- Cuando hay momentos de extremo o puntuales se interrumpe la continuidad del diagrama presentándose un brinco en éste. Si el momento puntual es positivo, el brinco será negativo y viceversa.

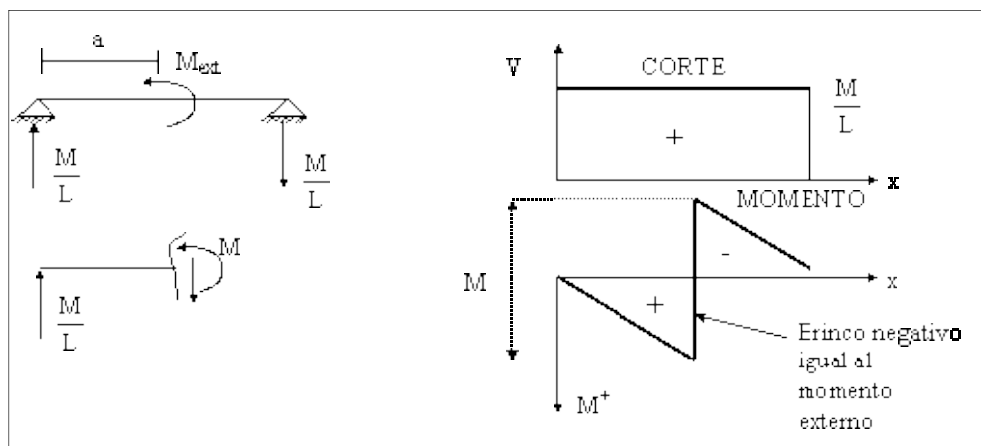


Figura 2. 32: Diagrama de momentos

2.5. Esfuerzos en vigas

2.5.1. Esfuerzo causado por Flexión

En las vigas la flexión genera momentos internos; en un diagrama de momentos flectores internos, un momento positivo significa que en su sección transversal, la fibra inferior al eje neutro (que coincide con el eje centroidal) está sometida a esfuerzos normales de tensión, y la fibra superior al eje neutro estará sometida a esfuerzos normales de compresión. Sin embargo, estos esfuerzos no se distribuyen en forma constante, como en los esfuerzos normales directos, sino que tienen una distribución variable, a partir del eje neutro hasta las fibras extremas. Se puede deducir como es el comportamiento de la sección transversal cuando el momento flector interno es negativo, y de igual manera, que en el eje neutro, los esfuerzos normales son nulos, y máximos para cada caso en las fibras extremas.

2.6. Materiales

2.6.1. Aceros estructurales.

Este tipo de aceros está orientado a aplicaciones en los que prima la resistencia sobre las características de deformación y ductibilidad. En el proceso de construcción uno de los materiales más utilizados fue el Acero St 37, del cual se pueden observar sus características principales en tabla 2 y 3 respectivamente.¹²

Tabla 2. 2

Química del acero

COMPOSICIÓN QUÍMICA% según DIN 1623/2				
	C	Mn	P	S
St 34	≤0.15	≤0.80		
St 37-3	≤0.17	≤1.00		
St 42	≤0.20	≤1.20	≤0.040	≤0.035
St 44-3 G	≤0.20	≤1.50		

Tabla 2. 3

Características mecánicas del acero

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		
	ReH (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)
St 34	≥ 185	330-480
St 37-3	≥ 215	360-510
St 42	≥ 235	410-560
St 44-3 G	≥ 245	430-580

2.6.2. Acero Inoxidable

Los Aceros Inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de Cromo. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la

¹² <http://allstudies.com/acero-estructural.html>

característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable.

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero¹³.

2.6.3. Tubos y perfiles

Se producen a partir de flejes laminados en caliente, flejes laminados en frío y flejes galvanizados por inmersión en caliente. Estos productos han sido desarrollados para soportar cargas dinámicas alternativas de flexotorsión, por lo que poseen valores de resistencia mecánica superiores. Los tubos cuadrados y rectangulares poseen un diseño de radio de curvatura de vértices que minimiza la concentración de tensiones residuales y aumenta la vida útil de las piezas.

Están diseñados para mejorar las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión, los tubos de Ternium Siderar utilizan diferentes tipos de acero que varían de acuerdo a las necesidades. Sus secciones pueden ser redondas, cuadradas o rectangulares.

2.6.3. Láminas o planchas de acero

Las láminas o planchas de acero se fabrican mediante un proceso metalúrgico llamado: Laminado, mediante el cual se conforma y deforma el metal para producir planchas metálicas alargadas y de sección transversal constante.

¹³ http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm

La fabricación de acero representa la aplicación más común de las operaciones de laminación. Las planchas se laminan para convertirlas en placas, laminas y tiras. Las placas laminadas en caliente se usan para la construcción de barcos, puentes, calderas, estructuras soldadas para maquinaria pesada, tubos y tuberías entre otros. El laminado en frío hace más resistente el metal y permite tolerancias más estrechas del espesor, está libre de incrustaciones de óxido por lo que es ideal para estampados, paneles exteriores y otros productos que van desde automóviles hasta utensilios y muebles de oficina.

El producto final de la laminación puede presentarse en grupos de chapas de tamaños normalizados, o de bobinas en las que la lámina se enrolla en un cuerpo, también bajo medidas normalizadas.

La lámina puede ser tratada químicamente después de su transformación para variar su comportamiento mecánico con tratamientos superficiales comunes, como el galvanizado.¹⁴

Tablas de pesos para chapas

Peso de chapa			
Espesor mm	1000x2000	1250x2500	1500x3000
0,5	8,0	12,5	18,0
0,6	9,6	15,0	21,6
0,8	12,8	20,0	28,8
1,0	16,0	25,0	36,0
1,5	24,0	37,5	54,0
2,0	32,0	50,0	72,0
3,5	40,0	62,5	90,0
3,0	48,0	75,0	108,0
4,0	64,0	100,0	144,0
5,0	80,0	125,0	180,0
6,0	96,0	150,0	216,0
8,0	128,0	200,0	288,0
10,0	160,0	250,0	360,0
12,0	192,0	300,0	432,0
15,0	240,0	375,0	540,0
20,0	320,0	500,0	720,0
25,0	400,0	625,0	900,0
30,0	480,0	750,0	1.080,0
40,0	640,0	1.000,0	1.440,0
50,0	800,0	1.250,0	1.800,0

Figura 2. 33: Tabla de pesos en kg para chapas y sus dimensiones comerciales

¹⁴ <http://www.casider.com/>

2.6.3. Ruedas para el transporte



Figura 2. 34: Ruedas de transporte con frenos o garruchas con frenos

Características específicas:

- Rueda giratoria
- Soporte de acero prensado
- Cabeza giratoria formada por un cojinete de bolas de doble hilera
- Eje de rueda atornillado
- Placa protectora del rodamiento giratorio.
- Segur

Características generales:

- Núcleo de rueda de poliamida
- Bandaje de goma elástica
- Sin dejar huellas
- Cojinete de bolas de precisión
- Pletina de fijación

2.6.3. Electrodo

El electrodo es una varilla metálica especialmente preparada para servir como material de aporte en los procesos de soldadura por arco y que pueden ser fabricados de materiales ferrosos o no ferrosos.

Además existen dos tipos generales de electrodos: El de metal revestido y el no revestido.

TABLA 2.2 Especificaciones AWS A5.1-69		
Código	Corriente	Cobertura
EXX10	CC (-) solamente	Orgánica
EXX11	CA ó CC (+)	Orgánica
EXX12	CA ó CC (-)	Rutílica
EXX13	CA ó CC (±)	Rutílica
EXX14	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 30%
EXX15	CC (-) solamente	Bajo hidrógeno
EXX16	CA ó CC (+)	Bajo hidrógeno
EXX18	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 25%
EXX20	CA ó CC (±)	Alto óxido férrico
EXX24	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 50%
EXX27	CA ó CC (±)	Mineral-Hierro 50%
EXX28	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 50%

Figura 2. 35: Especificaciones técnicas de electrodos

E-60xx: son los electrodos que tienen una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada. (42,2 kg/mm²).

E-70xx: se refiere a los electrodos que tienen una resistencia a la tracción de 70,000 libras por pulgada cuadrada. (49,2kg./mm²).

El resto de la nomenclatura nos indica el tipo de material del electrodo y la posición para soldar¹⁵.

¹⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrodo>

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico ⁽¹⁾	Fuerte	Profunda ⁽²⁾
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

Figura 2. 36: Tabla interpretativa para el último dígito, según la clasificación AWS de electrodos.

Después de verificar las características técnicas de los electrodos se procede a soldar el equipo con el electrodo AWS E-6011.

2.6.4. Pinturas

Pintura es una mezcla líquida o viscosa que aplicada por extensión, proyección o inmersión sobre un objeto o material, lo reviste, lo cubra y lo protege.

Componentes de las pinturas.

Hay dos grandes grupos:

- **Componentes líquidos:** Como el vehículo, que a su vez consta de un aglutinante y un disolvente.
- **Componentes sólidos:** Como los pigmentos y las cargas.

Cualidades que debe tener una pintura.

- Buena resistencia a la intemperie y a la corrosión.
- Buena adherencia al objeto.
- Ser neutro respecto al soporte.
- Estabilidad de color.
- Buen rendimiento.
- Decorativa.
- Dócil¹⁶.

2.6.5. Aglutinante

Es el elemento que da forma, dureza y durabilidad a la pintura y que protege a la base. Hay varios tipos de aglutinantes:

- **Minerales:** Cal apagada, yeso y cemento.
- **Orgánicos:** Ceras, insolubles en agua y alcoholes y solubles en éter, bencina y trementina:
 - Parafinas, que proceden de la destilación del petróleo.
 - Colas, animales o vegetales.
 - Gomas
 - Caucho, que procede del látex.
 - Colodión.
- **Grasos:** Aceite de lino, de soja, de nuez.
- **Resinosos:** Copal, goma laca y betún de Judea.

¹⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_%28material%29

2.6.6. Disolventes

Destinados a facilitar la extensión, a veces disolución, del aglutinante. Sirve para fluidificar y es generalmente volátil, o sea, desaparece más o menos en su totalidad por evaporación.

- Agua: Se emplea en pinturas llamadas “al agua”. Debe estar exenta de sulfuros que podrían perjudicar los pigmentos.
- Alcohol: Es el disolvente típico de las resinas. Bajo tres tipos: metílico, etílico y amílico.
- Aguarrás (esencia de trementina): Se obtiene por destilación por vapor de la resina del pino, el residuo es la colofonia que tiene propiedades disolventes, plastificantes y secantes.
- Acetona (propanona): Incolora. Disuelve resinas, grasas, gomas, etc.
- Benceno (bencina): Incoloro. Si es puro es insoluble en agua. Es buen disolvente para aceites y grasas.
- White spirit: Se obtiene por destilación de una fracción pequeña del petróleo.

2.6.7. Secantes o secativos.

Son materiales que se añaden para catalizar o acelerar la oxidación y polimeración de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de curado. El más importante es el LITARGIRIO (Monóxido de Plomo). Si se añade a los aceites y se hierva la mezcla, se obtiene un líquido denso que seca con rapidez. Existen otros secativos como óxidos de Cobre, Hierro, etc. Y otros orgánicos.¹⁷

¹⁷ http://html.rincondelvago.com/pinturas_tipos.html

2.6.8. Pigmentos.

Son sustancias que sirven para dar a los objetos una tonalidad o matiz distinto al que tenían, normalmente son en forma de polvo e insolubles.

2.6.9. Anticorrosiva

Es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersion, (dependiendo del funcionamiento de la planta de trabajo y de la geometría de la estructura).¹⁸

Éste tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados, esmaltes y lustres coloridos.

La pintura anticorrosiva generalmente se presenta de color rojo “ladrillo” o naranja rojizo, aunque también se encuentran en color gris, en negro y amarillo.

Esta pintura anticorrosivo se constituye por componentes químicos básicos que inhiben la corrosión), y que tienen la primordial función de proteger el acero y otros metales como el hierro. La pintura no sólo se adhiere a la superficie, sino que procura reaccionar químicamente con la superficie metálica con la que toma contacto para modificarla y compenetrarse químicamente.

Con los avances de la bioquímica, esta pintura es cada vez es más sofisticada, de mejor calidad, con un secado más rápido y capaz de actuar

¹⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_anticorrosiva

sobre una mayor cantidad y variedad de metales, así como en general un proceso de pintado anticorrosivo más fiable y fácil de los componentes de acero. Las pinturas aplicadas a la maqueta fueron: Esmalte anticorrosivo plomo claro (6214), utilizado como fondo y Esmalte amarillo (6102) para el acabado final.

2.7. Materiales de construcción/ Instrumentos de medición

2.7.1. Esmerilado

El esmerilado consiste en la eliminación del material mediante la utilización de partículas de abrasivos fijas a un disco que tiene movimiento rotacional, estas partículas extraen virutas del material en el que se está trabajando. Es un proceso que produce un grado de deformación de la muestra bastante bajo si se trabaja con el cuidado y habilidad necesarios¹⁹.

2.7.2. Corte

Dependiendo del tamaño o la forma del material, es posible que sea necesario seccionarlo.

Para facilitar y abreviar la preparación ulterior de la muestra, es necesario obtener una superficie plana, con la menor deformación posible. Consiguientemente, el método de corte más apropiado es el de corte con Disco Abrasivo, ya que es el que provoca la menor cantidad de daños en relación con el tiempo de la operación.

Para el corte con disco abrasivo (Moladora) se utiliza un disco de corte constituido por un abrasivo y se recomienda verificar que el disco de corte no este roto para prevenir posibles daños al operador ya que el disco tiene revoluciones.²⁰

¹⁹ Sandvik Coromant (2006), Guía Técnica de Mecanizado, AB Sandvik Coromant 2005.

