



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

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

**TEMA: " COMPROBACIÓN DEL UMBRAL DE LA VÁLVULA
DE DESCARGA DEL MOTOR MAQUILA 1ª DE LA
AERONAVE SÚPER PUMA AS 332B PERTENECIENTE A LA
FLOTA DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE
PRUEBAS"**

AUTOR: RIVERA PADILLA, JAIRO FERNANDO

DIRECTOR: TLGO. SARMIENTO RAMÍREZ, ROLANDO PATRICIO

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“COMPROBACIÓN DEL UMBRAL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL MOTOR MAQUILA 1ª DE LA AERONAVE SÚPER PUMA AS 332B PERTENECIENTE A LA FLOTA DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS”*** realizado por el señor ***RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor ***RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Marzo de 2017

Tlgo. Sarmiento Ramírez, Rolando Patricio
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO**, con cédula de identidad N°172219543-3, declaro que este trabajo de titulación “**COMPROBACIÓN DEL UMBRAL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL MOTOR MAQUILA 1ª DE LA AERONAVE SÚPER PUMA AS 332B PERTENECIENTE A LA FLOTA DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Marzo de 2017

RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO

C.C. 172219543-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de *titulación* **“COMPROBACIÓN DEL UMBRAL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL MOTOR MAQUILA 1ª DE LA AERONAVE SÚPER PUMA AS 332B PERTENECIENTE A LA FLOTA DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Marzo de 2017

RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO

C.C.172219543-3

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

RIVERA PADILLA JAIRO FERNANDO

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Fernando y Ginna por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir

A la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi director de tesis, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 PROGNOSIS	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.5.2 ESPECÍFICOS.....	4
1.6 ALCANCE	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1 GENERALIDADES DEL HELICÓPTERO SÚPER PUMA AS 332B	5
2.2 HISTORIA.....	5
2.3 DISEÑO Y DESARROLLO	5
2.4 DATOS TÉCNICOS	6
2.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LA AERONAVE	7
2.6 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR MAKILA 1 ^a	7
2.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR MAKILA 1 ^a	8
2.6.2 CONSTITUCIÓN DEL MOTOR MAKILA 1 ^a	9
2.7 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	10
2.7.1 ADMISIÓN	11
2.7.2 COMPRESIÓN	11
2.7.3 COMBUSTIÓN	11
2.7.4 EXPANSIÓN.....	11
2.7.5 ESCAPE	12
2.8 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO M01	12

2.8.1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL MÓDULO M01	13
2.9 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO M02	14
2.9.1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL MÓDULO M02	15
2.10 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO M03	16
2.10.1 TURBINA GENERADORA DE GAS	17
2.11 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO MO4	18
2.11.1 COMPONENTES PRINCIPALES	19
2.12 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO MO5	19
2.13 COMPONENTES FUNCIONALES.....	20
2.13.1 ESCAPE	20
2.13.1.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA TOBERA DE ESCAPE:..	20
2.13.2 ÁRBOL DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	21
2.14 ACCIONAMIENTO DE LOS ACCESORIOS	22
2.15 SISTEMA DE AIRE.....	23
2.16 CIRCUITO DE AIRE INTERNO DEL MOTOR	23
2.16.1 AIRE DE COMBUSTIÓN.	23
2.16.2 PRESURIZACIÓN DE LOS LABERINTOS	23
2.16.3 ENFRIAMIENTO.....	24
2.17 VÁLVULA DE DESCARGA.....	25
2.17.1 COMPONENTES DE LA VÁLVULA DE DESCARGA	25
CAPÍTULO III.....	26
3.1 PRELIMINARES	27
3.1.1 PROCEDIMIENTOS A SEGUIR ANTES DE REALIZAR LA COMPROBACIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA	27
3.2 MANTENIMIENTO USUAL DEL CIRCUITO DE AIRE	28
3.3 DESMONTAJE, MONTAJE DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.....	28
3.4 VERIFICACIÓN DEL FILTRO DE AIRE DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.	29
3.5 LIMPIEZA Y CONTROL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA	30
3.5.1 LIMPIEZA.	31
3.5.2 CONTROL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.	31
3.6 CONTROL DEL UMBRAL DE APERTURA Y DE CIERRE.....	33
3.7 AJUSTE DEL UMBRAL DE APERTURA Y/O REEMPLAZO DEL FUELLE DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.....	34
3.8 CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	36

