

INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO

TITULO:

**CONSTRUCCION DE UN LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR
PT6-27 DEL AVION TWIN OTTER**

POR:

GUSTAVO XAVIER HERNANDEZ MORAN

**Proyecto de grado como requisito principal para la obtención del título
de:**

TEGNOLOGO EN MECANICA AERONAUTICA.

2007

CERTIFICACION

Certifico que este trabajo fue realizado en su totalidad por el señor Gustavo Xavier Hernández Morán como requisito principal para la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica.

Sub. Fernando Lima
Director del proyecto

Fecha: 21-MAY-2007

DEDICATORIA

Este proyecto esta dedicado a todas las personas que colaboraron en el transcurso de mi carrera, a todos quienes ayudaron de una u otra manera a que esta culmine, a mis profesores amigos y compañeros de calce con quienes compartí todas las experiencias vividas en el tiempo de estudio, a mis padres de quienes siempre recibí su apoyo incondicional y a quienes nunca dejare de agradecerles.

De manera especial esta dedicada a mi esposa y a mi hija quienes son mi principal motivo de superación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de forma sincera a las personas que ayudaron a que este proyecto se realice y llegue a su culminación:

Agradezco a Horacio Centorbi jefe de mantenimiento de la empresa Aermaster Airways por su colaboración en la realización y financiamiento de este proyecto.

De forma especial agradezco a Jorge Alen Castro por todo el tiempo y los conocimientos brindados a la construcción de este proyecto.

INDICE

Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice general.....	V

INDICE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCION

Resumen.....	1
1.1 Introducción al tema.....	2
1.2 Definición del problema.....	2
1.3 Objetivo general.....	2
1.4 Objetivos específicos.....	2
1.5 Justificación.....	3
1.6 Alcance.....	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Corrosión.....	5
2.1.1 Definición de corrosión.....	5
2.2 Tipos de corrosión.....	6

2.2.1 General uniforme.....	6
2.2.2 Atmosférica.....	6
2.2.3 Galvánica.....	7
2.2.4 Metales líquidos.....	9
2.2.5 Altas temperaturas.....	9
2.2.6 Localizada.....	10
2.2.7 Corrosión por fisuras.....	10
2.2.8 Corrosión por picaduras.....	11
2.2.9 Corrosión microbiológica.....	12
2.3 Problemática de la corrosión.....	13
2.4 Control de la corrosión.....	13
2.4.1 Selección de materiales.....	14
2.4.2 Recubrimientos.....	15
2.4.3 Diseño.....	16
2.4.4 Alteración por el entorno.....	17
2.5 Neumática.....	18
2.5.1 La evolución en la técnica del aire comprimido.....	18
2.5.2 Ventajas de la neumática.....	20
2.5.3 Desventajas de la neumática.....	20
2.5.4 Propiedades del aire comprimido.....	21
2.5.6 Rentabilidad de los equipos neumáticos.....	22
2.5.7 Fundamentos físicos.....	23
2.5.8 El aire es compresible.....	27
2.6 Producción del aire comprimido.....	28
2.6.1 Generadores.....	28

2.7 Tipos de compresores.....	29
2.7.1 Compresores de émbolo o de pistón.....	30
2.7.2 Compresores de émbolo rotativo.....	32
2.7.3 Compresor de diafragma.....	32
2.7.4 Compresor rotativo multicelular.....	33
2.7.5 Compresor roots.....	36
2.7.6 Turbocompresores.....	37
2.8 Acumulador de aire comprimido.....	39
2.8.1 Presión.....	41
2.9 Material de tuberías.....	42
2.9.1 Tuberías principales.....	42
2.9.2 Desviaciones hacia los receptores.....	43
2.10 Uniones.....	43
2.10.1 Acoples, aplicables en tubos de acero y bronce.....	44
2.10.2 Acoplamientos.....	45
2.10.3 Acoples, aplicables en tubos flexibles.....	45
2.11. Tipos de equipos de lavado de compresor.....	46
2.11.1. Botellón para lavado de compresor AMSA.....	46
2.12. Manómetro.....	47
2.13. Válvulas.....	47
2.13.1 Válvulas distribuidoras.....	47

CAPITULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Planteamiento de alternativas.....	48
3.1.1 Primera alternativa.....	48

3.1.2 Segunda alternativa.....	49
3.2 Estudio de factibilidad.....	50
3.2.1 Factor técnico constructivo.....	50
3.2.2 Factor operacional.....	50
3.2.3 Factor económico.....	50
3.3 Ventajas y desventajas.....	51
3.4 Parámetros de evaluación y selección.....	53
3.5 Factor de ponderación.....	53
3.6 Parámetros del factor técnico constructivo.....	54
3.7 Parámetros del factor operacional.....	55
3.8 Parámetros del factor económico.....	55
3.9 Matriz de evaluación.....	56
3.10 Matriz de selección.....	57
3.11 Selección de la mejor alternativa.....	57

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL PROYECTO

4.1 Descripción del lavador de compresor.....	58
4.2 Partes constitutivas.....	58
4.3 Sistemas.....	59
4.3.1 Sistema de lavado.....	59
4.3.2 Sistema de enjuague.....	59
4.4 Operación.....	60
4.5 Construcción.....	60
4.5.1 Elementos construidos.....	60

4.5.2 Elementos no contruidos.....	61
4.5.3 Construcción de reservorios cilíndricos.....	61
4.5.3.1 Características de los reservorios según manual de mantenimiento....	61
4.5.3.2 Características de los reservorios cilíndricos contruidos.....	61
4.6 Codificación de máquinas herramientas y equipos.....	62
4.7 Diagrama de procesos.....	64
4.8.1 Simbología de los diagramas de proceso.....	64
4.9 Diagramas de procesos de construcción.....	65
4.9.1 Diagrama de proceso de construcción del cohe soporte.....	65
4.9.2 Diagrama de proceso de construcción del tablero de operación.....	66
4.9.3 Diagrama de proceso de construcción de soportes para manómetros....	67
4.9.4 Diagrama de proceso de construcción de soporte de tes de conexión para entrada de aire y salida de liquido a presión.....	68
4.9.5 Diagrama de proceso de construcción de tapas de llenado de los reservorios cilíndricos.....	69
4.9.6 Diagrama de proceso de construcción de acople para sistema de recirculación del sistema de lavado.....	70
4.9.7. Tabla de procesos.....	71
4.10 Diagramas de ensamblaje.....	72
4.10.1 Diagramas de ensamblaje elementos contruidos.....	72
4.10.2 Diagrama de ensamblaje elementos no contruidos.....	72

CAPITULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 Condición general del equipo.....	74
---------------------------------------	----

5.2 Prueba de fugas.....	75
5.3 Prueba de caudal.....	75

CAPITULO VI

ELABORACION DE MANUALES

6.1 Elaboración de manuales de procedimiento.....	77
6.2 Manual de seguridad.....	77
6.3 Manual de operación.....	80
6.4 Hoja de registros.....	83

CAPITULO VII

ESTUDIO ECONOMICO

7.1 Presupuesto.....	84
7.2 Rubros.....	84
7.2.1 Materiales.....	85
7.2.2 Máquinas, herramienta y equipos.....	86
7.2.3 Mano de obra.....	87
7.2.4 Gastos varios.....	87
7.3 Costo total del proyecto.....	88
7.4 Comparación con un equipo existente en el mercado.....	88

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones.....	89
8.2 Recomendaciones.....	89

LISTA DE GRAFICOS

Figura 2.1 Corrosión Galvánica.....	8
Figura 2.2 Corrosión por fisuras.....	11
Figura 2.3 Presión atmosférica.....	26
Figura 2.4 Compresión.....	27
Figura 2.5 Clasificación de compresores.....	29
Figura 2.6 Compresor de émbolo oscilante.....	30
Figura 2.7 Compresor de dos tapas con refrigeración intermedia.....	32
Figura 2.8 Compresor de membrana.....	33
Figura 2.9 Compresor rotativo multicelular.....	33
Figura 2.10 Compresor de tornillo helicoidal.....	35
Figura 2.11 Compresor de roots.....	36
Figura 2.12 Compresor axial.....	37
Figura 2.13 Compresor radial.....	38
Figura 2.14 Acumulador de aire comprimido.....	39
Figura 2.15 Compresor de aire con acumulador.....	41
Figura 2.16 Acople de anillo cortante.....	43
Figura 2.17 Acople con anillo de sujeción.....	44
Figura 2.18 Acople con borde recalcado.....	44
Figura 2.19 Acople especial con reborde.....	44
Figura 2.20 Base de enchufe rápido.....	45
Figura 2.21 Acople de enchufe rápido.....	45
Figura 2.22 Boquilla con tuerca de racor.....	45

Figura 2.23 Boquilla.....	45
Figura 2.24 Acoples rápidos para tubos flexibles de plástico.....	46
Figura 2.25 Acople cs.....	46
Figura 3.1 Botellón para lavado de compresor.....	47
Figura 3.1.2 Lavador de compresor para pt6 según pratt & whitney.....	48
Figura 4.1. Circuito hidráulico del lavador de compresor.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Sistema métrico internacional.....	24
Tabla 2.2 Combinación sistema internacional y técnico de medida.....	25
Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de la primera alternativa.....	50
Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.....	51
Tabla 3.3 Matriz de evaluación.....	55
Tabla 3.4 Matriz de selección.....	56
Tabla 4.1 Codificación de máquinas.....	61
Tabla 4.2 Codificación de herramientas.....	62
Tabla 4.3 Codificación equipos.....	62
Tabla 4.4 Simbología de diagramas de proceso.....	63
Tabla 4.5 Tabla de procesos.....	70
Tabla 5.1 Condición general del equipo.....	73
Tabla 5.2 Prueba de fugas.....	74
Tabla 7.1 Costo materiales utilizados.....	85
Tabla 7.2 Costo máquinas, herramientas y equipos.....	86
Tabla 7.3 Costo mano de obra.....	86
Tabla 7.4 Gastos varios.....	86
Tabla 7.5 Costo total del proyecto.....	87

RESUMEN

La construcción e implementación del lavador de compresor en la empresa aeromaster airways facilita el mantenimiento preventivo del motor del avión twin otter ya que este equipo de preservación cumple con todas las características requeridas por el fabricante el manual de mantenimiento del mismo, así como también mantiene la seguridad del personal técnico encargado de realizar proceso de lavado de compresor de este motor.

Debido al tipo de material utilizado en el desarrollo y construcción de este proyecto se garantiza su durabilidad ya que de acuerdo con el estudio realizado todas las partes que lo componen exceden las exigencias de esfuerzos que soportara durante su operación normal.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION DEL TEMA.

La empresa de Aeromaster Airways ofrece el servicio de mantenimiento y taxi aéreo bajo las regulaciones de la aviación civil, teniendo en su haber aeronaves propias, tales como: helicópteros Bell series y el avión TWIN OTTER, además de todo el equipo necesario para darle mantenimiento a estas aeronaves excepto el equipo del lavado de compresor para el motor de este avión razón por la cual es necesario implementar este lavador de compresor.

Esta implementación permanecerá en la bodega de herramientas de la empresa y será utilizado cuando su uso sea requerido.

La empresa se vera beneficiada debido a que podrá realizar el trabajo de lavado de compresores del motor Pt6-27 de una forma efectiva, garantizando que este proceso sea realizado de forma correcta por parte de los operarios del equipo.

La empresa Aeromaster Airways auspiciará el 100% del costo de los materiales necesarios para la realización de este proyecto.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

La empresa Aeromaster Airways operadora y encargada del mantenimiento del avión TWIN OTTER se ha visto en la necesidad de implementar un lavador de compresor para el motor Pt6a-27 debido a que la empresa carece de dicho equipo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Construir un lavador de compresor para el motor PT6-27 del avión TWIN OTTER operado por la empresa Aeromaster Airways.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar de procesos de lavado de compresores
- Estudiar de equipos para el lavado de compresores
- Construir el equipo para el lavado del compresor
- Realizar de pruebas operacionales
- Elaborar manuales de seguridad y operación para la correcta utilización del equipo

1.5 JUSTIFICACIÓN

El propósito de la construcción de este lavador de compresor es evitar la corrosión y mantener el performance del motor, limpiando la acumulación de sustancias corrosivas que resultan de la operación en ambientes salinos, y demás suciedad que al acumularse en los alabes del compresor disminuyen su rendimiento.

La construcción de este proyecto minimiza los costos de mantenimiento como también el tiempo no operativo del avión ayudando a evitar la corrosión causada por agentes externos alargando su vida útil, este proceso se realiza frecuentemente de acuerdo con el Manual de Mantenimiento del motor por parte del personal de mantenimiento de la empresa.

1.6 ALCANCE

Una vez construido el lavador de compresores será capaz de eliminar los agentes contaminantes de la sección del compresor y difusor del motor PT6-27, previniendo la corrosión y manteniendo el rendimiento óptimo del motor en operación.

Debido a su diseño podrá ser trasladado a cualquiera de las bases donde se encuentre operando el avión sin mayor dificultad ya que constará de una base con ruedas haciéndolo portátil y fácil de movilizar.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 CORROSION.

2.1.1 DEFINICION DE CORROSION.

Existen muchas definiciones para corrosión. La más aceptada es la siguiente:

“Corrosión es el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente”

Nótese que hay otras clases de daños, como los causados por medios físicos. Ellos no son considerados plenamente corrosión, sino erosión o desgaste. Existen, además, algunos casos en los que el ataque químico va acompañado de daños físicos y entonces se presenta una corrosión-erosiva, desgaste corrosivo o corrosión por fricción.

Aún así, la corrosión es un proceso natural, donde se produce una transformación del elemento metálico a un compuesto más estable, que es un óxido.

Observemos que la definición que hemos indicado no incluye a los materiales no-metálicos. Otros materiales, como el plástico o la madera no sufren corrosión; pueden agrietarse, degradarse, romperse, pero no corroerse.

Generalmente se usa el término “oxidación” o “herrumbramiento” para indicar la corrosión del hierro y de aleaciones en las que éste se presenta como el metal base, que es una de las más comunes.

Es importante distinguir dos clases de corrosión: la corrosión seca y la corrosión húmeda. La corrosión se llama seca cuando el ataque se produce por reacción química, sin intervención de corriente eléctrica. Se llama húmeda cuando es de naturaleza electroquímica, es decir que se caracteriza por la aparición de una corriente eléctrica dentro del medio corrosivo. A grandes rasgos la corrosión química se produce cuando un material se disuelve en un medio líquido corrosivo hasta que dicho material se consume o, se sature el líquido. La corrosión electroquímica se produce cuando al poner ciertos metales con alto número de electrones de valencia, con otros metales, estos tienden a captar dichos electrones libres produciendo corrosión.

2.2 TIPOS DE CORROSIÓN

2.2.1 GENERAL UNIFORME.

Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial. A su vez, esta clase de corrosión se subdivide en otras:

2.2.2 ATMOSFERICA.

De todas las formas de corrosión, la Atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmósfera y por lo mismo se ven atacados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos están presentes. Para hablar de esta clase de

corrosión es mejor dividirla según ambientes. Los ambientes atmosféricos son los siguientes:

a) INDUSTRIALES.

Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales. En adición, los ambientes industriales contienen una gran cantidad de partículas aerotransportadas, lo que produce un aumento en la corrosión.

b) MARINOS.

Esta clase de ambientes se caracterizan por la presencia de cloruro, un ión particularmente perjudicial que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

c) RURALES.

En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, caracterizada por bajos niveles de compuestos ácidos y otras especies agresivas.

Existen factores que influyen la corrosión atmosférica. Ellos son la temperatura, la presencia de Contaminantes en el Ambiente y la humedad.

2.2.3. GALVANICA.

La corrosión Galvánica es una de las más comunes que se pueden encontrar. Es una forma de corrosión acelerada que puede ocurrir cuando metales

distintos (con distinto par redox) se unen eléctricamente en presencia de un electrolito (por ejemplo, una solución conductiva).

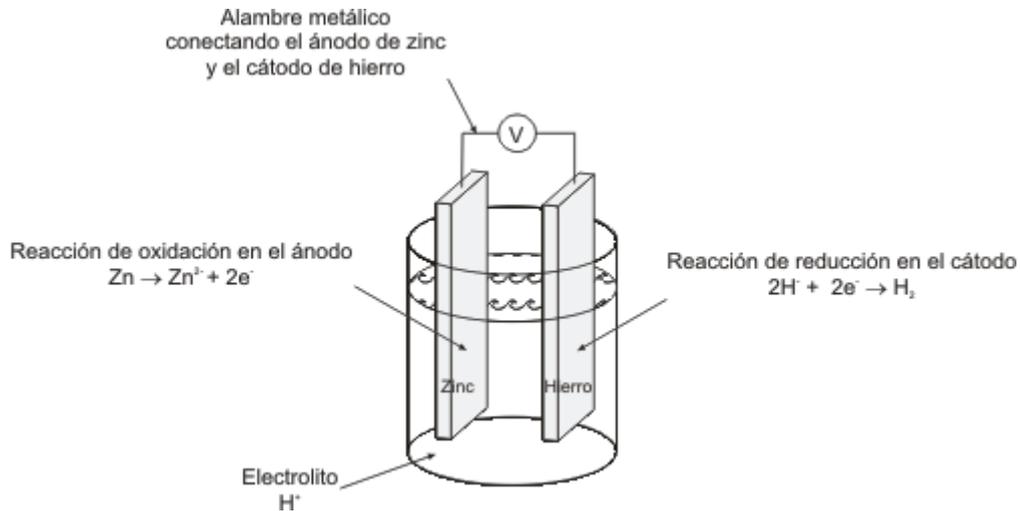


Figura2.1. Corrosión Galvánica.

El ataque galvánico puede ser uniforme o localizado en la unión entre aleaciones, dependiendo de las condiciones. La corrosión galvánica puede ser particularmente severa cuando las películas protectoras de corrosión no se forman o son eliminadas por erosión.

Esta forma de corrosión es la que producen las Celdas Galvánicas. Sucede que cuando la reacción de oxidación del ánodo se va produciendo se van desprendiendo electrones de la superficie del metal que actúa como el polo negativo de la pila (el ánodo) y así se va produciendo el desprendimiento paulatino de material desde la superficie del metal. Este caso ilustra la corrosión en una de sus formas más simples.

Quizá la problemática mayor sobre corrosión esté en que al ser este caso bastante común se presente en variadas formas y muy seguido. Por ejemplo, la corrosión de tuberías subterráneas se puede producir por la formación de una pila galvánica en la cual una torre de alta tensión interactúa con grafito solidificado y soterrado, con un terreno que actúe de alguna forma como solución conductiva.

2.2.4. METALES LIQUIDOS.

La corrosión con metales líquidos corresponde a una degradación de los metales en presencia de ciertos metales líquidos como el Zinc, Mercurio, Cadmio, etc. Ejemplos del ataque por metal líquido incluyen a las Disoluciones Químicas, Aleaciones Metal-a-Metal (por ej., el amalgamamiento) y otras formas.

2.2.5. ALTAS TEMPERATURAS.

Algunos metales expuestos a gases oxidantes en condiciones de muy altas temperaturas, pueden reaccionar directamente con ellos sin la necesaria presencia de un electrolito. Este tipo de corrosión es conocida como empañamiento, escamamiento o corrosión por altas temperaturas.

Generalmente esta clase de corrosión depende directamente de la temperatura. Actúa de la siguiente manera: al estar expuesto el metal al gas oxidante, se forma una pequeña capa sobre el metal, producto de la combinación entre el metal y el gas en esas condiciones de temperatura. Esta capa o “empañamiento” actúa como un electrolito “sólido”, el que permite que

se produzca la corrosión de la pieza metálica mediante el movimiento iónico en la superficie.

Algunas maneras de evitar esta clase de corrosión son las siguientes:

- Alta estabilidad termodinámica, para generar en lo posible otros productos para reacciones distintas.
- Baja Presión de Vapor, de forma tal que los productos generados sean sólidos y no gases que se mezclen con el ambiente.

La corrosión por altas temperaturas puede incluir otros tipos de corrosión, como la oxidación, la sulfatación, la carburización, los efectos del hidrógeno, etc.

2.2.6. LOCALIZADA.

La segunda forma de corrosión, en donde la pérdida de metal ocurre en áreas discretas o localizadas.

Al igual que la General/Uniforme, la corrosión Localizada se subdivide en otros tipos de corrosión. A continuación, veremos los más destacados.

2.2.7. CORROSION POR FISURAS O “Crevice”.

La corrosión por crevice o por fisuras es la que se produce en pequeñas cavidades o huecos formados por el contacto entre una pieza de metal igual o diferente a la primera, o más comúnmente con un elemento no- metálico. En las fisuras de ambos metales, que también pueden ser espacios en la forma del objeto, se deposita la solución que facilita la corrosión de la pieza. Se dice, en estos casos, que es una corrosión con ánodo estancado, ya que esa solución,

a menos que sea removida, nunca podrá salir de la fisura. Además, esta cavidad se puede generar de forma natural producto de la interacción iónica entre las partes que constituyen la pieza.

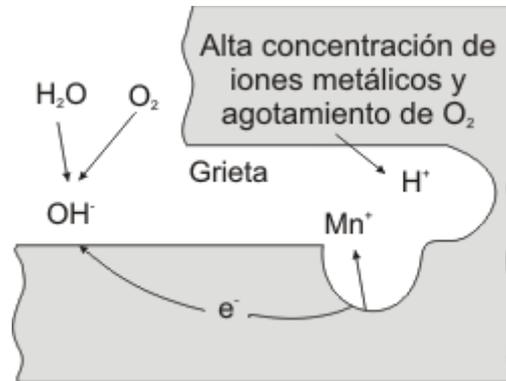


Figura 2.2. Corrosión por fisuras.

Algunas formas de prevenir esta clase de corrosión son las siguientes:

- rediseño del equipo o pieza afectada para eliminar fisuras.
- cerrar las fisuras con materiales no-absorbentes o incorporar una barrera para prevenir la humedad.
- prevenir o remover la formación de sólidos en la superficie del metal.

2.2.8. CORROSION POR PICADURAS O “Pitting”.

Es altamente localizada, se produce en zonas de baja corrosión generalizada y el proceso (reacción) anódico produce unas pequeñas “picaduras” en el cuerpo que afectan. Puede observarse generalmente en superficies con poca o casi nula corrosión generalizada. Ocurre como un proceso de disolución anódica local donde la pérdida de metal es acelerada por la presencia de un ánodo pequeño y un cátodo mucho mayor.

Esta clase de corrosión posee algunas otras formas derivadas:

- **Corrosión por Fricción o Fretting:** es la que se produce por el movimiento relativamente pequeño (como una vibración) de 2 sustancias en contacto, de las que una o ambas son metales. Este movimiento genera una serie de picaduras en la superficie del metal, las que son ocultadas por los productos de la corrosión y sólo son visibles cuando ésta es removida.
- **Corrosión por Cavitación:** es la producida por la formación y colapso de burbujas en la superficie del metal (en contacto con un líquido). Es un fenómeno semejante al que le ocurre a las caras posteriores de las hélices de los barcos. Genera una serie de picaduras en forma de panel.
- **Corrosión Selectiva:** es semejante a la llamada Corrosión por Descincado, en donde piezas de zinc se corroen y dejan una capa similar a la aleación primitiva. En este caso, es selectiva porque actúa sólo sobre metales nobles como al Plata-Cobre o Cobre-Oro. Quizá la parte más nociva de esta clase de ataques está en que la corrosión del metal involucrado genera una capa que recubre las picaduras y hace parecer al metal corroído como si no lo estuviera, por lo que es muy fácil que se produzcan daños en el metal al someterlo a una fuerza mecánica.

2.2.9. CORROSION MICROBIOLOGICA (MIC).

Es aquella corrosión en la cual organismos biológicos son la causa única de la falla o actúan como aceleradores del proceso corrosivo localizado.

La MIC se produce generalmente en medios acuosos en donde los metales están sumergidos o flotantes. Por lo mismo, es una clase común de corrosión.

Los organismos biológicos presentes en el agua actúan en la superficie del metal, acelerando el transporte del oxígeno a la superficie del metal, acelerando o produciendo, en su defecto, el proceso de la corrosión.

2.3. PROBLEMÁTICA DE LA CORROSION.

Como se dijo en la definición de la Corrosión, ésta se presenta solamente en metales. Por lo mismo, una de las mayores problemáticas es que la corrosión afecte principalmente a esta clase de elementos. Ello implica muchos tipos de problemas, de los cuales la mayoría son bastante serios, a los que nos referiremos más adelante, ya que primero conviene conocer las diversas clases de corrosión existentes.

Aún así, mencionemos que este proceso en sus variadas formas (dentro de las cuales se puede presentar) va produciendo un deterioro considerable en las clases de metales que afecta, los cuales con el tiempo, si no son tratados, inducen a su completa destrucción, lo cual implica también enormes pérdidas económicas y de producción.

2.4 CONTROL DE LA CORROSIÓN.

Luego de haber analizado la corrosión y sus formas, es momento de ver qué conocimientos se tienen hoy en día para prevenirla.

Antes de ver un análisis un tanto más profundo a las formas de proteger sobre la corrosión, hablaremos un poco sobre la Protección Catódica y la Protección Anódica.

La *protección catódica* ocurre cuando un metal es forzado a ser el cátodo de la celda corrosiva adhiriéndole (acoplándolo o recubriéndolo) de un metal que se corroe más fácilmente que él, de forma tal que esa capa recubridora de metal se corroe antes que el metal que está siendo protegido y así se evite la reacción corrosiva. Una forma conocida de Protección Catódica es la galvanización, que consiste en cubrir un metal con zinc para que éste se corroe primero. Lo que se hace es convertir al zinc en un *ánodo de sacrificio*, porque él ha de corroerse antes que la pieza metálica protegida.

Por otro lado, la *protección anódica* es un método similar que consiste en recubrir el metal con una fina capa de óxido para que no se corroe. Existen metales como el Aluminio que al contacto con el aire son capaces de generar espontáneamente esta capa de óxido y por lo tanto, se hacen resistentes a la corrosión. Aún así, la capa de óxido que recubre al metal no puede ser cualquiera. Tiene que ser adherente y muy firme, ya que de lo contrario no serviría para nada. Por ejemplo, el óxido de hierro no es capaz de proteger al hierro, porque no se adquiere a él en la forma requerida.

2.4.1. SELECCIÓN DE MATERIALES.

La selección de los materiales que se vaya a usar será factor decisivo en el control de la corrosión a continuación se enunciarán algunas reglas generales para la selección de materiales:

- Para condiciones no oxidantes o reductoras tales como ácidos y soluciones acuosas libres de aire, se utilizan frecuentemente aleaciones de Ni y Cr.

- Para condiciones oxidantes se usan aleaciones que contengan Cr.
- Para condiciones altamente oxidantes se aconseja la utilización de Ti y
- Los elementos cerámicos poseen buena resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas pero son quebradizos, su utilización se restringe a procesos que no incluyan riesgos.

2.4.2. RECUBRIMIENTOS.

a) RECUBRIMIENTOS METALICOS.

Los recubrimientos se aplican mediante capas finas que separen el ambiente corrosivo del metal, es decir que puedan servir como ánodos sacrificables que puedan ser corroídos en lugar del metal subyacente. Los galvanizados son un buen ejemplo de este caso. Un recubrimiento continuo de zinc y estaño aísla el acero respecto al electrolito. A veces se presentan fallas con estos metales, cuando el riesgo de corrosión es muy elevado se recomienda hacer un recubrimiento con Alclad.

El Alclad es un producto forjado, compuesto formado por un núcleo de una aleación de aluminio y que tiene en una o dos superficies un recubrimiento de aluminio o aleación de aluminio que es anódico al núcleo y por lo tanto protege electroquímicamente al núcleo contra la corrosión.

b) RECUBRIMIENTOS INORGANICOS.

En algunos casos es necesario hacer recubrimientos con material inorgánico, los más usados son el vidrio y los cerámicos, estos recubrimientos

proporcionan acabados tersos y duraderos. Aunque si se expone un pequeño lugar anódico se experimenta una corrosión rápida pero fácil de localizar.

c) RECUBRIMIENTOS ORGANICOS.

El uso de pinturas, lacas, barnices y muchos materiales orgánicos poliméricos han dado muy buen resultado como protección contra la corrosión. Estos materiales proveen barreras finas tenaces y duraderas para proteger el sustrato metálico de medios corrosivos. El uso de capas orgánicas protege mas el metal de la corrosión que muchos otros métodos. Aunque debe escogerse muy bien, ya que hay procesos que incluyen tratamientos con alcoholes que en algún momento pueden disolver los materiales orgánicos.

2.4.3. DISEÑO.

Este quizá el método más efectivo para el control de la corrosión, ya que si se realiza un buen diseño y una buena planeación podemos evitar dicho fenómeno, a continuación se enumerará algunas reglas generales que se deben seguir:

- Se debe tener en cuenta la acción penetrante de la corrosión junto con los requerimientos de la fuerza mecánica cuando se considere el espesor del metal utilizado. Esto se utiliza para tuberías y tanques que contengan líquidos.
- Son preferibles los recipientes soldados que los remachados para reducir la corrosión por grieta
- Se deben usar preferiblemente metales galvánicamente similares para prevenir la corrosión galvánica. Si se atornillan metales no similares

galvánicamente se deben usar arandelas no metálicas para eliminar contactos eléctricos entre los materiales.