²⁰ http://www.metalactual.com/revista/9/discos_de_corte.pdf

VELOCIDADES DISCOS DE CORTE Y DESBASTE		
Diámetro Pulgadas	Diámetro milímetros	RPM máximas
3	80	20.000
4 ½	115	13.370
7	178	8.593
9	229	6.684
10	254	6.015
12	305	5.013
14	356	4.297

Figura 2. 37: Especificaciones técnicas de disco de corte

2.7.3. Doblado

Para realizar el proceso de doblado, normalmente se utilizan máquinas hidráulicas, o mecánicas, dependiendo del espesor de la lámina metálica.

La plegadora es una herramienta de conformado de chapa por deformación.

Como su nombre indica la geometría de la máquina está concebida para el plegado en línea recta de chapa. Debido al gran esfuerzo que se necesita, las máquinas suelen ser hidráulicas, aunque hay modelos que están basados en volantes de inercia.

La longitud de trabajo de una plegadora puede ir desde unos pocos centímetros hasta los 15m, siendo las longitudes más habituales de 2- 4m.²¹

2.7.4. Plegado básico de la chapa

1. El radio de plegado “r” ha de ser igual o superior al espesor “e”.

²¹ <http://www.imcyc.com/revista/1998/abril/doblado.htm>

Lo que se logra con esto es, por un lado, disminuir las tensiones internas y evitar la rotura de las fibras.

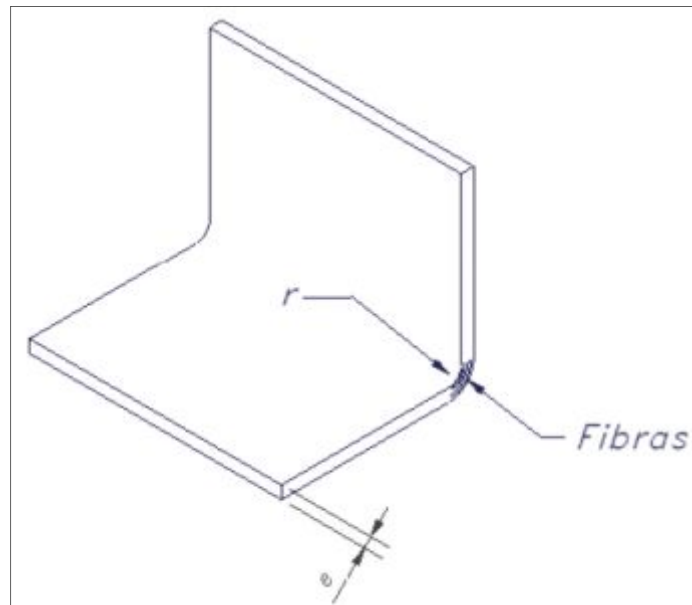


Figura 2. 38: Doblado de planchas metálica

2.7.5. Soldadura

Es un método de unión entre dos o más elementos metálicos por el que se establece la continuidad entre las partes a unir. Esta unión puede ser: con o sin calentamiento, con o sin aplicación de presión, con o sin aportación de material. Es el material que va a ser sometido a cualquier operación de suelda o corte. Metal de aportación es el material que se aporta en cualquier operación o proceso de suelda.²²

22

http://www.abellolinde.es/internet.lg.lg.esp/es/images/Gases%20de%20protecci%C3%B3n%20para%20la%20Soldadura%2010958-0410316_60065.PDF

**EL GAS DE PROTECCION ADECUADO PARA CADA
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**





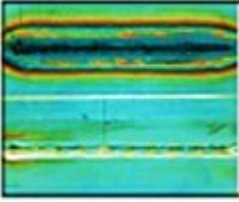


Procedimiento <small>DIN 1910</small>	Gas de protección	Material base
 <p>MAG Metal con gas activo</p>	<p>CORGON® 1 CORCON® 2 MISON® 8-40 CORCON® 10-40 CO₂ MISON® 8</p> <p>CRONIGON® S1 CRONIGON® S3 CRONIGON® 2 MISON® 2</p> <p>CORGON® S3 CORCON® He 30 T.J.M.E.-Gas</p> <p>CRONIGON® He 50 CRONIGON® He 20 CRONIGON® He 30S CRONIGON® He 50S</p>	<p>Acero de tuberías, acero de construcción, acero de calderería, de construcción naval, acero de construcción de grano fino, de cementación y de bonificado.</p> <p>Acero al Cr-Ni; al Cr y otros aceros aleados, aceros a base de níquel, aceros Dúplex y Superdúplex</p>
 <p>MIG Metal con gas inerte</p>	<p>Argón MISON® VARIGON® He VARIGON® S VARIGON® He S MISON® He</p>	<p>Aluminio, cobre, níquel y otras aleaciones</p>
 <p>TIG Tungsteno con gas inerte</p>	<p>Argón Helio VARIGON® He</p> <p>MISON® VARIGON® S VARIGON® He S MISON® He</p> <p>VARIGON® H</p> <p>Argón 4.5 - 5.0</p>	<p>Todos los materiales soldables como: aceros no aleados y aleados, Aluminio, cobre.</p> <p>Níquel y aleaciones de níquel Aceros al Cr N.</p> <p>Materiales sensibles al gas como Titanio, Tántalo, Circonio.</p>
 <p>TP Plasma Tungsteno</p>	<p>Gas Central: Argón</p> <p>Gas exterior: Argón VARIGON® H VARIGON® He</p>	<p>Todos los metales soldables Véase TIG.</p>
 <p>Protección de raíz</p>	<p>Gas de protección: Formigas (nitrógeno-hidrógeno) Argón Nitrógeno</p>	<p>Aceros inoxidables, aleaciones base níquel, aceros de alta aleación.</p>
 <p>Láser</p>	<p>Argón Helio En calidad LASERLINE® y mezclas de gases LASERMOX®</p>	<p>Todos los materiales soldables. Materiales de difícil soldadura.</p>
 <p>Soldadura de espárragos</p>	<p>CORGON® 15-18</p> <p>VARIGON® He 30</p>	<p>Acero de construcción, aceros de alta aleación.</p> <p>Aluminio y aleaciones de aluminio.</p>

Figura 2. 39: Tipos de suelda

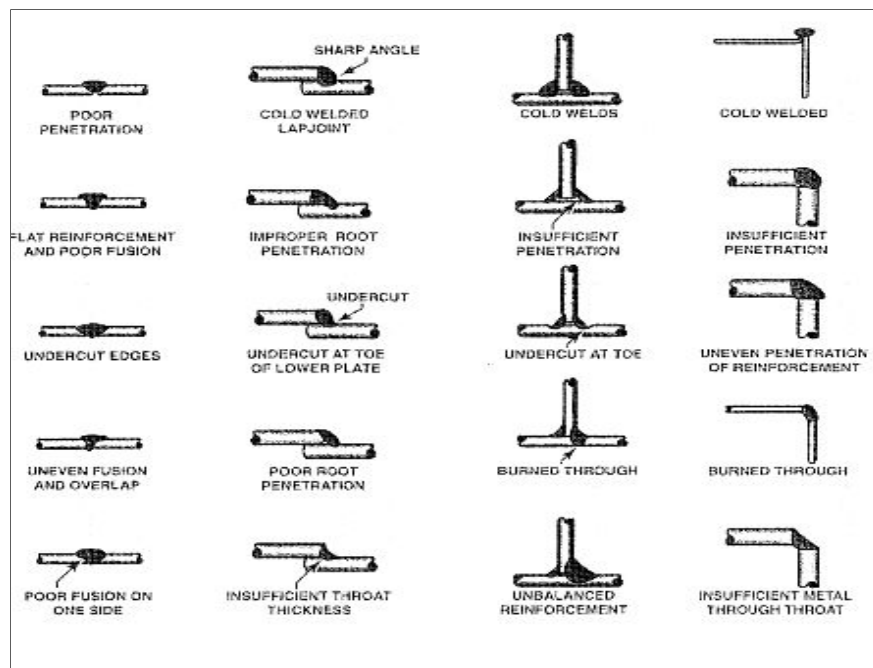


Figura 2. 40: Tipos de suelda (fría y caliente)

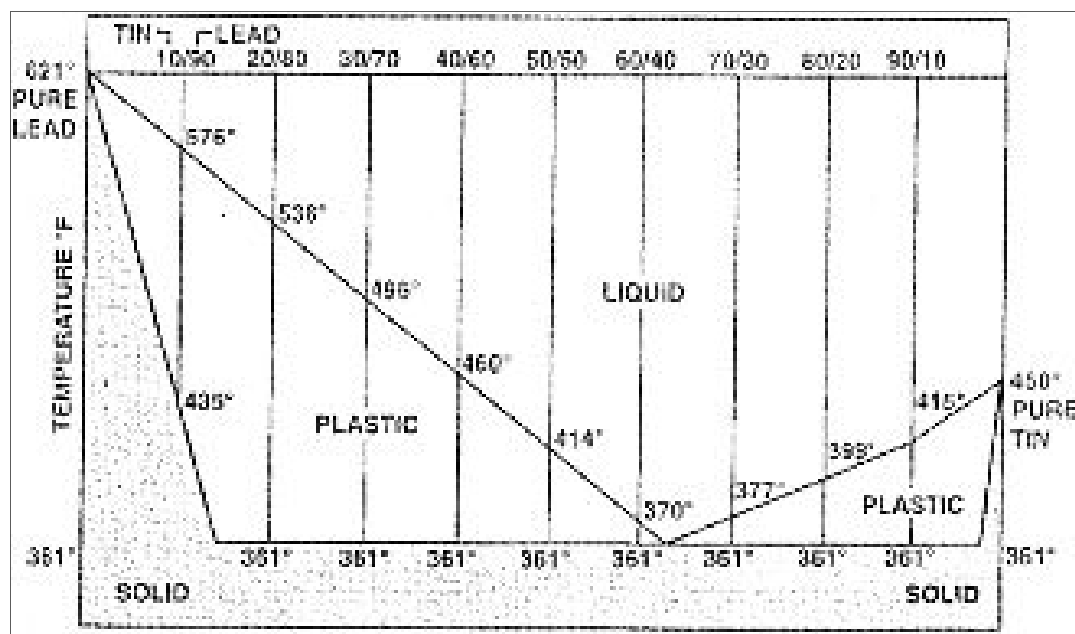


Figura 2. 41: Temperatura para soldar

2.7.6. Cañerías neumáticas.

Las cañerías neumáticas están elaborados de nilón flexible o poliuretano y se utilizan para conducir sustancias sólidas, líquidas, y gaseosas. También

posee la capacidad de resistir multiplicidad de fluidos corrosivos absorber vibraciones, permitir una fácil aplicación y proveer una elevada flexibilidad.

Las cañerías neumáticas se caracterizan por lo general por tener tres elementos constitutivos:

1. **Tubo interno.**- debe ser resistente a los elementos que va a conducir. El espesor y la calidad del compuesto dependen del tipo de servicio.
2. **Refuerzo.**- aporta resistencia mecánica y resistencia a la presión del trabajo pueden ser de varios tipos: fibras, tejidos, alambres de acero.
3. **Tubo externo o cobertura.**- debe tener características de protección espesor y calidad del compuesto de acuerdo con el tipo de servicio

las especificaciones técnicas			- de tipo i		Tipo- i		- de tipo iii	
de diámetro nominal en mm	sobre la tolerancia de diámetro nominal en mm	un mínimo de espesor de revestimiento en mm	presión de trabajo Kg. F/cm ²	la presión de ruptura Kg/F/cm ²	presión de trabajo Kg. F/cm ²	la presión de ruptura Kg. F/cm ²	presión de trabajo Kg. F/cm ²	la presión de ruptura Kg. F/cm ²
6.3	0.75	1.5	07	28	10	40		
8.0	0.75	1.5	07	28	10	40		
10.0	0.75	1.5	07	28	10	40		
12.5	0.75	1.5	07	28	10	40	14	56
16.0	0.75	1.5	07	28	10	40	14	56
20.0	0.75	1.5	07	28	10	40	14	56
25.0	1.25	2.0	07	28	10	40	14	56
31.5	1.25	2.0	07	28	10	40	14	56
38.0	1.50	2.0	07	28	10	40	14	56
50.0	1.50	2.5	07	28	10	40	14	56

Figura 2. 42: Especificaciones técnicas de líneas flexibles

2.7.7. Acoples

Permiten una rápida operación de acople de cobre y desacople. Diferentes opciones para hidráulica, aire comprimido, de pasos libres, con y sin válvula retención, para variadas presiones de trabajo, con cierre estático. Fabricados en diferentes materiales y modelos para cumplir con los más diversos requerimientos de cada equipo o necesidad.

2.7.8. Acoples rápidos para servicio neumático

Acoples diseñados específicamente para la óptima conexión de su instalación neumática.



Figura 2. 43: Acoples de conexión rápida y desconexión rápida

Características generales:

- Según el tipo de acople, se proveen en los siguientes materiales: acero al carbono, acero inoxidable AISI 316, y latón, bronce
- Pueden suministrarse con rosca macho, hembra, y con espiga para mangueras.
- Las medidas estándar son: 1/4", 5/16", 3/8" y 1/2".
- La presión de trabajo habitual es de 10 kg/cm².

Aplicaciones:

- Servicios generales en industrias y talleres de mantenimiento.
- Conexiones de aire en equipos estacionarios.
- Conexiones de aire en equipos móviles.
- Alimentación neumática de herramientas de mano.

