

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN

“PROPUESTA PARA ADAPTAR UN SISTEMA HIDRÁULICO
INDEPENDIENTE QUE PERMITA LA OPERACIÓN DEL
TREN DE ATERRIZAJE DE NARIZ DEL BOEING
727 DE ESIME TICOMÁN”

TESINA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN AERONÁUTICA

PRESENTAN:
ALATORRE ALVARADO GUADALUPE JAVIER
PÉREZ GALINDO ALVARO EDGAR
MARTÍNEZ SILVA GIOVANNI

ASESORES:
M. EN C. MARIO ALFREDO BATTA FONSECA
ING. FLORENCIO TOMAS ESTRADA ROSALES
ING. JUAN ESCAMILLA GARCIA



MÉXICO, D.F. AGOSTO DE 2009

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: CURRICULAR
DEBERÁ PRESENTAR: LOS CC. PASANTES:
ALATORRE ALVARADO GUADALUPE JAVIER
PÉREZ GALINDO ALVARO EDGAR
MARTINEZ SILVA GIOVANNI

“PROPUESTA PARA ADAPTAR UN SISTEMA HIDRÁULICO INDEPENDIENTE QUE PERMITA LA OPERACIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DE NARIZ DEL BOEING 727 DE ESIME TICOMAN”

	ÍNDICE
	ÍNDICE DE IMÁGENES Y ESQUEMAS
	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO I	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III	METODOLOGÍA
CAPÍTULO IV	DESARROLLO
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFÍA
	LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS
	GLOSARIO DE TÉRMINOS

México, DF., a 25 de agosto de 2009.

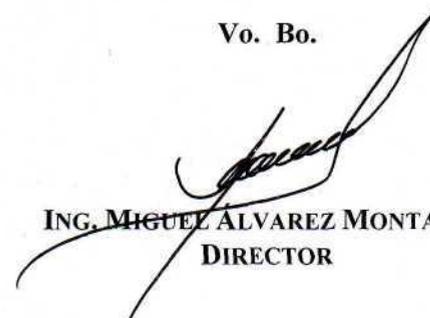
A S E S O R E S


M. EN C. MARIO ALFREDO BATA
FONSECA


ING. FLORENCIO TÓMAS ESTRADA
ROSALES


ING. JUAN ESCAMILLA GARCÍA

Vo. Bo.


ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO
DIRECTOR



I. P. N.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN

AGRADECIMIENTOS

Para las personas más importantes de nuestra vida que sin su constante apoyo y motivación no lo hubiéramos logrado, ellos son nuestros padres que gracias a su esfuerzo, y cariño incondicional hemos concluido esta etapa tan importante de nuestra vida.

Nuestro más profundo agradecimiento al Instituto Politécnico Nacional y a la ESIME Ticoman, que nos ha dado la oportunidad de formarnos profesionalmente y a los profesores quienes nos guiaron y transmitieron sus valiosos consejos y enseñanzas.

Al Ing. Florencio Tomas Estrada Rosales por darnos la oportunidad de desarrollar este proyecto el cual representa una experiencia muy importante para nuestra formación, y el habernos brindado su confianza y apoyo en todo momento.

Al Ing. Juan Escamilla García por compartir sus conocimientos y experiencias de tipo profesional y personal que fueron de gran valor.

Al M. en C. Mario Alfredo Batta Fonseca, quien con sus asesorías, revisiones y comentarios nos dedico parte de su valioso tiempo para dar seguimiento a nuestro trabajo y concluir con nuestra investigación.

Nuestro más sincero agradecimiento a Juan Miguel Castillo por su paciencia, disponibilidad y generosidad para compartir su experiencia y amplio conocimiento en aviones, en especial en el área de sistemas de trenes de aterrizaje, también por sus respuestas claras a nuestras inquietudes y por proporcionarnos los medios para solucionar los diferentes problemas que surgieron en el desarrollo del proyecto.

GRACIAS

Álvaro, Giovanni y Javier

ÍNDICE

INDICE DE IMÁGENES Y ESQUEMAS	III
--	------------

INTRODUCCIÓN	V
---------------------------	----------

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 - Descripción del problema	1
1.2 - Objetivo general	7
1.3 - Objetivos específicos	7
1.4 - Justificación de la investigación	8
1.5 - Alcance del proyecto	8

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 - Tren de aterrizaje de nariz	9
2.2 - Sistema Hidráulico	15
2.2.1 - Sistema Hidráulico "A"	19
2.2.2 - Sistema Hidráulico "B"	23

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 - Metodología de la investigación	26
---	----

CAPÍTULO 4. DESARROLLO

4.1 - Fase 1. Ensamble y montaje del tren de aterrizaje de nariz	29
--	----

4.2 - Fase 2. Propuesta del sistema hidráulico	55
--	----

4.2.1 - Propuesta "A"	56
-----------------------------	----

4.2.2 - Propuesta "B"	63
-----------------------------	----

4.2.3 - Cálculo de la unidad de potencia.....	68
---	----

4.2.4 - Cotización	71
--------------------------	----

4.3 - Análisis costo-beneficio	76
--------------------------------------	----

CONCLUSIONES.....	77
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	79
---------------------------	-----------

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	80
---	-----------

GLOSARIO DE TÉRMINOS	82
-----------------------------------	-----------

INDICE DE IMÁGENES Y ESQUEMAS

Imagen No. 1 - Boeing 727-264/Adv.....	1
Imagen No. 2 - Boeing 727 Mexicana XA-HOV.....	3
Imágenes No. 3 y 4 - Partes y componentes de la aeronave.....	4
Imágenes No. 5 y 6 - Secciones del fuselaje.....	5
Imágenes No. 7 y 8 - Semi-alas y empenaje.....	5
Imagen No. 9 - Estabilizador horizontal.....	6
Imagen No. 10 - Componentes del sistema del tren de aterrizaje de nariz.....	11
Imagen No. 11 - Diagrama del sistema hidráulico del tren de nariz.....	14
Imagen No. 12 - Esquema del sistema hidráulico.....	19
Imagen No. 13 - Ubicación del equipo del sistema hidráulico.....	22
Imagen No. 14 - Ubicación del equipo del sistema hidráulico.....	24
Imagen No. 15 - Clasificación de partes.....	32
Imagen No. 16 - Cilindro interior.....	33
Imagen No. 17 - Cilindro exterior.....	34
Imagen No. 18 - Conjunto de actuadores.....	35
Imagen No. 19 - Limpieza de las partes.....	37
Imagen No. 20 - Compartimiento del tren de aterrizaje de nariz.....	38
Imagen No. 21 - Líneas hidráulicas.....	39
Imagen No. 22 - Varilla reguladora.....	40
Imagen No. 23 - Portaempaques.....	41
Imagen No. 24 - Conjunto de empaques sobre el cilindro interior.....	42
Imagen No. 25 - Ensamble del cilindro interior.....	43
Imagen No. 26 - Proceso para obtener guía muestra.....	44

Imagen No. 27 - Guías de la leva superior.....	45
Imagen No. 28 - Mantenimiento del cilindro exterior.....	46
Imagen No. 29 - Tornillo de sujeción del tubo de orificios.....	46
Imagen No. 30 - Herramienta fabricada.....	47
Imagen No. 31 - Tubo de orificios y glándula	49
Imagen No. 32 - Instalación del tubo de orificios.....	49
Imagen No. 33 - Preparación de las partes de sujeción.....	50
Imagen No. 34 - Instalación del cilindro exterior	51
Imagen No. 35 - Remoción de anillo de bronce	52
Imagen No. 36 - Arreglo de leva inferior, anillos y portaempaques.....	53
Imagen No. 37 - Proceso de ensamblado final	53
Imagen No. 38 - Torque de la tuerca glandular	54
Imagen No. 39 - Ensamblaje y montaje total del tren de aterrizaje de nariz	54
Imagen No. 40 - Válvula selectora	58
Imagen No. 41 - Diagrama del sistema hidráulico de la propuesta "A"	62
Imagen No. 42 - Extensión y retracción de la pierna.....	64
Imagen No. 43 - Diagrama del sistema hidráulico de la propuesta "B"	66
Imagen No. 44 - Diagrama de ubicación del sistema hidráulico.....	67
Imagen No. 45 - Transformador de corriente alterna	72
Imagen No. 46 - Cotización SARO MEXICANA S.A de C.V.	75
Esquema No. 1 - Metodología.....	28
Esquema No. 2 - Herramienta para glándula.....	48
Esquema No. 3 - Costo - beneficio.....	76

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una propuesta de un sistema hidráulico independiente que permita el funcionamiento del tren de aterrizaje de nariz del avión Boeing 727-200 de ESIME Ticomán.

Dicha aeronave fue donada por la Compañía Mexicana de Aviación en el 2004, gracias a que alumnos de la ESIME Ticomán integrantes de la Asociación de Alumnos de Ingeniería Aeronáutica tuvieron la inquietud de acercarse con los directivos de la Compañía Mexicana de Aviación para proponer la donación de una de las aeronaves que tenían por desincorporación y la cuál sirviera como laboratorio integral en el que se pudieran realizar prácticas en los diferentes sistemas que la componen.

Después de tener pláticas con los directivos de la compañía se llegó a un acuerdo para la donación de un avión Boeing 727-200, poco tiempo después se empezaron a realizar trabajos para el desensamble de los principales componentes y el seccionado del fuselaje para poder realizar el traslado de la aeronave a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Ticomán.

Con esta donación se daba comienzo a un gran proceso que comprendía el ensamble del fuselaje del avión y la rehabilitación de sus sistemas.

Actualmente la aeronave se encuentra ensamblada y se está buscando la manera de habilitar sus sistemas. Con la aplicación de esta propuesta se busca continuar el proceso de rehabilitación de sistemas de la aeronave para que futuras generaciones de estudiantes de Ingeniería Aeronáutica conozcan detalladamente el funcionamiento y la operación del sistema del tren de aterrizaje de nariz en una forma teórico-práctica.

Para llevar a cabo esta propuesta fue necesario:

- Realizar un estudio de los componentes.
- Inspeccionar y evaluar el estado en que se encuentran los componentes.
- Realizar el armado y ensamblaje del tren de aterrizaje de nariz.
- Analizar la operación y las especificaciones del sistema hidráulico original.
- Analizar las características de sistemas hidráulicos de tipo industrial que se encuentran disponibles en el mercado.

Este trabajo está dividido en cuatro capítulos; en el primer capítulo se da una descripción de la problemática que se tiene en el tren de aterrizaje de nariz del Boeing 727, así como el objetivo general y los específicos que se pretenden cumplir, la justificación de la investigación y el alcance del trabajo. En el segundo capítulo se explica el funcionamiento, operación y componentes que constituyen el tren de aterrizaje de nariz y del sistema hidráulico. El capítulo tres muestra la metodología que se implementó para desarrollar la investigación y así poder cumplir con los objetivos previamente establecidos. En el cuarto capítulo se explica detalladamente el desarrollo de la investigación, los problemas y soluciones que se dieron durante la misma, además de los resultados obtenidos al finalizar este proyecto.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN



CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 – Descripción del problema

El Boeing 727 fue producido en el año 1960, debido a un compromiso entre las aerolíneas United Airlines, American Airlines, Eastern Airlines con la empresa Boeing para diseñar una aeronave que sustituyera al B-707. Aunque United Airlines deseaba una aeronave de cuatro motores para vuelos de larga distancia, American Airlines quería un bimotor por razones de eficiencia y Eastern Airlines un trimotor para vuelos sobre el mar, después de un extenso análisis de los pros y contras, las aerolíneas llegaron al acuerdo de que se fabricara un avión de tres motores, siendo así como se creó el diseño del B-727 para su futura producción.



Imagen No. 1 - Boeing 727-264/Adv

El B-727 fue el primer avión trimotor dentro de la aviación comercial, que como resultado de su versatilidad y confiabilidad, lo hizo el mejor vendido en el mundo durante los primeros 30 años de servicio de los aviones jet, lo cual provocó que su producción se extendiera de la década de 1960 hasta Agosto de 1984, una notable cantidad de tiempo, teniendo en cuenta que las previsiones del mercado original eran de 250 aviones producidos, y finalmente fueron entregados 1831.

Después de 20 años cuando el último 727 fue entregado, esta versátil flota transportaba 13 millones de pasajeros cada mes a través de las diferentes aerolíneas que contaban con sus servicios.

El diseño de esta aeronave se convirtió en un éxito inmediatamente para las tripulaciones y los pasajeros por igual, gracias a que se tomó como base el fuselaje ancho del 707 que proporcionó lujo en una aeronave para rutas cortas, se introdujo un sofisticado triple sistema de flaps en el borde de salida y un nuevo diseño de slats en el borde de ataque que duplicaban la superficie alar permitiendo gran estabilidad aún a bajas velocidades, lograr rendimientos de aterrizaje y despegue a baja velocidad sin precedentes para un avión jet comercial debido al eficiente diseño aerodinámico de su ala, y de poder acomodarse en aeropuertos más pequeños que los que el 707 requería.

El 727-200 entró en servicio en Diciembre de 1967, en el cuál se había aumentado su peso bruto y la longitud del fuselaje 20 pies para poder acomodar 189 pasajeros en clase única. En Mayo de 1971 se realizaron mejoras estructurales, se instalaron motores más potentes y se aumentó la capacidad de los tanques de combustible, para presentar un renovado 727-200. Esta renovación comprendía una mejora en la capacidad de carga de paga, mejores rendimientos de aterrizaje y una apariencia completamente rediseñada. En la imagen No. 1 se muestra una aeronave Boeing 727-264 de última generación, propiedad de la Policía Federal Preventiva (PFP) con matrícula XA-MPF que actualmente sigue en servicio.

Actualmente, el Boeing 737 ha sobrepasado el total de ventas del 727, pero éste permanecerá en los registros como uno de los aviones más significativos en el desarrollo de la transportación aérea mundial.

El 10 de enero de 1979 la Compañía Mexicana de Aviación con el propósito de aumentar su flota adquirió la aeronave Boeing 727-200 con matrícula XA-HOV, la cual podemos ver en la imagen No. 2. Durante el tiempo que esta aeronave estuvo en servicio dentro de la compañía, realizó numerosos vuelos a los distintos destinos en los que opera esta compañía.



Imagen No. 2 - Boeing 727 Mexicana XA-HOV

Después de 30 años de servicio y a pesar de la gran eficiencia que tenía esta aeronave, los altos costos de operación y mantenimiento que representaba, provocaron que la empresa decidiera retirarla de servicio y sustituirla por otro avión de reciente modelo.

En junio de 2004, alumnos de la ESIME Ticomán integrantes de la Asociación de Alumnos de Ingeniería Aeronáutica iniciaron pláticas con directivos de la empresa para llevar a cabo la donación de la aeronave, iniciando poco después los trabajos para el desensamble de los principales elementos y el seccionado para su posterior traslado a las instalaciones de la escuela. Para la realización de esos trabajos, los maestros y alumnos contaron con asesoría de los mecánicos de Mexicana de Aviación.

A partir de que la aeronave se recibió en las instalaciones de la ESIME Ticomán se fijó una primera etapa en la cuál como se puede observar en la serie de imágenes 3 a 9 consistió en diferentes procesos para llevar a cabo la unión estructural del fuselaje. Como primer punto se llevó a cabo una identificación y clasificación para tener un inventario de todas las partes y componentes, basándose en los manuales del fabricante.



Imágenes No. 3 y 4 - Partes y componentes de la aeronave

Posteriormente se realizó la unión de las secciones del fuselaje conforme a una planeación y metodología previamente realizada, para llevar a cabo esta tarea se contó con el asesoramiento técnico de los mecánicos de Mexicana de Aviación y el apoyo logístico de la empresa Grúas Salas.

Las actividades realizadas fueron el alineamiento del fuselaje, la colocación de pernos de unión de las secciones y la colocación de soportes que sostendrán el fuselaje por un tiempo indefinido.



Imágenes No. 5 y 6 - Secciones del fuselaje

Finalmente se llevó a cabo el empotre de las semi-alas y el empenaje, mediante la planeación y preparación de todas las tareas necesarias con el propósito de evitar fallas en el momento del empotre que provocaran daños estructurales a estas superficies.



Imágenes No. 7 y 8 - Semi-alas y empenaje



Imagen No. 9 - Estabilizador horizontal

Este último paso representó gran dificultad debido a las condiciones de ensamblado de estas superficies, y que no se contaba con la herramienta y equipo apropiado que se requería, sin embargo se adaptaron los recursos que se tenían para lograr concluir esta primera etapa.

Como segunda etapa de los trabajos y con objeto de dar una utilidad didáctica a la aeronave, se busca terminar el ensamble de otras superficies y componentes, y habilitar algunos de los diferentes sistemas de ésta entre los que destacan: el hidráulico, eléctrico, neumático, propulsión, entre otros. Cabe destacar que la habilitación del sistema hidráulico es esencial para poder realizar diferentes tipos de pruebas para demostrar y analizar la operación de las piernas del tren de aterrizaje.