- Es preciso evitar tensión excesiva y concentraciones de tensión en entornos corrosivos, para prevenir la ruptura por corrosión por esfuerzos, especialmente en aceros inoxidable, latones y otros materiales susceptibles a este tipo de corrosión.
- Se deben evitar recodos agudos en sistemas de tuberías por donde circulan fluidos. En estas áreas donde cambia la dirección del fluido bruscamente se potencia la corrosión por erosión.
- Se deben diseñar los tanques y recipientes de una manera que sean fáciles de limpiar y desaguar, ya que el estancamiento de sustancias corrosivas provoca la aparición de celdas por concentración.
- Se debe hacer un diseño eficiente de aquellas piezas que se espera queden inservibles en poco tiempo, para que sean fáciles de reemplazar.
- Es importante también diseñar sistemas de calefacción que no den lugar a zonas puntuales calientes, los cambios de calor ocasionan corrosión.

2.4.4. ALTERACION POR EL ENTORNO.

Las condiciones ambientales son muy importantes para el control de corrosión, algunos métodos usados son:

- Bajando la temperatura se consigue disminuir la velocidad de reacción, por ende se disminuye el riesgo de corrosión.

- Disminuyendo la velocidad de un fluido corrosivo se reduce la corrosión por erosión. Sin embargo, para metales y aleaciones que se pasivan, es más importante evitar las disoluciones estancadas.
- Eliminar el oxígeno de las soluciones acuosas reduce la corrosión especialmente en las calderas de agua.
- La reducción de la concentración de iones corrosivos en una solución que está corroyendo un metal puede hacer que disminuya la velocidad de corrosión, se utiliza principalmente en aceros inoxidable.
- La adición de inhibidores que son principalmente catalizadores de retardo disminuye las probabilidades de corrosión. Los inhibidores son de varios tipos: los inhibidores de absorción que forman una película protectora, los inhibidores barrederos que eliminan oxígeno. En general, los inhibidores son agentes químicos, añadidos a la solución de electrolito, emigran preferentemente hacia la superficie del ánodo o del cátodo y producen una polarización por concentración o por resistencia.

2.5. NEUMÁTICA.

2.5.1. LA EVOLUCIÓN EN LA TÉCNICA DEL AIRE COMPRIMIDO.

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El descubrimiento consciente del aire como medio - materia terrestre - se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma", que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma.

Como derivación de la palabra "Pneuma" se obtuvo, entre otras cosas el concepto **Neumática que trata los movimientos y procesos del aire.**

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aprox. 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

Es cierto que con anterioridad ya existían algunas aplicaciones y ramos de explotación como por ejemplo en la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles (frenos de aire comprimido).

La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automatización y racionalización en los procesos de trabajo.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

2.5.2. VENTAJAS DE LA NEUMATICA.

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Energía limpia
- Cambios instantáneos de sentido

2.5.3. DESVENTAJAS DE LA NEUMATICA.

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables

- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas

Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera

2.5.4. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

¿Cuáles son las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad?

a. ABUNDANTE: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.

b. TRANSPORTE: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.

c. ALMACENABLE: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).

d. TEMPERATURA: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.

e. ANTIDEFLAGRANTE: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.

f. LIMPIO: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero .

g. CONSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS: La concepción de los elementos de trabajo es simple si, por tanto, precio económico.

2.5.6. RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS NEUMATICOS.

Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es muchas veces el aire comprimido

Ejemplo: Traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas etc.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino

también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

2.5.7. FUNDAMENTOS FÍSICOS.

La superficie del globo terrestre está rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno aprox. 78% en volumen, oxígeno aprox. 21% en volumen

Además contiene trazas, de bióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón.

Para una mejor comprensión de las leyes y comportamiento del aire se indican en primer lugar las magnitudes físicas y su correspondencia dentro del sistema de medidas. Con el fin de establecer aquí relaciones inequívocas y claramente definidas, los científicos y técnicos de la mayoría de los países están en vísperas de acordar un sistema de medidas que sea válido para todos, denominado "Sistema internacional de medidas", o abreviado "SI".

La exposición que sigue ha de poner de relieve las relaciones entre el "**sistema técnico**" y el "**sistema de unidades SI**".

Unidades básicas

Magnitud	Abreviatura	Unidades y símbolos	
		Sistema técnico	Sistema de unidades «SI»
Longitud	<i>l</i>	metro (m)	el metro (m)
Masa	<i>m</i>	$\frac{\text{kp} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$	el kilogramo (kg)
Tiempo	<i>t</i>	segundo (s)	el segundo (s)
Temperatura	<i>T</i>	grado centígrado (°C) (grado Celsius)	el kelvin (K)
Intensidad de corriente	<i>I</i>	amperio (A)	el amperio (A)
Intensidad luminosa	<i>I</i>		la candela (cd)
Volumen molecular	<i>n</i>		el mol (mol)

Unidades derivadas

Magnitud	Abreviatura	Unidades y símbolos derivados	
		«Sistema técnico»	«Sistema de unidades SI»
Fuerza	<i>F</i>	kilopondio (kp) o kilogramo fuerza (kgf)	newton (N) $1 \text{ N} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Superficie	<i>A</i>	metro cuadrado (m ²)	metro cuadrado (m ²)
Volumen	<i>V</i>	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)
Caudal	\dot{V} (<i>Q</i>)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Presión	<i>P</i>	atmósfera (at) (kp/cm ²)	Pascal (Pa) $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2}$ Bar (bar) 1 bar = 10 ⁵ Pa = 100 kPa (10 ² kPa)

Tabla 2.1. Sistema Métrico Internacional

La combinación entre los sistemas internacional y técnico de medidas está constituida por la

Ley de Newton Fuerza = Masa · Aceleración
 $F = m \cdot a$, siendo a la

aceleración de la gravedad $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Para convertir las magnitudes antes indicadas de un sistema a otro rigen los siguientes valores de conversión.

Masa $1 \text{ kg} = \frac{1}{9,81} \frac{\text{kp} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$

Fuerza $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$

Para los cálculos aproximados puede suponerse

$1 \text{ kp} \approx 10 \text{ N}$

Temperatura Diferencia de temperatura $1^\circ \text{C} = 1 \text{ K (kelvin)}$
 Punto cero $0^\circ \text{C} = 273 \text{ K (kelvin)}$

Presión Además de las unidades indicadas en la relación (at en el sistema técnico, así como bar y Pa en el «sistema S»), se utilizan a menudo otras designaciones. Al objeto de completar la relación, también se citan a continuación.

1. **Atmósfera, at**
 (presión absoluta en el sistema técnico de medidas)
 $1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,981 \text{ bar (98,1 kPa)}$

2. **Pascal, Pa**
Bar, bar
 (presión absoluta en el sistema de unidades)

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = \frac{10^5 \text{ N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa} = 1,02 \text{ at}$$

3. **Atmósfera física, atm**
 (presión absoluta en el sistema físico de medidas)
 $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ at} = 1,013 \text{ bar (101,3 kPa)}$

4. **milímetros de columna de agua, mm de col. de agua**
 $10.000 \text{ mm ca} = 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar (98,1 kPa)}$

5. **milímetros de columna de mercurio, mm Hg**
 (corresponde a la unidad de presión Torr)
 $1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr}$
 $1 \text{ at} = 736 \text{ Torr, } 100 \text{ kPa (1 bar)} = 750 \text{ Torr}$

Tabla 2.2. Combinación sistema Internacional y Técnico de Medida.

Como sobre la tierra todo está sometido a la presión atmosférica no notamos ésta. Se toma la correspondiente presión atmosférica p_{amb} como presión de referencia y cualquier divergencia de ésta se designa de sobre presión p_e .

La siguiente figura lo visualiza:

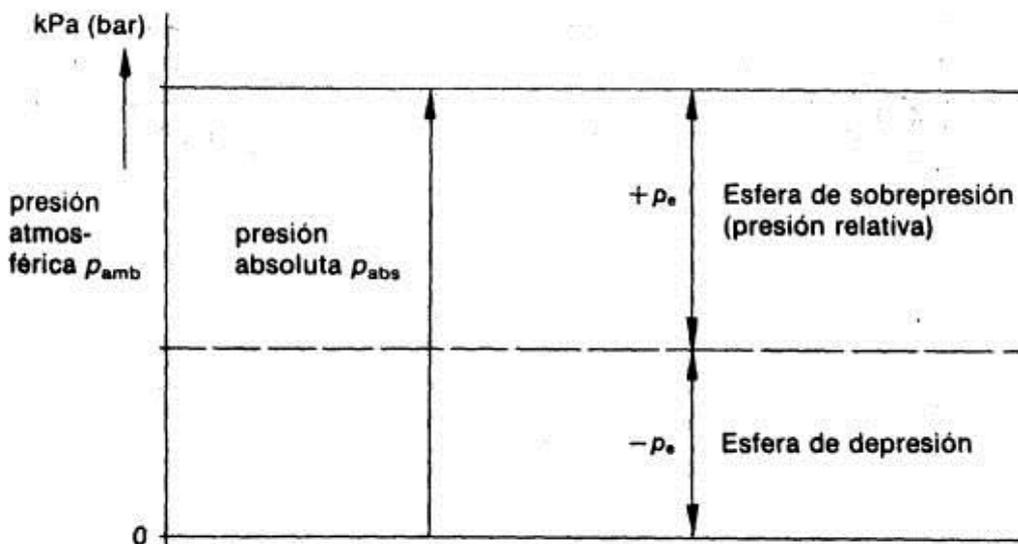


Figura 2.3. Presión Atmosférica.

La presión de aire no siempre es la misma. Cambia según la situación geográfica y el tiempo. La zona desde la línea del cero absoluto hasta la línea de referencia variable se llama esfera de depresión ($-Pe$) la superior se llama esfera de sobre presión ($+Pe$).

La presión absoluta P_{abs} . Consiste en la suma de las presiones $-Pe$ y $+Pe$. En la práctica se utilizan manómetros que solamente indican la sobre presión $+Pe$. Si se indica la presión P_{abs} . El valor es unos 100 kPa (1 bar) más alto.

Con la ayuda de las magnitudes básicas definidas pueden explicarse las leyes físicas fundamentales de la aerodinámica.

2.5.8. EL AIRE ES COMPRESIBLE.

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión).

La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte.

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{constante}$$

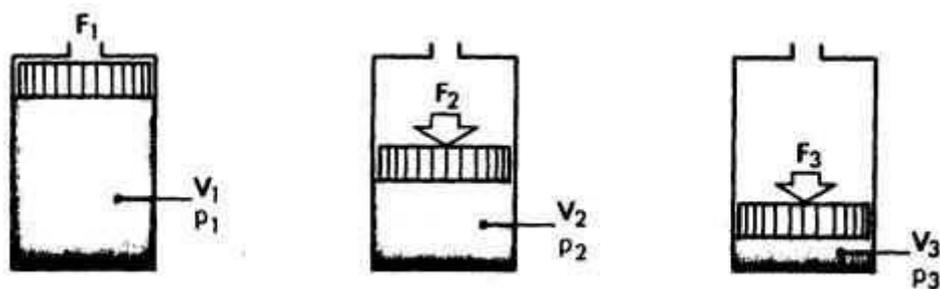


Figura 2.4. Compresión.

2.6. PRODUCCION DEL AIRE COMPRIMIDO.

2.6.1. GENERADORES.

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Los compresores móviles se utilizan en el ramo de la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente.

En el momento de la planificación es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores.

2.7. TIPOS DE COMPRESORES.

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento positivo. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (reciprocante o rotoestático).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

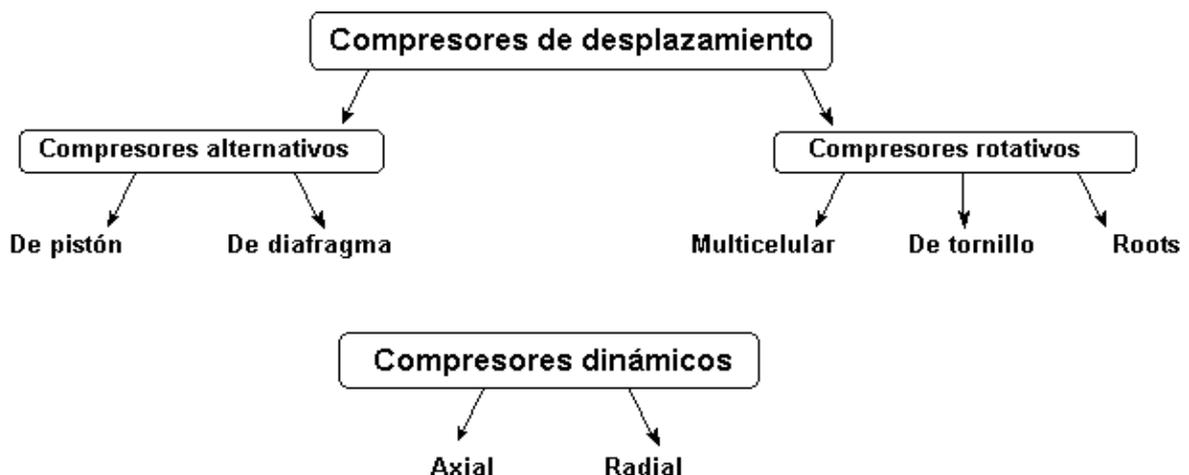


Figura 2.5. Clasificación de Compresores.

2.7.1. COMPRESORES DE EMBOLO O DE PISTON.

Compresor de émbolo oscilante. Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar).

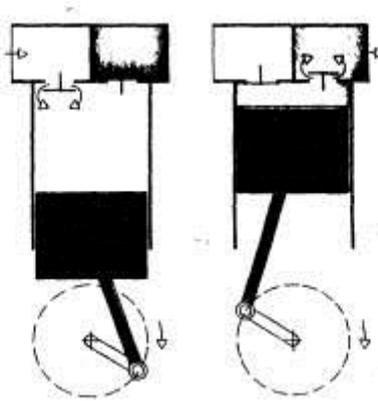


Figura 2.6. Compresor de émbolo oscilante

Este compresor funciona en base a un mecanismo de excéntrica que controla el movimiento alternativo de los pistones en el cilindro. Cuando el pistón hace la carrera de retroceso aumenta el volumen de la cámara por lo que aumenta el volumen de la cámara, por lo que disminuye la presión interna, esto a su vez provoca la apertura de la válvula de admisión permitiendo la entrada de aire al cilindro. Una vez que el pistón ha llegado al punto muerto inferior inicia su carrera ascendente, cerrándose la válvula de aspiración y disminuyendo el volumen disponible para el aire, esta situación origina un aumento de presión que finalmente abre la válvula de descarga permitiendo la salida del aire comprimido ya sea a una segunda etapa o bien al acumulador.

Es el compresor mas difundido a nivel industrial, dada su capacidad de trabajar en cualquier rango de presión. Normalmente, se fabrican de una etapa hasta presiones de 5 bar, de dos etapas para presiones de 5 a 10 bar y para presiones mayores, 3 o mas etapas.

Algunos fabricantes ya están usando tecnología denominada libre de aceite, vale decir, sus compresores no utilizan aceite lo que los hace muy apetecibles para la industria químico farmacéutica y hospitales.

Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa por el primer émbolo, seguidamente se refrigera, para luego ser comprimido por el siguiente émbolo. El volumen de la segunda cámara de compresión es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema refrigeración.