2.7.9. Manómetros

Un manómetro es un tubo; casi siempre doblado en forma de U, que contienen un líquido de peso específico conocido, cuya superficie se desplaza proporcionalmente a los cambios de presión.²³

2.7.10. Tipos de manómetros:

Los manómetros son de dos tipos, entre los cuales tenemos:

a.-) Manómetros del tipo abierto; con una superficie atmosférica en un brazo y capaz de medir presiones manométricas.

b.-) Manómetros diferencial; sin superficie atmosférica y que sólo puede medir diferencias de presión.

2.7.11. Manómetros abiertos:

Las etapas recomendadas en la resolución de problemas de manómetros abiertos son:

- Trazar un bosquejo del manómetro, aproximadamente a escala.
- Tomar una decisión respecto al fluido en que se expresarán las unidades de carga.
- Partiendo de la superficie atmosférica del manómetro como punto de carga de presión conocida, numérense, en orden los niveles de contacto de fluidos de diferentes pesos específicos.

2.7.12. Manómetros diferenciales:

Las etapas o pasos que se utilizan en el cálculo de diferencia de presiones son:

²³ <http://www.sabelotodo.org/aparatos/manometros.html>

Numero de "puntos estratégicos" indicados por los niveles de contacto de los fluidos. Se requiere cierta práctica para escoger los puntos que permitan los cálculos más sencillos. A partir de la carga de presión incógnita P/h en uno de los puntos extremos, escríbase una suma algebraica continua de cargas, pasando de un punto a otro e igualando la suma continua a la carga incógnita P/h en el otro extremo.

Aplicaciones: Hidráulica (agua/aceite), neumática, marina, aire acondicionado y refrigeración, electro-medicina, control de procesos, sistema de recogida de datos, alarmas, seguridades y regulación, edificios inteligentes.²⁴

2.7.13. Reguladores de presión



Figura 2. 44: Reguladores de presión

Los reguladores de presión son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante de corriente o de flujo. Éste debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones

²⁴ http://www.ehowenespanol.com/tipos-manometros-info_341793/

operativas del proceso para el cual trabaja. La selección, operación y mantenimiento correcto de los reguladores garantiza el buen desempeño operativo del equipo al cual provee el gas.²⁵

2.7.14. Reguladores reductores:

Los reguladores reductores de presión son equipos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas debajo de ellos, independientemente de las variaciones de presión a la entrada o los cambios de requerimiento de flujos. La "carcasa" y los mecanismos internos que componen un regulador, automáticamente controlan o limitan las variaciones de presión a un valor previamente establecido.

Existen diferentes, marcas, estilos y aplicaciones para la industria del Gas Metano. Algunos tipos están contenidos por contenedores autocontrolados que operan midiendo la presión de línea y manteniéndola en el valor fijado, sin necesidad de fuentes externas de energía. Otros modelos requieren de una fuente externa para ejecutar su función de control de la presión.

Éste suplemento muestra los principios de funcionamiento de los reguladores de Gas Metano, sus dos grandes grupos: los "auto operados" y los "pilotados"; así como información importante que facilitará la selección del equipo ideal para cada aplicación.

2.7.15. Funcionamiento de los reguladores de presión:

Un regulador es básicamente una válvula de recorrido ajustable conectada mecánicamente a un diafragma. El diafragma se equilibra con la presión de salida o presión de entrega y por una fuerza aplicada al lado contrario, a la cara que tiene contacto con la presión de salida. La fuerza

²⁵ <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica23.htm>

aplicada al lado opuesto al diafragma puede ser suministrada por un resorte, un peso o presión aportada por otro instrumento denominado piloto.

El piloto es por lo general, otro regulador más pequeño o un equipo de control de presión.

Los reguladores auto – operados funcionan bajo el principio de equilibrio de fuerzas. Esencialmente, las fuerza aplicadas en la zona de alta presión (P_e), aguas arriba, se equilibran o balancean con las fuerzas de la zona de baja presión (P_s), aguas abajo. Este equilibrio de fuerzas es causada por la distribución de la energía (presión) en áreas desiguales, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$F = P.A \quad (\text{ecu 1})$$

Donde;

F = Fuerza

A = Área

P = Presión

De acuerdo a esto, la fuerza que actúa en la zona de baja presión, se distribuye en una superficie más grande que la fuerza que se aplica en la zona de alta presión. Debido a la diferencias de áreas se logra el equilibrio entre ambas zonas.

$$F_1 = F_2 \quad (\text{ecu 2})$$

La fuerza a la entrada puede ser considerada como fuerza de apertura, la cual se balancea a su vez con la fuerza de cierre. Para ajustar la presión aguas abajo, se introduce una tercera fuerza en la ecuación, esta fuerza es llamada fuerza de control, ejercida por un resorte o artefacto que suministra una presión o energía adicional. En el caso del regulador esquemático la fuerza de control la suministra un resorte y se considera como parte de la fuerza de apertura.

A medida que el vástago de la válvula reguladora se desplaza, el resorte se deforma. Cambiando de esa manera la fuerza ejercida por el resorte. Los cambios en la fuerza suministrada por el resorte significan cambios en la presión de entrega.²⁶

2.7.16. Actuadores.

Los actuadores tienen como misión generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control. Los actuadores utilizados en robótica pueden emplear energía neumática, hidráulica o eléctrica. Cada uno de estos sistemas presenta características diferentes, siendo preciso evaluarlas a la hora de seleccionar el tipo de actuador más conveniente.

Las características a considerar son entre otras:

- Potencia.
- Control.
- Peso y volumen.
- Precisión.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Costo

Se clasifican en tres grandes grupos, según la energía que utilizan:

- Neumáticos.
- Hidráulicos.
- Eléctricos.

²⁶ <http://www.gas-training.com/files/Reguladoresdepression.pdf>

2.7.17. Los actuadores neumáticos

Es como fuente de aire comprimido y como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada.

2.7.18. Los motores hidráulicos

Son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga, junto a una precisa regulación de velocidad.

Los motores eléctricos son los más utilizados, por su fácil y preciso control, así como por otras propiedades favorables que establece su funcionamiento, como consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

2.7.19. Actuador neumáticos.

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial²⁷.

2.7.20. Actuadores de simple efecto

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro

²⁷

<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.



Figura 2. 45: Actuador neumático de simple efecto

2.7.21. Actuadores de doble efecto

La carga puede colocarse en cualquiera de los lados del cilindro. Se genera un impulso horizontal debido a la diferencia de presión entre los extremos del pistón.

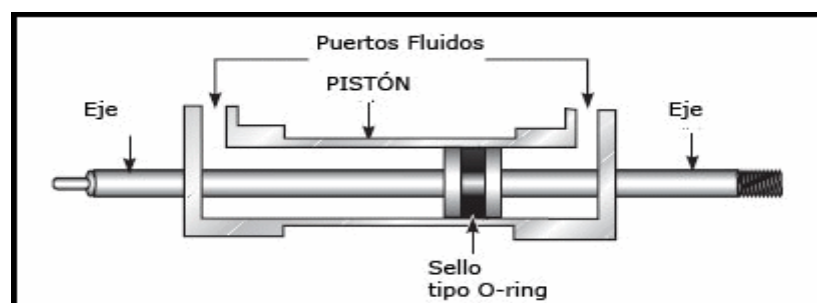


Figura 2. 46: Actuador neumático de doble efecto

2.7.22. Fibra de vidrio

La fibra de vidrio, tal como lo indica su nombre, es un material que consiste en numerosos y extremadamente finas fibras de vidrio. Los fabricantes de vidrio, a lo largo de la historia, han experimentado con fibras

de vidrio, pero la fabricación en masa de fibra de vidrio, sólo fue posible con la invención de maquinaria de herramientas más finas. En 1893, Edward Drummond Libbey exhibió un vestido en la Exposición Mundial Colombina (Feria Mundial de Chicago) con la incorporación de fibras de vidrio con el diámetro y la textura de las fibras de seda. Este fue usado por primera vez por la actriz de teatro popular de la época Georgia Cayvan. Las fibras de vidrio también puede ocurrir naturalmente, como el pelo de Pele (es un término geológico de hilos o fibras de vidrio volcánico que se forman cuando pequeñas partículas de material fundido son lanzados al aire en erupciones volcánicas).



Figura 2. 47: Fibra de Vidrio

La lana de vidrio, lo que se conoce comúnmente hoy como "fibra de vidrio", sin embargo, fue inventado en 1938 por Russell Games Slayter de Owens-Corning como un material para ser utilizado como aislante. Se comercializa bajo el nombre comercial de Fiberglass.

Óxidos	Óxidos en % en masa				
	Vidrio E	Vidrio R	Vidrio ECR	Advantex [®]	Vidrio S
SiO ₂	55,0	60,0	58,4	61,0	64,7
Al ₂ O ₃	14,0	24,4	11,1	13,0	25,0
TiO ₂	0,2	-	2,4	-	-
B ₂ O ₃	7,0	-	-	-	-
CaO	22,0	9,0	21,4	22,5	-
MgO	1,0	6,0	2,7	3,0	10,0
ZnO	-	-	2,7	-	-
Na ₂ O	0,5	0,5	0,8	-	0,3
K ₂ O	0,3	0,1	0,1	0,5	-

Figura 2. 48: Composición de las fibras de vidrio

PROPIEDADES	TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO				
	A	C	D	E	S
DENSIDAD (g/cm ³)	2,50	2,49	2,16	2,54	2,49
RESISTENCIA A LA TRACCION (MPa) A 27°C	2410	3100	2400	3400	4600
RESISTENCIA A LA TRACCION (MPa) A 250°C	---	---	---	3000	4200
MODULO ELASTICO A TRACCION (GPa) A 27°C	67,6	68,9	51,7	72,5	85,0
CONSTANTE DIELECTRICA (10 ⁵ Hz)	6,9	6,2	3,6	5,8	4,5

Figura 2. 49: Propiedades de la fibra de vidrio

La fibra de vidrio se utiliza comúnmente como material aislante. También se utiliza como agente de refuerzo para muchos productos poliméricos, para formar un material compuesto muy fuerte y ligero denominado plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La fibra de vidrio tiene propiedades comparables a los de otras fibras como las fibras de polímeros y de carbono. Aunque no es tan fuerte o tan rígida como la fibra de carbono, es mucho más barata y mucho menos frágil²⁸

²⁸ <http://fibrattec.sharepoint.com/Pages/aboutus.aspx>

2.7.23. Fibra de vidrio que se utiliza en la aviación.

En la industria aeronáutica es muy utilizado los fiberglass (fibra de vidrio) ya que son elementos livianos y también poseen una gran dureza por lo cual puede soportar altas temperatura en los cuales podemos encontrar dos tipos que son:

- **Carbon fiber.** Este tipo de fibra de vidrio se utiliza en componentes estructurales del avión ya que tienen de a lijerar el peso de la aeronave.
- **Kevlar.-** Este tipo de fibra de vidrio se utiliza en zonas de alta temperatura o también en los Bordes de Atace, Spoiler y Flaps.

2.7.23. Resina

La resina de poliéster, en su origen, es similar a un trozo de vidrio. Por ello, se le añade para un mejor manejo una proporción de “Estireno”, un disolvente que la convierte en ese fluido que todos conocemos.

Al añadirle catalizador, la combinación crea una serie de radicales libres que provocan que los elementos químicos de la resina se enlacen, formando una red cada vez más condensa que, en una primera fase, hace que se salifique, y, finalmente, se fortalezca. Al haberse aplicado sobre la fibra de vidrio, se brinda a la estructura, dureza, cuerpo y resistencia. Tiene una ebullición inferior a los 60° C (Su disolvente que es el estireno tiene un punto de inflamación de 33°C por ello es muy recomendable guardar las resinas lejos de cualquier foco inflamable²⁹).

²⁹ http://usuaris.tinet.cat/jaranda/Poliester_archivos/Page396.htm

Propiedades	Poliéster	Epoxi
Tensión de rotura, MPa	40 - 90	55 - 130
Modulo de elasticidad a tracción, GPa	2.0 - 4.4	2.8 - 4.2
Límite elástico a flexión,	60 - 160	125
Resistencia al impacto (ensayo de Izod de barra dentada), J/m	10.6 - 21.2	5.3 - 53
Densidad, g/cm ³	1.1 - 1.46	1.2 - 1.3

Figura 2. 50: Propiedades de la resina epoxi y poliéster

Viscosidad de la resina:

Recomendable inferior a 8 poises. (Unidad de viscosidad). A mayor viscosidad menor velocidad de impregnación y menor facilidad de burbujeo y estos se miden en probetas flexibles. A temperaturas bajas disminuye la viscosidad remendable de 18 a 25 °C³⁰

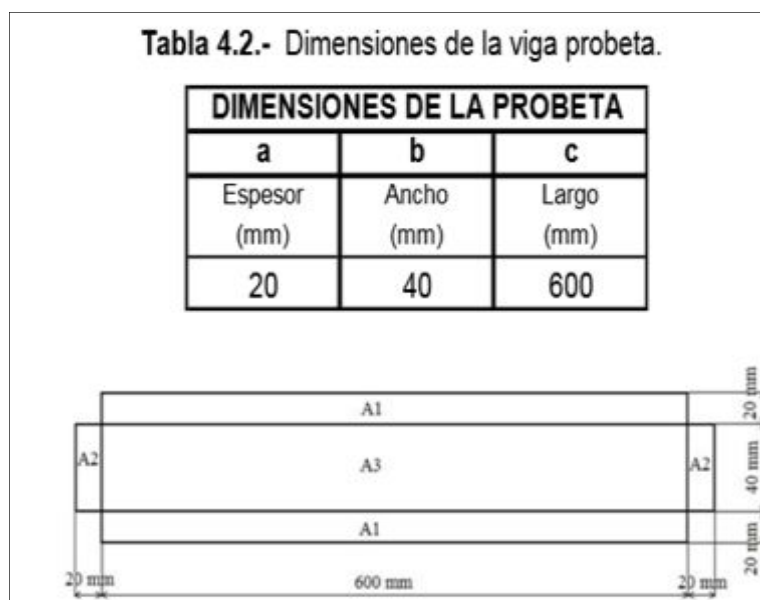


Figura 2. 51: Probeta de medición de viscosidad de la resina

³⁰ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/299/8/T-ESPE-024829-4.pdf>

Características de la resina	Epoxi	Poliéster
Costo	Elevado	Bajo
Facilidad de uso	Fácil de usar	Difícil
Impermeabilidad al agua	Muy buena	No
Módulo de flexión	Excelente	Muy bueno
Módulo de tensión	Excelente	Muy bueno
Tolerancia a ultravioletas	Bajo	Muy bueno
Uso en Compuestos avanzados con carbono o Kevlar ®	Excelente	No recomendable
Sellando o reparando madera	Excelente	Bueno
Rellenado en compuestos	Excelente	Bueno
Adhesivado en similares	Excelente	No
Curado en superficies finas	Polimeriza en superficies finas	Generalmente debe ayudarse con un anti-tacking

Figura 2. 52: Características de la resina

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

Luego de tener en cuenta que para poder realizar el proceso de construcción se realizó una planificación que se encuentra detallada a continuación:

1. Adquisición de los materiales.
2. Dimensiones.
3. Diseño digital.
4. Construcción.
5. Ensamblaje.
6. Pintura
7. Pruebas de funcionamiento.
8. Acabados.