No obstante, lo anterior y debido a que no se cuenta con algunos de los componentes de estos sistemas, no ha sido posible realizar la habilitación de tales sistemas.

Como primer paso, para iniciar esta segunda etapa se ha propuesto ensamblar el tren de aterrizaje de nariz para proponer un sistema hidráulico

independiente al de la aeronave que produzca la energía necesaria para realizar la operación de éste.

Los proyectos que conforman el ensamblaje y habilitación del B-727, como parte de un laboratorio integral de los sistemas de la aeronave, servirán como material didáctico para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Aeronáutica con el fin de fortalecer la formación y conocimientos de los futuros ingenieros.

1.2 - Objetivo general

Desarrollar una propuesta para adaptar un sistema hidráulico independiente que permita el funcionamiento del tren de aterrizaje de nariz del Boeing 727, para fines didácticos en ESIME Ticomán.

1.3 - Objetivos específicos

Realizar un estudio de los componentes, tipos de energía necesarias para la operación, proceso de operación y rangos de operación, del tren de aterrizaje de nariz.

Inspeccionar y evaluar el estado en que se encuentran los componentes y las líneas hidráulicas propias del sistema de la aeronave.

Realizar la limpieza de los componentes y del compartimiento del tren de aterrizaje de nariz.

Realizar el armado y ensamblaje del tren de aterrizaje de nariz.

Analizar la operación y las especificaciones del sistema hidráulico original.

Analizar las características de sistemas hidráulicos de tipo industrial que se encuentran disponibles en el mercado.

Desarrollar una propuesta de sistema hidráulico que se adapte al sistema del tren de aterrizaje de nariz.

1.4 - Justificación de la investigación

Considerando que en ESIME Ticomán se busca poner en operación algunos sistemas del B-727 para realizar pruebas para fines didácticos en la formación de los ingenieros en aeronáutica, sin embargo éste no dispone de los componentes indispensables para su operación.

Entre los principales beneficios que este trabajo de investigación proporcionará, se destaca por un lado que se hará una evaluación del estado en que se encuentran los componentes del tren de aterrizaje de nariz, se realizará el montaje de éstos y se propondrá la instalación de un sistema hidráulico independiente con el cual se asegure que podrán realizarse pruebas de operación del citado tren.

1.5 - Alcance del proyecto

Se realizará una evaluación de las condiciones en las que se encuentran los componentes del tren de aterrizaje de nariz, así como el armado del mismo y se hará una propuesta para adaptar un sistema hidráulico independiente con el cual se asegure su operación para fines didácticos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 - Tren de aterrizaje de nariz

Descripción

El tren de nariz forma parte del sistema de tren de aterrizaje, éste soporta el extremo delantero del fuselaje y proporciona control direccional al avión mientras está en tierra.

En la imagen No. 10 se muestran las partes principales del tren de aterrizaje de nariz, las cuáles son:

- Amortiguador.
- Barra de arrastre.
- Actuador principal.
- Actuador del seguro.
- Horquilla de torsión.
- Cilindro de transferencia.
- Válvula reductora.
- Válvula selectora.
- Palanca de posición.

El amortiguador es el componente de soporte principal del tren de nariz. Está formado de un cilindro interior y uno exterior, un pistón y una cámara interna. Se fija a la estructura del compartimiento del tren de nariz a través de los rodamientos del trunion que forma parte del cilindro externo. La parte superior del cilindro exterior se une a la barra de arrastre.

La barra de arrastre es la encargada de mantener asegurado el tren de nariz en la posición arriba o abajo, además de proporcionar estabilidad longitudinal al tren durante su operación en tierra. Se forma de una barra superior e inferior, un actuador de seguro y una articulación de aseguramiento.

La horquilla de torsión previene la rotación descontrolada entre los cilindros interno y externo del amortiguador. Se forma de una barra superior y una inferior. Las barras de torsión están unidas por un perno en sus extremos, éste asegura las ruedas del tren en la posición adoptada por el collar de dirección sin afectar la acción del amortiguador. Las fuerzas de giro aplicadas al collar por el sistema de dirección son transmitidas al cilindro interno mediante las barras de torsión. El perno debe ser removido para desconectar el cilindro interno del sistema de dirección para remolcar la aeronave.

El actuador principal convierte la presión hidráulica en trabajo mecánico requerido para retraer o extender el tren de nariz. El actuador es un cilindro hidráulico y un pistón con un amortiguamiento que hace más lento su movimiento cuando se aproxima al límite de su carrera.

El actuador del seguro bloquea y desbloquea el brazo de arrastre para permitir que el actuador principal pueda operar para extender o retraer el tren. Cuando el seguro es liberado, el movimiento del actuador proporciona una fuerza que provoca que la articulación del brazo de arrastre se desplace en posición ascendente para liberar el desplazamiento del amortiguador.

El cilindro de transferencia nivela momentáneamente la presión hidráulica sobre ambos lados del pistón del actuador principal al comienzo del ciclo de extensión para liberar la fuerza generada por el actuador hasta que el seguro sea liberado. Se encuentra conectado entre la línea de baja y el puerto del actuador principal.

La válvula reductora sirve para controlar la presión de entrada hacia el actuador del seguro. Se encuentra instalada entre la línea de retracción y el actuador del seguro.

La válvula selectora dirige la presión hidráulica hacia las líneas de extensión y retracción de los trenes de aterrizaje. Se encuentra fijada a la estructura del compartimiento izquierdo del tren principal.

La palanca de posición proporciona el control de la extensión o retracción del tren mediante la activación de un sistema de engranes y cableado que transfiere el movimiento hacia la válvula selectora. La palanca tiene tres posiciones ARRIBA, ASEGURADO o ABAJO, para cambiar la posición es necesario jalarla para liberar el engrane

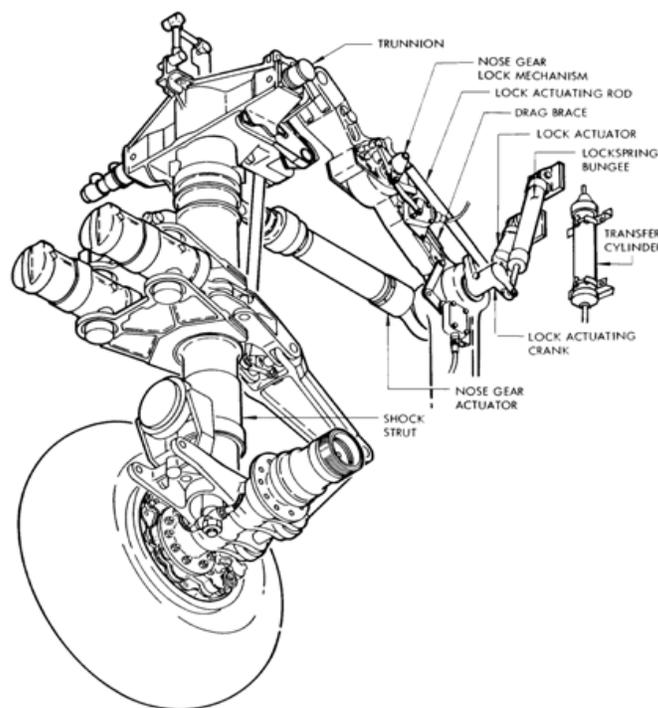


Imagen No. 10 - Componentes del sistema del tren de aterrizaje de nariz

La extensión y retracción del tren de aterrizaje principal, de nariz y las compuertas del compartimiento del tren principal son realizados por energía hidráulica. Esta energía es normalmente proporcionada por el sistema hidráulico "A", mediante la presurización a través de bombas hidráulicas accionadas por los motores del avión.

Para las operaciones en tierra la presión puede tomarse del sistema hidráulico "B" mediante la apertura de la válvula de interconexión en tierra. Este sistema es presurizado por bombas hidráulicas eléctricas.

Las compuertas del compartimiento del tren de nariz consisten en cuatro puertas que se alinean con el fuselaje cuando se encuentran cerradas. Un par encierran las llantas y el otro par cubren el amortiguador cuando el tren es retraído. Son abiertas y cerradas mecánicamente por el desplazamiento del tren en su ciclo de extensión y retracción, mediante un sistema de mecanismos accionado por un arreglo de cableado y rodamientos conectados al trunion del amortiguador.

Operación

El sistema de retracción y extensión, levanta y baja el tren de aterrizaje de nariz hidráulicamente como se describe en el diagrama de la imagen No. 11, su control se realiza de forma mecánica a través de un sistema de cableado. Su operación se divide en dos ciclos:

Retracción

Cuando la palanca es movida hacia la posición de tren arriba, la presión hidráulica es dirigida a través de la válvula selectora hacia el actuador principal y hacia la válvula reductora del actuador del seguro. Cuando el tren de nariz está extendido y asegurado, y la barra de arrastre se encuentra en su centro

geométrico, no es posible extender el actuador principal. Por lo tanto, el actuador del seguro debe moverse primero para desbloquear el tren rompiendo el centro del brazo de arrastre. Una vez hecho esto el actuador principal puede extenderse y retraer el tren. La presión hidráulica permanece en el actuador del seguro durante todo el ciclo de retracción con el propósito de mantener la manivela del seguro liberada, hasta que el tren sea retraído por completo y la barra de arrastre recupere su centro geométrico. Cuando se ha llegado a la posición final del tren, el actuador del seguro se extiende y gira la manivela para asegurar el tren.

Extensión

Para extender el tren, la palanca es colocada en la posición de tren arriba y la presión hidráulica es dirigida hacia los actuadores principal y del seguro, realizando los mismos procesos que en el ciclo de retracción. Sin embargo, con el tren retraído y asegurado, el peso de éste aplica una gran carga de compresión sobre la barra de arrastre. Esta carga más la fuerza aplicada por la presurización del actuador principal da como resultado que la liberación del seguro sea muy ruidosa. Por lo tanto se requiere que el cilindro de transferencia dirija la presión de la línea de baja hacia el lado positivo del actuador principal. Esto provoca que la fuerza del actuador sea neutralizada durante el desbloqueo y el rompimiento del centro geométrico de la barra de arrastre. A partir de este punto, el ciclo de extensión es idéntico a la retracción.

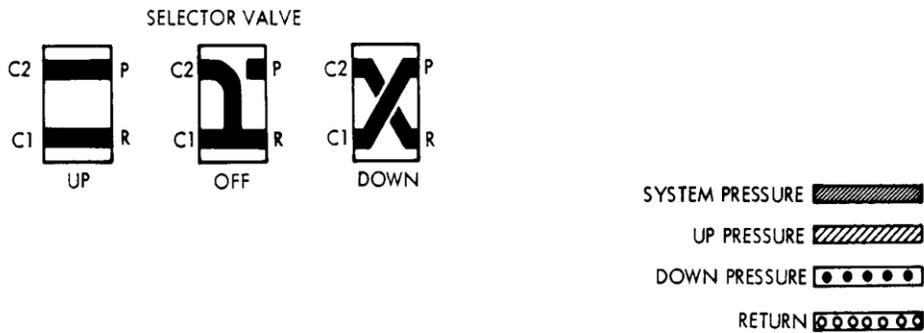
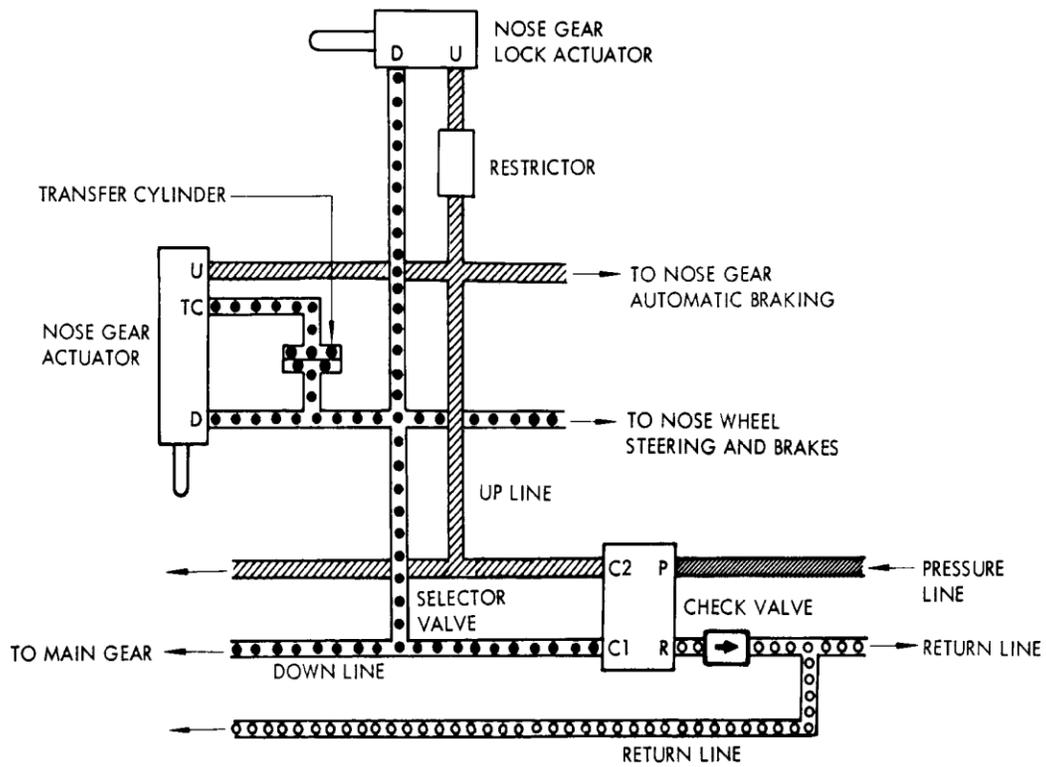


Imagen No. 11 - Diagrama del sistema hidráulico del tren de nariz

2.2 - Sistema Hidráulico

La palabra "Hidráulica" proviene del griego "hydor" que significa "agua", originalmente era el estudio del comportamiento físico del agua en reposo y en movimiento. El uso ha ampliado su significado para incluir el comportamiento de todos los líquidos, aunque se refiere más al movimiento de líquidos, hoy el término hidráulica se emplea para referirse a la transmisión, control de fuerzas y movimientos por medio de líquidos.

Para el manejo de piezas, de los aviones comerciales actuales se necesitan grandes fuerzas que hace necesario el que se tengan que utilizar mecanismos hidráulicos capaces de accionar dichas piezas.

Los elementos que actúan en aviones comerciales mediante el sistema hidráulico son:

- Mandos de Vuelo.
- Tren de Aterrizaje.
- Dirección de la Rueda de Nariz.
- Actuación de Inversores de Empuje de Motores.
- Puertas.
- Escaleras.

Algunas de las características de los sistemas hidráulicos son:

- Relación peso/potencia muy baja.
- Relación volumen/potencia muy baja.
- Transforma fuerza en movimientos.
- Actúan elementos distantes del punto de mando.
- Mecanismos de rápida respuesta con poca inercia.

Un sistema hidráulico se compone fundamentalmente de:

Fluido hidráulico: Este elemento en estado líquido generalmente derivado del petróleo, su misión es transmitir potencia a diferentes actuadores, sellar juntas, lubricar partes móviles y dispersar el calor. Las propiedades requeridas de un fluido hidráulico son: baja compresibilidad, buena lubricidad, difícil de contaminar, no forme espuma, compatible con materiales e incombustible.

Entre ellos se encuentran:

- Soluciones agua-glicol.
- Emulsión de agua y aceite.
- De origen mineral (MIL-h-5606).
- Sintéticos (skydrol, chevron hyjet).

Elementos de la sección de potencia como son:

Bombas hidráulicas: Son las encargadas de generar la presión necesaria que transmitida a través del líquido hidráulico mueve los elementos requeridos (actuadores y motores hidráulicos).

Éstas se clasifican:

1. Por su forma de accionamiento:

- Manuales.
- Eléctricas.
- Arrastradas por el motor.

2. Por su forma de actuar:

- De engranajes.
- De pistones.

Filtros: Son los elementos encargados de recoger y retirar del sistema las distintas partículas que puedan existir en suspensión en el circuito hidráulico.

Acumuladores: Tienen la misión de ayudar a mantener la presión en el colector almacenando energía en forma de fluido a presión, suplementando el trabajo de la bomba mecánica cuando ésta está por debajo de sus posibilidades de demanda máxima.

Actuadores: Son los encargados de transformar la presión hidráulica en fuerza y movimiento.

Válvulas: Son los elementos que controlan el funcionamiento del sistema.

Pueden ser:

- Selectoras.
- Retención.
- Seguridad.
- Reguladora.

Descripción

La presurización del fluido hidráulico a 3000 psi, es proporcionada por tres sistemas de potencia independientes hacia los componentes de la aeronave operados hidráulicamente, la imagen No. 12 muestra un esquema de la distribución de la energía hidráulica proporcionada por cada uno de estos.