Los compresores de émbolo oscilante pueden refrigerarse por aire o por agua, y según las prescripciones de trabajo las etapas que se precisan son:

hasta	400 kPa (4 bar), 1 etapa
hasta	1.500 kPa (15 bar), 2 etapas
más de	1.500 kPa (15 bar), 3 etapas o más
No resulta siempre económico, pero también pueden utilizarse compresores	
de 1 etapa,	hasta 1.200 kPa (12 bar)
de 2 etapas,	hasta 3.000 kPa (30 bar)
de 3 etapas,	hasta 22.000 kPa (220 bar)

Tabla 2.3. Etapas de compresor según el Trabajo.

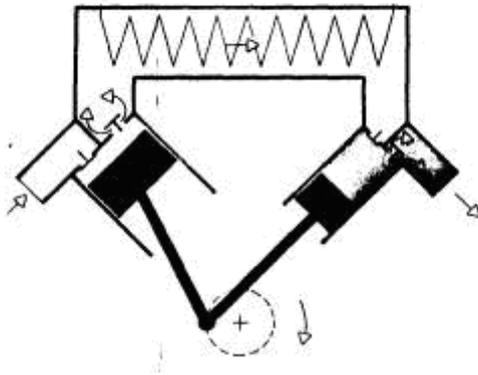


Figura 2.7. Compresor de dos etapas con refrigeración intermedia.

2.7.2. COMPRESOR DE ÉMBOLO ROTATIVO.

Consiste en un émbolo que está animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético.

2.7.3. COMPRESOR DE DIAFRAGMA (MEMBRANA).

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite.

El movimiento obtenido del motor, acciona una excéntrica y por su intermedio el conjunto biela - pistón. Esta acción somete a la membrana a un vaivén de desplazamientos cortos e intermitentes que desarrolla el principio de aspiración y compresión.

Debido a que el aire no entra en contacto con elementos lubricados, el aire comprimido resulta de una mayor pureza, por lo que lo hace especialmente aplicable en industrias alimenticias, farmacéuticas, químicas y hospitales.

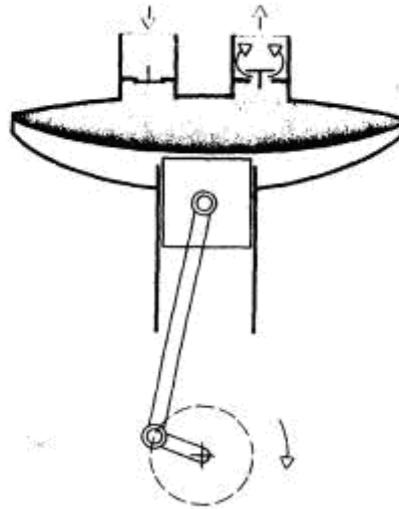


Figura 2.8. Compresor de membrana.

2.7.4. COMPRESOR ROTATIVO MULTICELULAR.

Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas.

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente.

Tiene la ventaja de generar grandes cantidades de aire pero con vestigios de aceite, por lo que en aquellas empresas en que no es indispensable la

esterilidad presta un gran servicio, al mismo tiempo el aceite pulverizado en el aire lubrica las válvulas y elementos de control y potencia.

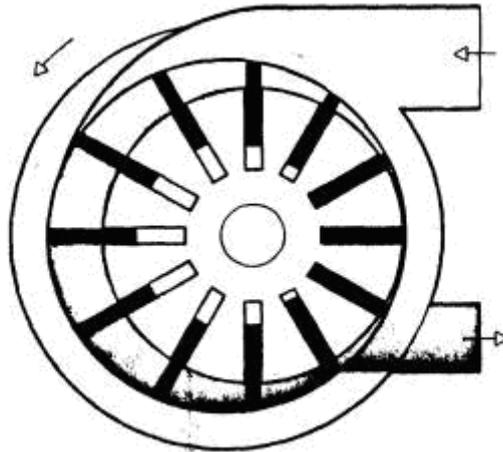


Figura 2.9. Compresor rotativo multicelular

COMPRESOR DE TORNILLO HELICOIDAL, DE DOS EJES.

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. Los tornillos del tipo helicoidal engranan con sus perfiles y de ese modo se logra reducir el espacio de que dispone el aire. Esta situación genera un aumento de la presión interna del aire y además por la rotación y el sentido de las hélices es impulsado hacia el extremo opuesto.

Los ciclos se traslapan, con lo cual se logra un flujo continuo. A fin de evitar el desgaste de los tornillos, estos no se tocan entre si, ni tampoco con la carcasa,

lo cual obliga a utilizar un mecanismo de transmisión externo que permita sincronizar el movimiento de ambos elementos.

Entrega caudales y presiones medios altos (600 a 40000m³/h y 25 bar) pero menos presencia de aceite que el de paletas. Ampliamente utilizado en la industria de la madera, por su limpieza y capacidad.

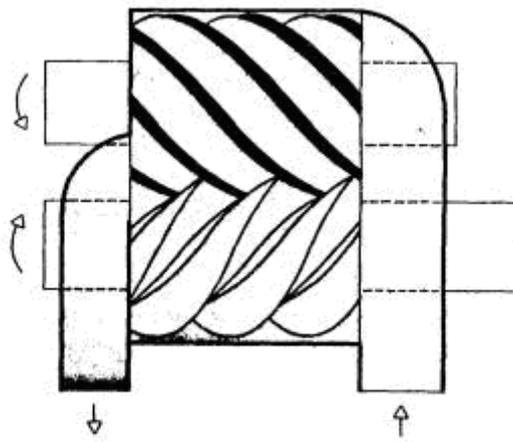


Figura 2.10. Compresor de tornillo helicoidal

2.7.5. COMPRESOR ROOTS.

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos.

Como ventaja presenta el hecho que puede proporcionar un gran caudal, lo que lo hace especial para empresas que requieren soplar, mover gran cantidad de aire, su uso es muy limitado.

El accionamiento también se asegura exteriormente, ya que por la forma de los elementos y la acción del roce no es conveniente que los émbolos entren en contacto.

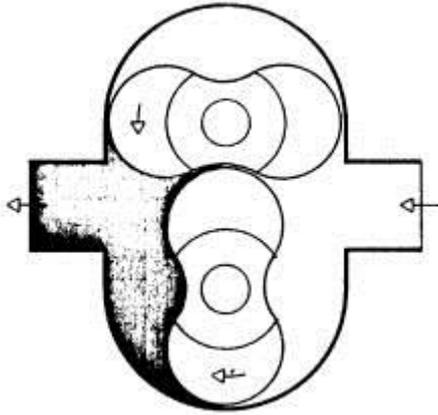


Figura 2.11. Compresor de Roots.

2.7.6. TURBOCOMPRESORES.

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

- **COMPRESOR AXIAL.**

El proceso de obtener un aumento de la energía de presión a la salida del compresor se logra de la siguiente manera. La rotación acelera el fluido en el sentido axial comunicándole de esta forma una gran cantidad de energía cinética a la salida del compresor, y por la forma constructiva, se le ofrece al aire un mayor espacio de modo que obligan a una reducción de la velocidad. Esta reducción se traduce en una disminución de la energía cinética, lo que se justifica por haberse transformado en energía de presión.

Con este tipo de compresor se pueden lograr grandes caudales (200.000 a 500.000 m³/h) con flujo uniforme pero a presiones relativamente bajas (5 bar).

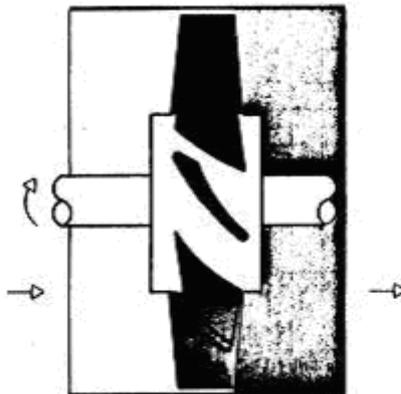


Figura 2.12. Compresor Axial.

La rotación de los alabes acelera el aire en sentido axial de flujo.

- **COMPRESOR RADIAL.**

En este caso, el aumento de presión del aire se obtiene utilizando el mismo principio anterior, con la diferencia de que en este caso el fluido es impulsado una o más veces en el sentido radial. Por efecto de la rotación, los álabes comunican energía cinética y lo dirigen radialmente hacia fuera, hasta encontrarse con la pared o carcasa que lo retorna al centro, cambiando su dirección. En esta parte del proceso el aire dispone de un mayor espacio disminuyendo por tanto la velocidad y la energía cinética, lo que se traduce en la transformación de presión.

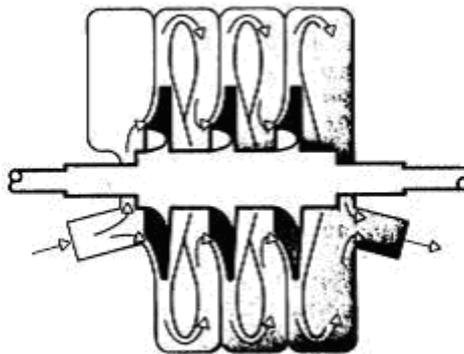


Figura 2.13. Compresor Radial.

Este tipo de compresor es utilizado en motores jet de aviación, como en el caso del motor pt6-27 que propulsa al avión twin otter, este consta de un compresor radial de dos etapas las que cumplen con la función de comprimir el aire para enviarlo a la etapa de combustión.

2.8. ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO.

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido.

Gracias a la gran superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, en el acumulador se desprende directamente una parte de la humedad del aire en forma de agua.

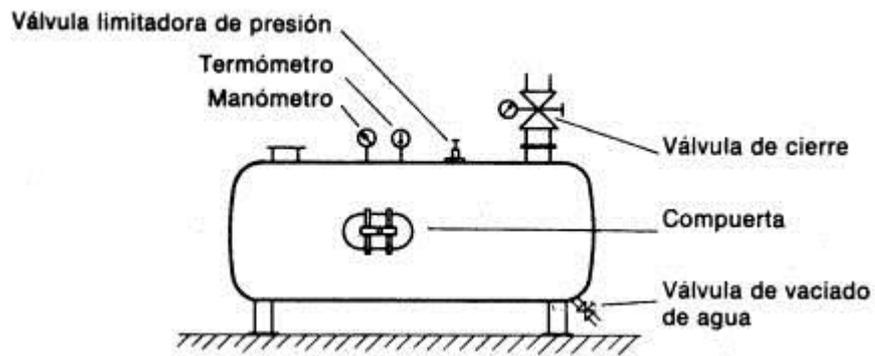


Figura 2.14. Acumulador de Aire Comprimido

El tamaño de un acumulador de aire comprimido depende:

- Del caudal de suministro del compresor
- Del consumo de aire
- De la red de tuberías (volumen suplementario)
- Del tipo de regulación
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.

Determinación del acumulador cuando el compresor funciona intermitentemente

El tamaño de un acumulador puede determinarse según el siguiente diagrama.

Ejemplo:

Caudal	\dot{V} = 20 m ³ /min
Frecuencia de conmutación/h	z = 20
Diferencia de presión	Δp = 100 kPa (1 bar)
Capacidad del acumulador	V_B = ?

Resultado:

Capacidad del acumulador	V_B = 15 m ³ (véase diagrama)
--------------------------	--

Ejemplo 2.1. Obtención de la capacidad de un Acumulador

2.8.1. PRESION.

También se distinguen dos conceptos:

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores.

La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado.

En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar).

Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

Importante:

Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso es necesario que la presión tenga un valor constante. De ésta dependen:

- la velocidad
- las fuerzas
- el desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo.

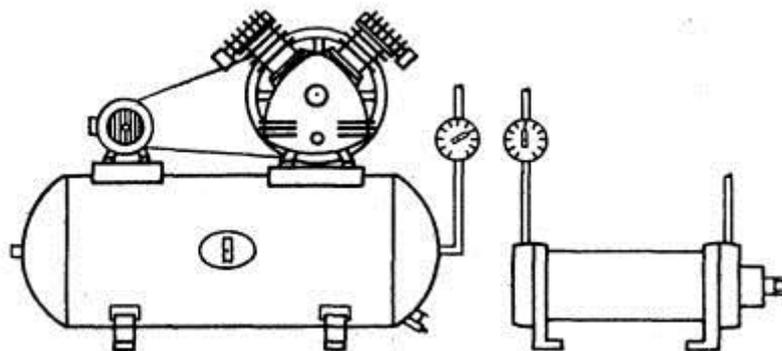


Figura 2.15 Compresor de aire con acumulador.

2.9. MATERIAL DE TUBERIAS.

2.9.1. TUBERIAS PRINCIPALES.

Para la elección de los materiales brutos, tenemos diversas posibilidades:

- Cobre Tubo de acero negro
- Latón Tubo de acero galvanizado
- Acero fino Plástico

Las tuberías deben poderse desarmar fácilmente, ser resistentes a la corrosión y de precio módico.

Las tuberías que se instalen de modo permanente se montan preferentemente con uniones soldadas. Estas tuberías así unidas son estancas y, además de precio económico. El inconveniente de estas uniones consiste en que al soldar se producen cascarillas que deben retirarse de las tuberías. De la costura de soldadura se desprenden también fragmentos de oxidación; por eso, conviene y es necesario incorporar una unidad de mantenimiento.

En las tuberías de acero galvanizado, los empalmes de rosca no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mucho mejor que la del tubo negro. Los lugares desnudos (roscas) también se oxidan, por lo que también en este caso es importante emplear unidades de mantenimiento. Para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

2.9.2. DESVIACIONES HACIA LOS RECEPTORES.

Los tubos flexibles de goma solamente han de emplearse en aquellos casos en que se exija una flexibilidad en la tubería y no sea posible instalar tuberías de plástico por los esfuerzos mecánicos existentes. Son más caros y no son tan manipulables como las tuberías de plástico.

Las tuberías de polietileno y poliamida se utilizan cada vez más en la actualidad para unir equipos de maquinaria. Con racores rápidos se pueden tender de forma rápida, sencilla y económica.

2.10. UNIONES.

Se describe en lo sucesivo los dispositivos de uso común en neumática basándonos básicamente en los modelos Festo.

2.10.1. ACOPLERES, aplicables sobre todo para tubos de acero y de cobre.

- **Acoples de anillo cortante.** El empalme puede soltarse y unirse varias veces.

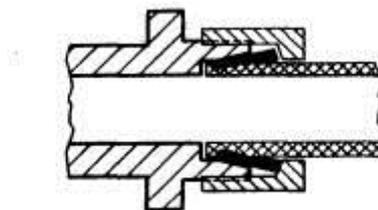


Figura 2.16.

- **Acople con anillo de sujeción** para tubos de acero y cobre, con anillo interior especial (bicono) también para tubos de plástico.

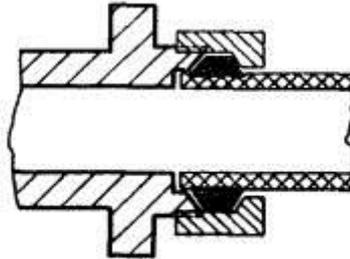


Figura 2.17.