3.2. Adquisición de los materiales

Para la adquisición de materiales se contó con varios aspectos que son de mucha importancia como son:

- Durabilidad
- Facilidad de transformación
- Compatibilidad
- Estética
- Precio

Es así como la idea original se fue plasmando en la adquisición de los materiales, en la cual se fue realizando el diseño de manera paulatina.

Los materiales adquiridos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. 1:
Lista de Componentes adquiridos.

MATERIAL UTILIZADO		CANTIDAD
1	Fibra de vidrio de	0.05 cm
4	Garruchas	
24	Pernos de	5/16
1	Plancha de tool galvanizado de	1/20 *0.75
2	Tubo cuadrado de	3"
1	Platina de	3"
8	Colepatos de	5/32*1/2
4	Terminales de rotulas mecánicas	
1	Ventilador de	110 v
1	Cámara de humo de	110 v
2	Focos led	0.7 v
2	Fines de carreras	0.7 v
1	Controlador de velocidades del ventilador	
2	Cilindro neumáticos de	15mm
2m	Manguera hidráulicas	
2	"T" neumática	
3	Manómetro	
1	Regulador de presión	

3.3 Dimensiones

Las dimensiones del sistema se pueden apreciar con bastante claridad en la siguiente tabla.

Tabla 3. 2:
Dimensiones de la Maqueta

Dimensiones de la estructura		
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	336,943 mm ²
	Anchura de sección	31,750 mm
	Altura de sección	31,750 mm
	Centroide de sección (x)	15,875 mm
	Centroide de sección (y)	15,875 mm

3.4 Diseño Digital

3.4.1 Diseño de la Estructura

Tomando en cuenta las características descritas del motor JT8D, se realizó el diseño digital de la maqueta en el software especializado Inventor. Como se muestran en la Figura 3.1, en donde se puede apreciar el desarrollo del diseño a través del programa Inventor.



Figura 3. 1: Diseño digital de la Reversa y la Estructura

3.4.2. Diseño del sistema eléctrico

Para poder construir el sistema eléctrico de la maqueta, el investigador se tuvo que remitir al sistema propio del motor, el mismo que sirvió como una guía para la construcción del sistema para la maqueta.

Hay que tener en cuenta que al tratarse de una maqueta didáctica no va a contener todos los componentes del sistema original, pero si contener todos los elementos necesarios para su real funcionamiento y operación.

Utilizando las herramientas actuales en cuanto a diseño de sistemas, se recurrió al programa PROTEUS 8, en el cual se EMPLEA PARA diseñar el sistema ELÉCTRICO, y además realizar pruebas de operación.

A continuación se puede apreciar una captura de pantalla del programa Proteus 8 en la fase de diseño del sistema.

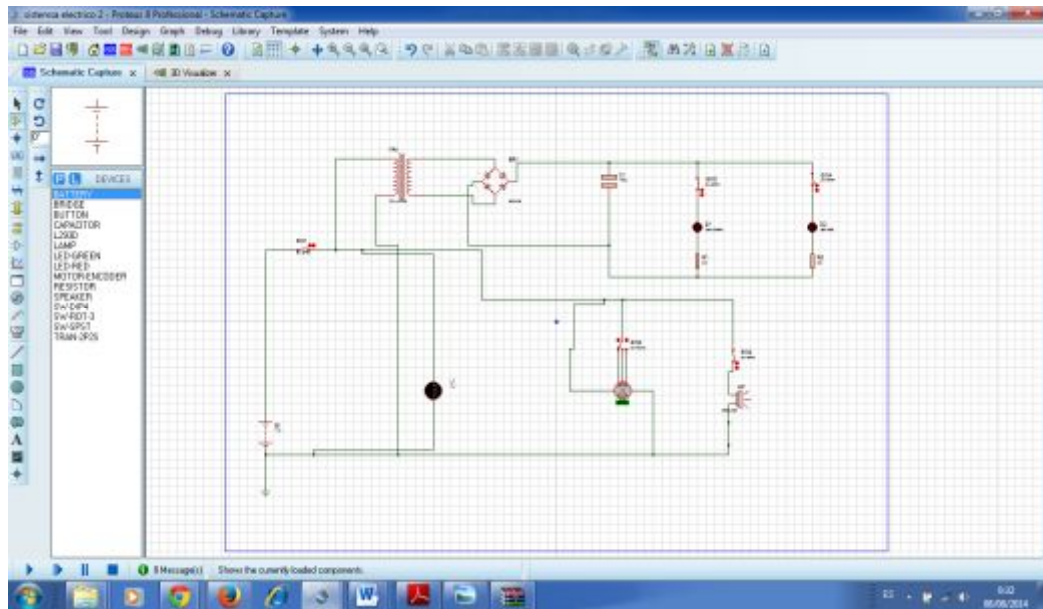


Figura 3. 2: Diseño digital del Sistema Eléctrico

Tabla 3. 3:

Los componentes incluidos en este sistema son los siguientes:

Cantidad	Material	Característica Técnicas
1	Switch	✓ Voltaje de 110v
1	Controlador de velocidades (del ventilador)	✓ Posee una perilla de regulador de velocidades. ✓ Voltaje de 110v.
1	Transformador de 110v-12v	✓ Modelo: MW88 ✓ Input: 110v/220v;50/60Hz ✓ Power: 5w ✓ Output: Dc(3,4,5,6,7.5,9,12)v ✓ Corrent: 300mA

Continúa →

1	Pulsador de la cámara de humo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Posee un pulsador ✓ Voltaje de 110v
2	Fines de carrera	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Microconmutador OMRON con rodillo. ✓ conmutador 2 posiciones, NA-NC ✓ Capacidad de carga de los contactos: 15A, 1/2HP, 125/250VAC 0.6A,125VDC 0.3A, 250VDC ✓ Peso: 6 gramos
2	Focos led	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje: 2,1 Vcc ✓ Potencia: 21 mW. ✓ Luminosidad: 80 mcd. ✓ Corriente: 10 mA. ✓ Diámetro: 3 mm
1	Enchufe	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plástico/metal ✓ Capacidad de : 20 amp

Finalmente el sistema quedó diseñado y probado para su posterior construcción e implementación en la maqueta, tal y como se muestra en la figura 3.3.

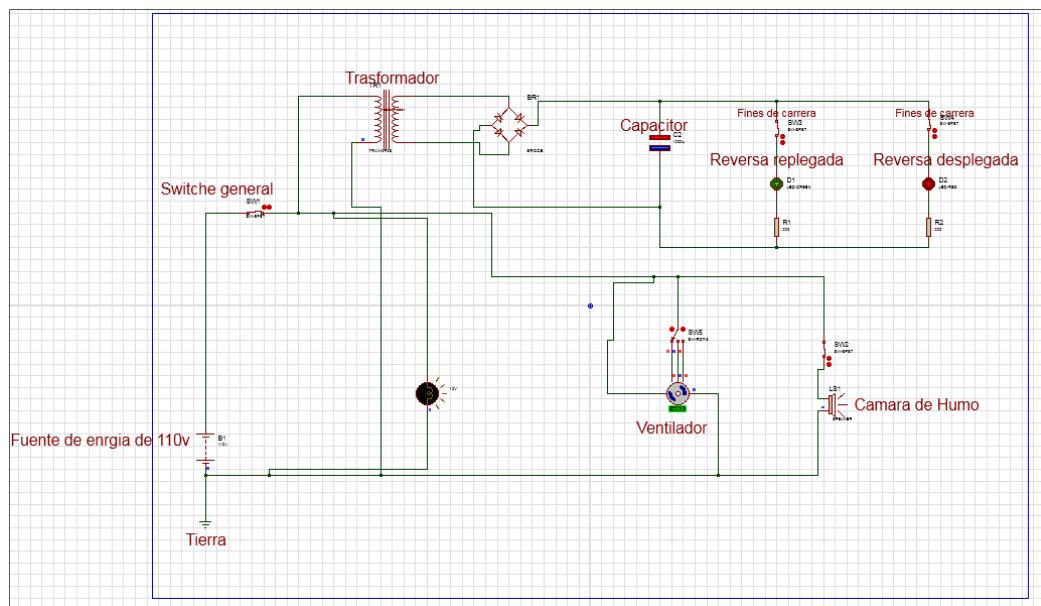


Figura 3. 3: Sistema Eléctrico de la Maqueta

Operación del Sistema Eléctrico

Tabla 3. 4:

El sistema eléctrico funciona con una alimentación de 110 V. Al activar el switch principal, se activan los siguientes elementos:

Elemento	Activa
Switch	Cámara de humo
	Ventilador
	Regulador de velocidades del ventilador
	Disparador de la cámara de humo
	Trasformador de corriente

El transformador de corriente, sirve para alimentar a los fines de carrera y las luces Led (diodo de luz visor), los cuales funcionan a 3.4V.

3.4.3 Diseño del Sistema Neumático

Para la operación de la maqueta, es necesario que aparte del sistema eléctrico se cuente también con un sistema neumático. Tal cual como se aplica en el motor del avión Boeing 737-200.

De ahí que se utilizó el programa Fluidisin –neumática-hidráulica 3.4, mismo que permitió el diseño y comprobación de operación del sistema, previo a su construcción e implementación en la maqueta.

A continuación se puede apreciar el sistema en su fase de diseño.

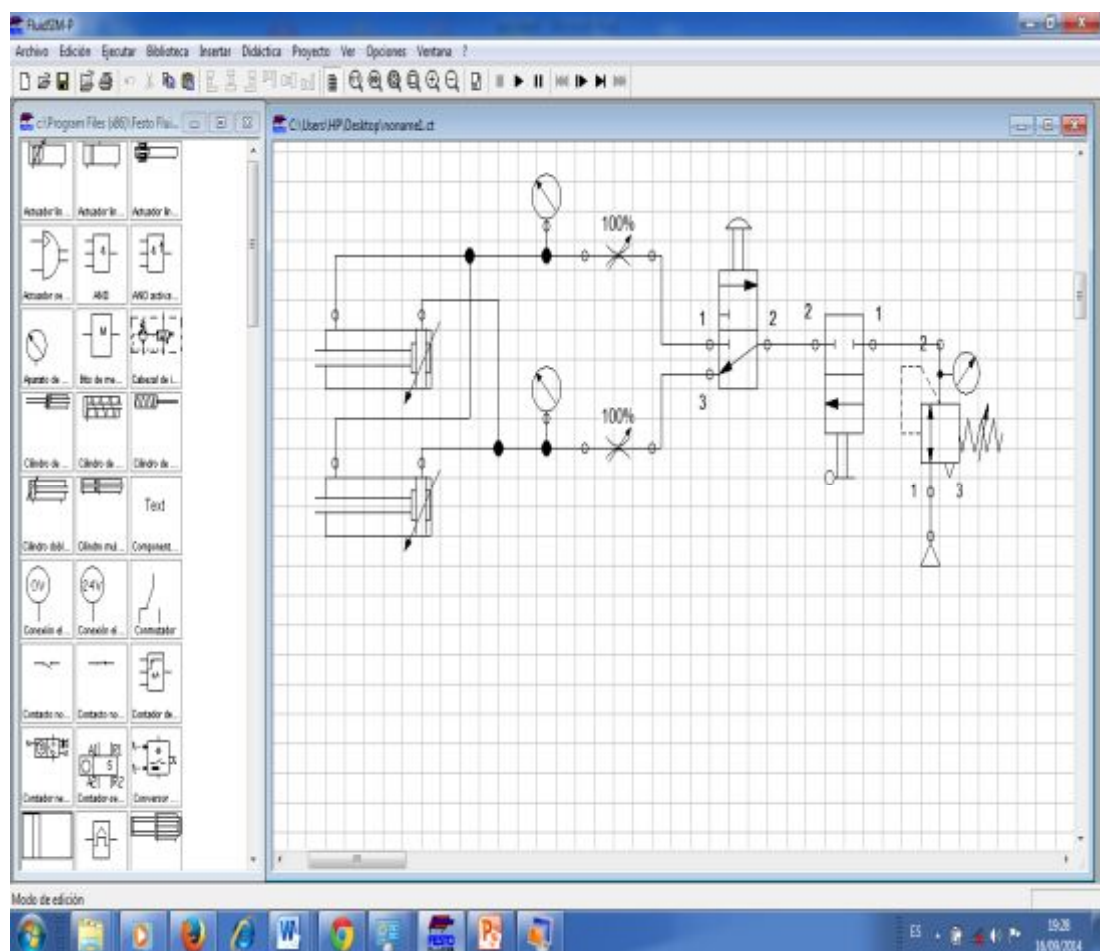


Figura 3. 4: Diseño del Sistema Neumático de la Maqueta

Tabla 3. 5:

Los elementos que componen el sistema neumático para su adecuado funcionamiento son los siguientes:

Cantidad	Materiales	Característica técnica
2	Cilindro de doble efecto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetro: 10mm. ✓ Fuerza: 5- 10 Bar. ✓ Conexión para la entrada. ✓ Conexión para la salida.
1	Válvula reguladora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presión de funcionamiento; 0-150psi. ✓ Temperatura de funcionamiento; 32~1400f. ✓ Estructura : Zinc ✓ Cabezal y tapón inferior: Resina acetálica
3	Manómetros	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tamaño dial: 1. 5". ✓ Presión: 0-150 psi. ✓ Placa de dial: doble escala (psi y kpa)
1	"T" neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presión de operación; 0-145psi. ✓ Temperatura de operación; -20-80°c ✓ Estructura: plástico
1	Acoples	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetro rosca: 20mm ✓ Estructura: níquel – cuerpo de metal plateado asegura anti – corrosión y anti – la contaminación. ✓ Acople rápido.