Los sistemas de potencia son designados como:

- Sistema hidráulico "A".
- Sistema hidráulico "B".
- Sistema hidráulico de reserva.

El sistema "A" recibe presión a partir de dos bombas operadas por los motores 1 y 2 de la aeronave. El sistema "B" opera a partir de dos bombas eléctricas instaladas en el área del carenado izquierdo. La presión del sistema de reserva es producida por una bomba eléctrica instalada en el costado de la escalera ventral.

El sistema "A" proporciona presión hidráulica a los spoilers externos, alerones, flaps y slats, tren de aterrizaje, sistema de dirección y frenos del tren de nariz, elevadores, timón inferior y a los frenos del tren de aterrizaje principal cuando la válvula de interconexión está abierta.

El sistema "B" proporciona presión hidráulica a los alerones, elevadores, spoilers internos, la escalera ventral, timón superior y frenos del tren de aterrizaje principal.

El sistema de reserva proporciona presión hidráulica al timón inferior y a los flaps y slats.

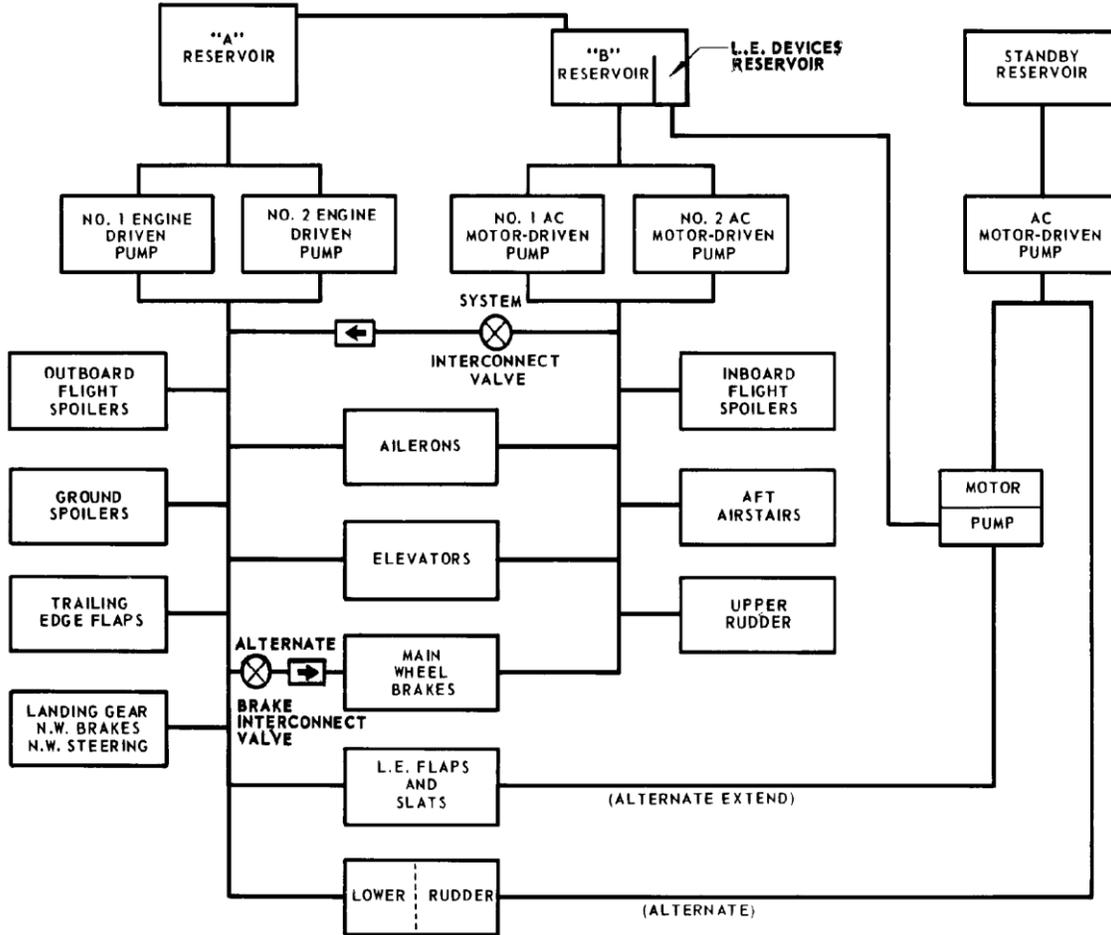


Imagen No. 12 - Esquema del sistema hidráulico

2.2.1 - Sistema Hidráulico "A"

El sistema "A" incorpora el equipamiento necesario para almacenar, presurizar, enviar, controlar, monitorear y filtrar el fluido hidráulico para operar los sistemas alimentados por éste.

El fluido es almacenado en un depósito presurizado por aire sangrado del motor canalizado a través de un filtro y un regulador de presión para garantizar un suministro positivo del fluido hidráulico a las bombas. Dos válvulas de corte controladas por los interruptores de fuego en el motor, están instaladas en el interior del depósito, se encargan de detener el flujo del fluido hidráulico hacia el motor en caso de falla o incendio. Mediante dos bombas de volumen variable se proporciona el fluido presurizado a los sistemas que lo requieren.

La imagen No. 13 indica la ubicación de cada bomba, las cuales están equipadas con una válvula de despresurización controlada eléctricamente para despresurizar la bomba si ningún sistema requiere de su funcionamiento y un filtro en la línea de presión de cada bomba filtra el fluido antes de que sea enviado, con el propósito de evitar contaminantes que obstruyan la operación de los diferentes sub-sistemas.

Debido a la circulación continua a través de las líneas y los sistemas el fluido se calienta, por lo que es necesario tener un intercambiador de calor en la línea de retorno para enfriarlo. El sobrecalentamiento del fluido es detectado por un interruptor instalado en el ensamble del filtro de retorno y es indicado por una luz de alerta en la cabina de control.

La función de la válvula de interconexión es proporcionar potencia hidráulica a los frenos desde el sistema "A", cuando el sistema "B" esta inoperativo.

Operación

El depósito del sistema que se encuentra presurizado proporciona un flujo positivo del fluido para que a pase través de las válvulas de corte, las cuales se cierran en caso de falla de una línea o una bomba para prevenir que el fluido vaya hacia el motor. Si todo se encuentra en condiciones estables, el fluido

pasa a las bombas, las cuales envían aproximadamente 22 galones por minuto de fluido a 3000 psi de presión. Cuando la presión del sistema se aproxima a su nivel óptimo la bomba automáticamente ajusta la salida del flujo presurizado dependiendo de las necesidades de los sistemas. Si la presión se incrementa a 3500 psi, la válvula de relevo se abre para reducir la presión hasta alcanzar un valor de 3100 psi. En el retorno el fluido circula a través de la bomba hacia el depósito pasando previamente por el filtro, la válvula de cortes y el intercambiador de calor.

Cuando el avión es operado en tierra el sistema "A" puede ser presurizado para alimentar los sistemas sin operar los motores, conectando una fuente hidráulica externa.

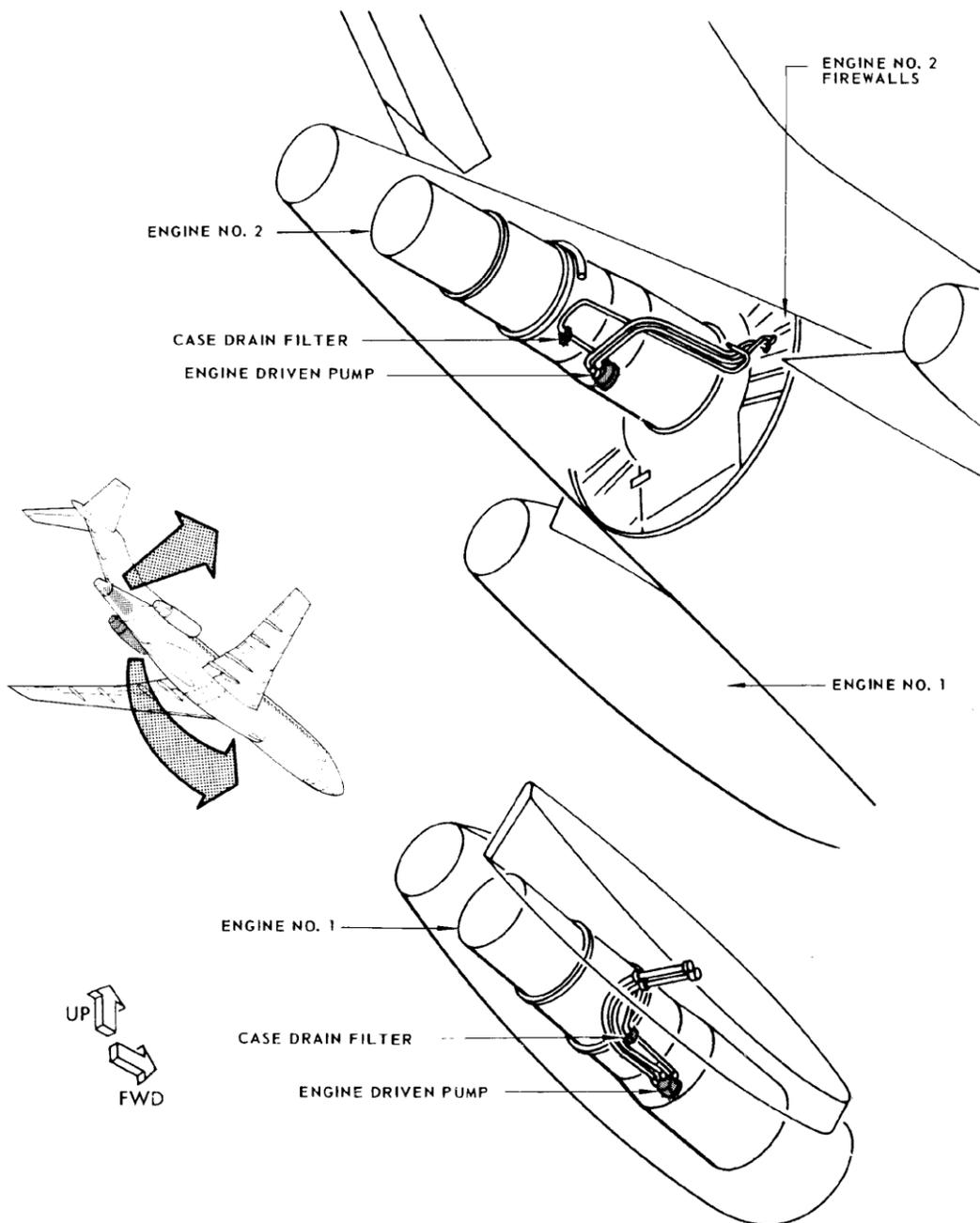


Imagen No. 13 - Ubicación del equipo del sistema hidráulico "A"

AMM 29-11-0 Pág. 2

2.2.2 - Sistema Hidráulico "B"

El sistema hidráulico "B" incluye de igual forma el equipo necesario para almacenar, presurizar, controlar, filtrar y enviar el fluido hidráulico hacia los sistemas que se operan a través de éste.

El depósito del fluido para este sistema se encuentra presurizado a través de una línea de aire desde el depósito del sistema "A" para asegurar un flujo positivo hacia las bombas. Tiene una capacidad de 3.13 galones y está dividido en dos compartimientos, uno con un volumen de 1.78 galones que alimenta las bombas del sistema hidráulico "B" y el otro de 1.13 galones que proporciona fluido a la bomba hidráulica de los flaps y slats de borde de ataque.

El fluido presurizado es enviado a los diferentes sistemas operados por el sistema "B" a través de dos bombas hidráulicas operadas eléctricamente, en la imagen No. 14 se puede identificar la ubicación de estos componentes. Cada bomba consiste en un ensamble formado por un motor trifásico enfriado por aceite, una bomba centrífuga y una bomba de pistones con desplazamiento variable. La presión de cada bomba es aproximadamente de 6.3 gpm a 2700 psi operando a 5800 rpm.

Operación

El depósito del sistema "B" proporciona un flujo de fluido positivo hacia las bombas eléctricas. Estas son activadas a través de dos interruptores ubicados en el panel de control de la tripulación, cuando son colocados en la posición de ON un relevador alimenta con 115v trifásicos los motores de las bombas.

Cuando las bombas son arrancadas y la presión se incrementa a 1200 ± 250 psi, el interruptor de advertencia de baja presión activa la indicación luminosa de baja presión en el panel de instrumentos. Tanto la presión incrementa, el

transmisor censa el incremento y eléctricamente posiciona la presión del sistema sobre el indicador del panel de instrumentos. El sistema ajusta automáticamente el flujo de salida de las bombas cuando la presión se acerca a las 3000 psi.

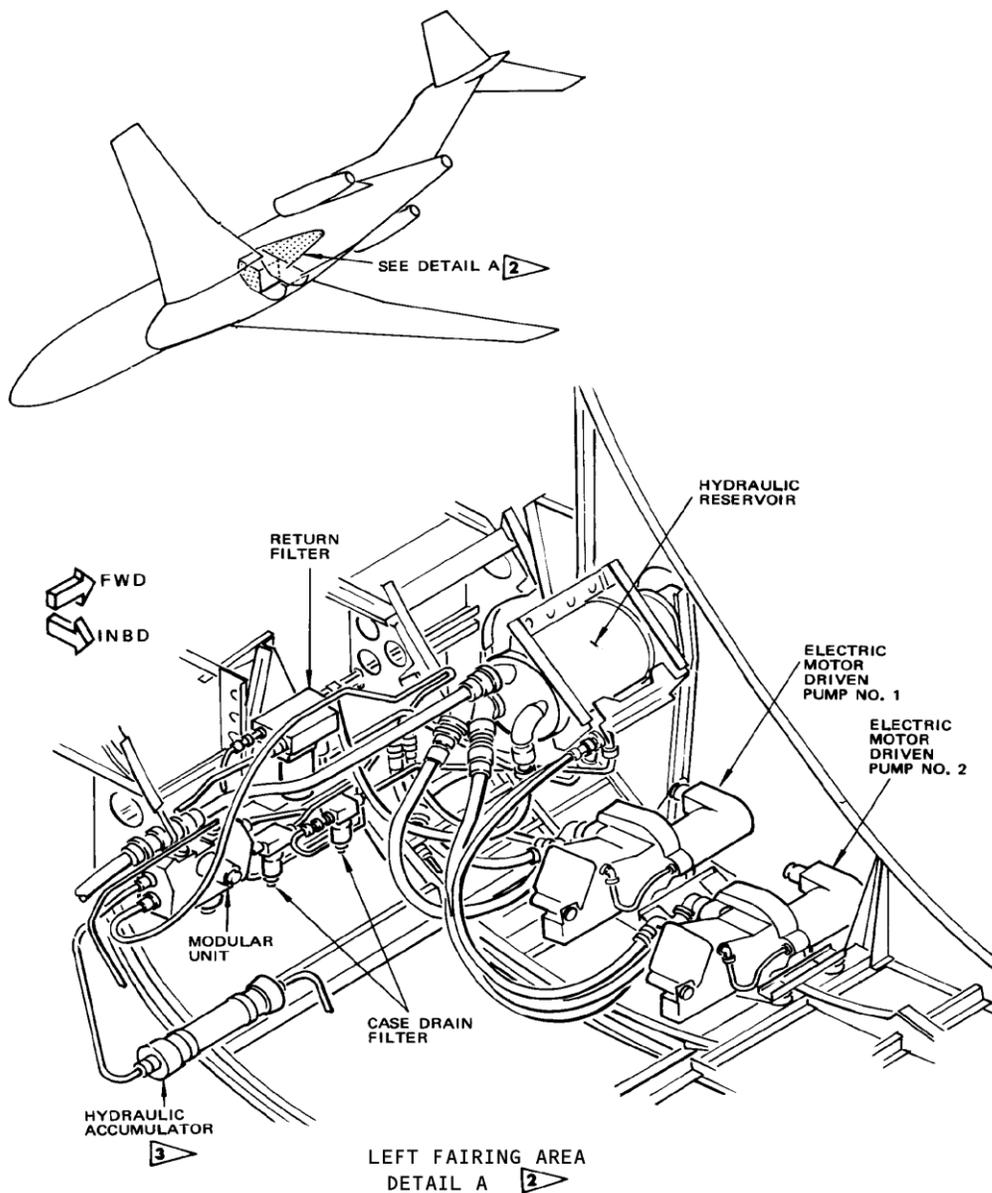


Imagen No. 14 "Ubicación del equipo del sistema hidráulico B"

Si la presión aumenta a 3500 ± 50 psi la válvula de alivio se abre para reducir la presión a 3100 psi.

Para el enfriamiento y lubricación del sistema, el fluido circula desde la bomba hasta el depósito a través de un filtro, una válvula check, un intercambiador de calor y un filtro de retorno.



CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 – Metodología de la investigación

A partir de que se recibió la aeronave en la ESIME Ticomán se comenzó la primera etapa, la cual consistió en el ensamble estructural del avión, para la segunda etapa de los trabajos y con objeto de dar una utilidad didáctica a la aeronave, se pretenden habilitar algunos de los diferentes sistemas entre los que destacan: el hidráulico, eléctrico, neumático, propulsión, entre otros. Cabe destacar que la habilitación del sistema hidráulico es esencial para poder realizar diferentes tipos de pruebas para demostrar y analizar la operación de las piernas del tren de aterrizaje.

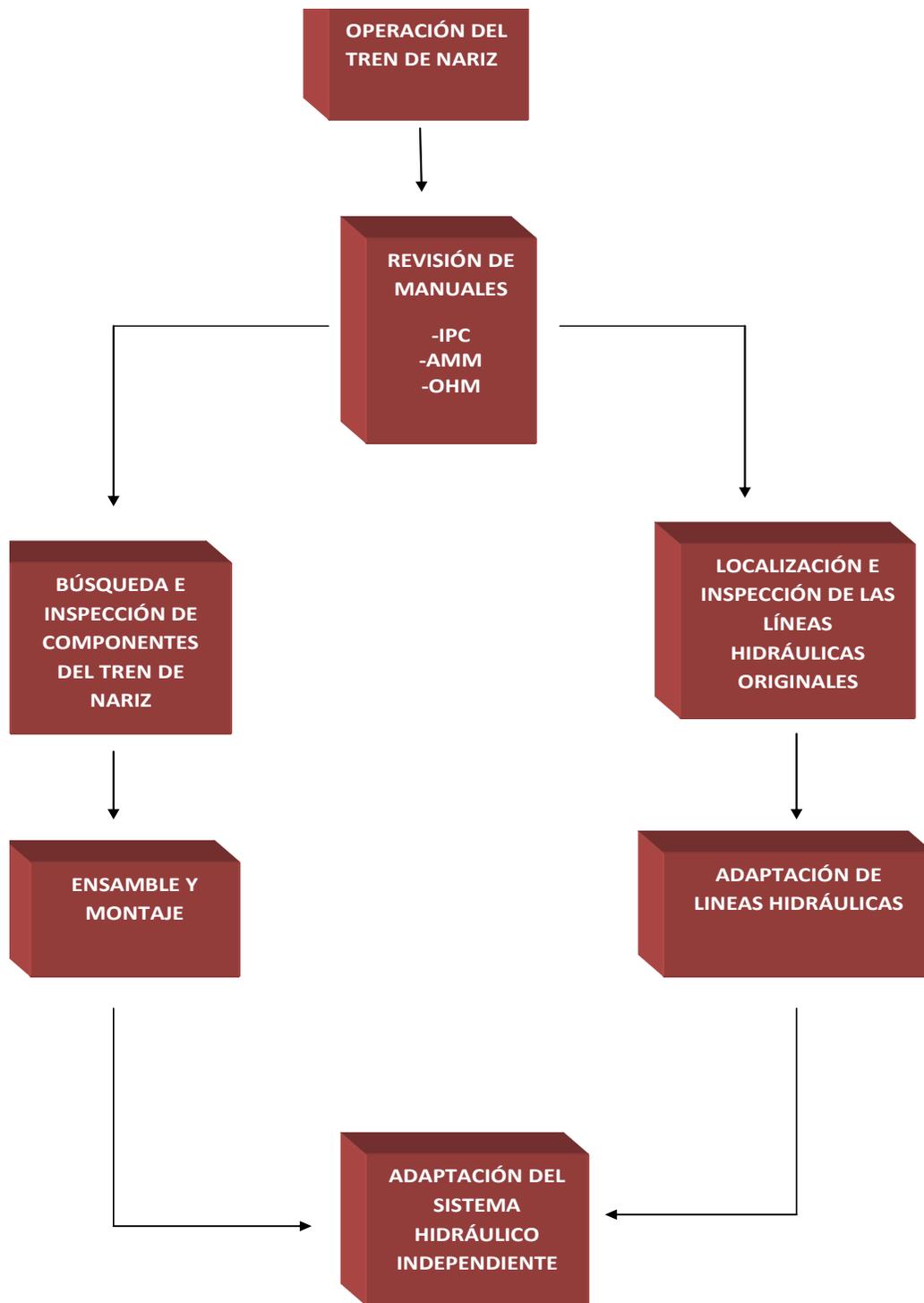
En esta investigación se propone un sistema hidráulico independiente para la operación del tren de nariz, con el fin de fortalecer la formación y conocimientos de los futuros ingenieros.

Los procedimientos utilizados para cumplir cada uno de los objetivos específicos son:

- Consulta del catálogo ilustrado de partes (IPC) para la identificación y localización de cada componente del tren de nariz.
- Búsqueda e inspección de cada componente.
- Consulta del manual de overhaul (OHM) para verificar que los componentes estén dentro de las tolerancias establecidas.
- Limpieza de componentes.
- Lubricación de los componentes del tren de nariz.
- Limpieza del compartimiento.

- Ensamble y montaje del tren de nariz.
- Consulta del manual de overhaul (OHM) para analizar la operación y especificaciones del tren de nariz.
- Consulta del manual de mantenimiento (AMM) para la identificación y localización de las líneas hidráulicas.
- Inspección y evaluación de las líneas hidráulicas originales.
- Analizar las especificaciones de los sistemas hidráulicos independientes.
- Identificar y describir los materiales a utilizar para la adaptación del sistema.
- Evaluación de costos de material y del sistema.
- Adaptación del sistema hidráulico independiente de tipo industrial a las líneas originales del avión.

El esquema No. 1 muestra de forma simplificada el método utilizado para desarrollar el proyecto y cumplir el objetivo general.



Esquema No. 1 - Metodología



CAPÍTULO 4

DESARROLLO

CAPÍTULO 4

DESARROLLO

Para el desarrollo de este proyecto y con el fin de cumplir con los objetivos planteados, se consideró dividirlo en fases de trabajo dentro de las cuales se realicen los procesos que tengan un fin común, estas fases serán las siguientes:

- FASE 1. Ensamble y montaje del tren de aterrizaje de nariz.
- FASE 2. Propuesta del sistema hidráulico independiente.
- FASE 3. Implementación del sistema hidráulico propuesto.

Es importante aclarar en este momento que el principal objetivo del presente proyecto es el proponer un sistema hidráulico independiente que permita el funcionamiento del tren de aterrizaje de nariz del Boeing 727 para fines didácticos en ESIME Ticomán, lo cual comprende hasta la fase 2 del desarrollo en la que a partir del diseño del sistema hidráulico se obtendrá el presupuesto que se requiere para llevar a cabo la fase 3 en la cual se realizaría su implementación teniendo como resultado la operación del tren de aterrizaje de nariz, sin embargo solo se podrá llevar a cabo la última fase si se cuenta con el presupuesto necesario.

4.1 - Fase 1. Ensamble y montaje del tren de aterrizaje de nariz

Antes de abordar los procesos que comprenden las fases planteadas es importante considerar que todos los fabricantes de aeronaves generan una serie de manuales en los cuáles se establecen las tareas de mantenimiento, procesos, periodos, clasificación de partes y componentes, esquemas y

prácticas estándar, entre otras. Los cuáles son utilizados por los concesionarios, permisionarios o dueños de las aeronaves para generar el programa de mantenimiento de las aeronaves apegándose a los periodos y procedimientos establecidos por el fabricante.

Los manuales que entrega el fabricante de la aeronave son los siguientes:

- Manual de Mantenimiento de la Aeronave (AMM).
- Manual de Reparaciones Estructurales (SRM).
- Catálogo Ilustrado de Partes (IPC).
- Manual de Prácticas Standard (SPM).
- Pruebas No Destructivas (NDT).
- Manual de Diagramas Eléctricos (WDM).
- Manual de Overhaul (OHM).

Estos documentos son elaborados por personal de ingeniería de servicios de mantenimiento en conformidad con la especificación número 100 de la Asociación de Transporte Aéreo de América "Especificación para Datos Técnicos de los Fabricantes". Esta especificación fue adoptada con el efecto de estandarizar cada uno de los manuales que emiten los fabricantes.

Los manuales contienen la información necesaria para permitir a los mecánicos dar servicio, detectar y corregir fallas, hacer pruebas funcionales, y reparar todos los sistemas y equipos instalados en el avión. Así mismo, se incluyen los procedimientos para realizar diferentes tipos de pruebas no destructivas y las prácticas estándar como inspecciones, servicios, dimensiones límites, entre otras.

La división está hecha en capítulos asignados a cada sistema de la aeronave de acuerdo al ATA 100 que designa un número a cada uno de éstos. Cada capítulo está dividido más a fondo en secciones y temas para proporcionar una

separación de los subsistemas y unidades en forma individual que conforman cada sistema.

Los capítulos que se utilizaron para el desarrollo de los procesos que envuelve cada una de las fases son:

- Capítulo 29. Sistema Hidráulico.
- Capítulo 32. Tren de aterrizaje.

El primer punto importante que se tuvo que hacer antes de iniciar el ensamble del tren de aterrizaje es conocer las partes de las que está formado, la posición en las que deberán ser instalados y su nomenclatura para realizar su clasificación, lo que facilitará su localización al momento de que se requieran en el ensamblaje.

Tomando como base los diagramas del capítulo 32 del Catálogo Ilustrado de Partes, se hizo la clasificación de éstas como se puede observar en la imagen No. 15, para lo cual se requirió crear una tarjeta de seguimiento en la que se anotan los datos designados por el IPC tales como:

- Numero de Parte.
- Descripción.
- Número de identificación de la figura del IPC.
- Numero Item.

Este tipo de tarjetas son utilizadas por las aerolíneas y talleres de mantenimiento de aeronaves para llevar un control de los componentes. Para esto a cada componente o parte que se encuentre instalado en el avión o que se tenga en almacenamiento para su posterior uso, se le crea una tarjeta de seguimiento verde la cual indica que se encuentra disponible para su servicio. Una vez que han presentado una falla o un daño y se han bajado de la aeronave se cambia la tarjeta a rojo indicando así que se trata de un

componente inservible o dañado. El formato de estas tarjetas es establecido y aprobado por las autoridades aeronáuticas tales como DGAC, FAA y EASA.

Otros datos que se incluyen son motivo de la remoción, número de serie, matrícula de la aeronave, fecha de remoción, posición en el avión, y firmas del mecánico y supervisor que realiza el trabajo y el que lo avala respectivamente.

La separación de las partes se realizó en tres grupos, los cuáles son los siguientes:

- Conjunto de cilindro interior.
- Conjunto de cilindro exterior.
- Actuadores.



Imagen No. 15 - Clasificación de partes

El conjunto de cilindro interior comprende todos los elementos que se encuentran en el interior del amortiguador y cuya función es la de absorber la fuerza del impacto durante el aterrizaje, además de proporcionar un amortiguamiento controlado en el rodaje. Dichos elementos se muestran a detalle en la imagen No. 16 y cuyos elementos son principalmente:

trabajo de absorción de los esfuerzos de impacto. Estos elementos principales son los siguientes:

- Trunion.
- Abrazadera.
- Barras de arrastre.
- Horquilla de torsión.
- Palanca de aseguramiento.
- Soportes del actuador.

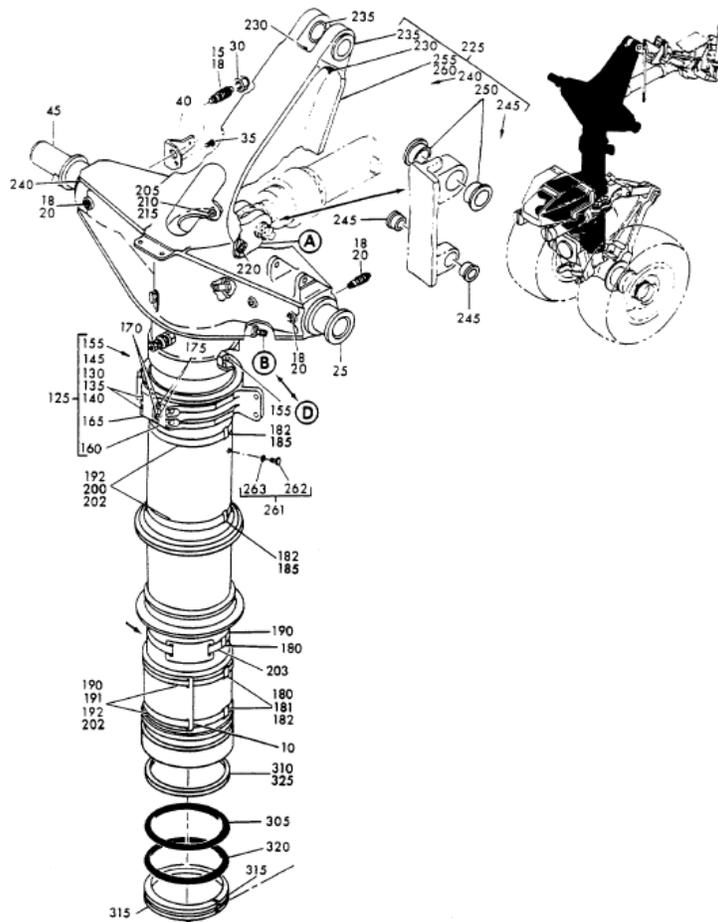


Imagen No. 17 - Cilindro exterior

El tercer grupo de clasificación encierra todos los elementos mostrados en la imagen No. 18 y que tienen la función de convertir la presión hidráulica en trabajo mecánico utilizado para la retracción y extensión controlada, el aseguramiento y desbloqueo en la posición en que se encuentre, además de proporcionar dirección a la pierna. Los elementos incluidos en este grupo son:

- Actuador principal.
- Actuador del seguro.
- Actuadores de dirección.

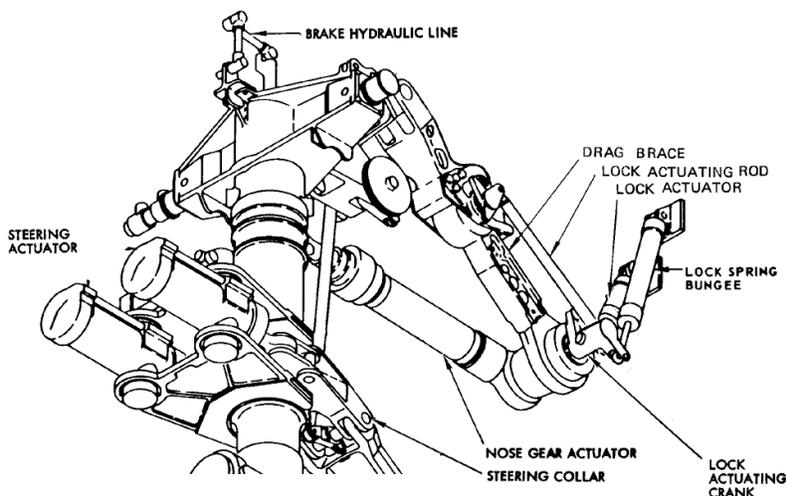


Imagen No. 18 - Conjunto de actuadores

AMM 32-21-0 Pág. 3

Una vez realizada la clasificación de las partes se llevó a cabo una inspección en la que se realizó una medición de diámetros, grosores y longitudes que deben tener como límite algunas de las partes, para esto se utilizó el Manual de Overhaul en su capítulo 32, en el cuál se indican las medidas de diseño que tienen alguno de los elementos que con el tiempo de operación tienden a presentar desgaste en aquellas secciones en las que se produce concentración de esfuerzos o fricción con otros metales, y de igual manera se indican las

dimensiones que deberán tener como límite, esto con el fin de mantener su confiabilidad.

Además de realizar mediciones, se revisaron puntos de corrosión sobre las superficies de las partes, y en cuerdas de tuercas y tornillos, teniendo muy en cuenta la tuerca glandular en la cual marca el manual, se deberán tener 13 cuerdas sin daño, o una aproximación en un área distribuida para asegurar la unión con el cilindro exterior, el eje de soporte de las llantas en sus extremos deberá tener un mínimo de 6 cuerdas sin daño para asegurar la tuerca de retención y en las levas inferior y superior no deberán presentarse cuarteaduras en su interior.

A través de esta inspección se encontró que los empaques y anillos del conjunto del cilindro interior los cuáles se encargan de mantener la presurización interna del amortiguador, de lubricar y limpiar su superficie, se encontraban con un desgaste excesivo que requirió su cambio, a lo cual se solicitó a la Compañía Mexicana de Aviación su consideración para proporcionar el material que estuviera dentro de sus posibilidades.