- **Acople con borde recalcado.**

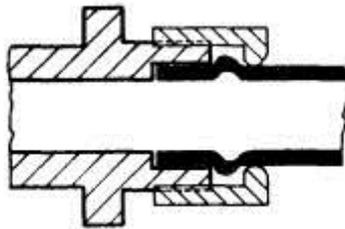


Figura 2.18.

- **Acople especial con reborde**
(para tubo de cobre con collarín).

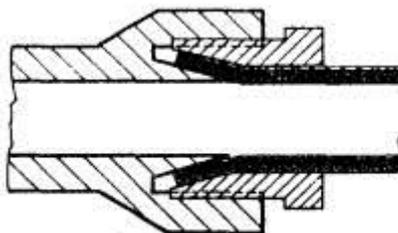


Figura 2.19.

2.10.2. ACOPLAMIENTOS.

- Base de enchufe rápido.

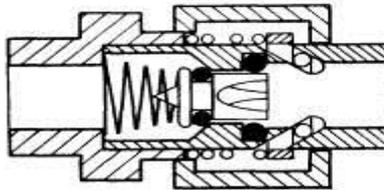


Figura 2.20.

- Acople de enchufe rápido.

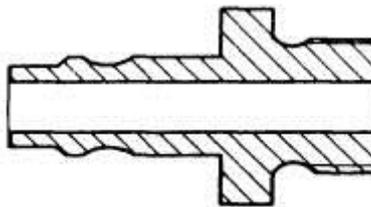


Figura 2.21.

2.10.3. ACOPLES, aplicables en tubos flexibles.

- Boquilla con tuerca de racor.

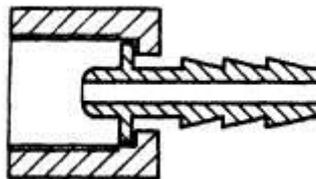


Figura 2.22.

- Boquilla.

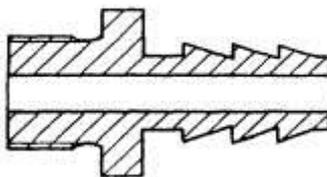


Figura 2.23.

- **Acoples rápidos para tubos flexibles de plástico.**

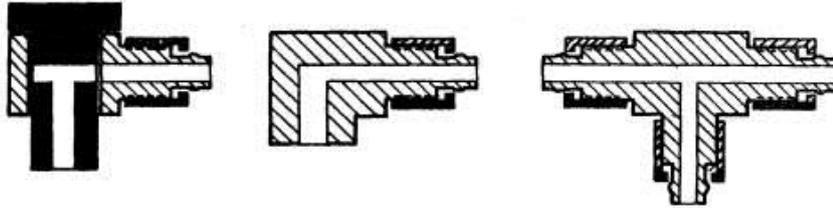


Figura 2.24.

- **Acople CS.**

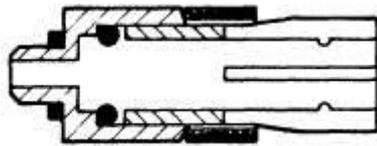


Figura 2.25.

2.11. TIPOS DE EQUIPOS DE LAVADO DE COMPRESOR.

2.11.1. BOTELLÓN PARA LAVADO DE COMPRESOR AMSA.

Este equipo de lavador es utilizado exclusivamente por la empresa Aeromaster quien lo diseño de acuerdo a sus necesidades, consta de un solo reservorio, el que es utilizado para todo el proceso de lavado.

Es utilizado para el lavado del compresor del motor PT6-27, llenandolo de la solución limpiadora recomendada en el manual de mantenimiento del este motor.

2.12 Manómetro.

La mayoría de los medidores de presión, o manómetros, miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local. Para pequeñas diferencias de presión se emplea un manómetro que consiste en un tubo en forma de U con un extremo conectado al recipiente que contiene el fluido y el otro extremo abierto a la atmósfera. El tubo contiene un líquido, como agua, aceite o mercurio, y la diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas indica la diferencia entre la presión del recipiente y la presión atmosférica local. Para diferencias de presión mayores se utiliza el manómetro de Bourdon, llamado así en honor al inventor francés Eugène Bourdon. Este manómetro está formado por un tubo hueco de sección ovalada curvado en forma de gancho. Los manómetros empleados para registrar fluctuaciones rápidas de presión suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.

2.13. VALVULAS

Los sistemas hidráulicos se gobiernan mediante válvulas. Por medio de ellas se regula la presión, se distribuye el fluido y se regula su caudal a través de los circuitos hidráulicos.

2.13.1 VALVULAS DISTRIBUIDORAS.

Las válvulas distribuidoras controlan el sentido del flujo del fluido por el sistema hidráulico. A este tipo de válvulas pertenecen las válvulas de retención, las válvulas de distribución y las válvulas rotativas.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 PLANTIAMIENTO DE ALTERNATIVAS.

3.1.1. PRIMERA ALTERNATIVA.



Figura 3.1 Botellón para lavado de compresor.

3.1.2. SEGUNDA ALTERNATIVA.



Figura 3.2 Lavador de compresor para PT6 según PRATT & WHITNEY.

3.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

En función de las ventajas y desventajas que presenta cada una de las alternativas, se evaluará cada parámetro con el fin de determinar la mejor elección a través de la obtención del valor más alto en la calificación total de los parámetros de cada alternativa.

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes factores:

- a. Factor técnico constructivo
- b. Factor operacional
- c. Factor económico

3.2.1. FACTOR TECNICO CONSTRUCTIVO.

Se refiere al proceso constructivo de las piezas y partes de un lavador de compresores para el motor PT6 del avión TWIN OTTER.

3.2.2. FACTOR OPERACIONAL.

Se refiere a facilidad de operación del Lavador de compresor.

3.2.3. FACTOR ECONÓMICO.

Se refiere a la inversión económica que se debe generar para la construcción del Lavador de compresor.

3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Alternativa N° 1	
Ventajas	Desventajas
Sirve para realizar el lavado del compresor del motor PT6.	Capacidad volumétrica insuficiente.
Es fácil de operar.	Emplea mayor tiempo en la realización del trabajo.
Fácil de transportar.	Necesita ser recargado varias veces para completar el trabajo.
Bajo costo de operación.	Carece de indicadores de presión.
	Es inseguro.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de la primera alternativa.

Alternativa N° 2	
Ventajas	Desventajas
Control seguro en el manejo de presión neumática.	Mayor peso.
Fácil verificación de la presión mediante indicadores análogos.	El trabajo debe ser realizado por dos operadores.
Realiza el trabajo sin necesidad de ser recargado.	Costo elevado de construcción debido a la implementación de indicadores de presión y el huso de material inoxidable.
Capacidad volumétrica optima.	
Fácil de transportar debido a su base rodante.	
Seguro de opera.	

Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.

3.4. PARAMETROS DE EVALUACION Y SELECCIÓN.

Se han considerado los siguientes parámetros:

Técnico constructivo.

- a. Facilidad de construcción
- b. Fundamentación técnica
- c. Complejidad
- d. Funcionabilidad
- e. Mantenimiento
- f. Materiales

Operacional

- g. Facilidad de operación.
- h. Tiempo.

Económico

Costo de construcción.

3.5. FACTOR DE PONDERACION (Fp).

Al evaluar las alternativas, se asignará un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado importantes. La asignación de los valores X_i

dependerán del grado de importancia que considere el investigador (factor de ponderación) en base a los factores antes indicados.

El factor de ponderación, varía entre 0 y 1.

$$0 < F_p < 1$$

3.6. PARAMETROS DEL FACTOR TECNICO CONSTRUCTIVO.

a. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

El lavador de compresor a construirse debe ser de fácil construcción. Se asigna un $F_p = 0.7$.

b. FUNDAMENTACION TECNICA.

Su construcción deberá estar fundamentada o tener una base técnica de acuerdo con el fabricante del motor de la aeronave. Se asigna un $F_p = 0.9$.

c. COMPLEJIDAD.

El equipo debe ser lo más sencillo posible cumpliendo con los requerimientos de operación. Se asigna un $F_p = 0.8$.

d. FUNCIONABILIDAD.

El lavador de compresor debe cumplir con todas las características que demanda el fabricante del motor para el correcto cumplimiento del trabajo para el que fue diseñado. Por la importancia a este parámetro se da un $F_p = 0.8$.

e. MANTENIMIENTO.

El mantenimiento del equipo debe ser fácil de realizar y con el menor costo.

Se asigna un $F_p = 0.7$

f. MATERIALES.

Trata del tipo de material recomendable para la construcción del equipo y su fácil adquisición para que la construcción sea adecuada sin dar lugar a retrasos. Se asigna un valor de ponderación $F_p = 0.8$.

3.7. PARAMETROS DEL FACTOR OPERACIONAL.

g. FACILIDAD DE OPERACIÓN.

Se refiere a la facilidad, sencillez de operar y controlar el lavador de compresor. Se asigna un $F = 0.8$.

h. TIEMPO.

El equipo a construirse deberá realizar el trabajo de forma optima si ocupar mucho tiempo. Se asigna un $F = 0.9$.

3.8. PARAMETROS DEL FACTOR ECONOMICO.

Es de gran importancia seleccionar la mejor alternativa con respecto al costo de su construcción y al beneficio que generara para la empresa esa inversión. Se asigna un $F_p = 0.8$.

3.9. MATRIZ DE EVALUACIÓN.

Nº	Parámetros de evaluación	Fp	Alternativa Nº 1	Alternativa Nº 2
			C1	C2
1	Facilidad de construcción	0.7	9	8
2	Fundamentación Técnica	0.9	6	10
3	Complejidad	0.8	9	8
4	Funcionabilidad	0.8	6	10
5	Mantenimiento	0.7	9	9
6	Materiales	0.8	8	9
7	Facilidad de operación	0.8	7	9
8	Tiempo	0.9	5	10
9	Costo de construcción	0.8	9	7

Tabla 3.3 Matriz de evaluación.

3.10. MATRIZ DE SELECCIÓN.

Nº	Parámetros de evaluación	Alternativa	Alternativa
		Nº 1	Nº 2
		C1 x Fp	C2 x Fp
1	Facilidad de construcción	6.3	5.6
2	Fundamentación Técnica	5.4	9.0
3	Complejidad	7.2	6.4
4	Funcionabilidad	4.8	8.0
5	Mantenimiento	6.3	6.3
6	Materiales	6.4	7.2
7	Facilidad de operación	5.6	7.2
8	Tiempo	4.5	9.0
9	Costo de construcción	7.2	5.6
	TOTAL	53.7	64.3

Tabla 3.4 Matriz de selección

3.11. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Realizado el análisis y la evaluación de parámetros en cada alternativa se establece que la segunda alternativa, “lavador de compresor para PT6 según PRATT & WHITNEY”, presenta mejores condiciones de diseño rendimiento y fiabilidad, su diseño posee también la aprobación del fabricante del motor.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL PROYECTO

4.1 DESCRIPCION DEL LAVADOR DE COMPRESOR.

El lavador de compresor esta constituido principalmente por dos reservorios de acero inoxidable de 5 galones (us) de capacidad cada uno; estos reservorios pertenecen individualmente a un sistema diferente: solución limpiadora (TURCO) y solución de enjuague (RINSE), la función de estos tanques es contener la solución correspondiente a cada sistema y acumular aire hasta una presión determinada (Presión de trabajo 50psi). Esta presión se aprovecha para que impulse el liquido por la tubería que conecta la maquina con el motor de el avión hacia el anillo inyector que se encuentra instalado en la sección del compresor del mismo, realizando el proceso de lavado de compresor según el capitulo 71-00-00 POWER PLANT-CLEANING Pag701-720 del manual de mantenimiento PART No. 30313242 PRATT & WHITNEY CANADA.

4.2 PARTES CONSTITUTIVAS.

Las partes que componen el lavador de compresor son las siguientes:

1. Reservorios cilíndricos verticales (2).
2. Válvulas de paso (4).
3. Manómetros húmedos de 0 a 100 psi (2).
4. Tubería flexible k3130.
5. Uniones, acoples y abrazaderas.
6. Coche soporte.

4.3 SISTEMAS.

El lavador de compresor consta de dos sistemas los cuales e denominado según la función que cumplen y son:

- a. Lavado.
- b. Enjuague.

4.3.1 SISTEMA DE LAVADO.

Este sistema es el que contiene la solución limpiadora la cual se elige según la tabla 702, CLEANING SOLUTION FORMULATION del capítulo 71-00-00 Pag703 del manual de mantenimiento, dependiendo del medio ambiente y el tipo de operación de la aeronave. En el caso específico de Aeromaster Airways se utiliza TURCO 5884.

Este sistema esta compuesto por un reservorio cilíndrico vertical, una válvula para llenado de aire, una válvula para salida de líquido a presión, un manómetro, una bomba manual de paletas para recirculación, todo interconectado por tubería flexible.

4.3.2. SISTEMA DE ENJUAGUE.

Para el sistema de enjuague o RINSE se utiliza agua desmineralizada según la tabla 703, RINSE COLUTION FORMULATION del capítulo 71-00-00 del manual de mantenimiento, este agente se inyecta al motor una vez realizado el proceso de limpieza, para retirar los restos de el agente limpiador.

El sistema de enjuague consta de un reservorio cilíndrico vertical, válvula para llenado de aire, válvula para salida de líquido a presión, un manómetro, todo interconectado por tubería flexible.

4.4. OPERACIÓN.

La operación del lavador de compresores se explica con el diagrama esquemático del mismo presentado a continuación.

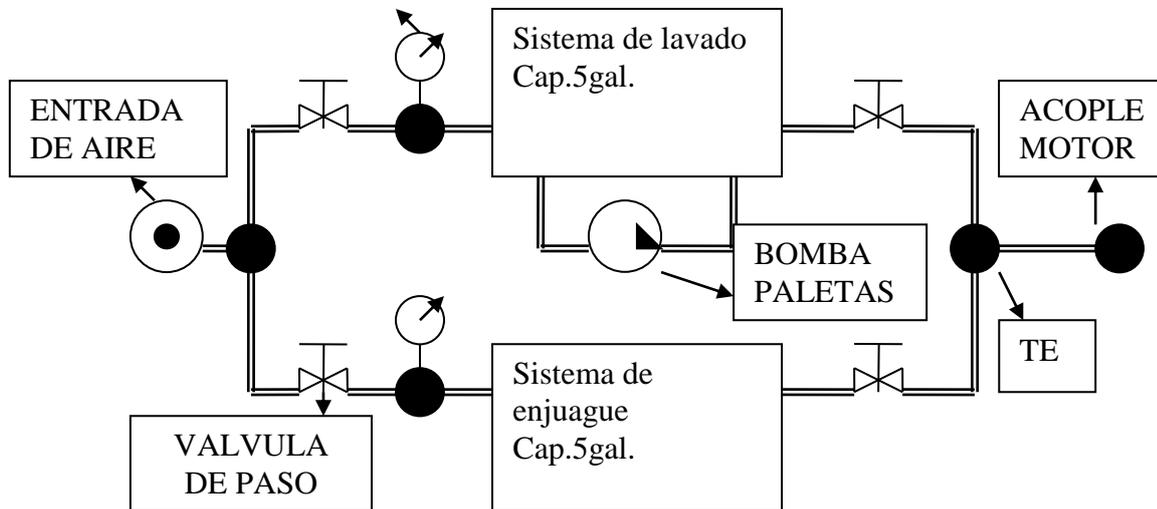


Figura 4.1. Circuito hidráulico del lavador de compresor

4.5. CONSTRUCCION.

Para la construcción de este proyecto se ha optimizado al máximo la utilización de recursos, tales como materiales, maquinaria, herramienta, mano de obra, la mayoría existentes en la empresa AEROMASTER AIRWAYS.