3.8.1 CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO METÁLICO DEL BANCO DE PRUEBAS	36
3.8.2 INSTALACIÓN DE LAS LÁMINAS DE ALUMINIO A LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL BANCO DE PRUEBAS	37
3.8.3 INSTALACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL DE CONTACTO ABIERTO/CERRADO.....	38
3.8.4 INSTALACIÓN DE LA LÁMINA DE MADERA SOBRE EL SOPORTE METÁLICO.....	39
3.8.5 INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.....	40
3.8.6 INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA DE MANDO NEUMÁTICO.....	42
3.8.7 INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE RETORNO A LA TOMA DE AIRE DE DESCARGA DE LA VÁLVULA	43
3.8.8 INSTALACIÓN DEL SURTIDOR.....	44
3.8.9 INSTALACIÓN DE LOS MANÓMETROS	44
3.9 ANÁLISIS ECONÓMICO.	46
3.9.1 RECURSOS	46
3.9.2 COSTOS PRIMARIOS.....	46
3.9.3 COSTOS SECUNDARIOS.....	47
3.10 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA LA COMPROBACIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.....	48
CAPÍTULO IV	52
4.1 CONCLUSIONES	52
4.2 RECOMENDACIONES	52
4.3 DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos técnicos del helicóptero Super Puma.....	6
Tabla 2 Características operacionales del helicóptero Super Puma.....	7
Tabla 3 Características técnicas del motor Makila 1 ^a	8
Tabla 4 Tabla de corrección en función de P0	46
Tabla 5 Costo Primario.....	47
Tabla 6 Costo Secundario	47
Tabla 7 Costo Total.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Helicóptero Súper Puma.....	6
Figura 2 Motor Makila 1 ^a	8
Figura 3 Presentación modular del Motor Makila 1 ^a	9
Figura 4 Descripción general del motor	10
Figura 5 Función Termodinámica.....	10
Figura 6 Ciclo de Operación.....	12
Figura 7 Componentes principales del Módulo M01.....	13
Figura 8 Tomas de aire P2.....	14
Figura 9 Funcionamiento del Módulo M02.....	15
Figura 10 Componentes principales del Módulo M02	15
Figura 11 Ciclo de operación del Módulo M03.....	16
Figura 12 Funcionamiento del compresor centrífugo	17
Figura 13 Funcionamiento de la turbina generadora de gas	18
Figura 14 Módulo M04.....	18
Figura 15 Componentes principales del Módulo M04	19
Figura 16 Funcionamiento del Módulo M05.....	20
Figura 17 Componentes principales de la tobera de escape	21
Figura 18 Árbol de transmisión de potencia.....	21
Figura 19 Accionamiento de los accesorios.....	22
Figura 20 Aire de combustión, dilución y gases.....	24
Figura 21 Válvula de descarga.....	25
Figura 22 Desmontaje, montaje de la válvula de descarga.....	29
Figura 23 Verificación del filtro de aire de la válvula de descarga.....	30
Figura 24 Despiece de la válvula de descarga 1.....	31
Figura 25 Despiece de la válvula de descarga 2.....	32
Figura 26 Control de la válvula de descarga.....	33
Figura 27 Despiece de la válvula 3.....	35
Figura 28 Soldadura de la estructura metálica del banco.....	36
Figura 29 Soldadura de las ruedas del banco de pruebas.....	36
Figura 30 Estructura metálica del banco de pruebas.....	37
Figura 31 Perforación de la estructura metálica del banco de pruebas.....	37
Figura 32 Remachada de la estructura metálica del banco de pruebas.....	38