Como resultado de la inspección realizada se encontraron varios puntos de corrosión y de suciedad excesiva sobre las superficies de las partes por lo que se realizó otro proceso previo al ensamble el cuál consistió en darle un mantenimiento a todos los elementos del sistema. Para esto se hizo una limpieza profunda de las partes como se ilustra en la imagen No. 19, teniendo más en cuenta aquellas en las que se concentra fluido hidráulico y que por falta de uso el polvo y otros contaminantes se han impregnado, posteriormente lo que se hizo fue retirar la corrosión formada por la interacción de los metales con el medio ambiente que debido a la humedad presente se genera una reacción química que provoca su deterioro, otro tipo de corrosión que se presenta en las partes metálicas es la producida por acción galvánica en la que debido al contacto de dos metales diferentes que poseen distintos potenciales

eléctricos favorece a que actúen como ánodo y cátodo, siendo el ánodo el que presenta la corrosión.



Imagen No. 19 - Limpieza de las partes

A fin de prevenir que se vuelva a presentar corrosión galvánica en las partes que tienen contacto entre sí como son las del cilindro interior dentro del exterior, se utilizó un compuesto químico llamado MASTINOX para dar un recubrimiento que inhiba la corrosión entre los metales, además de proporcionar lubricación ante la fricción generada entre ellos.

El último paso que se realizó para concluir con el proceso de mantenimiento fue la remoción de la grasa, el polvo, y otros objetos como residuos metálicos, telas y plásticos que se encontraban sobre las superficies, en los actuadores, líneas hidráulicas y en las válvulas que se encuentran en el interior del compartimiento del tren de aterrizaje de nariz, esto con el fin de evitar que su acumulación provoque el desgaste y su mal funcionamiento en alguna de estas partes. En la imagen No. 20 se muestra el estado del compartimiento y de los actuadores después de haber realizado el mantenimiento.



Imagen No. 20 - Compartimiento del tren de aterrizaje de nariz

Uno de los avances que pudimos realizar durante este proceso, fue la identificación de las líneas hidráulicas originales del avión con el propósito de conocer su estado ya que como se había dicho anteriormente cuando la aeronave fue donada se sometió a un seccionado del fuselaje para su traslado a las instalaciones de la ESIME Ticomán, lo que posiblemente habría ocasionado la segmentación de las líneas hidráulicas desde el compartimiento del tren hacia las unidades de potencia de los diferentes sistemas hidráulicos. Para examinar la ubicación de los extremos de las líneas de presión y retorno se utilizó una pistola de aire colocada en la entrada y a través del sonido del aire presurizado se encontró la salida detrás de las paredes del compartimiento de carga delantero junto al depósito de agua potable como se puede observar en la imagen No. 21.

Realizando una inspección visual de éstas se llegó a la conclusión de que las líneas hidráulicas originales podrán ser utilizadas en el sistema propuesto, ahorrando los gastos y el tiempo de trabajo necesario para instalar una nueva red de líneas hidráulicas.



Imagen No. 21 - Líneas hidráulicas

El espacio en el que se encuentra la salida de las líneas tiene las dimensiones necesarias para ubicar algunos componentes del sistema hidráulico tal como bomba, depósito y sistema de enfriamiento.

Una vez concluidas todas las tareas de identificación y mantenimiento de las partes que forman el sistema, se procedió a realizar el último proceso de esta primera fase en la que se ensamblara e instalara la pierna del tren de nariz dentro del compartimiento.

Para efectuar el ensamble se consulto el manual de overhaul (OHM) en su sección 32-22-04 la cual indica el procedimiento de ensamble del amortiguador del tren de aterrizaje de nariz, además de contar con la asesoría de mecánicos

especializados de la Compañía Mexicana de Aviación que con su experiencia brindaron explicaciones y consejos muy útiles para facilitar el ensamblaje.

Tomando como referencia la separación por grupo de las partes que se realizó en la clasificación, se comenzó por el ensamble del conjunto del cilindro interior que por su número de elementos podría resultar el más complejo. El procedimiento se realizó de la siguiente manera.

El primer paso del ensamble fue colocar la varilla reguladora dentro del cilindro interior como lo muestra la imagen No. 22, ésta es la encargada de controlar la extensión del amortiguador cuando se comprime debido al impacto y al peso del avión durante el aterrizaje y el rodaje haciendo que la presión de descompresión sea lenta y controlada.

En el extremo inferior de la varilla se colocan dos anillos separados por un empaque, seguido por el mamparo de división del cilindro, poniendo una capa de grasa se introduce en el interior del cilindro hasta que el extremo salga por el orificio al fondo del cilindro. Una vez que la varilla se encuentra instalada seguimos con el ensamble de los elementos en el exterior del cilindro.



Imagen No. 22 - Varilla reguladora

El primer elemento es la tuerca glandular (gland nut) que tiene la función de soportar todo el conjunto de empaques y anillos dentro del amortiguador, a esta se le deberá aplicar un compuesto anti-corrosivo (Mastinox) en las cuerdas, después de colocar la tuerca en el cilindro se colocan juntos un anillo adaptador, un scraper, una arandela y un cojinete inferior que removerán las partículas contaminantes sobre el cilindro evitando que entren al amortiguador.

Ya colocados este arreglo de tuercas y empaques se continua el armado del siguiente arreglo que se forma por el portaempaques, en la imagen No. 23 se observa en su interior el empaque dinámico llamado así porque tendrá durante el desplazamiento del cilindro interior contacto directo con la superficie de éste. En la parte superior de la cara exterior se encuentran dos empaques estáticos que tendrán como función evitar la fuga de presión del cilindro. En caso de una falla del tren de aterrizaje por fuga de presión debido al desgaste del empaque dinámico, se cuenta con dos empaques de reserva colocados sobre el lado inferior, los cuáles se colocan en el interior relevando la función del empaque dañado, teniendo en cuenta que su uso es temporal y se deberá cambiar una vez que se realice el servicio de mantenimiento.



Imagen No. 23 - Portaempaques

Armado todo este sub-ensamble se pone una capa de lubricante sobre ambas caras del portaempaques y se coloca en el cilindro.



Imagen No. 24 - Conjunto de empaques sobre el cilindro interior

Arriba del portaempaques se coloca la leva inferior fija que sirve como límite de la extensión del amortiguador y en seguida va la leva superior móvil que se desplaza en la carrera de compresión y expansión del amortiguador. Por último se coloca el cojinete superior sobre la leva móvil y la tuerca de retención para asegurar todos los elementos.

La imagen No. 25 muestra el cilindro interior una vez que el ensamblaje de las partes se ha realizado completamente.

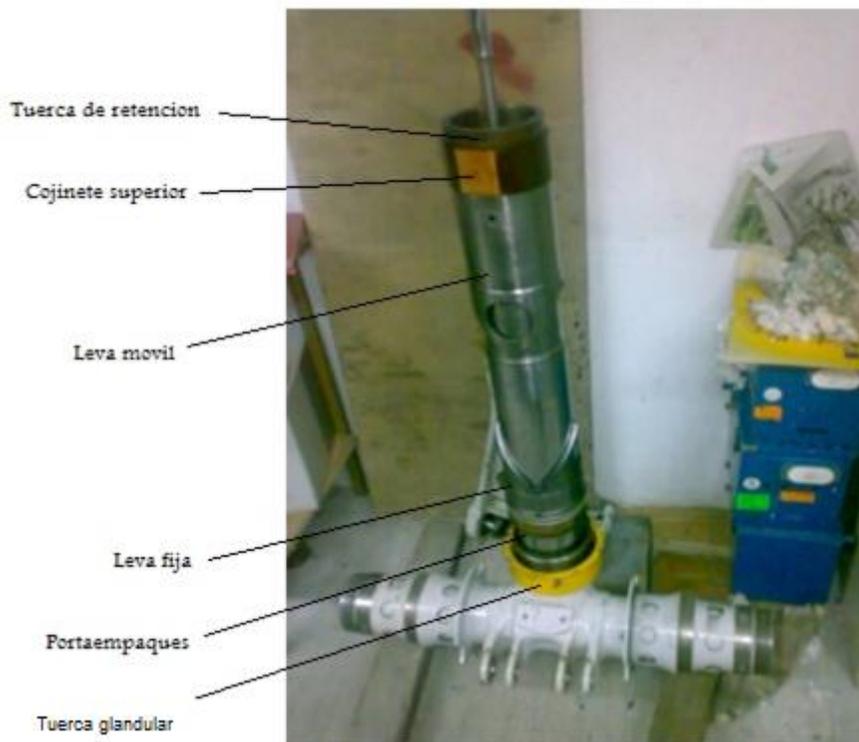


Imagen No. 25 - Ensamble del cilindro interior

Durante el proceso de ensamblaje se presento un problema; cada una de las levas lleva en sus extremos unas guías que entran en unos canales del cilindro exterior en el caso de la leva inferior y la leva superior se fija en los canales del cilindro interior, durante el proceso de identificación no se clasificaron éstas guías debido a que en los diagramas del Catálogo Ilustrado de Partes no se muestran con detalle este tipo de piezas.

Estas guías tienen una función muy importante en cuanto a la seguridad durante la operación principalmente cuando el tren se encuentre en su proceso de retracción, el amortiguador se extiende completamente haciendo que las levas se fijen y que las ruedas entren alineadas al compartimiento. Debido a este inconveniente el proceso de ensamble tuvo que suspenderse, hasta que podamos contar con estas partes faltantes.

Ya que en los manuales con los que se cuenta no se indican las especificaciones de estas guías con el fin de fabricarlas para resolver este inconveniente, se tomó la leva como molde para hacer una guía de muestra a base de resina poliéster, y a partir de ésta y de las medidas obtenidas de los canales dentro de los cuales irán colocadas se pueda llevar a cabo su manufactura con la ayuda del taller de procesos.



Imagen No. 26 - Proceso para obtener guía muestra

En la imagen No. 26 se observa el proceso que se utilizó para hacer la guía muestra, el cuál una vez que se preparó la leva para usarla como molde, se mezcló la resina poliéster con el catalizador y posteriormente se vertió dentro del molde, después del tiempo que la resina se endureció se procedió a desmoldar y así se obtuvo finalmente la guía. Utilizando un calibrador vernier se tomaron las medidas del ancho y largo de la guía, y la profundidad de los canales a fin de tener las medidas exactas para su fabricación.

A partir de este último proceso se obtuvieron las guías y se concluyó el ensamble del cilindro interior con la colocación de éstas dentro de los canales fijando la rotación de la leva móvil sobre el cilindro.



Imagen No. 27 - Guías de la leva superior

Ya realizado el ensamblaje total del primer grupo, se continuó con el proceso del cilindro exterior donde la mayoría de sus partes ya se encontraban ensambladas.

El primer paso de este proceso requirió darle un mantenimiento a las partes, el cuál consistió en retirar la corrosión formada en las superficies metálicas que no tienen un recubrimiento y que el medio ambiente ha provocado la oxidación de éstas (Imagen No. 28), también se realizó la limpieza del interior del cilindro para retirar polvo y otros contaminantes.



Imagen No. 28 - Mantenimiento del cilindro exterior

El mantenimiento consistió de igual forma, en realizar una inspección del tubo de orificios que se encuentra en el interior del cilindro ya que su función de controlar la expansión del amortiguador en conjunto con la varilla reguladora es de suma importancia. En su extremo superior se encuentra localizada la glándula a través de la cual se desplaza la varilla y que tiene como función evitar la fuga de aceite presurizado al exterior.



Imagen No. 29 - Tornillo de sujeción del tubo de orificios

Mediante la inspección se encontró que los empaques que se encuentran en la glándula, presentaban un desgaste excesivo por lo que se requirió extraer el tubo de orificios con el motivo de cambiar estos empaques. Para remover el

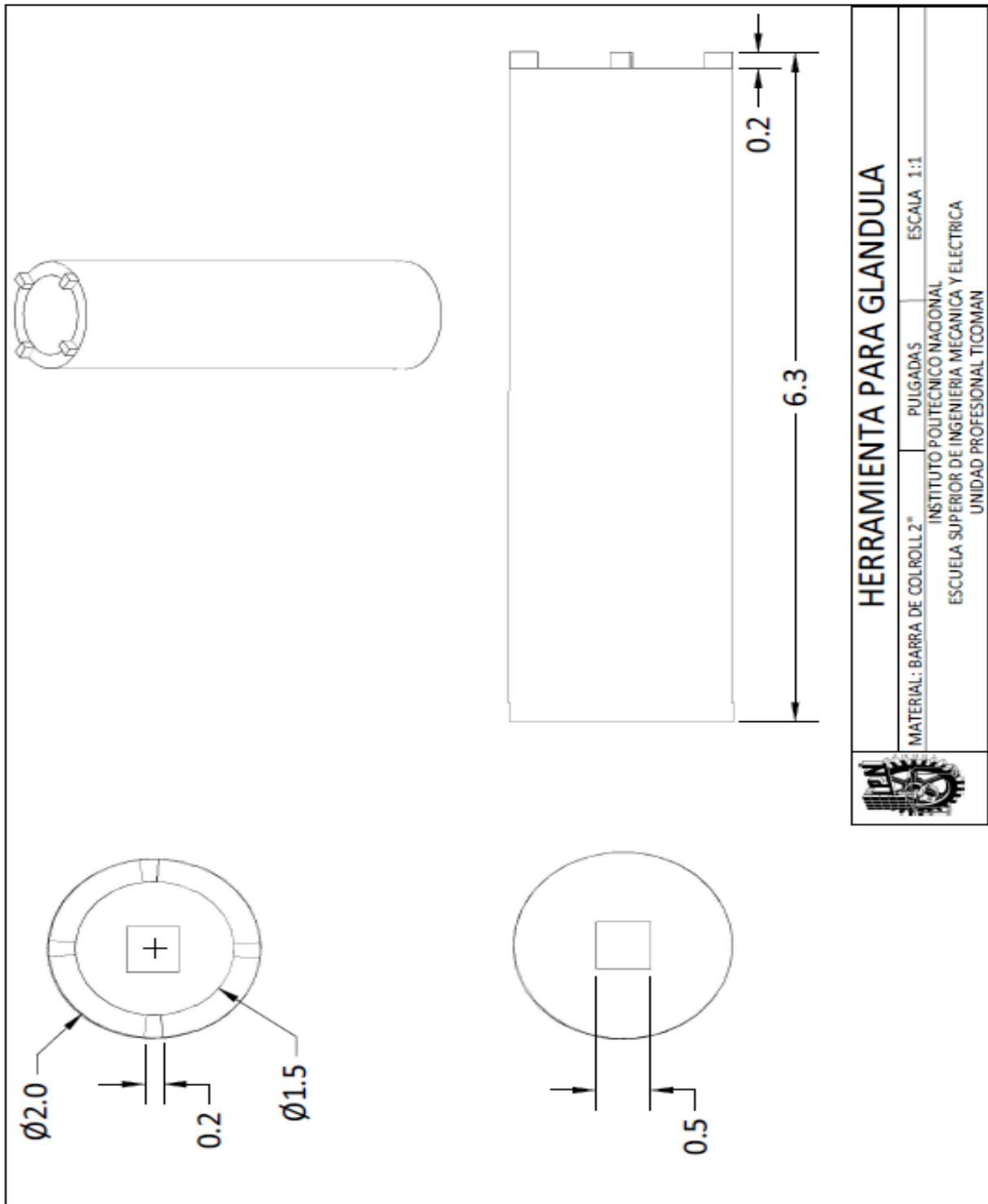
tubo se quitó el tornillo de sujeción (Imagen No. 29) y posteriormente con una barra de aluminio se empuja desde la parte superior para retirarlo.

Para poder remover la glándula y retirar los empaques fue necesario fabricar una herramienta especial cuyas especificaciones fueron proporcionadas por la Compañía Mexicana de Aviación, y consiste en un tubo de acero de 2 pulgadas de diámetro con cuatro puntas alrededor del contorno formando una cruz y en su extremo opuesto una entrada de media pulgada para colocar un maneral.



Imagen No. 30 - Herramienta fabricada

El esquema No. 2 muestra el plano isométrico que fue utilizado para manufacturar la herramienta para dar servicio a la glándula del tubo de orificios.



Esquema No. 2 – Herramienta para glándula



Imagen No. 31 - Tubo de orificios y glándula

Antes de remover la glándula se tuvo que remojar previamente el tubo en petróleo para despegar la grasa que con el tiempo y el ambiente se seca y provoca que se sellen las cuerdas, antes de esto se retiraron los empaques externos para prevenir que se expandan en contacto con el petróleo. Una vez removida se limpio completamente el tubo y la glándula colocando anticorrosivo sobre las cuerdas, se cambiaron los empaques dinámicos y estáticos (Imagen No. 31), y se realizó su armado con ayuda de la herramienta dando el toque indicado en el manual de overhaul (OHM) de 120 – 140 lb-in.



Imagen No. 32 - Instalación del tubo de orificios

El siguiente paso fue instalar nuevamente el tubo dentro del cilindro alineándolo e introduciéndolo cuidadosamente hasta que los orificios tanto del tubo como del cilindro se alineen para introducir y apretar el tornillo de sujeción (Imagen No.32).