Continúa →

6	Conectores neumáticas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Níquel – cuerpo de metal plateado asegura anti – corrosión y anti – la contaminación. ✓ La presión de funcionamiento: 0-10 mpa ✓ La presión máxima de la temperatura de funcionamiento aplicable: 100kpa.
2m	Mangueras neumáticas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presión de operación; 0-150 psi. ✓ Flexibles.

El sistema funciona a una presión que oscila entre 60 y 70 PSI, y es controlado por las válvulas instaladas.

En la figura 3.5 se puede apreciar el sistema neumático terminado y probado, listo para su construcción e instalación en la maqueta.

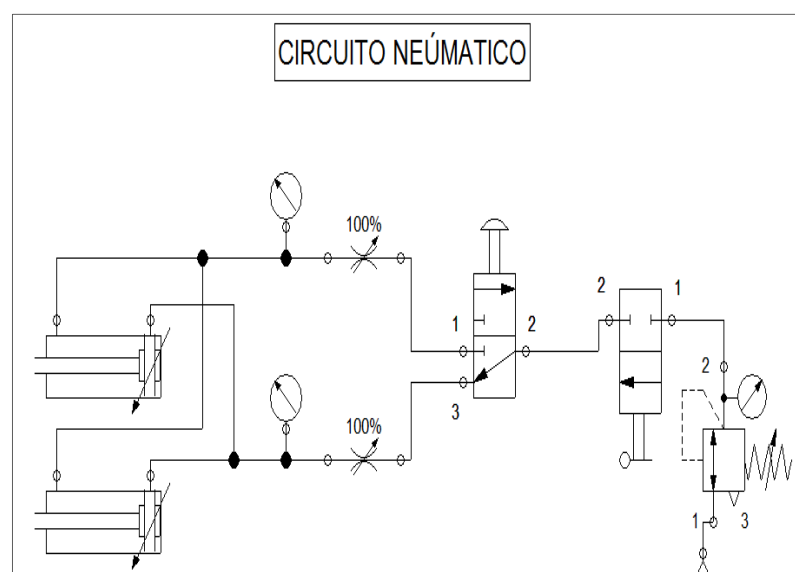


Figura 3. 5: Sistema Neumático de la Maqueta

Operación del Sistema Neumático

El sistema neumático funciona con una alimentación de 60 a 70 PSI, el cual es obtenido mediante un compresor.

Por medio de mangueras de acoplamiento el aire es transferido a la maqueta, en donde en una primera fase pasa por una primera válvula reguladora de presión y de allí pasa a un montante neumático serie HVFF.

Luego pasa a unas reguladoras de presión, en donde es medido por dos manómetros, que funcionan respectivamente cuando se desplaza y se repliega el actuador, y por último la presión de aire pasa a una válvula de corte para que pase a los respectivos actuadores.

3.5. Construcción

Para poder desarrollar fase de construcción es necesario tener una planificación, la cual se encuentra estructurada en la siguiente secuencia:

- Corte de la plancha de tol para cilindros
- Elaboración de los cilindros (Doblado)
- Soldado de cilindros
- Elaboración de las clamshell doors
- Elaboración de los ejes para la compuerta de las clamshell doors
- Pruebas de las clamshell doors con los ejes
- Masillado y lijado de las clamshell doors
- Masillado y lijado de la parte interior de la Clamshell doors
- Fondeado y pintado de las compuertas
- Pruebas de funcionamiento
- Reversa con las clamshell doors instaladas
- Lijado y pintado del Soporte
- Colocación de cauchos protectores

- Terminado del Soporte
- Construcción del panel de control
- Acoplamiento de todos los elementos.

3.5.1. Corte de la plancha de tol para cilindros

De acuerdo a las dimensiones establecidas, se comienza por el trazado y corte la plancha de tol, para poder empezar a darle forma.

El corte se realizó con la ayuda de una moladora eléctrica.

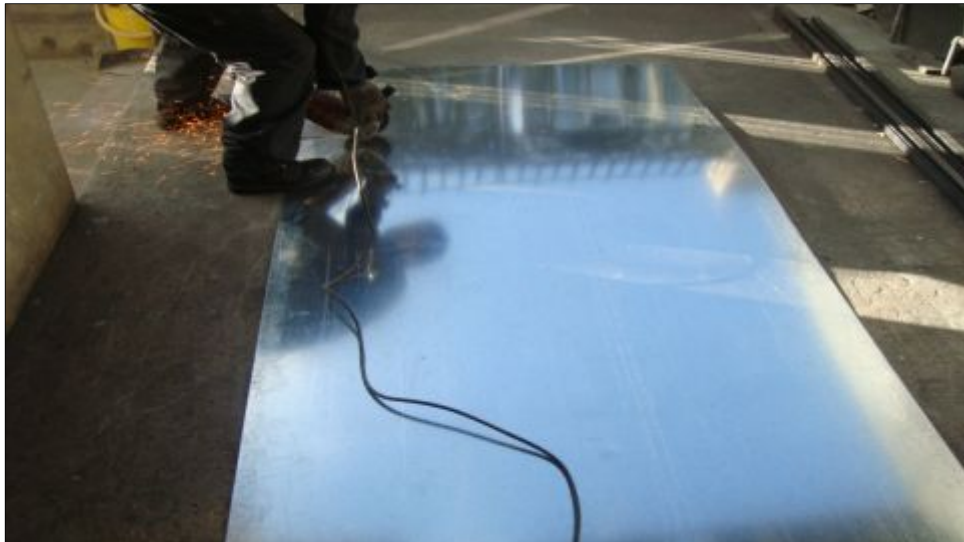


Figura 3. 6: Corte de la plancha de tol para los cilindros

3.5.2. Elaboración de los cilindros (Doblado)

Con la ayuda de una Valoradora se realizó el doblado de la plancha metálica para poder darle la forma cilíndrica deseada.

Así se puede apreciar en la figura siguiente, la forma que se consiguió y con la que se puede ir acoplando el resto de componentes.



Figura 3. 7: Elaboración de los cilindros

3.5.3. Soldado de los cilindros

Con la forma obtenida, fue necesario asegurar su forma, para lo cual se utilizó un proceso de soldadura con electrodo AWS 6011.

Una vez soldado, se procedió a pulir la soldadura para darle la forma estéticamente adecuada y deseada.



Figura 3. 8: Soldado de los dos cilindro

3.5.4. Elaboración de las clamshell doors

Las Clamshell Doors se utilizaron perfiles metálicos, a los cuales se les da la forma requerida.

Este material permite trabajar de manera relativamente sencilla, debido a sus propiedades físicas. De la misma manera se utilizó el proceso de soldadura para asegurar su forma.

Como se puede apreciar en la siguiente figura: 3.9



Figura 3. 9: Elaboración de las clamshell doors

3.5.5. Elaboración de los ejes para la compuerta de las clamshell doors

Los ejes para la compuerta cumplen la misión de permitir la operación mecánica de las Clamshell doors.

Se realizaron de material metálico, y se unió por medio de soldadura, tornillos y tuercas, además de terminales para el respectivo acoplamiento.



Figura 3. 10: Ejes para la compuerta de las clamshell doors

3.5.6. Pruebas de funcionamiento de las clamshell doors

Para poder dar por aprobado el diseño y construcción del sistema de operación de las clamshell doors es necesario realizar pruebas de funcionamiento.

Así se realizaron las pruebas respectivas, las cuales permitieron realizar modificaciones y arreglos sobre la marcha.



Figura 3. 11: Pruebas de funcionamiento

3.5.7. Trabajo con fibra de vidrio

Masillado y lijado de las clamshell doors

Las Clamshell doors fueron modeladas con fibra de vidrio. La mezcla de fibra con resinas es mucho más ligera y resistente a las fuerzas de flexo-tracción que el tradicional acero o malazo de hierro electro soldado



Figura 3. 12: Cubriendo la estructura con fibra de vidrio

Este compuesto no pierde ninguna de sus características con el paso de los años, permaneciendo intacto y aportando la flexibilidad y resistencia.

Tiene un peso específico de 2.68 - 2.7gr/cm³

Especificaciones técnicas:

- Fuerza a la tracción (MPa): 3.000 – 3.500
- Elongación hasta rotura (%): 4.3.³¹

³¹ <http://fibrattec.sharepoint.com/Pages/aboutus.aspx>

Las compuertas fueron masilladas sobre la plancha metálica. Esto permite que se le pueda dar la consistencia y apariencia deseada, y lo más aproximado al diseño real de estas compuertas.

La masilla aplicada permite obtener un acabado muy atractivo visualmente, una vez realizado el lijado de la misma, dejándolo lista para poder recibir la aplicación de la pintura, obteniendo una apariencia totalmente lisa.

Este proceso se puede observar en las siguientes figuras



Figura 3. 13: Masillado de compuertas



Figura 3. 14: Lijado del masillado de compuertas

3.5.8. Masillado y lijado de la parte interior de la Clamshell doors

Así mismo la parte interna de las compuertas debió ser masillada y lijada para obtener la misma apariencia tanto externa, como en la parte de adentro del sistema.



Figura 3. 15: Masillado y lijado de la parte interior de la Clamshell doors

3.5.9. Fondeado y pintado de las compuertas

Con el proceso de masillado, lijado y terminado, se procedió al terminado de las compuertas, lo cual consistió en la aplicación de la pintura.



Figura 3. 16: Fondeado y pintado de las compuertas

Finalmente las compuertas quedan con un terminado como se puede ver en la siguiente figura:



Figura 3. 17: Clamshell doors terminado

3.5.10. Pruebas de funcionamiento

Con los elementos acoplados y estéticamente terminados, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento.

Con esto se puede comprobar la operación del equipo y determinar si existen ajustes o correcciones que se deban realizar.



Figura 3. 18: Pruebas de funcionamiento



Figura 3. 19: Reversa con sus clamshell doors

3.5.1 Construcción del soporte

Para poder ubicar a la maqueta, fue necesario desarrollar un soporte, el cual también fue diseñado en el software especializado de diseño “Inventor”, en donde se establecieron las medidas y diseño en general. (Ver anexo F).

De esta manera se realizó el trazado, corte, soldado, lijado y pintado de la estructura, en donde se colocaron accesorios de caucho para poder evitar el contacto directo entre la maqueta y el soporte, y aliviar su trabajo operativo.



Figura 3. 20: Soporte lijado y pintado



Figura 3. 21: Colocación de cauchos protectores

Posterior a la finalización de la construcción del soporte metálico, se realizó el acoplamiento de la maqueta al mismo, para quedar listo para su operación y entrega.



Figura 3. 22: Soporte y maqueta

3.5.11. Construcción del tablero de control

Con la ayuda de una plancha de Tool, se realizó la construcción del panel de control que contendrá a todos los elementos de control para la maqueta y que tiene las siguientes medidas:



Figura 3. 23: Caja de control

Largo: 45cm

Ancho: 35cm

Alto: 15cm

Los elementos que componen al tablero de control se encuentran identificados en la figura 32, y son los siguientes:

1. Manómetros
2. Pulsador
3. Regulador de presión
4. "T" neumáticos
5. Accionadores



Figura 3. 24: Elementos componentes del tablero de control

En la figura 3.25 se puede apreciar una gráfica del tablero de control ya terminado con todos sus componentes instalados y operativos.



Figura 3. 25: Tablero de control terminado

Tabla 3. 6:
Parámetros de las pruebas de funcionamiento

SISTEMAS O PARTES	SI	NO	CAMBIO O REEMPLAZO
Comprobación del Sistema neumático con un cilindro de 20 cm de carrera para la activación del mecanismo		X	Se reemplazó con un cilindro de 15 cm de carrera para la activación del mecanismo
Funcionamiento de los fines de carrera	X		
Funcionamiento de la cámara de humo	X		
Funcionamiento de la desplegada y replegada de las conchas	X		
Funcionamiento del ventilador	X		

Elaborado por: Simba Carlos

3.6. Diagrama de procesos

El diagrama de procesos es la representación gráfica de todos los procesos constructivos, los mismos que contienen pasos secuenciales y lógicos que permitieron el desarrollo del proyecto.