Los elementos no existentes en la empresa se adquirieron previo a estudio de preformas de diferentes distribuidores para optimizar el recurso económico,

A continuación describo los elementos construidos en la empresa.

4.5.1. ELEMENTOS CONSTRUIDOS.

- Reservoirios cilíndricos.
- Coche soporte.
- Tablero de operación.

- Soportes para manómetro.

4.5.2. ELEMENTOS NO CONSTRUIDOS.

- Manómetros húmedos.
- Válvulas de paso.
- Tubería flexible.
- Ruedas del coche soporte.
- Uniones, acoples y abrazaderas.

4.5.3. CONSTRUCCION DE RESERVORIOS CILINDRICOS.

Para la construcción de los reservorios nos basamos en las características Requeridas por el fabricante del motor encontradas en el capítulo 71-00-00 POWER PLANT-CLEANING Pag705 del manual de mantenimiento del motor. La construcción se delegó a la empresa PROYECTOS MECANICOS Promec s.c.c., quienes cumplieron el trabajo de forma satisfactoria.

4.5.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS RESERVORIOS CILINDRICOS SEGÚN MANUAL DE MANTENIMIENTO.

- MATERIAL: Acero Inoxidable.
- CAPACIDAD: 5 galones (U.S.) (19 litros).
- RESISTENCIA: Presión interna de trabajo 50 psi.

4.5.3.2. CARACTERISTICAS DE LOS RESERVORIOS CILINDRICOS CONSTRUIDOS.

- DIAMETRO: 250 mm.
- ALTURA: 400 mm.

- EJE: Vertical.
- CAPACIDAD NOMINAL: 5 galones.
- PRESION MAXIMA: 180 psi.
- MATERIAL: Acero inox. AISI 304 e=2mm.
- ACCESORIOS: Anillo en la base.
- ACOPLEROS: Los requeridos.
- ACABADO: Soldaduras pasivas, no pulidas.

Las características obtenidas en la construcción de los cilindros cumplen y mejoran las requeridas por el fabricante.

4.6. CODIFICACION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.

Nº	Máquina	Características	Código
1	Taladro de base	Clausing 16sc 110v	M1
2	Soldadora Eléctrica	Hobart 110v/220v.	M2
3	Esmeril	MD3215 110v-1/2hp	M3
4	Torno	Sharp Mecánico	M4
5	Fresadora	Bridgeport Serie I-2hp	M5
4	Taladro de mano	Eléctrico 110v	M6
5	Rotor tool	Una velocida 110v	M7

Tabla 4.1. Codificación de maquinas.

Nº	Herramienta	Código
1	Sierra manual	H1
2	Calibrador Pie de rey	H2
3	Escuadra	H3
4	Flexo metro	H4
5	Rayador	H5
6	Compás	H6
7	Entenalla	H7
8	Lima de mano	H8
9	Martillo	H9
10	Cepillo de acero	H10
11	Guillotina	H11

Tabla 4.2. Codificación de herramientas.

Nº	Equipo	Características	Código
1	Compresor	90 PSI - 1 HP	E1
2	Equipo de pintado	Craftman baja presión	E2
3	Equipo de suelda oxiacetilénica	Aga, alta presión.	E3

Tabla 4.3. Codificación equipos.

4.7. DIAGRAMA DE PROCESOS.

Los diagramas de procesos están constituidos por símbolos que indican cada uno de los pasos del proceso de construcción del lavador de compresor. En la siguiente tabla se describen los símbolos utilizados en cada uno de los procesos de construcción.

4.8.1 SIMBOLOGIA DE LOS DIAGRAMAS DE PROCESO.

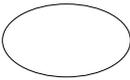
Nº	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Conector
4		Producto semi elaborado
5		Ensamblaje

Tabla 4.4. Simbología de diagramas de proceso.

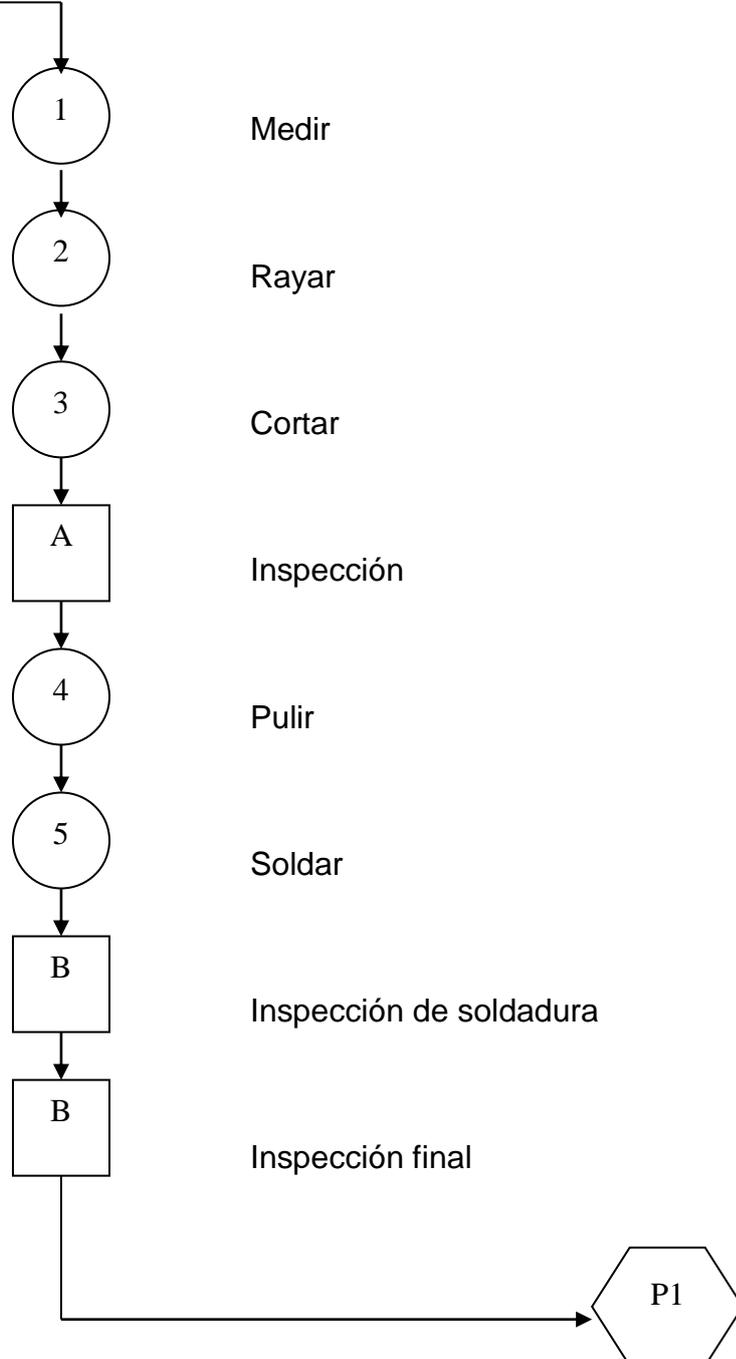
4.8. DIAGRAMAS DE PROCESOS DE CONSTRUCCION.

A continuación los diferentes diagramas de procesos de construcción del lavador de compresores.

4.9.1. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCION DEL COCHE

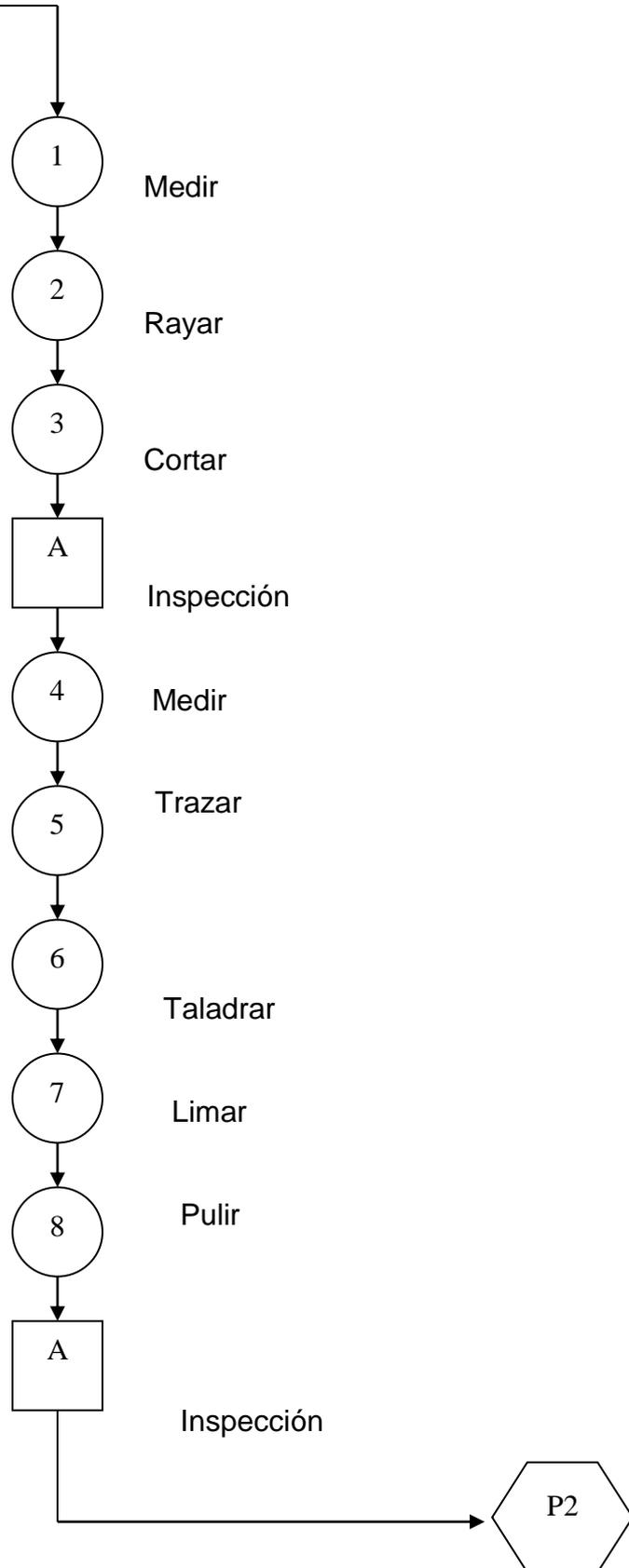
SOPORTE DEL EQUIPO

MATERIAL: Tubo estructural.



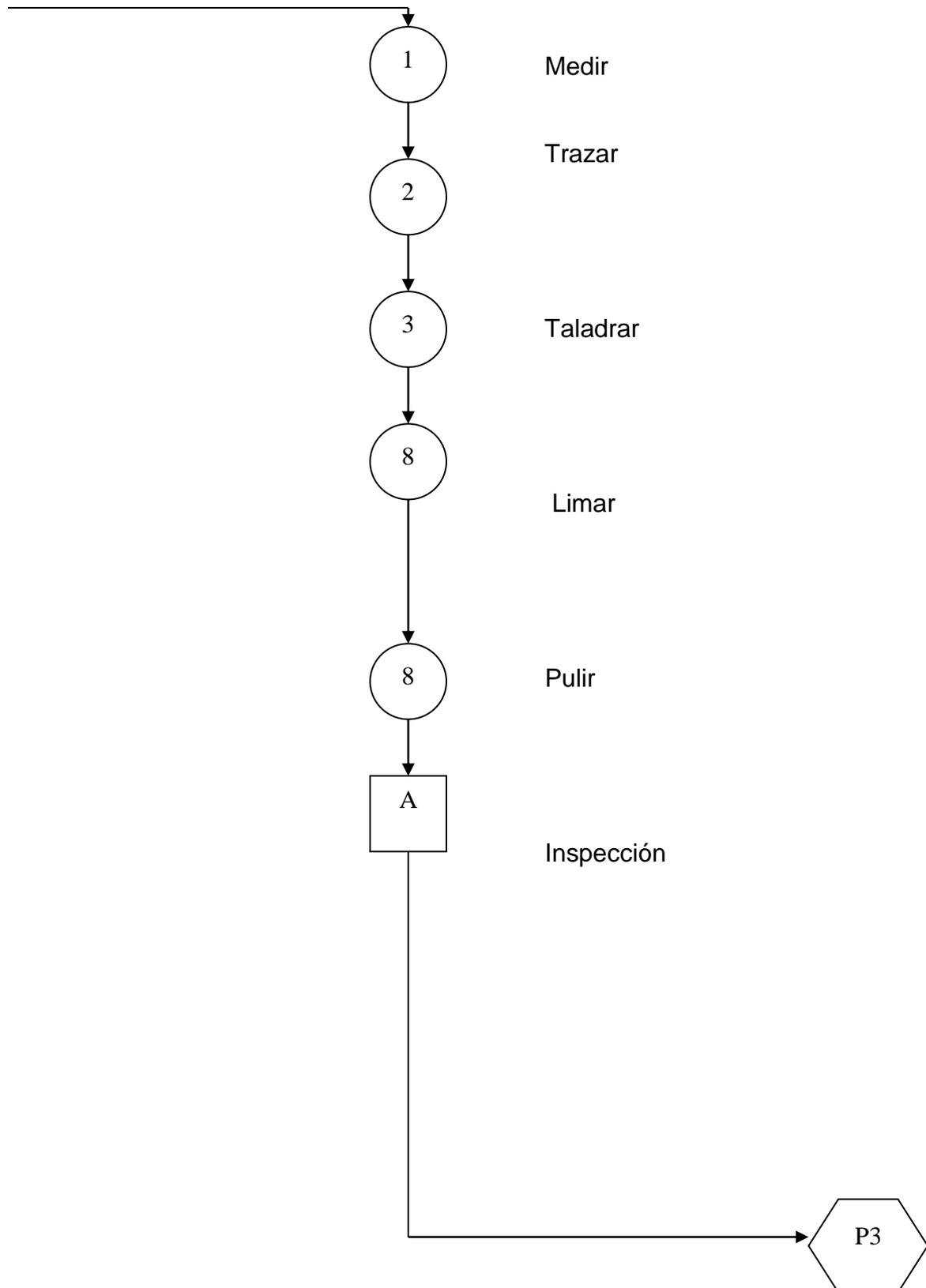
4.9.2. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCION DE TABLERO DE OPERACION.

MATERIAL: Acero inox. e=2mm.