Ya concluido el ensamble del cilindro exterior, se inició el último proceso de esta primer fase en el cuál se instaló el tren de nariz dentro del compartimiento, realizándolo de la siguiente manera:

El primer paso fue preparar todas las partes de sujeción como son pernos, tuercas, rodamientos y chumaceras las cuales se limpiaron con petróleo para retirar la grasa y polvo concentrado, para posteriormente aplicar anticorrosivo a las cuerdas y lubricante a las superficies (imagen No. 33). Igualmente tener a la mano la herramienta que se utilizaría como dados de $\frac{1}{2}$ pulgada, $\frac{15}{16}$ de pulgada y $1 \frac{1}{16}$ de pulgada, maneral, matraca, desarmadores de cabeza plana, martillo de goma, mazo, espaciadores, gato de patín y gato de botella.



Imagen No. 33 - Preparación de las partes de sujeción

Por falta de equipo especializado para la instalación del tren de aterrizaje se tuvo que realizar de forma separada empezando con el cilindro exterior ya que los muñones del trunion son los elementos de soporte y de pivoteo de la pierna para llevar a cabo su retracción y extensión.



Imagen No. 34 - Instalación del cilindro exterior

Para empezar, se trasladó y se colocó el cilindro debajo del compartimiento alineando los muñones en referencia a la posición que llevarán, se pusieron los rodamientos en las chumaceras lubricándolos con grasa y posteriormente se subió el cilindro con la ayuda del gato de patín y un polín para colocar los

muñones dentro de las chumaceras, finalmente se fijaron con los pernos y tuercas dando el torque utilizando un dado de $1 \frac{1}{16}$ para la cabeza y uno de $\frac{15}{16}$ para la tuerca, en la imagen No. 34 se muestra esta serie de pasos.

La última tarea para concluir el proceso, fue introducir el cilindro interior dentro del exterior lo cual presentó ciertas dificultades debido a un daño en el cilindro que originó la abolladura de la superficie por lo que se hizo un rebajado del cojinete superior cuando fue desarmado anteriormente, esto con el fin de hacer un canal por el cual la abolladura fuera liberada permitiendo introducir sin problemas el conjunto del cilindro interior. Sin embargo, después de ser introducido surgió otro problema provocado por el anillo de bronce ubicado en el extremo del tubo de orificios que por causa de los esfuerzos durante su operación y a la falta de mantenimiento desde la desincorporación de la aeronave hasta ahora originó que se expandiera, y debido a esto el cilindro interior no podría ser introducido completamente por lo que se tuvo que sacar nuevamente el tubo de orificios para retirar este anillo que para fines didácticos no se requiere necesariamente (imagen No. 35).



Imagen No. 35 - Remoción de anillo de bronce

Resueltos estos problemas, se pudo introducir completamente el cilindro y por último el arreglo de anillos y portaempaques los cuáles debieron ser lubricados antes de introducirse, y utilizar dos espaciadores colocados en el interior de la

tuerca glandular para asegurar que la leva inferior, el portaempaques y los anillos entren alineados en el interior del cilindro (imagen No. 36).



Imagen No. 36 - Arreglo de leva inferior, anillos y portaempaques

Con el uso del gato de botella se fue introduciendo poco a poco el conjunto alineando la leva inferior a modo que las guías entraran en el canal del cilindro hasta que ambos extremos de los cilindros se encontraran juntos (imagen No. 37). Finalmente se fijaron apretando la tuerca glandular aplicando previamente anticorrosivo a las cuerdas, para completar su torque como no se cuenta con la herramienta especial para este tipo de tuercas fue necesario utilizar una barra de aluminio y mazo para girarla (imagen No. 38).



Imagen No. 37 - Proceso de ensamblado final



Imagen No. 38 - Torque de la tuerca glandular

Y con este último proceso se concluyó como se muestra en la imagen No. 39 la Fase 1 "Ensamblaje y montaje del tren de aterrizaje de nariz".



Imagen No. 39 - Ensamblaje y montaje total del tren de aterrizaje de nariz

4.2 - Fase 2. Propuesta del sistema hidráulico

Esta segunda fase del proyecto consiste en desarrollar la propuesta del sistema hidráulico, lo cuál es el objetivo principal de este proyecto.

Tomando como base los diagramas contenidos en los capítulos 29 y 32 de los manuales de la aeronave se delimitarán las líneas hidráulicas y los componentes necesarios para la operación del tren de aterrizaje de nariz y a partir de esto se diseñará una propuesta que asegure su correcto funcionamiento para fines didácticos.

A partir de la delimitación se obtuvo que las partes necesarias para formar un sistema hidráulico para realizar el ciclo de operación del tren de aterrizaje de nariz son:

- Bomba hidráulica.
- Motor.
- Líneas hidráulicas.
- Válvulas de control.
- Sistema de enfriamiento.
- Depósito.
- Filtros.
- Actuadores.

Con el análisis de la información, se optó por realizar dos propuestas las cuáles serán:

- A. Rehabilitar el sistema hidráulico "B" del avión.
- B. Proponer un nuevo sistema de potencia hidráulica y de control, basado en el sistema "B".

4.2.1 - Propuesta "A"

En esta propuesta se pretende rehabilitar uno de los tres sistemas hidráulicos que tiene el avión originalmente, siendo el sistema "B" debido a sus características de operación el que se podría utilizar haciendo una mínima adaptación para su funcionamiento independiente.

La rehabilitación de este sistema comprende utilizar los componentes de actuación, control, distribución y potencia originales que lo conforman, con esto se pretende realizar una simulación de la operación real de la retracción y extensión del tren de aterrizaje de nariz.

Para asegurar que se tenían los componentes necesarios, se utilizó en Manual de Mantenimiento de la Aeronave (AMM) y el Catálogo Ilustrado de Partes (IPC) para tener la ubicación y realizar una inspección visual de cada uno de éstos.

Los elementos encontrados que forman únicamente el sistema hidráulico para la operación del tren de aterrizaje son:

- Líneas hidráulicas de alta presión (presión).
- Líneas hidráulicas de media presión (retorno y alimentación).
- Válvula selectora.
- Válvula de alivio.
- Válvulas check.
- Depósito.
- Filtro de presión y retorno.
- Bomba hidráulica con motor eléctrico.
- Actuadores.
- Válvula reductora.
- Cilindro de transferencia.

La unidad de potencia para el funcionamiento del sistema consta de una bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico de uso aeronáutico, por lo cual para su operación se requiere de una corriente eléctrica regulada de 115 v de corriente alterna a 400 Hz que en condiciones de operación normal de la aeronave es producida por los generadores en los motores.

Para sustituir los elementos que generan la corriente eléctrica cuando la aeronave cuenta con todos los sistemas, se requiere un transformador de corriente con convertidor de frecuencia para producir una salida de corriente con las características para uso aeronáutico.

Descripción

Los componentes que forman el sistema hidráulico "B" cumplen una función durante el ciclo de operación del tren de aterrizaje por lo que es importante explicar las características de cada uno de estos.

Las líneas hidráulicas son los elementos que se encargan de distribuir el fluido presurizado desde la bomba hasta los demás componentes y de retornarlo hacia el depósito a través de tubería de acero o mangueras flexibles resistentes a la corrosión y las altas presiones. Las líneas de presión tienen un diámetro exterior de $\frac{3}{4}$ de pulgada, las líneas de alimentación de las bombas y las de retorno tienen un diámetro de $\frac{1}{2}$ de pulgada.

Las válvulas de control tienen la función de regular la presión, direccionar el flujo hacia los elementos de actuación, evitar los retornos de presión que puedan causar fallas o daños en el sistema, y de aislar la presión cuando no se requiera evitando el sobrecalentamiento del fluido y de la unidad de potencia.

Las válvulas de control que conforman el sistema son:

Válvulas check. Este tipo de válvulas son de accionamiento automático y su función es controlar el sentido de la circulación de la presión en la tubería. La circulación del fluido en el sentido deseado abre la válvula y al invertirse el flujo se cierra.

Válvula de alivio. Regula automáticamente la presión cuando se excede el límite abriéndose hasta liberar el exceso, manteniendo a un nivel constante la presión dentro del sistema.

Válvula selectora. Dirige la presión hidráulica a las líneas de extensión y retracción del tren de aterrizaje dependiendo de la operación que se desee mediante el movimiento de una palanca unida a un cableado de control como se observa en los diagramas de la imagen No. 40.

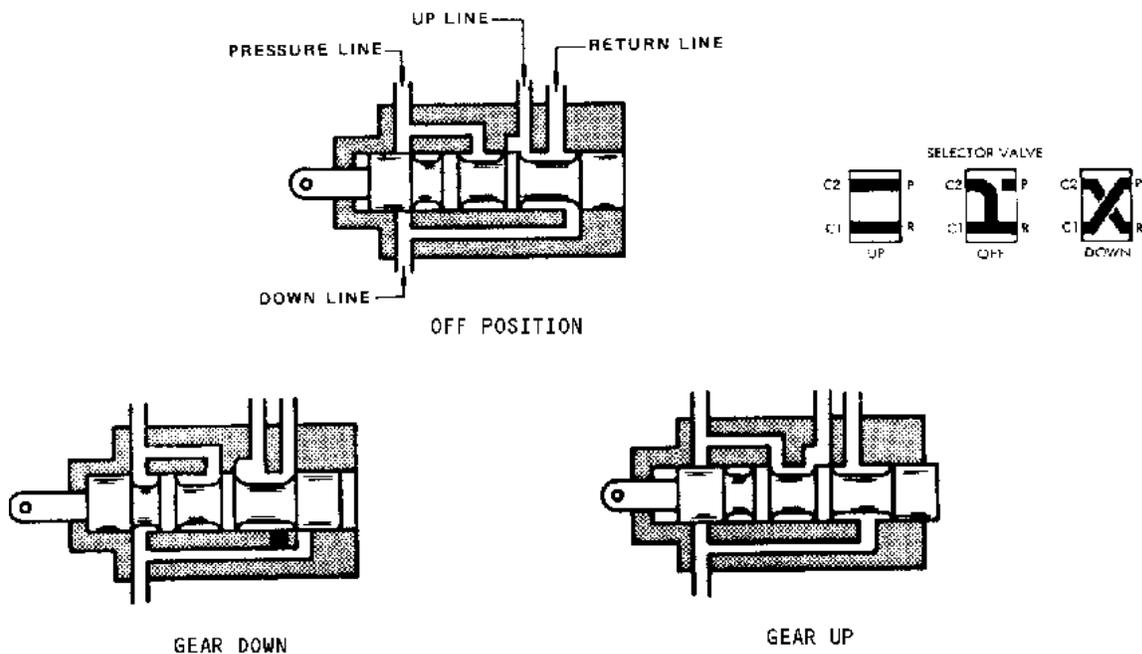


Imagen No. 40 - Válvula selectora

Cilindro de transferencia. Este cilindro equilibra la presión hidráulica en cada lado del pistón del actuador principal al inicio del ciclo de extensión para relevar la fuerza sobre el trunion del tren de nariz hasta que el seguro sea retirado.

El depósito consiste en un recipiente de metal presurizado con supresor de vórtices de flujo y puertos de suministro, retorno, drenado, sobrepresión, presurización, y línea de equilibrio. El depósito es presurizado a través de una válvula reguladora de presión y un filtro a 45 ± 5 psi para asegurar un suministro positivo de fluido a la bomba.

La unidad de potencia comprende un ensamble formado por una bomba centrífuga, una bomba de pistones con desplazamiento variable y un motor eléctrico. A partir de una presión de entrada de 45 psi la bomba tiene una salida aproximada de 6.3 gpm a 2700 psi operando a 5800 rpm.

Los actuadores consisten en un cilindro hidráulico principal con restricción de movimiento para amortiguar el movimiento cuando se aproxima a los límites de la retracción y extensión, el pistón tiene un diámetro de 2 pulgadas y una carrera de 15.46 pulgadas. El actuador del seguro es un cilindro hidráulico de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro y una carrera de 3 pulgadas.

El cilindro de transferencia equilibra la presión hidráulica en ambos lados del pistón del actuador principal durante un corto periodo al inicio del ciclo de extensión para neutralizar la fuerza del actuador hasta que el brazo de arrastre se haya desasegurado.

El sistema lleva instalados dos filtros, uno de presión y otro de retorno, los cuáles se emplean para el control de contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por el proceso de desgaste.

Diagrama

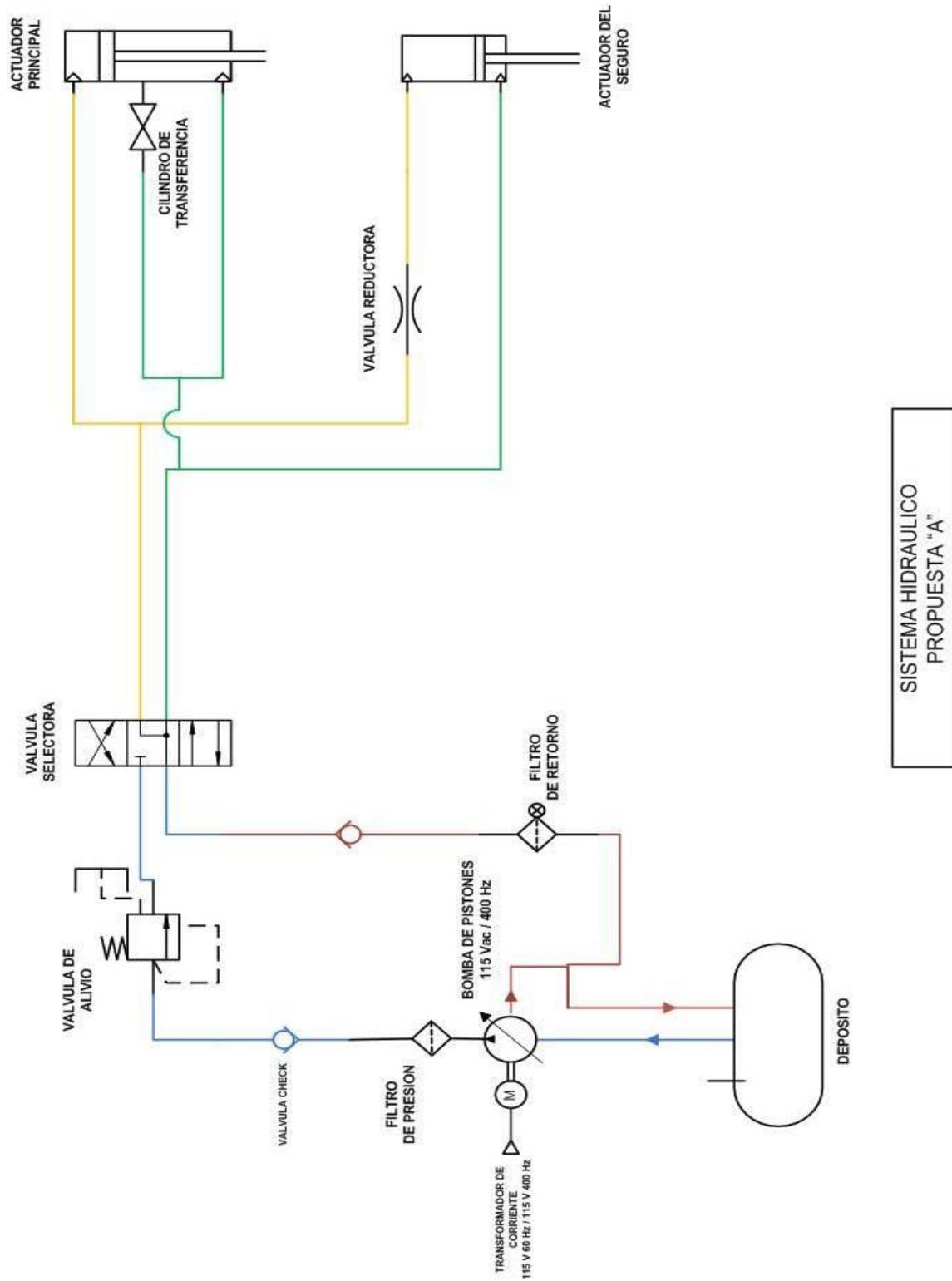
Refiriéndonos al diagrama mostrado en la imagen No. 41 la operación del sistema es la siguiente: el aceite hidráulico que se encuentra en el depósito se suministra a la bomba a través del puerto de entrada y pasa alrededor del motor hacia un anillo anti-remolino para remover la turbulencia del fluido inducida por la rotación del motor y dirigirlo hacia la bomba centrífuga donde es presurizado 15 psi sobre la presión de entrada, posteriormente el flujo entra a la bomba de pistones, la cual consiste en un conjunto de cilindros rotatorios con un ángulo de inclinación para generar un desplazamiento variable y controlar la presión de salida según se requiera en el sistema.