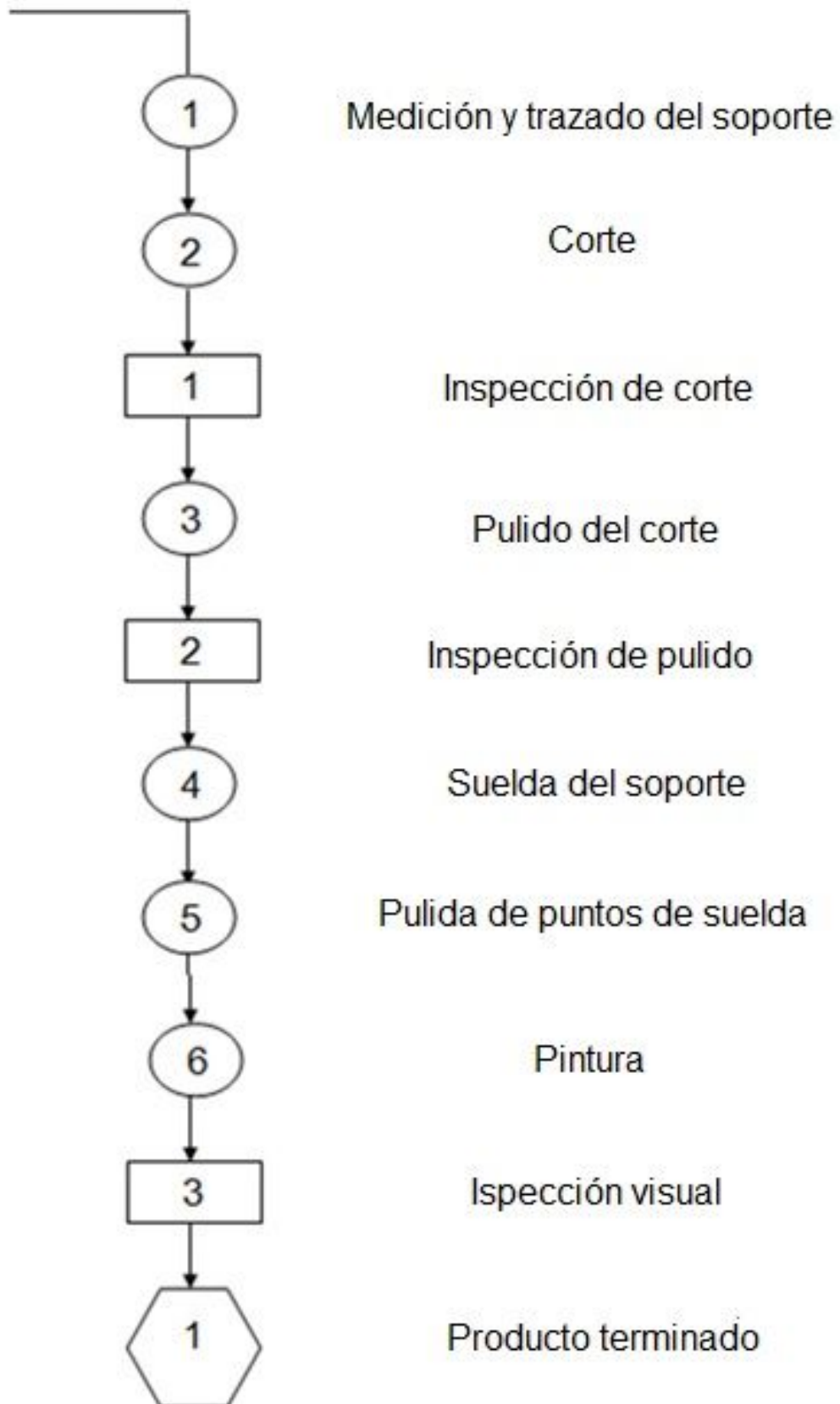
N°	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Ensamblaje
4		Conector

Figura 3. 26: Simbología de los Diagramas de Proceso

3.6.1. Diagrama de proceso de construcción del soporte

Cantidad: Tol Plomo galvanizado de 1/20 * 0.75mm de espesor.

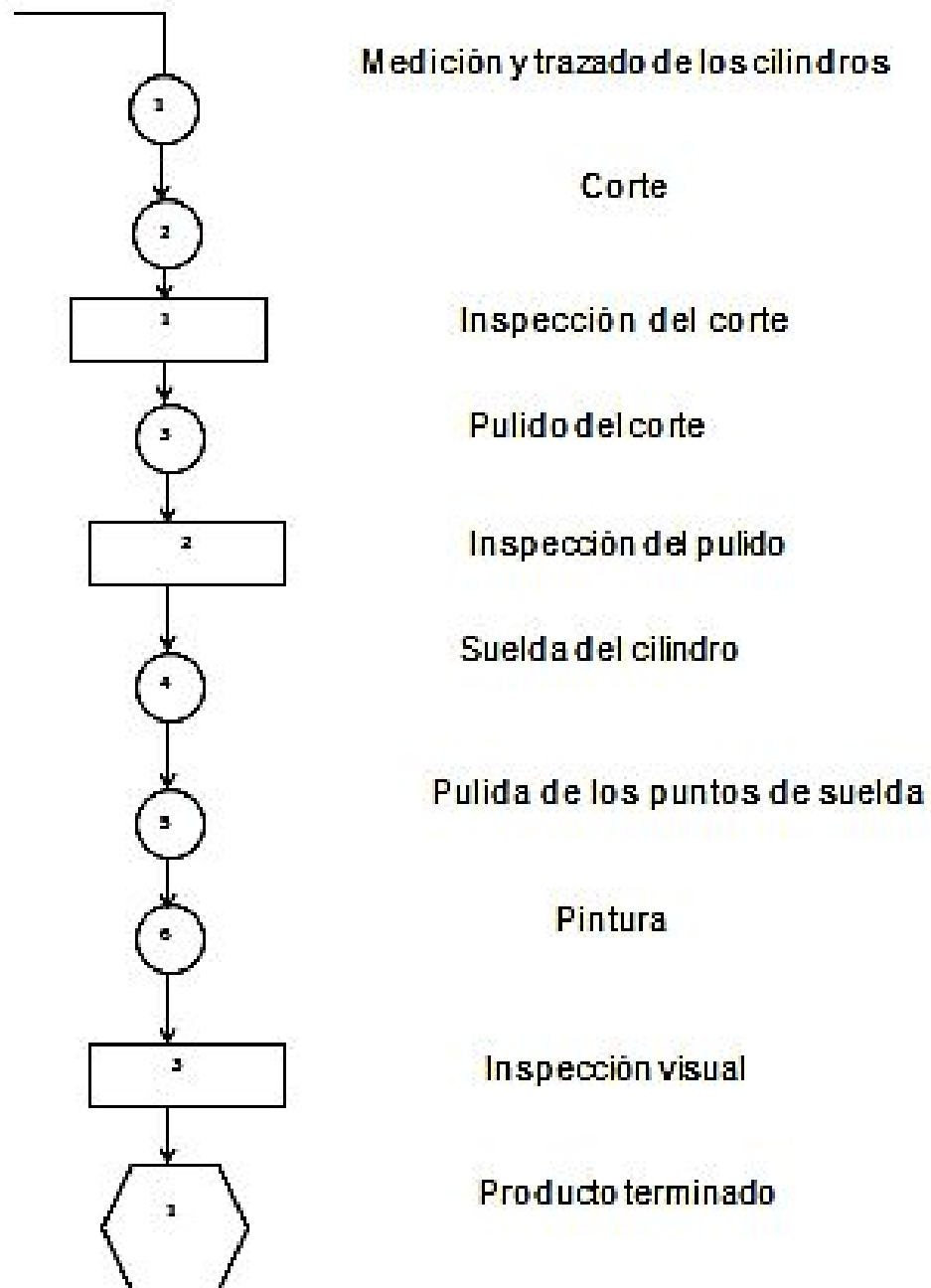
Material: Acero inoxidable.



3.6.2 Diagrama de proceso de la construcción de unos aros

Cantidad: Tol Plomo galvanizado de 1/20 * 0.75mm de espesor.

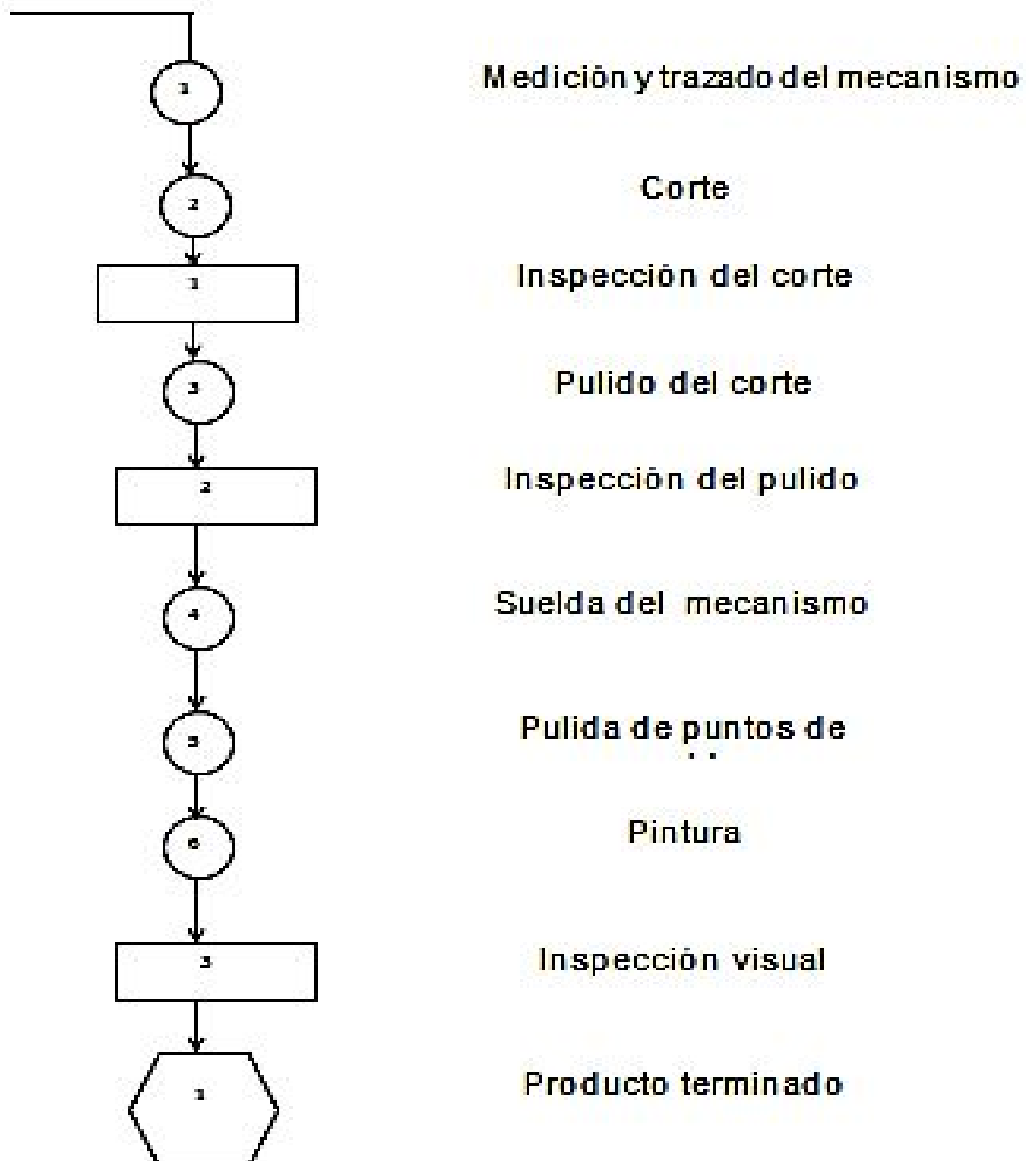
Material: Acero inoxidable.