Figura 33	Conexión de la caja de control.....	38
Figura 34	Diagrama eléctrico de la caja de control.....	39
Figura 35	Luces testigo.....	39
Figura 36	Instalación de la plancha de madera.....	40
Figura 37	Toma de aire de descarga.....	40
Figura 38	Instalación de la toma de aire de descarga.....	41
Figura 39	Abrazadera metálica tipo T.....	41
Figura 40	Instalación de la válvula de descarga.....	42
Figura 41	Línea flexible.....	42
Figura 42	Instalación de la línea flexible al manómetro.....	43
Figura 43	Instalación de la línea flexible al sistema de mando de la válvula de descarga.....	43
Figura 44	Instalación de la línea rígida a la toma de aire de descarga.....	44
Figura 45	Instalación del surtidor.....	44
Figura 46	Manómetros.....	45
Figura 47	Instalación del manómetro.....	45
Figura 48	Abaco de corrección de la relación P2/P0.....	51

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo implementar un banco de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga del motor Makila 1ª del helicóptero Súper Puma AS 332B perteneciente al Ejército Nacional Ecuatoriano. La aeronave brinda servicios de transporte aéreo según como sea requerido cumpliendo con las necesidades a la cual es encomendada por parte del Ejército Nacional Ecuatoriano, por tal razón es indispensable que sea aeronavegable cumpliendo con los estándares técnicos y legales. Para esto debe contar con los equipos necesarios para el mantenimiento del sistema de aire, parte integral del grupo moto propulsor. Se comprobó la condición de la válvula de descarga en todo su funcionamiento, limpieza, control, y verificación del filtro de aire de la válvula de descarga, así como también el control del umbral de apertura de la válvula de descarga, dichas tareas son parte del mantenimiento usual del sistema de aire del grupo moto propulsor. Para realizar este trabajo se recopiló información técnica del manual de mantenimiento del motor Makila 1ª, las fuentes bibliográficas se obtuvieron de varias publicaciones aeronáuticas que están a disposición del personal aeronáutico. Así como la supervisión y control de técnicos aeronáuticos que tienen la experiencia y conocimiento necesarios para culminar con el trabajo.

Palabras claves:

- **VÁLVULA DE DESCARGA**
- **AERONAVEGABILIDAD**
- **MANTENIMIENTO**
- **UMBRAL**
- **CONTROL**

ABSTRACT

This thesis aims to implement a testing bench to check the discharge valve threshold of the Makila 1^a engine of the Súper Puma AS 332B helicopter belonging to the National Ecuadorian Army. The aircraft provides air transport services as required by meeting the needs to which are entrusted by the Ecuadorian National Army. For this reason, it is essential to be airworthy meeting the technical and legal standards.

To fulfill this objective, it is also essential to have the necessary equipment for the air system maintenance, integral part of the power plant. The condition of the discharge valve in all its operation, cleaning, control, and checking of the discharge valve air filter was checked; as well as the control of the opening threshold of the discharge valve. These tasks are part of the usual air system maintenance of the power plant.

To make this job, technical information of the maintenance handbook of the engine Makila 1^a was gathered and the bibliographical sources were obtained of different aeronautical publications which are available of the aeronautical personnel. As well as the supervision and control of aeronautical technicians who have the necessary experience and knowledge to complete the work.

Key words:

- **DISCHARGE VALVE**
- **AIRWORTHINESS**
- **CONTROL**
- **MAINTENANCE**
- **THERESHOLD**

CAPÍTULO I

EL TEMA

Comprobación del umbral de la válvula de descarga del motor Makila 1ª de la aeronave Súper Puma AS 332B perteneciente a la flota de helicópteros de la Aviación del Ejército Ecuatoriano mediante la Implementación de un Banco Móvil de Pruebas.