La línea de salida de la bomba dirige el flujo dentro del filtro de presión, a la salida del filtro una válvula check controlará el sentido del fluido. Una válvula de alivio en la línea de presión se encargará de regular la presión en caso de que exista una presión que exceda los 3000 psi haciendo un relevo del flujo hacia la línea de retorno.

La válvula selectora cuenta con 4 vías y tres posiciones, y la cuál se moverá a través de una palanca unida al cableado que lleva a la palanca de selección de posición del tren, cuando la palanca es colocada en la posición UP la válvula selectora se mueve a la posición de presión y retorno paralelos lo cual provoca que la presión entre hacia la línea de retracción dirigiendo la presión a los puertos de entrada del actuador principal y a través de la válvula reductora hasta el puerto del actuador del seguro, el cual se extenderá primero para romper el seguro geométrico y empezar el plegado del brazo de arrastre antes de que el actuador principal proporcione la fuerza sobre el trunion para retraer el tren. Cuando el tren ha llegado a su posición final de retracción, el actuador del seguro se extiende para asegurar el brazo de arrastre y mantener bloqueado el tren en su posición.

Para la extensión del tren ocurre el mismo proceso que en la retracción, sin embargo cuando la palanca es colocada en la posición DOWN la válvula selectora se coloca en la posición cruzada dirigiendo la presión hacia la línea de extensión, debido a la gravedad y al peso del tren la extensión se haría muy rápido lo que provocaría daños en algunos de los elementos estructurales y componentes del sistema, por lo que es necesario hacerlo de forma controlada por lo cual el actuador principal tiene un restrictor de flujo en su puerto de extensión para reducir el rango de actuación del pistón, el cilindro de transferencia se encuentra conectado entre el puerto de extensión y un tercer puerto para neutralizar la fuerza del actuador para retraerse antes de que se rompa el seguro geométrico, para hacer esto el cilindro de transferencia equilibra la presión en ambos lados del pistón reduciendo su movimiento por un periodo de tiempo.

Una vez que el flujo es dirigido a través de la línea de retorno hacia el depósito pasa por un filtro para eliminar contaminantes contenidos en el fluido debido al desgaste interno de algunos elementos o por partículas externas.



SISTEMA HIDRAULICO PROPUESTA "A"

Imagen No. 41 - Diagrama del sistema hidráulico de la propuesta "A"

4.2.2 - Propuesta "B"

Esta propuesta se basa en la operación del sistema utilizado anteriormente, se sustituirán algunos de los componentes por otros de tipo industrial con el fin de evitar la adaptación eléctrica de la bomba hidráulica.

Para esta propuesta se consideran como componentes útiles para evitar su remplazo los siguientes:

- Líneas hidráulicas de presión y retorno.
- Actuadores.

A fin de cambiar el sistema de control de posición que originalmente fuera a través de elementos mecánicos para realizar la selección de la dirección del flujo mediante la válvula selectora, se optó por sustituir ésta por una válvula direccional eléctrica que genera la misma función de forma eléctrica por medio de solenoides y de interruptores.

Debido al costo tan elevado que tendría adquirir una bomba de pistones, una alternativa fue cambiar el tipo de unidad de potencia por una bomba de paletas que sea capaz de generar las presiones establecidas originalmente.

Para semejar las características del sistema anterior se incluyó una válvula aisladora que evite que la presión sea introducida cuando ésta no se requiera al sistema reduciendo así el calentamiento del fluido y de los componentes, así mismo los filtros de presión y retorno requirieron cambiarse para asegurar su correcto funcionamiento.

Diagrama

A partir del diagrama mostrado en la imagen No. 43 el ciclo del fluido se llevará a cabo de la siguiente manera.

El fluido contenido en el depósito es suministrado a la bomba donde se aumentará su presión hasta alcanzar 2500 psi, el fluido de salida pasará a través de un filtro de presión hacia la válvula check asegurando su correcto sentido de circulación.

Al llegar a la válvula direccional, la presión pasará a través de ésta hacia la línea de extensión o de retracción según se haya elegido la posición UP o DOWN mediante el interruptor de selección que energizará el solenoide que desplace el carrete de la válvula en la posición que se requiera.

Cuando se ha seleccionado la posición de UP la presión pasa por la línea de retracción hacia el actuador del seguro haciendo que éste rompa el seguro e inicie el plegado de la barra de arrastre, una vez que la barra esta desasegurada la fuerza de extensión del pistón del actuador principal sobre el trunion ocasiona que la pierna gire y se retraiga dentro del compartimiento del tren de nariz. En la posición de DOWN la presión se dirige hacia la línea de extensión haciendo que en este caso el pistón del actuador principal se retraiga y gire el tren hasta quedar completamente extendido (imagen No. 42).

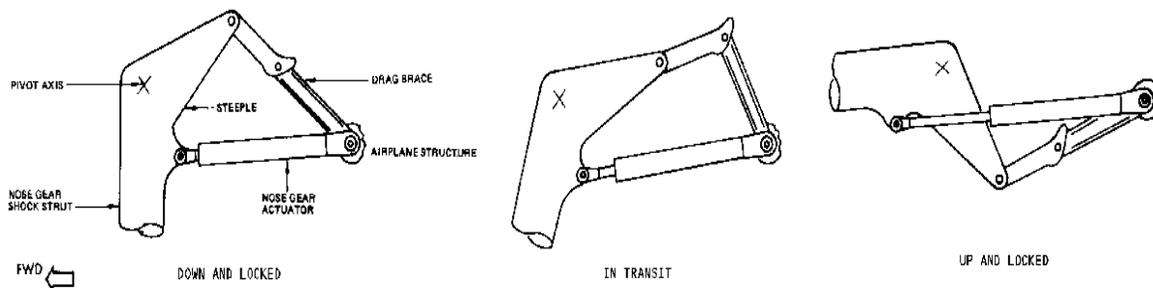


Imagen No. 42 - Extensión y retracción de la pierna

El flujo después de pasar a través de los actuadores pasa por la válvula direccional donde es dirigida hacia la línea de retorno, antes de entrar de vuelta al depósito pasa por un filtro de retorno para eliminar cualquier partícula contaminante presente en el fluido.

Cuando el sistema se encuentra en espera o se ha completado el ciclo de operación para evitar el calentamiento del fluido por el envío de presión al sistema cuando la válvula direccional se encuentra en su posición de cerrado, una válvula aisladora localizada en serie a la línea de salida de la bomba desvía el flujo hacia el depósito a través de la línea de retorno

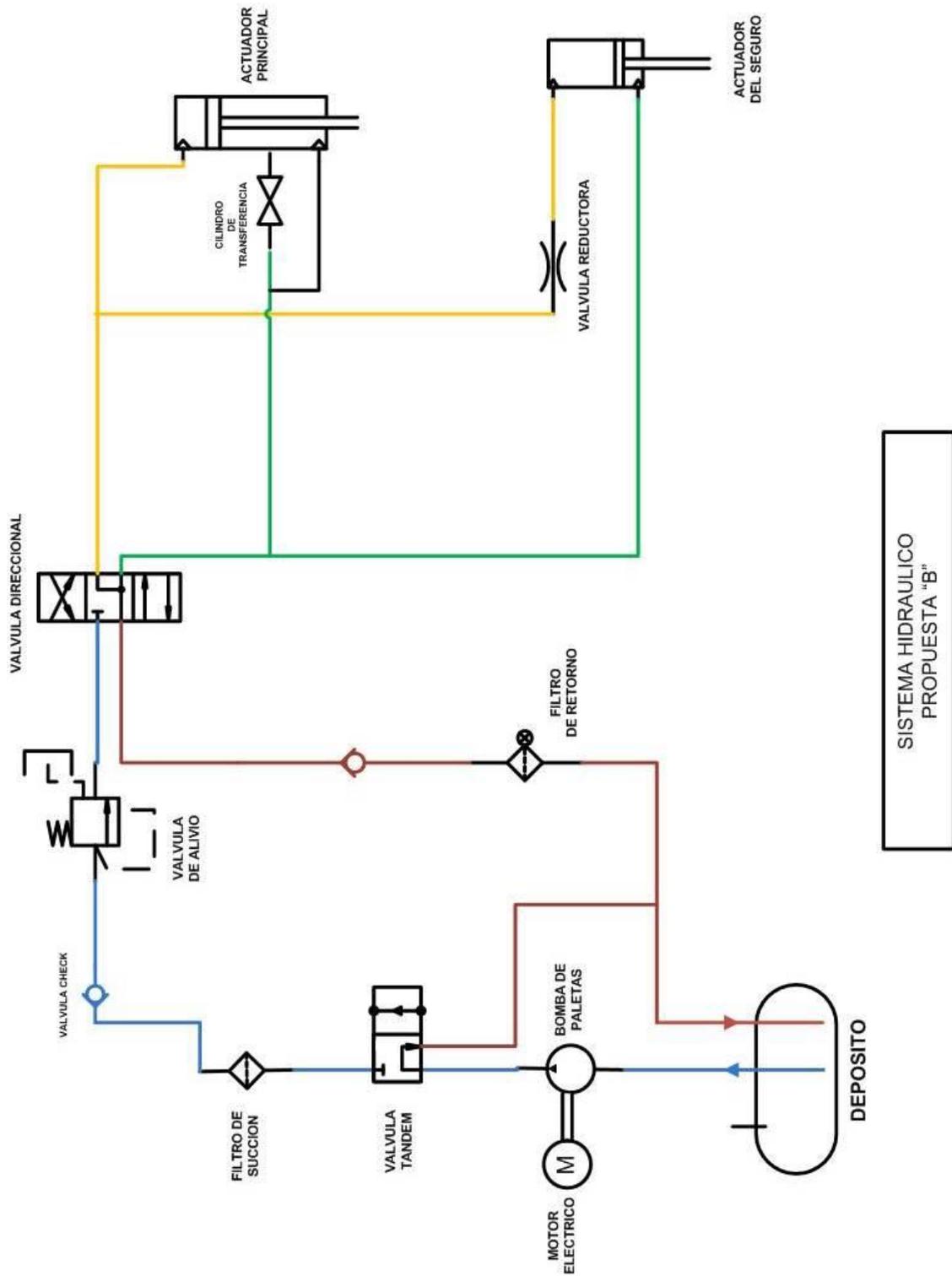


Imagen No. 43 - Diagrama del sistema hidráulico de la propuesta "B"

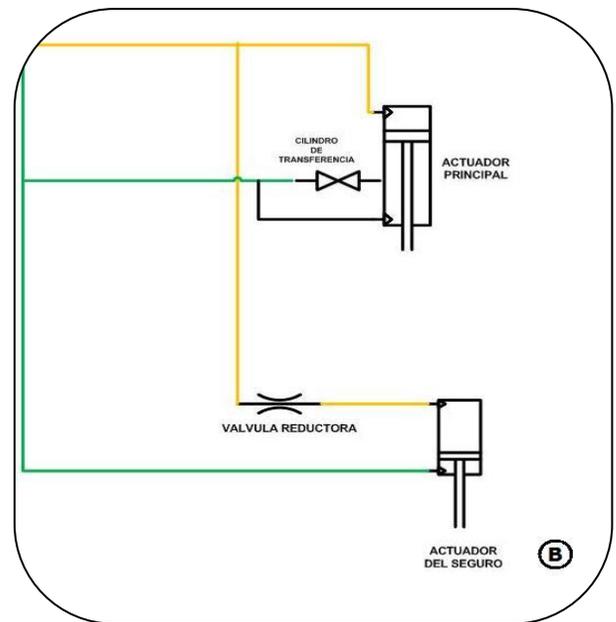
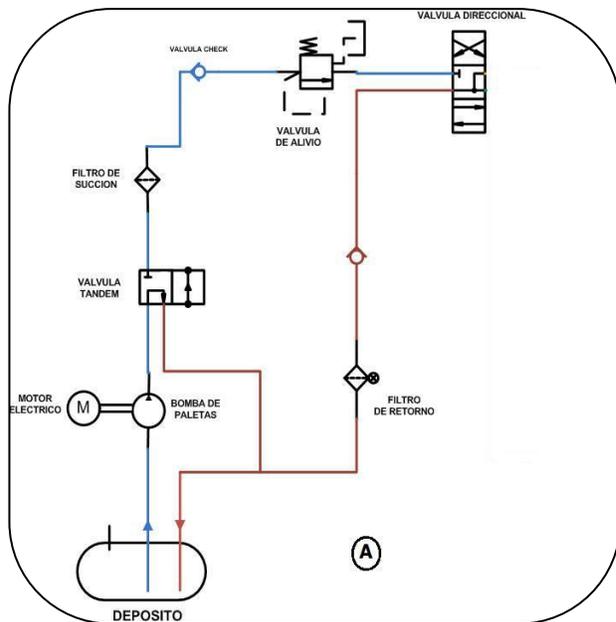
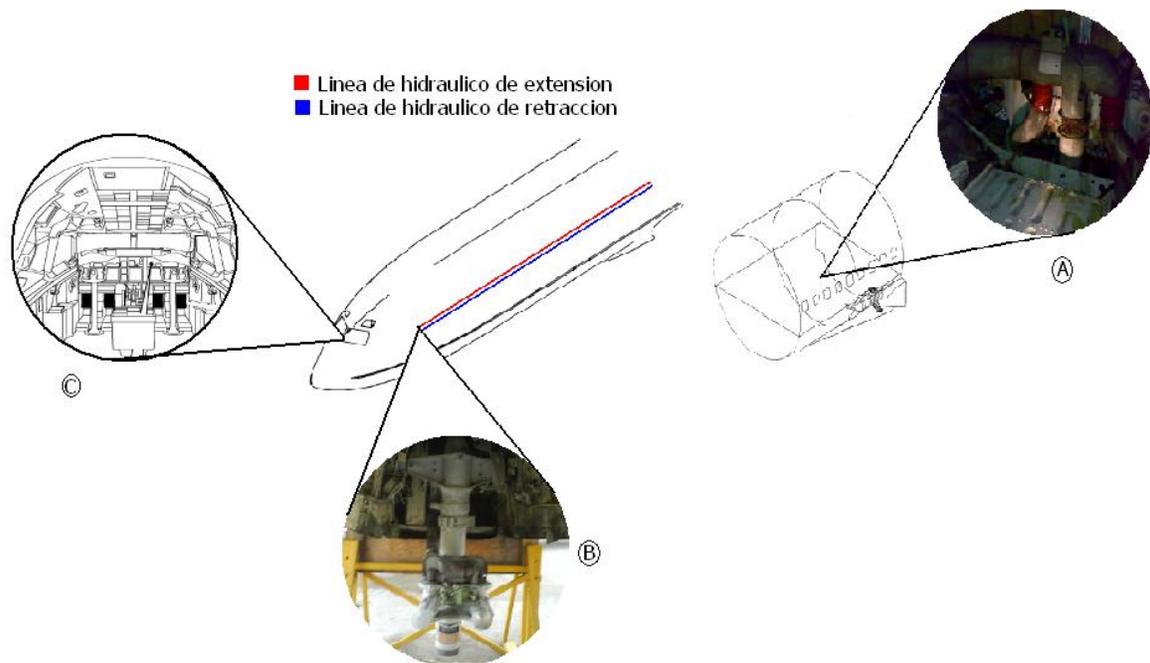


Imagen No. 44 - Diagrama de ubicación del sistema hidráulico

4.2.3 - Cálculo de la unidad de potencia

Para elegir la unidad de potencia del sistema hidráulico en la propuesta "B" se tomo en cuenta que la presión producida por las bombas del avión es la necesaria para accionar todos los sistemas operables hidráulicamente por los sistemas "A" o "B". A partir de la delimitación del sistema únicamente para operar el sistema del tren de aterrizaje de nariz la presión generada por la unidad de potencia requerida para el funcionamiento debe ser menor.

Con algunos datos obtenidos de los manuales se procedió a calcular la unidad de potencia con la cual el sistema hidráulico funcionará.

Datos:

Peso del tren de aterrizaje de nariz completo (F)=840 lb

Distancia entre la bomba y el actuador (d) = 14 m = 45.93 ft

Diámetro de la tubería de presión (D) = .75 in

Diámetro del actuador (D)= 2 in

Capacidad del depósito de hidráulico = 3.13 Gal.

El primer paso fue determinar el trabajo requerido para mover el tren de aterrizaje de nariz:

$$W = F d$$

Sustituyendo:

$$W = (840lb)(45.93ft)$$

Obteniendo:

$$W = 38581.2 \text{ lb ft}$$

Con el valor de trabajo W se obtiene la potencia:

$$P = \frac{W}{t}$$

Sustituyendo:

$$P = \frac{38581.2 \text{ lb ft}}{60 \text{ s}}$$

Obteniendo

$$P = 643.02 \text{ lb ft/s}$$

Teniendo que:

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ lb ft/s}$$

Al realizar la conversión obtenemos como resultado que la potencia necesaria para este sistema es de: 1.169 hp

Con este dato obtenemos que se requiere un motor con una potencia de 1.169hp para producir el trabajo necesario para levantar las 840lb que pesa la pierna del tren de aterrizaje de nariz.