3.6.3. Diagrama de proceso de construcción de los brazos del mecanismo para las clamshell doors

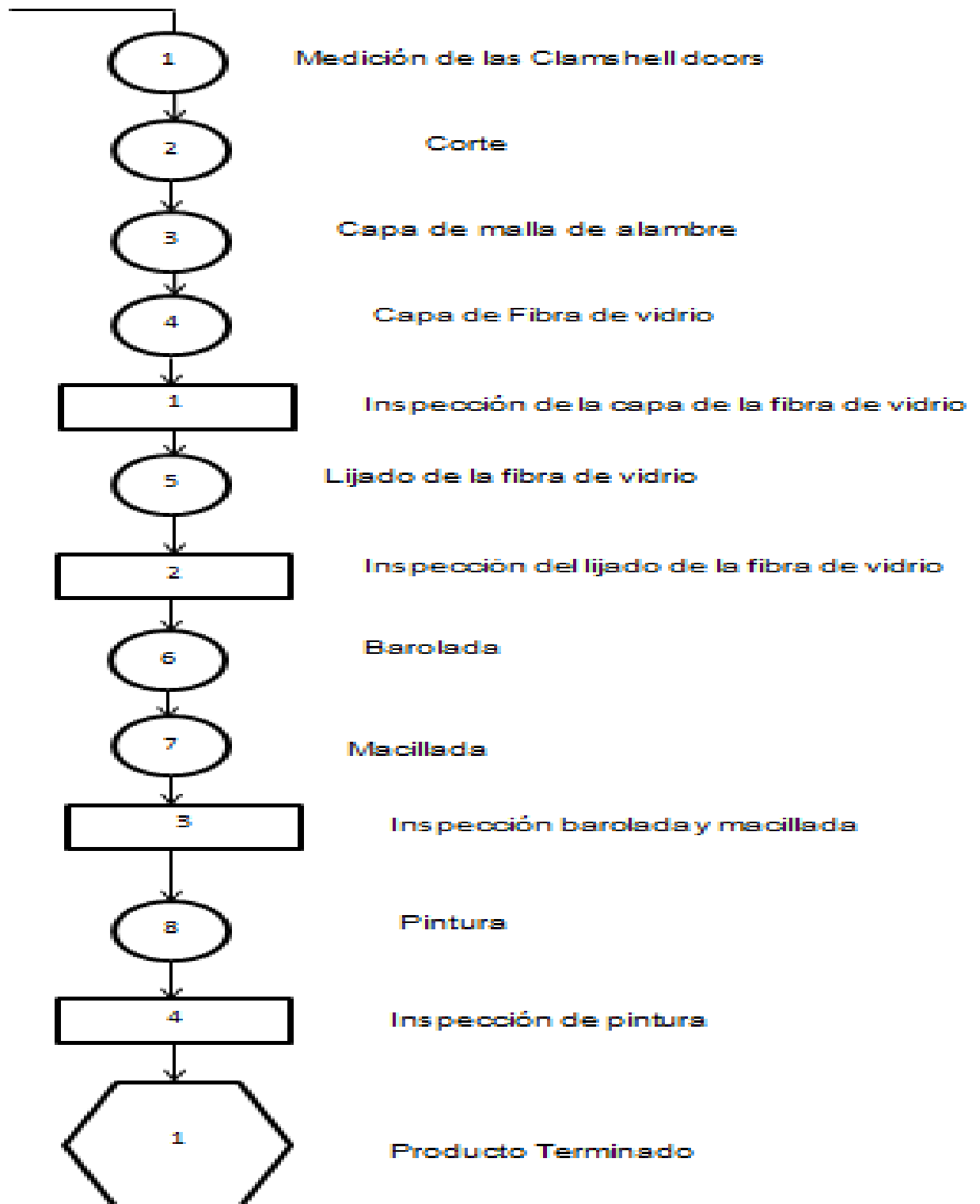
Cantidad: 2 cilindros neumáticos, platina, tubo redondo de 4 cm de diámetro

Material: Platina



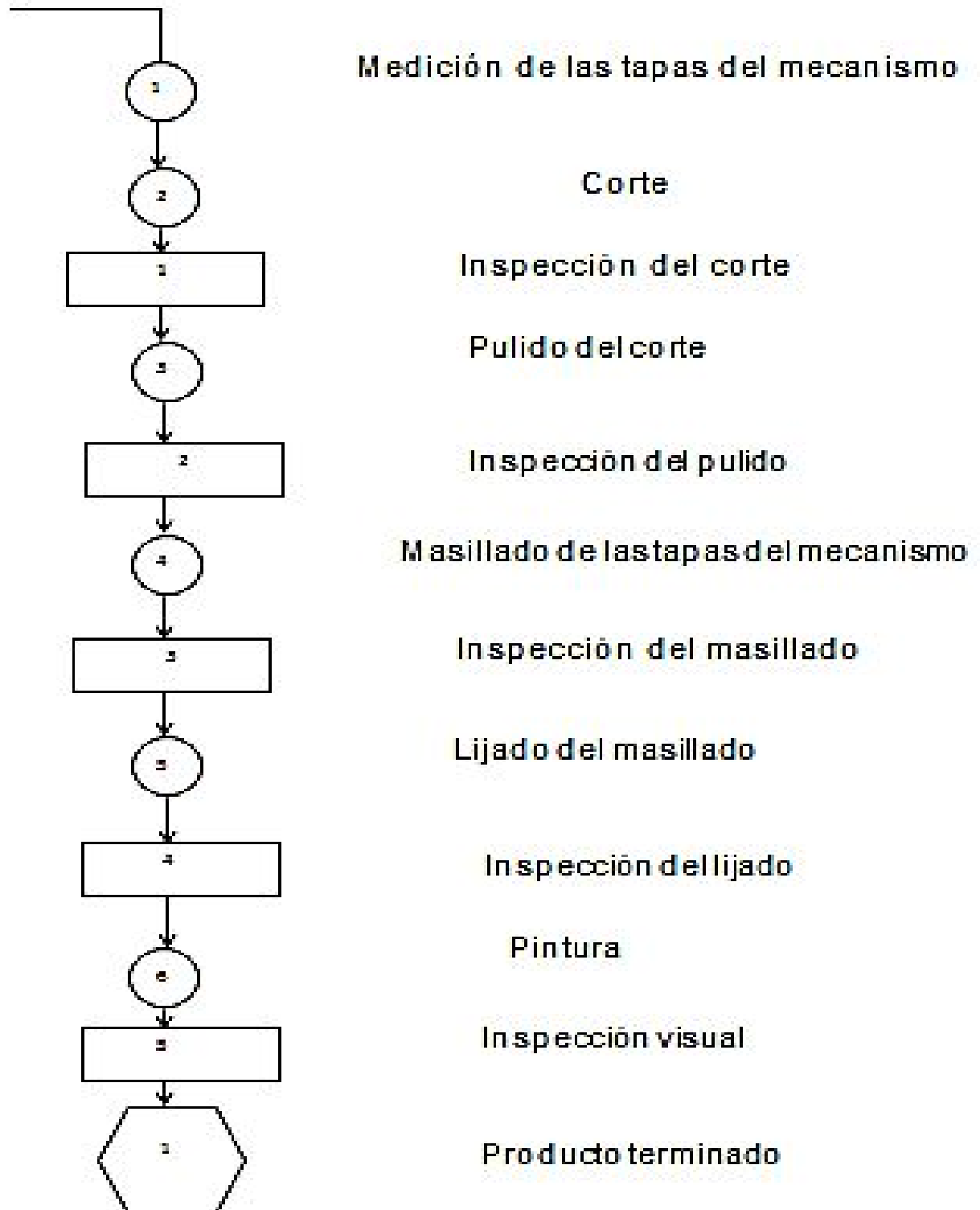
3.6.4 Diagrama de proceso de construcción de las clamshell doors

Material: Platina, fibra de vidrio. Malla de alambre



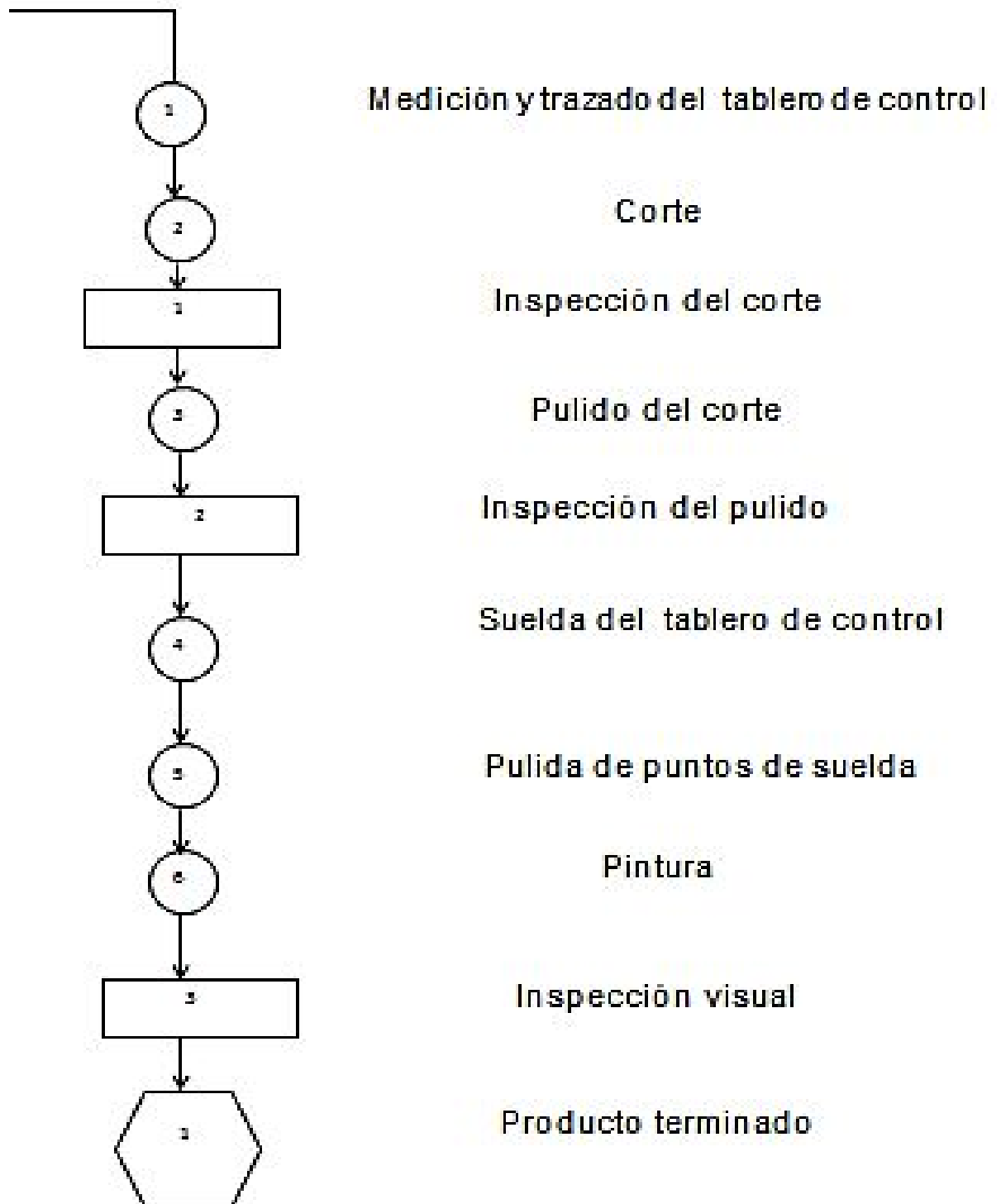
3.6.5. Diagrama de proceso de construcción de las tapas del mecanismo

Material: Tool, masilla, lija, pintura.