1.1 Contextualización

La Aviación del Ejército nació en 1954, mediante el entusiasmo y el espíritu del señor Capitán de Infantería Colón Grijalva Herdoíza. Una vez cumplida su aspiración de tener la licencia de piloto, inclinó, de manera oficial, sus peticiones, con ideas vanguardistas, hacia el Comando del Ejército. Inició la gestión necesaria para materializar el apoyo aéreo que tanto necesitaban los compañeros que, para cumplir su deber en guarniciones de frontera, debían atravesar largas y penosas jornadas en caminos, picas y trochas.

Tres avionetas monomotor fueron entregadas por distinguidas damas de la aristocracia guayaquileña, quienes las recibieron del exterior como donación para el país. Estas aeronaves, cuyo principal objetivo fue poner en marcha el Programa Alas para la Frontera, se fundieron en una sola esperanza. Empezaron la unificación de la primera unidad militar de soldados del aire, lealmente recordada como Servicio Aéreo del Ejército (SAE).

Con la creación del SAE y la Aviación del Ejército, paralelamente, nació el mantenimiento de aeronaves. Progresivamente, se incrementó el personal y los medios en esta área técnica, para lo cual la Aviación del Ejército formó un Centro de Mantenimiento capacitado para desarrollar los trabajos, incluso del IV Escalón, autorizados por el fabricante.

Para realizar todos estos trabajos, el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE) dispone de personal especializado, equipos y bancos de prueba. Llevando a cabo un mantenimiento adecuado y responsable, que redundará en la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas.

Al realizar la tarea de mantenimiento usual del circuito de aire del motor Makila 1ª ; el manual de mantenimiento indica la comprobación del umbral de apertura de la válvula de descarga, tarea realizada mediante un banco de pruebas el cual simula el funcionamiento normal de la válvula de descarga en el motor mediante un circuito neumático, estableciendo una relación de presiones dando como resultado la apertura de la válvula a una presión determinada por el manual de operación del motor, el banco de pruebas sirve para controlar la apertura de la válvula mediante el ajuste del umbral de la misma.

Al no contar con un banco de pruebas para el control del umbral de la válvula de descarga, los técnicos se ven obligados a desinstalar la válvula de descarga de un motor para ser instalada en otro motor y poder comprobar la operación normal de la misma. Situación la cual afecta la eficacia al ejecutar las actividades de mantenimiento programadas.

1.2 Planteamiento del problema

En el motor Makila 1ª del Helicóptero Súper Puma AS 332B se realizan tareas de mantenimiento de los diferentes componentes del mismo tomando en cuenta cada una de las instrucciones de los respectivos manuales de mantenimiento para el cumplimiento de dichas tareas, el Centro de Mantenimiento del Ejército CEMA E cuenta con un hangar de mantenimiento equipado con múltiples elementos, equipos y personal altamente capacitado y habilitado para ejecutar las tareas de mantenimiento, no obstante al momento de efectuar inspecciones en el sistema de aire especialmente en la válvula de descarga de los motores de sus aeronaves se ve limitado debido a que no poseen todos los medios necesarios para llevar a cabo dichos trabajos.

El trabajo erróneo realizado de parte de los técnicos provoca ineficiencia, al no contar con equipo necesario, dando como resultado fallas críticas del motor durante su operación, como también pérdida de tiempo con resultados inexactos, que no dan solución a ciertas complicaciones con el sistema de aire del motor Makila 1ª, La solución más factible frente al problema es la de implementar un banco de pruebas el cual permita la comprobación del umbral de la válvula de descarga.

1.3 Prognosis

El trabajo de comprobación de la válvula de descarga mediante la implementación de un banco móvil de pruebas. Contribuye con la mejora en el mantenimiento programado de los motores Makila 1ª y continuar con la operatividad del helicóptero Súper Puma AS 332B y así poder cumplir con los servicios de transporte.

1.4 Justificación

Debido a que el Centro de Mantenimiento no cuenta con el equipo necesario los técnicos han venido desarrollando esta tarea de mantenimiento de forma errónea incumpliendo con los requerimientos del manual de operación, necesidad la cual puede ser retribuida mediante la construcción del banco móvil de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga.