El siguiente paso fue determinar la presión que debe generar la bomba para que la fuerza del pistón mueva el tren de nariz, para la cual es necesario determinar el área del actuador:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Sustituyendo:

$$A = \frac{(3.1416)(2in)^2}{4}$$

Obteniendo:

$$A = 3.1416 \text{ in}^2$$

Una vez obtenido el valor del área, determinamos el valor de la presión:

$$p = \frac{F}{A}$$

Sustituyendo:

$$p = \frac{840 \text{ lb}}{3.14 \text{ in}^2}$$

Obteniendo

$$p = 267.5 \text{ lb/in}^2$$

Igual a:

$$p = 267.5 \text{ psi}$$

Por último determinamos el caudal, para lo cual se necesita saber el valor del área de la tubería:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Sustituyendo:

$$A = \frac{(3.1416)(.75in)^2}{4}$$

Obteniendo:

$$A = 0.441in^2$$

Teniendo el valor del área de la tubería se determinó el caudal con:

$$Q = A \frac{D}{t}$$

Sustituyendo obtenemos que:

$$Q = 0.441in^2 \frac{551.17 in}{60 s}$$

Tenemos como resultado:

$$Q = 4.0527 in^3/s$$

Igual a:

$$Q = 0.0199 Gal/min$$

4.2.4 – Cotización

Para hacer la rehabilitación del sistema "B" como se explica en la propuesta "A", se requiere para hacer funcionar el motor que propulsa la bomba un transformador como el mostrado en la imagen No. 45 que convierta la energía de entrada de 115v/60Hz a una de 115v/400Hz.



Imagen No. 45 – Transformador de corriente alterna

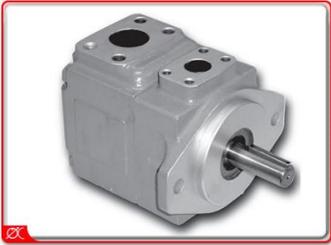
La cotización de un transformador de estas características es la siguiente.

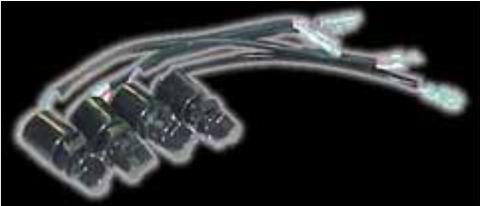
ITW MILITARY GSE CONVERTER 115Vac/400Hz

- INPUT 115 Vac 50 / 60 Hz
- OUTPUT 115 Vac 400 Hz 90A max
- ADAPTACIÓN 110/155 o 200/220 Vac

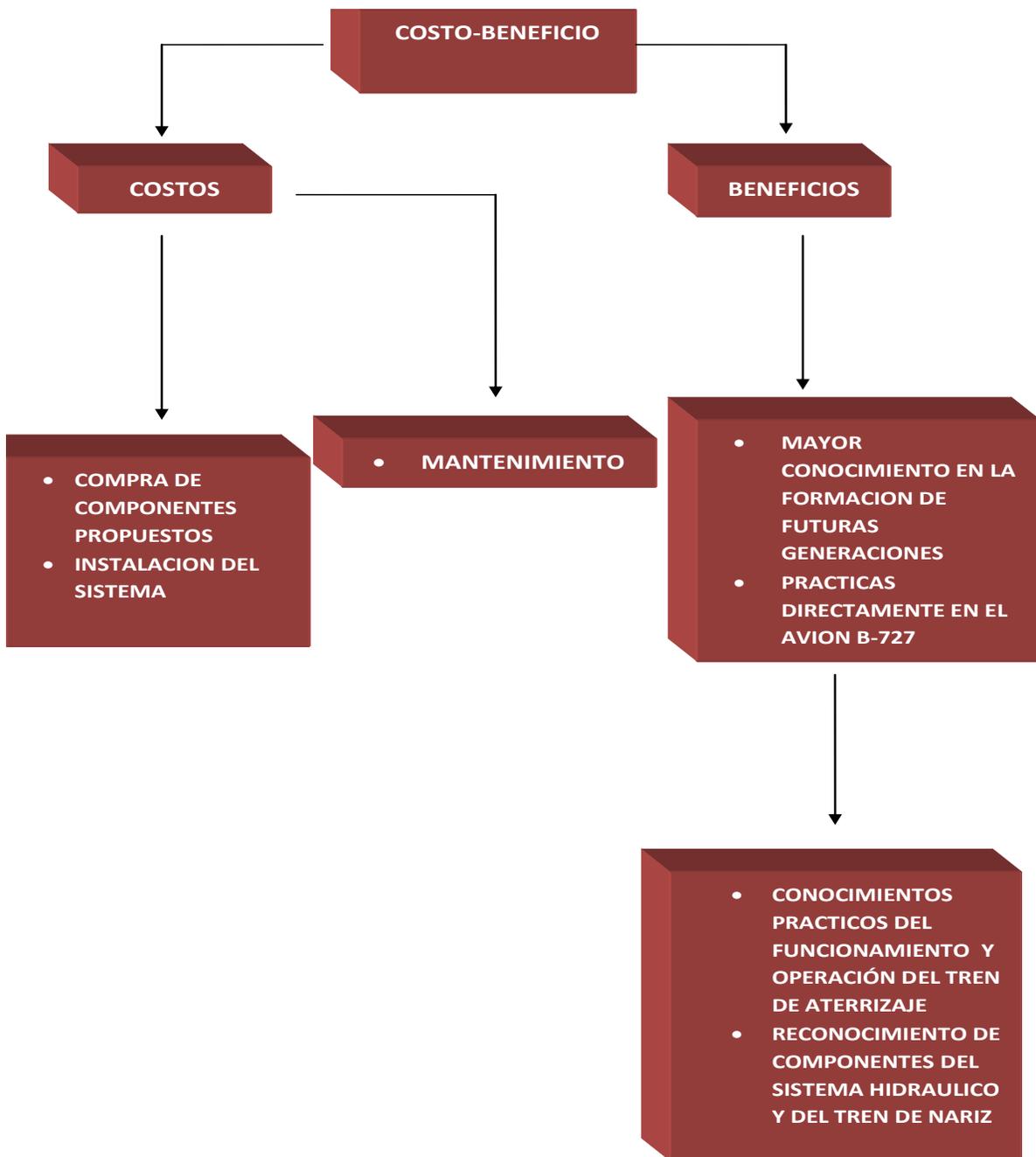
Costo de la unidad: \$13891.50

Los componentes que se requieren para realizar la conexión del sistema hidráulico en la propuesta "B" a partir de los cálculos realizados para la unidad de potencia tienen los siguientes costos mostrados a continuación:

	COMPONENTE	PRECIO
	Bomba de paletas 210-500 psi, 8gpm Marca : Vickers	\$1500.00
	Motor eléctrico 2Hp a 3680 rpm Marca: SIEMENS	\$1460.00
	Válvula direccional 120V,60 Hz MARCA: NORTHMAN MODELO SWH-G03-C2-A120-10	\$3000.00
	Válvula de alivio MARCA: NORTHMAN MODELO MRF03PK240	\$1800.00
	Filtro de Presión ¾" Marca: Donaldson Modelo: LPS04	\$500.00

	<p>Filtro de retorno 1/2"</p> <p>Marca: Donaldson</p> <p>Modelo: SP15/25</p>	<p>\$500.00</p>
	<p>Acoplamiento de ejes</p> <p>Marca : DELTEX-GSA</p>	<p>\$260.00</p>
	<p>Válvula aisladora</p> <p>Marca : EATON</p>	<p>\$1250.00</p>
	<p>SKYDROL Boeing Commercial Airplane Co.</p> <p>BMS 3-11</p> <p>5 galones</p>	<p>\$5900.00</p>
	<p>Modulo e interruptor de control de solenoides</p> <p>Marca : Schneider Co.</p>	<p>\$659.00</p>
<p>TOTAL</p>		<p>\$16 829.00</p>

4.3 - Análisis costo-beneficio



Esquema No. 3 – Costo – beneficio

CONCLUSIONES

En la realización de la propuesta del sistema hidráulico independiente, se requirió un análisis exhaustivo para conocer los componentes y funcionamiento del sistema del tren de aterrizaje de nariz.

Es importante conocer los sistemas del avión (códigos ATA), ya que todos los fabricantes de aviones clasifican de esta forma los manuales para agilizar la búsqueda y localización del componente o sistema a buscar. Cabe mencionar que para poder consultar dichos manuales se requiere el conocimiento del idioma inglés y de vocabulario técnico aeronáutico.

Durante las fases del proyecto se adquirió el aprendizaje en el manejo de manuales tales como: Manual de Mantenimiento (AMM), Manual de Overhaul (OHM) y el Catálogo de Partes Ilustradas (IPC), ya que se requiere saber consultarlos para poder realizar cada proceso realizado durante el proyecto.

En la fase del armado del tren se tuvieron problemas con empaques, ya que presentaban desgaste, por lo que se optó por acercarnos a la compañía Mexicana de aviación para pedir apoyo con una posible donación de los componentes. Dicha falta de componentes provocó un retraso significativo en los avances teóricos y prácticos del proyecto, por lo que no se podía concluir la fase de armado. La compañía Mexicana de Aviación apoyó en todo momento este proyecto al hacer la donación de los empaques faltantes.

Otro problema que surgió en dicha fase fue la falta de herramienta especial, por lo que Mexicana de Aviación facilitó el acceso a sus instalaciones para tomar medidas de la herramienta y poderla manufacturar en los laboratorios internos de la ESIME Ticomán.

Dentro de la fase de armado se adquirió un amplio conocimiento en el manejo de manuales, funcionamiento mecánico de cada componente, así como la identificación de estos.

Para el diseño del sistema hidráulico independiente, se requirió el análisis del funcionamiento del sistema, así como de cada componente que lo conforma. Dentro del análisis se realizó el cálculo de la presión necesaria de la bomba hidráulica y la potencia necesaria del motor eléctrico para operar la bomba hidráulica, esto se hizo tomando en cuenta las pérdidas que pudiera tener el sistema debido a la longitud de las líneas hidráulicas.

La propuesta de componentes se hizo en base al cálculo de presión para la bomba hidráulica y el cálculo potencia para el motor eléctrico, para la elección de válvulas se realizó el análisis funcional de los componentes que conforman el sistema original y en la presión que proporcionara la bomba.

La propuesta que se hace en este proyecto, garantiza la operación y funcionalidad del tren de nariz, utilizando los componentes mencionados ya que se tomaron en cuenta pérdidas en presión y potencia.

BIBLIOGRAFÍA

La información técnica utilizada para el desarrollo de este proyecto se basó principalmente en la descrita en los manuales de la aeronave Boeing 727, los cuáles se citan a continuación.

Boeing Aircraft Co. (1982). Aircraft Maintenance Manual "Chapter 29 – Hydraulic Power". USA: Boeing

Boeing Aircraft Co. (1981). Aircraft Maintenance Manual "Chapter 32 – Landing Gear". USA: Boeing

Boeing Aircraft Co. (2004). Illustrated Parts Catalog "Chapter 29 – Hydraulic Power". USA: Boeing

Boeing Aircraft Co. (2004). Illustrated Parts Catalog "Chapter 32 – Landing Gear". USA: Boeing

Boeing Aircraft Co. (2004). Overhaul Manual "Chapter 32 – Landing Gear". USA: Boeing

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

A	Área
AMM	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
D	Diámetro
d	Distancia
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil (México)
EASA	European Aviation Safety Agency (Europa)
F	Peso
FAA	Federal Aviation Administration (EEUU)
ft	Pies
Gal.	Galones
gpm	Galones por minuto
hp	Caballos de potencia
Hz	Hertz
in	Pulgadas
IPC	Catalogo Ilustrado de Partes
lb	Libra

min	Minutos
NDT	Pruebas No Destructivas
OHM	Manual de Overhaul
P	Potencia
p	Presión
psi	Libra por pulgada cuadrada
Q	Caudal
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundos
SRM	Manual de Reparaciones Estructurales
t	Tiempo
V	Volts
Vac	Volts de corriente alterna
W	Trabajo
WDM	Manual de Diagramas Eléctricos

GLOSARIO DE TÉRMINOS

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

Avión jet: Se les denomina a las aeronaves cuya propulsión se genera a través de motores a reacción.

Bomba centrífuga: Es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio el cual cuenta con alabes que conducen el fluido y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia la línea de salida o a la siguiente etapa de la bomba.

Bomba de pistones: Es una bomba hidráulica formada por un conjunto de pistones que van subiendo y bajando de forma alternativa a partir del movimiento rotativo del eje, de forma que mientras unos aspiran el fluido, otro lo están impulsando, consiguiendo así un flujo mas continuo y menos pulsante, este tipo de bombas se utilizan cuando se requieren caudales muy grandes o el fluido es altamente viscoso.

Deposito: Recipiente de metal presurizado con supresor de vórtices de flujo y puertos de suministro, retorno, drenado, sobrepresión, presurización, y línea de equilibrio.

Elevadores: Son superficies móviles ubicadas en la parte trasera del estabilizador horizontal cuya función es hacer rotar al avión en torno a su eje "Y", permitiendo el ascenso y descenso en el aire.

Flaps: Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala. Situados en la parte interior trasera de las alas, se deflecan hacia abajo de forma simétrica, en uno o más ángulos, con lo cual cambian la curvatura del perfil del ala, la superficie alar y el ángulo de incidencia, con lo cual aumenta la sustentación.

Fuselaje: Es la parte principal de un avión; en su interior se sitúan la cabina de mando, la cabina de pasajeros y las bodegas de carga, además de diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir el avión. También, sirve como estructura central a la cual se acoplan las demás partes del avión, como las alas, el grupo motopropulsor y el tren de aterrizaje.

Inspección visual: Es una revisión visual que se realiza en partes o secciones de la aeronave, para detectar alguna anomalía en base a su condición o parámetros marcados por el fabricante.

Líneas hidráulicas: Se les llama así a todas las tuberías sólidas o flexibles por las cuales fluye el fluido hidráulico a través de todo el sistema.

Mastinox: Compuesto anticorrosivo dieléctrico.

Overhaul: Es la reparación mayor que implica el desarme, limpieza, inspección, reparación y ensayo de una aeronave, componente, motor de aeronave, hélice, o accesorio, usando métodos, técnicas y prácticas aceptables para la autoridad de acuerdo con datos técnicos aprobados para ésta, desarrollados y documentados por titulares de certificado de tipo, certificado tipo suplementarios o de aprobaciones de fabricación de partes.

Scraper: Es un tipo de empaque cuya función es limpiar la superficie del cilindro.

Semi-ala: Cuerpo individual de perfil aerodinámico capaz de generar una diferencia de presiones entre su intradós y extradós al desplazarse por el aire lo que, a su vez, produce sustentación, ubicado en cada uno de los extremos izquierdo y derecho del fuselaje

Slats: Son superficies flexibles aerodinámicas auxiliares situadas en el borde delantero o de ataque del ala, que funcionan automáticamente en algunos aviones o controlados por el piloto en otros. La función de los slats, al igual que los flaps, es alterar momentáneamente la forma del ala durante el despegue y el aterrizaje para aumentar la sustentación, además de facilitar el control del movimiento lateral del avión.

Spoilers: Los spoilers o frenos de aire son también superficies flexibles consistentes en dos tiras de metal colocadas sobre la superficie superior de cada ala. Cada spoiler opera de forma independiente durante el vuelo para controlar el movimiento lateral del avión o hacerlos funcionar de forma conjunta para que actúen como frenos de aire una vez que el avión aterriza.

Timón de dirección: Superficie móvil ubicada en el borde trasero del estabilizador vertical, la cual proporciona dirección hacia los lados izquierdo y derecho haciendo girar al avión sobre su eje "Z".

Tren de aterrizaje: Es el sistema de la aeronave encargada de absorber la energía cinética producida por el contacto entre la aeronave y la pista durante la fase de aterrizaje, además de soportar la carga durante el rodaje, despegue y aterrizaje.

Tuerca glandular: Es la tuerca que une el cilindro exterior con el interior, sosteniendo dentro del amortiguador el conjunto de empaques, anillos y levas.

Válvula check: Este tipo de válvulas son de accionamiento automático y su función es controlar el sentido de la circulación de la presión en la tubería. La circulación del fluido en el sentido deseado abre la válvula y al invertirse el flujo se cierra.

Válvula de alivio: Regula automáticamente la presión cuando se excede el límite abriéndose hasta liberar el exceso, manteniendo a un nivel constante la presión dentro del sistema.

Válvula selectora: Dirige la presión hidráulica a las líneas de extensión y retracción del tren de aterrizaje dependiendo de la operación que se desee mediante el movimiento de una palanca unida a un cableado de control.

Válvulas: Son dispositivos cuya función es controlar, direccionar, censar y bloquear el suministro de fluido dentro de un sistema hidráulico.