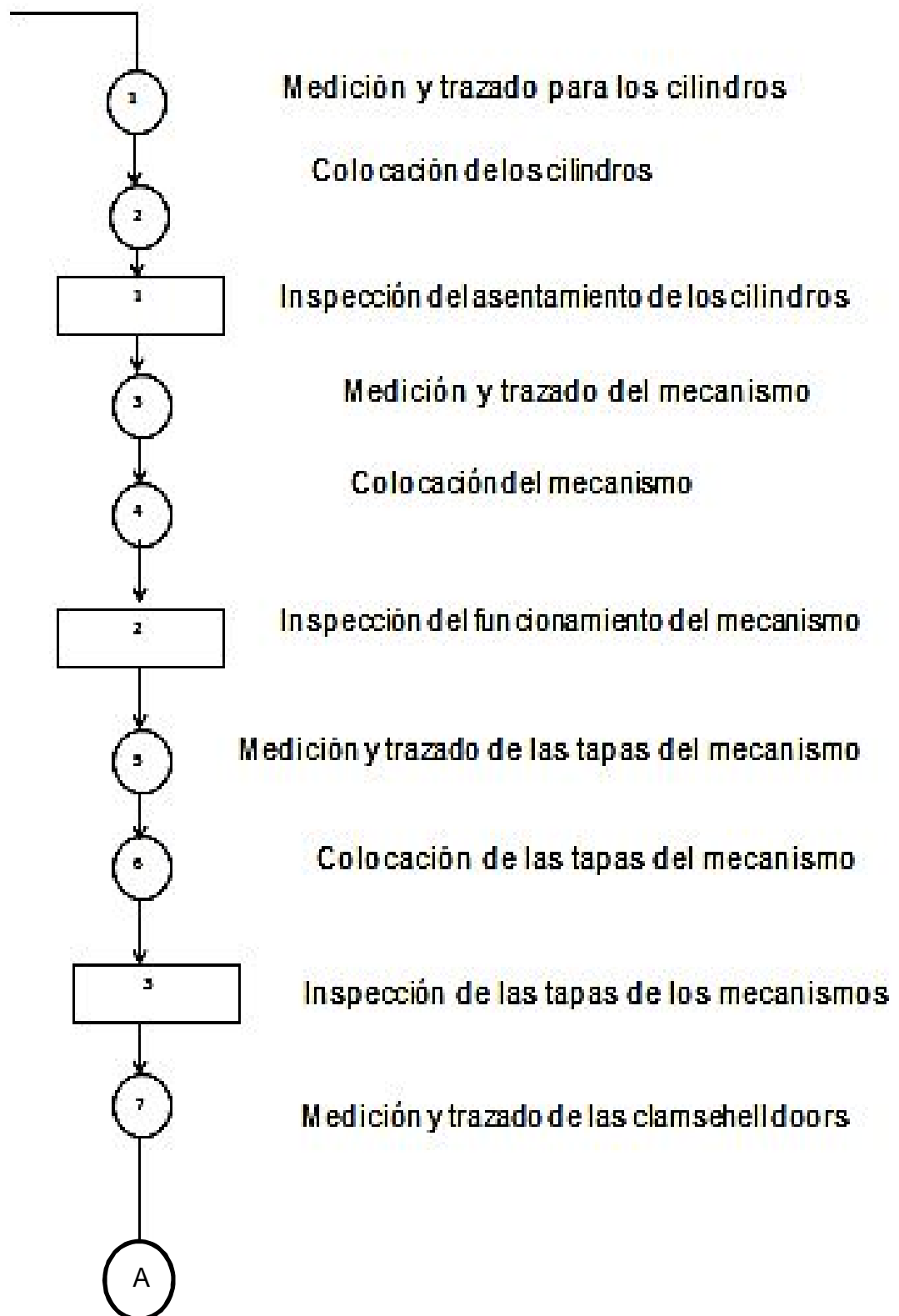


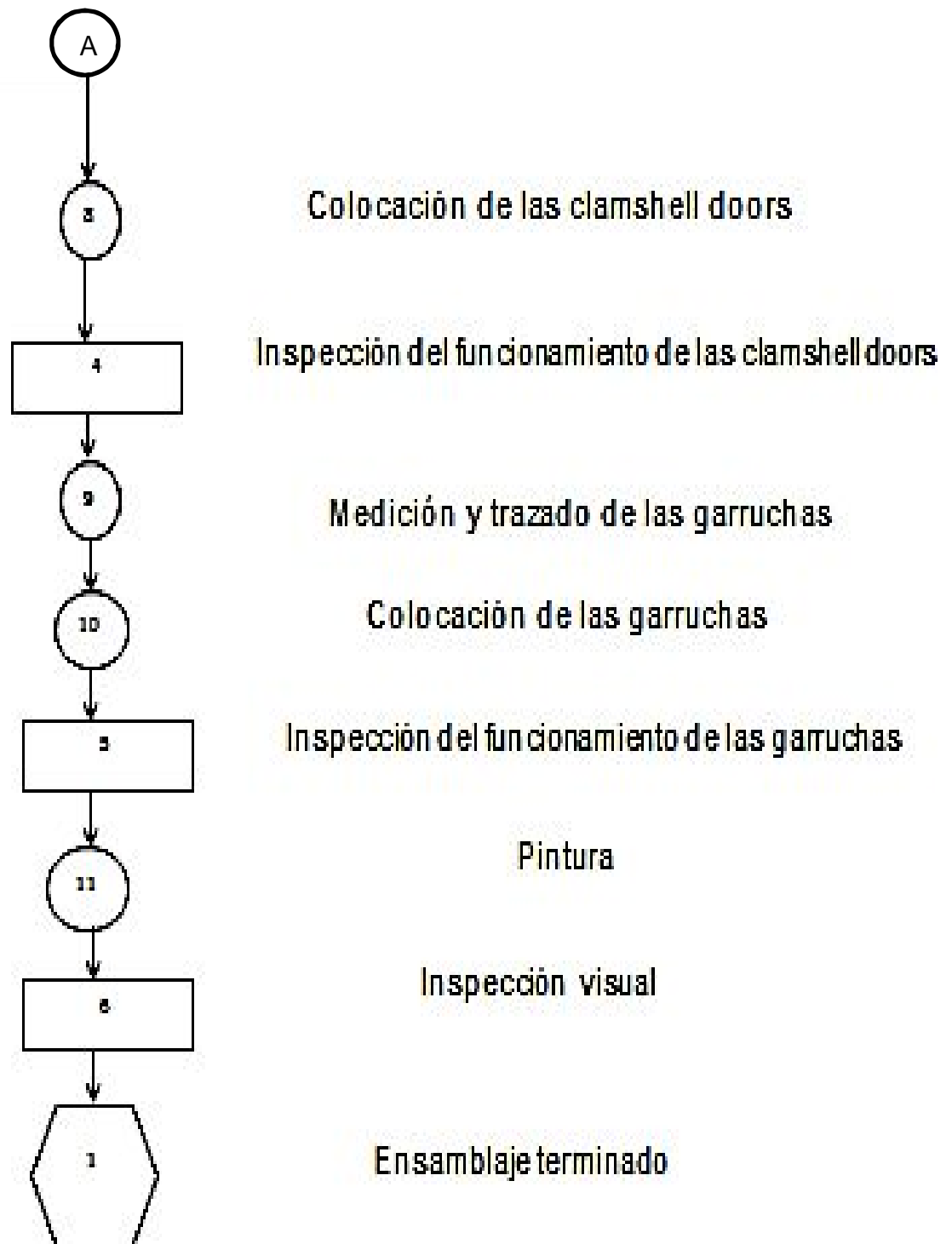
3.6.6. Diagrama de proceso de construcción del tablero de control

Material: Tool, lija, pintura, electrodos.



3.6.7. Diagrama de proceso del ensamblaje total.





3.7. Análisis de resistencia de la estructura

Este análisis se realizó mediante la ayuda del programa INVENTOR (ver anexo D)

3.8. Pruebas y análisis de movimiento

Con el proceso de construcción del sistema ya finalizado se comenzó con las pruebas de funcionamiento con el fin de constatar que el funcionamiento sea el adecuado y cumpla con los requerimientos deseados.

3.8. Manuales

Para un correcto uso y mantenimiento del sistema se han desarrollado manuales que permitirán garantizar el funcionamiento adecuado, prolongar y mantener la vida útil del sistema.

Dichos manuales son de uso obligatorio para evitar cualquier tipo de inconveniente.

3.8.1. Manual de operación

Este manual contiene los procedimientos adecuados para una correcta y segura operación del sistema. (Ver anexo B)

3.8.2. Manual de mantenimiento

Contiene los pasos adecuados que se deben seguir para realizar tareas de mantenimiento en los componentes con el objetivo de mantener su funcionamiento óptimo. (Ver Anexo C).

3.8.3. Estudio económico

La elaboración del proyecto fue económicamente factible ya que se tomó en cuenta los costos de todos los materiales, herramientas y maquinaria

utilizados para la construcción del sistema, los mismos que estuvieron dentro del presupuesto establecido para la elaboración del mismo.

3.9. Análisis económico

El análisis económico consideró los costos de cada material en el mercado, las herramientas, maquinaria y equipos empleados para la construcción, además se valora el factor humano tomando en cuenta la mano de obra utilizada.

El costo económico se ha dividido tomando en cuenta los siguientes factores:

1. Costo de investigación.
2. Costo de materiales.
3. Costo de mano de obra.
4. Gastos varios.

3.9.1. Costo de la investigación

Comprende los costos de la información recopilada en un período de 8 meses así como el aprendizaje del uso del torno y curso básico de Inventor los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 3. 7:

Costos de la Investigación

Nº	PROCESO	VALOR
1	Trabajo en el torno	\$ 80
2	Curso Inventor	\$ 130
3	Adquisición de libros	\$ 85
Total		\$ 195

3.9.2. Costo de materiales

Es todos los costos de los materiales adquiridos para la construcción de la maqueta, los cuales son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 3. 8:
Costos de Materiales

PRESUPUESTO DEL PROYECTO			
DETALLE	Unidades	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Hojas de tol	2	\$30,00	\$ 60,00
Ángulos cuadrados	2	\$40,00	\$ 80,00
Ángulos de 3/4* 1/8	1	\$10,00	\$ 10,00
Cilindros	2	\$150,00	\$ 300,00
Platina	2	\$15,00	\$ 30,00
Manómetros	3	\$10,00	\$ 30,00
Reguladores de presión	3	\$5,00	\$ 15,00
Led 0.7 v	2	\$0,05	\$ 0,10
Válvula de paso de aire	1	\$15,00	\$ 15,00
Mangueras hidráulicas	5 m	\$1,20	\$ 6,00
Conectores	12	\$1,80	\$ 21,60
Electrodos		\$0,10	\$ 30,00
Fines de carrera	2	\$0,35	\$ 0,70
Pintura	3 tarros	\$8,00	\$ 24,00
Thinner	3 lt	\$8,00	\$ 24,00
Desengrasante	2	\$8,00	\$ 16,00
Lija de hierro	6	\$1,50	\$ 9,00
Lija de agua	9	\$0,15	\$ 1,35
Disco de corte	2	\$4,50	\$ 9,00
Disco de desbaste	2	\$4,00	\$ 8,00
Garruchas	4	\$12,00	\$ 48,00
Macilla	8 lb	\$6,00	\$ 48,00
Pernos 5/16	24	\$0,30	\$ 7,20
Rotulas mecánicas	4	\$4,00	\$ 16,00
Rodelas de presión	10	\$0,10	\$ 1,00
Tuercas de seguro	20	\$0,10	\$ 2,00
Baroladora	2	\$20,00	\$ 40,00
Suelda		\$1,50	\$ 50,00
TOTAL DE GASTO			\$901,95

3.9.3. Costo de mano de obra

Comprende el uso de herramientas, máquinas y equipos para operaciones de soldado, corte, medición, fabricación, entre otros, además del diseño de la estructura en computadora, todos y cada uno de ellos para la elaboración del proyecto.

La fabricación de los componentes fue ejecutada íntegramente por el Sr. Carlos Simba

Tabla 3. 9:**Costos de Mano de Obra**

Nº	PROCESO	VALOR
1	Trabajo en el torno	\$ 50
2	Barolado	\$ 30
3	Soldado	\$ 80
4	Pintor	\$ 30
5	Trabajo con Fibra de vidrio	\$ 75
Total		\$ 265

3.9.4. Gastos varios

Contempla todos los gastos necesarios para la realización directa o indirecta del proyecto.

Tabla 3. 10:**Gastos varios**

Nº	DETALLE	VALOR
1	Movilización	\$ 150
2	Internet	\$ 40
3	Hojas	\$10
4	Impresiones	\$ 50
5	Anillados y empastados	\$ 40
Total		\$ 290

3.9.5. Gastos totales

Es la inversión total realizada durante todo el proceso de investigación y elaboración del proyecto.

Tabla 3. 11:**Gastos totales de proyecto**

Nº	RUBRO	CANTIDAD (USD)
1	Investigación	\$ 195,00
2	Materiales	\$ 901,95
3	Mano de obra	\$ 265,00
4	Otros	\$ 290,00
TOTAL		\$ 1651,95

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con la información recopilada y analizada del motor JT8D-17 y su sistema de reversa, se pudo comprender el funcionamiento mecánico del sistema y plantear una alternativa de diseño
- Con la ayuda del software de modelación 3D Inventor, Proteus y Fluisim se pudo realizar el diseño de la estructura y los componentes del sistema de reversa. De la misma manera el programa permite calcular los esfuerzos a los que sería sometido, una vez concretada su construcción.
- Una vez seleccionados los materiales y siguiendo el esquema digital diseñado, se pudo construir la maqueta con todos sus componentes mecánicos, y posteriormente realizar las pruebas de funcionamiento, las cuales confirmaron su adecuado funcionamiento y su cumplimiento con las expectativas deseadas.

4.2 Recomendaciones

- Es imprescindible que proyectos de esta naturaleza se realicen en la Universidad, ya que contribuyen de manera sumamente práctica al desarrollo de la instrucción de los futuros técnicos aeronáuticos en la medida en que permite visualizar los diferentes sistemas de la aeronave.
- Observar y cumplir las normas de operación y mantenimiento descritas en los manuales de la maqueta, para preservar su funcionamiento a lo largo del tiempo.

- Mantener el espacio donde será ubicada la maqueta libre de suciedad, humedad y elementos ajenos que limiten o comprometan su correcto funcionamiento.

GLOSARIO

- **Aeronave.-** toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- **Análisis.-** distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos.
- **Aceros:** Metales formados por hierro y carbono, normalmente con pequeñas cantidades de otros elementos. El acero es el metal más común en la manufactura.
- **Aleación:** Metal que consiste de la mezcla de dos o más materiales. Uno de estos materiales debe ser un metal.
- **Ductilidad:** Capacidad de un metal para ser extendido, estirado o formado sin romperse.
- **Dureza:** Capacidad del material para resistir indotación, penetración y rayado. El calor de la soldadura puede cambiar la dureza de un metal.
- **Electrodo:** Dispositivo que conduce electricidad. En la soldadura por arco, el electrodo también puede participar como metal de aporte.
- **Escoria:** Óxidos e impurezas provenientes de las áreas expuestas a la soldadura.
- **Esmerilado:** Uso de un abrasivo para rebajar la superficie de una pieza de trabajo.
- **Metal base:** Uno de dos o más metales que se sueldan para formar una unión.
- **Metal de aporte:** Metal que se agrega a la unión en la soldadura. Los metales de aporte ayudan a la resistencia y a la masa de la unión soldada.
- **Optimizar.-** es el proceso de modificar un sistema para mejorar su eficiencia o también el uso de los recursos disponibles.
- **Parámetros.-** son reglas que están dentro de un límite y que se deben cumplir.
- **Proceso.-** son los pasos ordenados a seguir para cumplir un objetivo.

- **Puntos:** Soldaduras hechas para sostener las piezas de una soldadura
- debidamente alineadas antes de que se aplique la soldadura final. Los puntos también se usan para ayudar en el precalentamiento.
- **Resistencia:** Capacidad de un metal para resistir fuerzas que intentan romperlo o deformarlo.
- **Resistencia a la tensión:** Capacidad de un metal para resistir fuerzas que tratan de separarlo o estirarlo.
- **Soldabilidad:** Capacidad de un material para ser soldado bajo ciertas condiciones impuestas en una estructura específica y apropiada, la cual funciona eficientemente para el uso que se le destina.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de mantenimiento del avión Boeing 737
- Manual de mantenimiento de los motores JT8D-17
- Ferretería para Aviones Inter American Air Force Academy (IAAFA)
- Guillén Salvador, Antonio. Introducción a la Neumática, Barcelona: Marcombo, 2006
- Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Salvat Editores S.A.
- Sandvik Coromant (2006), Guía Técnica de Mecanizado, AB Sandvik Coromant 2005.

NETGRAFIA:

- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000155/lecciones/lec7/7_1.htm. (en línea).
- <http://www.elrincondelingeniero.com/tag/calculo-de-reacciones/>. (en línea).
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>. (en línea).
- <http://stp.insht.es:86/stp/basequim/007-soldadura-al-arco.html>. (en línea).
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>. (en línea).
- <http://www.fisicapractica.com/momento.php>. (en línea).
- http://www.acerosbohler.com/spanish/files/downloads/Tablas_de_pesos_chapas.pdf. (en línea).
- www.gas-training.com/files/Reguladoresdepresion.pdf. (en línea).
- www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html. (en línea).