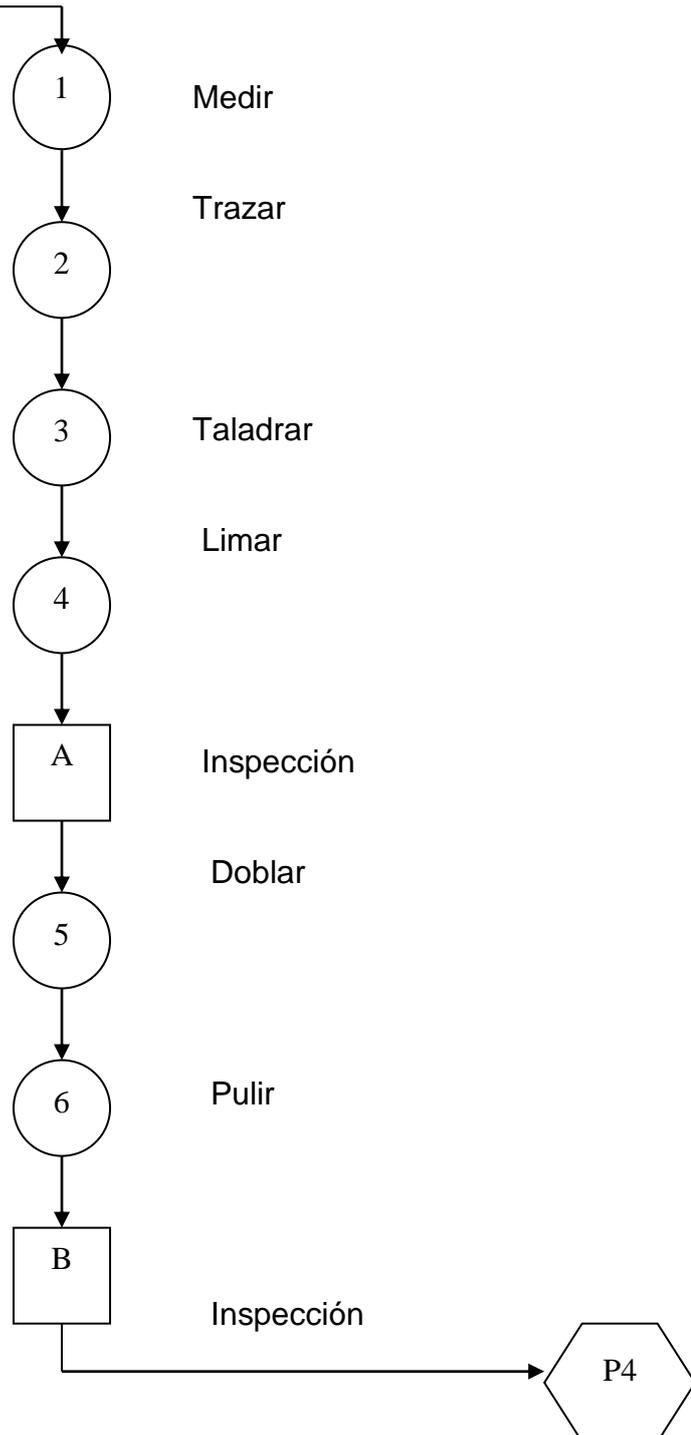
4.9.3. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCION DE SOPORTES PARA MANOMETROS.

MATERIAL: Acero inox. e=2mm.



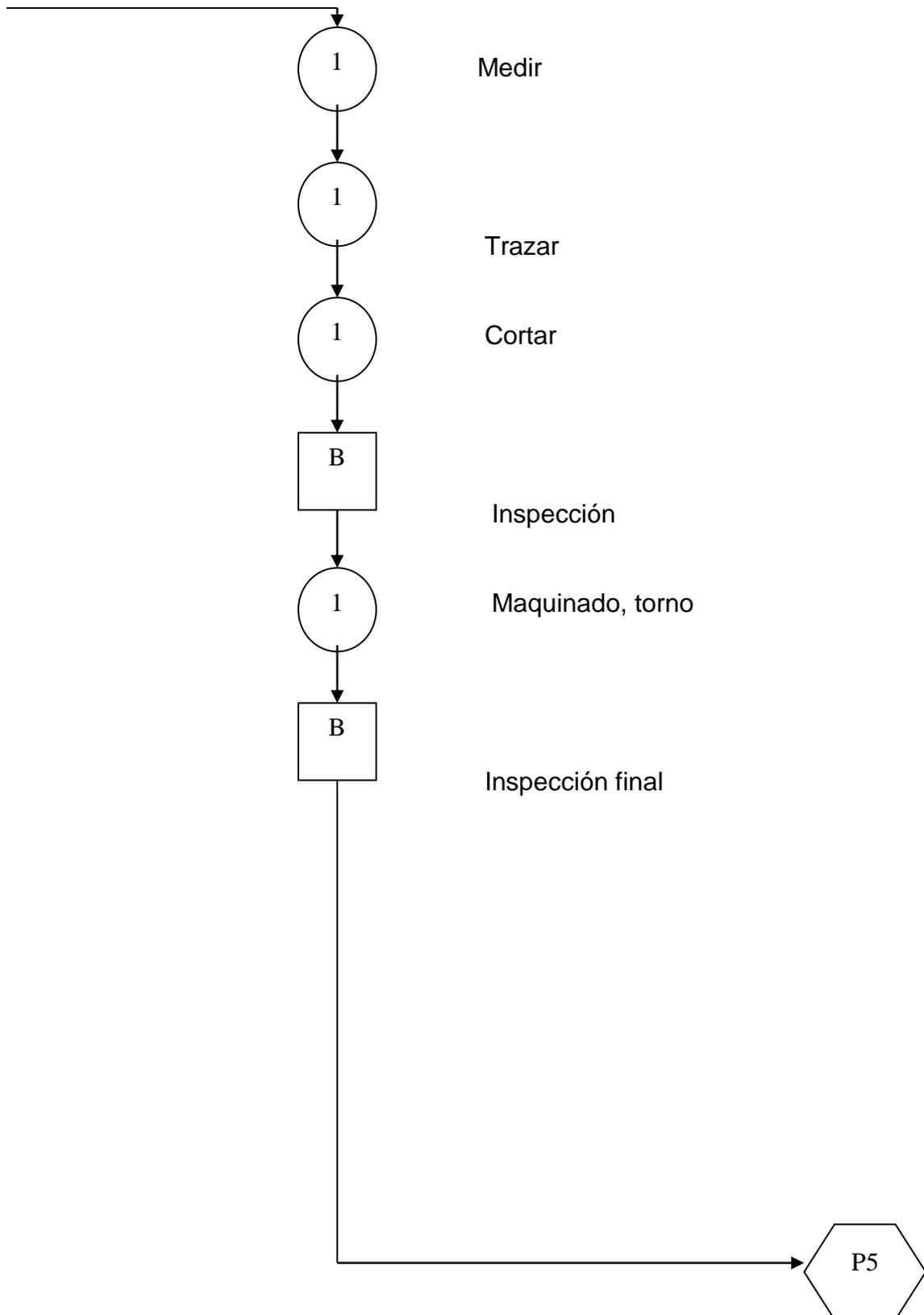
**4.9.4. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE SOPORTE DE
TES DE CONOCCION PARA ENTRADA DE AIRE Y SALIDA DE
LÍQUIDO A PRESION.**

MATERIAL: Acore inox. e=2mm.



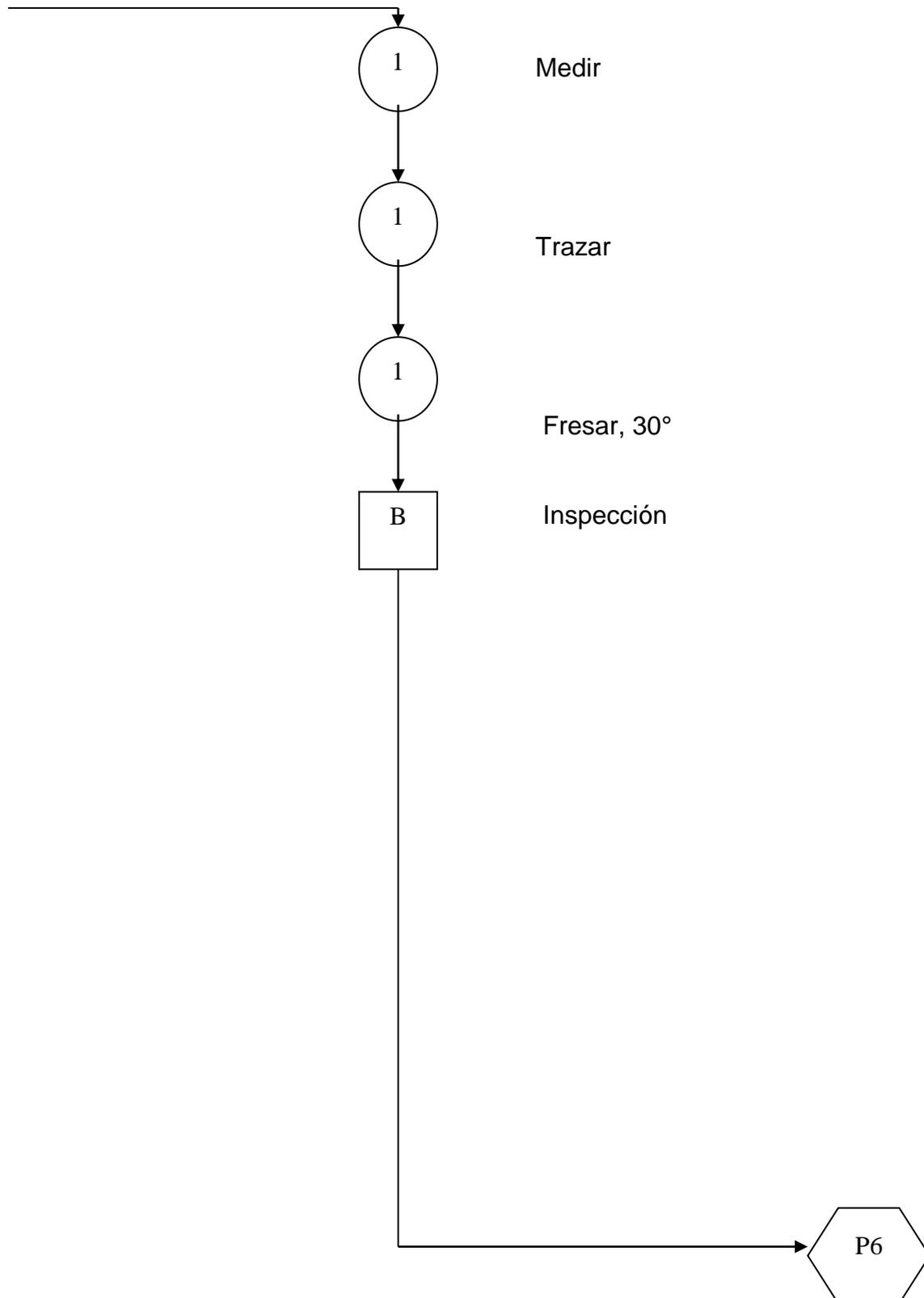
4.9.5. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCION DE TAPAS DE LLENADO DE LOS RESERVORIOS CILINDRICOS.

MATERIAL: Acero inox.



4.9.6. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCION DE ACOPLE PARA SISTEMA DE RECIRCULACION DEL SISTEMA DE LAVADO.

MATERIAL: Unión Acero inox.



4.9.7. TABLA DE PROCESOS.

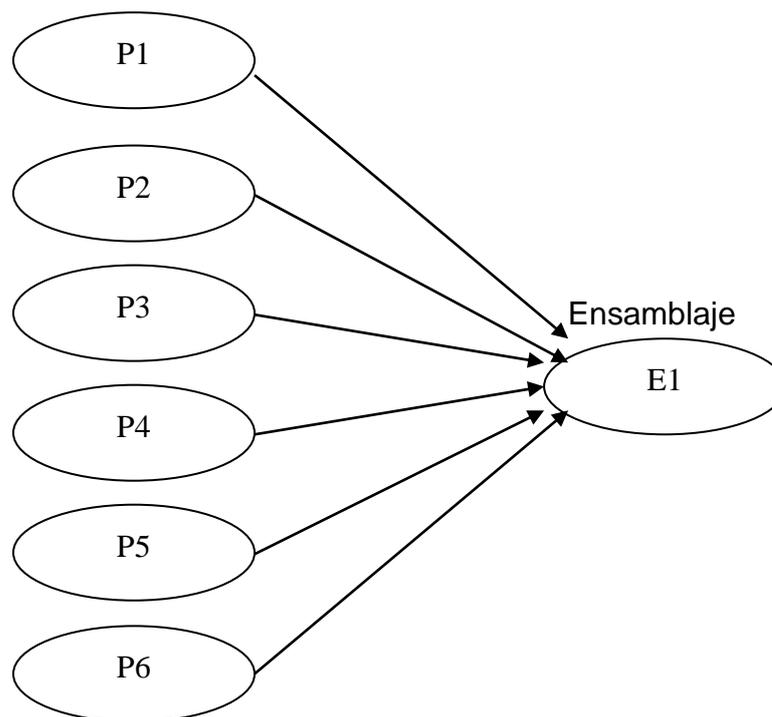
Nº	Proceso	Máquina	Herramientas	Equipos	Tiempos(h)
1	Rayado		H5		1
2	Cortado		H1	E3	6
3	Pulido	M7			1
4	Medidas		H2,H3,H4		6
5	Esmerilado	M3			2
6	Limado		H8		2
7	Entenalla		H7		1
8	Martillado		H9		1
9	Soldado	M2		E3	5
10	Cepillado		H10		1
11	Taladrado	M1,M6			4
12	Fresado	M5			1
13	Torneado	M4			12
14	Pintado			E1,E2	4

Tabla 4.5. Tabla de procesos.

4.10. DIAGRAMAS DE ENSAMBLAJE,

En estos diagramas se especifica el ensamble de todas las partes construidas o no construidas para conformar el lavador de compresor.

4.1.1 DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE ELEMENTOS CONSTRUIDOS.



4.10.2. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE ELEMENTOS NO CONSTRUIDOS.

A continuación se codifica los elementos no construidos.

N1= Manómetros

N4= Tubería

N2= Ruedas

N3= Acoples

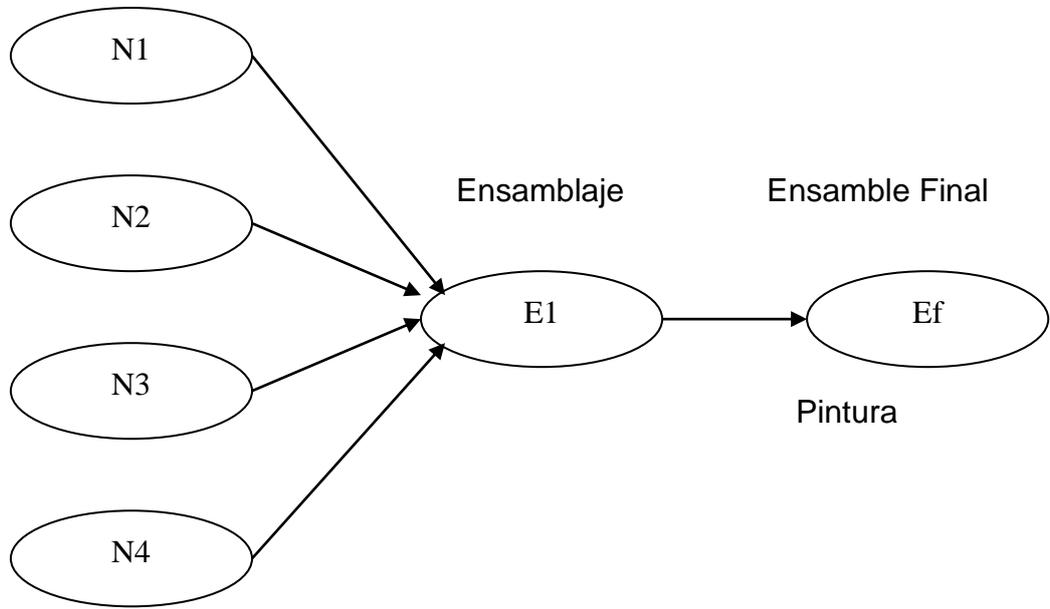


Diagrama final de ensamblaje

CAPITULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Finalizada la etapa de construcción de proyecto se procede a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento de los diferentes sistemas y elementos que lo componen, el resultado de estas pruebas se ve reflejado en las siguientes tablas.

5.1. CONDICION GENERAL DEL EQUIPO.

Elementos	Condición favorable	Condición no favorable
Reservorios cilíndricos.	✓	
Coche.	✓	
Válvulas de llenado de aire.	✓	
Válvulas de salida de líquido a presión.	✓	
Manómetros y soporte.	✓	
Acoples	✓	
Toma de aire y soporte.	✓	
Te de salida y soporte.	✓	
Tubería.	✓	
Acoples y conecciones.	✓	

Tabla 5.1. Condición general del equipo.

5.2. PRUEBA DE FUGAS.

Para esta prueba se llena los reservorios con agua (2 gal.c/u), y con aire hasta alcanzar la presión de trabajo (50psi). Se deja estabilizar y se inspecciona por fugas todos los componentes del sistema.

Elementos	Condición Optima
Acoples de los reservorios cilíndricos.	✓
Bomba de recirculación	✓
Válvulas de llenado de aire.	✓
Válvulas de salida de líquido a presión.	✓
Manómetros	✓
Toma de aire y soporte.	✓
Te de salida y soporte.	✓
Tubería.	✓
Acoples y conexiones.	✓

Tabla 5.2. Prueba de fugas.

5.3. PRUEBA DE CAUDAL.

La intención de esta prueba es comprobar la cantidad de líquido que es capaz de impulsar el quipo en el tiempo que dura el lavado que según el capítulo 71-

00-00 del manual de mantenimiento y las condiciones de operación de la aeronave es aproximadamente 20 segundos.

Esta prueba se puede realizar con cualquiera de los reservorios, se debe llenar un reservorio con 2gal de agua y con aire hasta alcanzar los 50psi, se abre la válvula de salida del mismo durante 20seg y se deja caer el líquido en un recipiente con medida. Pasado el tiempo de la comprobación se mide la cantidad de líquido que fue capaz de impulsar el equipo.

Esta prueba arrojó como resultado que el equipo es capaz de impulsar 5 litros en 20 segundos lo que satisface los requerimientos para el proceso de lavado de compresor.

CAPITULO VI

ELABORACION DE MANUALES

6.1. ELABORACION DE MANUALES DE PROCEDIMIENTO.

En este capítulo se describen los diferentes procedimientos que debe realizar el operador del equipo para su correcta operación sin poner en riesgo la seguridad del mismo, de las personas que intervienen en el proceso, o la integridad del equipo de lavado y la aeronave.

Para esto se han elaborado los siguientes manuales:

- Manual de seguridad.
- Manual de operación.

6.2. MANUAL DE SEGURIDAD.

Con el propósito de mantener la seguridad del operador del equipo se elaboro el siguiente manual.

 ITSA	MANUAL DE SEGURIDAD		Pág. 1 de 2
	OPERACIÓN DEL LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR Pt6-27 DEL AVION TWIN OTTER		Código: HWC-SG
	Elaborado por: AC: GUSTAVO HERNANDEZ M.		Revisión N°: 01
	Aprobado por :	Fecha: 2007-05-11	Fecha: 2007-05-11
<p>1.0 OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos a realizar para la operación segura del lavador de compresor.</p> <p>2.0 ALCANCE:</p> <p>Mantener la seguridad del técnico al operar el quipo.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <p>1.- Previo a la realización del trabajo el personal técnico debe estar familiarizado con la correcta operación del equipo.</p> <p>2.- Realizar una inspección visual general para comprobar la condición del equipo.</p> <p>3.- Utilizar equipo de protección necesaria para la manipulación del agente limpiador (TURCO).</p> <p>4.- Verificar el correcto sellado de las tapas de llenado de cada reservorio.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 <p>ITSA</p>	MANUAL DE SEGURIDAD		Pág. 2de2
	OPERACIÓN DEL LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR Pt6-27 DEL AVION TWIN OTTER		Código: HWC-SG
	Elaborado por: AC: GUSTAVO HERNANDEZ M.		Revisión N°: 01
	Aprobado por :	Fecha: 2007-05-11	Fecha: 2007-05-11
<p>5.- Una vez llenado los reservorios verificar que la presión del sistema no exceda la presión de trabajo del equipo (50psi).</p> <p>6.- Verificar la correcta conexión del acople de salida del equipo con la entrada del anillo de lavado del motor del aeronave.</p> <p>7.- Mantener una distancia segura con respecto a la hélice del motor.</p> <p>8.- Asegurarse de que la tubería del equipo no interfiera con la hélice al momento de realizar la motorización.</p> <p>9.- Mantener contacto visual con el piloto mientras dure la motorización.</p> <p>10.- Mantener el área donde se realiza el trabajo libre de personal ajeno al procedimiento.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

6.3. MANUAL DE OPERACIÓN.

En este manual constan todos los procedimientos que se deben seguir para la operación del lavador de compresor.

 ITSA	MANUAL DE OPERACION		Pág. 1 de3
	OPERACIÓN DEL LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR Pt6-27 DEL AVION TWIN OTTER		Código: HWC-OP
	Elaborado por: AC: GUSTAVO HERNANDEZ M.		Revisión Nº: 01
	Aprobado por :	Fecha: 2007-05-11	Fecha: 2007-05-11
<p>1.0 OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos a seguir para la operación del lavador de compresor.</p> <p>2.0 ALCANCE:</p> <p>Proporciona los pasos a seguir por el operador para el manejo del equipo.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <p>1.- Llenar el reservorio del sistema de lavado con la solución limpiadora (2gal aprox.).</p> <p>2.- Llenar el reservorio del sistema de enjuague con agua desmineralizada (2gal aprox.).</p> <p>3.- Accionar la bomba de recirculación del sistema de lavado.</p> <p>4.- Cargar los dos sistemas con aire (50psi) utilizando las válvulas B y C.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 ITSA	MANUAL DE OPERACION		Pág. 2de3
	OPERACIÓN DEL LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR Pt6-27 DEL AVION TWIN OTTER		Código: HWC-OP
	Elaborado por: AC: GUSTAVO HERNANDEZ M.		Revisión N°: 01
	Aprobado por:	Fecha: 2007-05-11	Fecha: 2007-05-11
<p>5.- Conectar la salida del equipo con el acople de entrada del anillo de lavado del motor.</p> <p>6.- Iniciar la motorización.</p> <p>7.- Luego de 5 segundos de iniciada la motorización abrir la válvula de paso “C” de salida del sistema de lavado.</p> <p>8.- Terminada la motorización esperar 5 segundos y cerrar la válvula de paso.</p> <p>9.- Observe el periodo de enfriamiento del estárter, refiérase al manual del fabricante del estárter.</p> <p>10.- Una vez terminado el periodo de enfriamiento del estárter repita los pasos 6, 7 y 8 respectivamente.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 ITSA	MANUAL DE OPERACION		Pág. 3de3
	OPERACIÓN DEL LAVADOR DE COMPRESOR PARA EL MOTOR Pt6-27 DEL AVION TWIN OTTER		Código: BPTA-MO
	Elaborado por: AC: GUSTAVO HERNANDEZ M.		Revisión Nº: 01
	Aprobado por:	Fecha: 2007-05-11	Fecha: 2007-05-11
<p>11.- Repita los pasos del 6 al 10 ahora con el sistema de enjuague.</p> <p>12.- Concluido el proceso de lavado del compresor desconecte el lavador desde el acople de entrada al anillo de lavado del motor.</p> <p>13.- Asegúrese de que no queden restos de agentes contaminantes dentro de los sistemas del lavador de compresor.</p>			
<p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

CAPITULO VII

ESTUDIO ECONOMICO

En este capitulo se realiza el estudio del presupuesto inicial para la construcción y del costo final del lavador de compresor.

7.1 PRESUPUESTO.

El presupuesto de la construcción de este proyecto fue basado en la experiencia de la empresa en la construcción de proyectos anteriores y el conocimiento del costo estimado de los materiales necesarios llegando a un monto de 1200 dólares.

7.2. RUBROS.

Para determinar el costo de construcción de este proyecto se an tomado en cuenta los siguientes rubros.

- Materiales.
- Maquinas, herramientas y equipos.
- Mano de obra.
- Varios.

7.2.1. MATERIALES.

Comprende el detalle de los materiales utilizados y su costo.

Nº	Material	Dimensiones	Cant	Val / unid	Subtotal
1	Tubo redondo	e = 2mm L = 6m D = ½"	1	6.45	6.45
2	Estructura cama bomba	e = 2mm	1	10.00	10.00
3	Ruedas	D = 20cm	1	5.00	5.00
4	Electrodos	UTP308 L-16 60-11	1kg. 1kg.	8.00 4.00	8.00 4.00
5	Acoples de bronce para tubería flexible	3/8".	25	2.40	60.00
6	Te de acero inoxidable.	Aisi304 ½"	4	3.25	13.00
7	Válvula de paso	Aisi304 ½"	4	12.50	50.00
8	Unión	Aisi304 ½"	4	8.48	33.92
9	Manómetro húmedo	0-100 psi	2	25.00	50.00
10	Manguera pvc quimicos.	D= 3/8" L= 10m	10m	2.40	24.00
11	plancha acero inoxidable	E= 2mm	50*50cm	30.00	30.00

12	Teflon	Rollo	6	.70	4.20
13	Permatex	tubo	2	1.30	2.60
14	Pintura poliuretano	Primer azul	1L	5.00	5.00
15	Cilindros acero inox.	D= 25cm H= 40cm	2	264.32	528.64
TOTAL					596.81

Tabla 7.1 Costo materiales utilizados.

7.2.2. MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.

Nº	Máquina	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Sierra manual	2	0.50	1.00
2	Taladro de mano	1	2.00	2.00
3	Dobladora de tubos	0.5	2.00	1.00
4	Rotor tool	1	2.00	2.00
5	Destornilladores, llaves, pinzas	10	0.50	5.00
6	Soldadora eléctrica	4	4.00	16.00
7	Equipo de suelda oxiacetilénica	.5	4.00	2.00
8	Esmeril	2	1.50	3.00
9	Taladro base	3	2.50	7.50
10	Torno	12	5.00	60.00

11	Fresadora	1	5.00	5.00
12	Lima manual	2	0.50	1.00
13	Equipo de pintura	2	2.50	5.00
TOTAL				110.50

Tabla7.2. Costo maquinas, herramientas y equipos

7.2.3. MANO DE OBRA.

Nº	Detalle	Subtotal (\$)
1	Técnico matricero.	100.00
2	Pintor	20.00
3	Ayudante	40.00
TOTAL		160.00

Tabla7.3. Costo mano de obra.

7.2.4. GASTOS VARIOS.

Nº	Detalle	Subtotal (\$)
1	Internet	8.00
2	Transporte	10.00
3	Equipo de oficina	10.00
4	Varios	5.00
TOTAL		33.00

Tabla7.4. Gastos varios.

NOTA: Se debe tomar en cuenta que los costos de la mano de obra, maquinas, herramientas, equipos, así como de los materiales existentes en la empresa no es comercial, se consideran como costos internos.

7.3. COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

Nº	Detalle	Subtotal (\$)
1	Materiales	596.81
2	Costo de máquinas, herramienta, equipos.	110.50
3	Mano de obra	160.00
4	Gastos varios	33.00
TOTAL		900.31

Tabla7.5. Costo total del proyecto

La construcción del lavador del proyecto tuvo un costo total de novecientos dólares con treinta y un centavos.

7.4. COMPARACIÓN CON UN EQUIPO EXISTENTE EN EL MERCADO.

Por motivo de comparación se cotiza precio de un lavador de compresor del fabricante Pratt & Whitney Canadá, el mismo que tiene un costo de siete mil doscientos setenta y dos dólares con noventa y ocho centavos, que representa aproximadamente una diferencia de seis mil cuatrocientos dólares con respecto al costo de el equipo construido en este proyecto.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES.

- El estudio económico y de alternativas existentes en el mercado da como resultado la elección de la mejor alternativa.
- Debido a que el lavador de compresor del motor Pt6-27 del avión Twin Otter fue construido y probado bajo los parámetros técnicos del manual de mantenimiento del mismo, se concluye que este cumple con todas las especificaciones requeridas por el fabricante del motor.
- Los manuales de seguridad y operación provee la documentación básica necesaria para el correcto empleo del lavador de compresor por parte del personal de mantenimiento.
- La construcción del equipo de lavado cumple con todos los requerimientos de durabilidad debido a los materiales escogidos.
- Las pruebas operacionales dan como resultado que el equipo se encuentra listo para operar.

8.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda al personal técnico operar el lavador de compresor siguiendo los pasos escritos en el manual de operación del mismo.
- Se recomienda no exceder la presión de aire de los reservorios establecida como presión de trabajo.

- Se recomienda utilizar el equipo de protección personal necesario para la manipulación del agente limpiador.

BIBLIOGRAFIA.

- Manual de mantenimiento, motor Pt6-27
- Manual de mantenimiento, motor PW207D, Bell 427.
- Aviation Mechanic Handbook, cuarta edición.
- www.paritarios.cl/especial_normas_aplicacion_colores.htm - 110k -
- www.mtas.es/insht/ntp/ntp_566.htm - 55k -
- <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>.
- Fundamentos básicos de neumática: www.sapiensman.com/neumatica/ - 27k
- MSDS Turco5884.
- Diseño y calculo de recipientes a presión, Ing. Juan Manuel León Estrada.
- OÑATE, Antonio Esteban (1996), Conocimientos del Avión, México, Editorial Paraninfo.
- Manual De mecánica industrial, cultural s.a.