Es de suma importancia desarrollar el anteproyecto ya que el beneficio que se obtendrá principalmente es para perfeccionar el trabajo de mantenimiento ejecutado por los técnicos, los cuales podrán hacer uso del banco de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga, cumpliendo así con los requerimientos del manual de mantenimiento.

El presente trabajo de investigación es factible porque cuenta con el total apoyo del Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano, también existe la información requerida para implementar el banco de pruebas, por lo cual es de útil importancia ejecutar el proyecto de manera urgente, porque

permitirá a los técnicos mejorar la eficacia de su trabajo al momento de realizar la tarea de mantenimiento programada.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Comprobar el umbral de apertura de la válvula de descarga del motor Makila 1ª del helicóptero Súper Puma AS 332B mediante la implementación de un banco móvil de pruebas, el cual simula una relación de presiones, que ayuda para la verificación del funcionamiento óptimo de la válvula de descarga.

1.5.2 Específicos

- Indagar y recopilar información técnica de las condiciones de funcionamiento del umbral de la válvula de descarga mediante un banco de pruebas.
- Determinar los elementos constitutivos de un banco móvil de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga.
- Implementar un banco móvil de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga en el Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y operación del banco de pruebas de la válvula de descarga a ser comprobado.

1.6 Alcance

El presente trabajo está destinado para el Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano, ubicado en la ciudad de Quito. El cual comprende en la implementación de un banco móvil de pruebas para la comprobación del umbral de la válvula de descarga.

Este trabajo pretende contribuir con el equipo necesario para realizar la tarea de mantenimiento en cuanto se refiere a la comprobación de la válvula de descarga, cumpliendo así las normas técnicas impuestas por el manual de mantenimiento del fabricante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del helicóptero Súper Puma AS 332B

El helicóptero AS 332B Súper Puma de la AEE es único en su clase que existen en toda América. Esta nave se distingue por su excelente maniobrabilidad sobre terreno montañoso y bajo vientos fuertes.

El Súper Puma AS 332B es un helicóptero militar y civil bimotor de peso medio. Sus características operativas y su amplia cabina explican su éxito, en especial al transporte de pasajeros. Su amplia reserva de potencia, su nivel de seguridad y su comodidad hacen del Súper Puma AS 332B un aparato perfectamente apropiado para operaciones militares u otros usos civiles y estatales. (helicopters y aircrafts, 2014)

2.2 Historia

El Súper Puma AS 332B es un helicóptero utilitario de tamaño medio, bimotor y con rotor principal de cuatro palas, diseñado a partir del SA 330 Puma. Originalmente fue fabricado por la compañía francesa Aérospatiale y después por el Grupo Eurocopter, tras la integración de Aérospatiale en el grupo europeo. Realizó su primer vuelo el 13 de septiembre de 1978 y fue comercializado para ser usado tanto en el ámbito civil como en el militar. (helicopters y aircrafts, 2014)

2.3 Diseño y desarrollo

El helicóptero Súper Puma AS 332B es un desarrollo del helicóptero Puma 330, con turbo ejes Turbomeca Makila más poderosos, tomas de aire multiuso, cabeza de rotor Starflex ligera con transmisión elevada, descongelamiento térmico de las palas del rotor principal, y tren de aterrizaje más ancho con ruedas únicas. La mayor parte de estas características ya habían sido probadas en los 330 Puma modificados; el primer prototipo plenamente representativo del AS 332B Súper Puma voló el 13 de septiembre de 1978.

En su forma comercial inicial, el AS 332B Súper Puma tiene la misma capacidad que el SA 330 (2 tripulantes y 19 pasajeros), Durante la fabricación del Súper Puma, la firma es adquirido por Eurocopter, por lo cual pasan a hacerse cargo de la producción. (Aeronaves FAE Cenepa, 2006)



Figura 1 Helicóptero Súper Puma


Fuente: (CEMAE, 2009)


2.4 Datos técnicos

El Eurocopter AS 332B Súper Puma, fabricado originalmente por Aerospatiale, ahora Eurocopter, es un helicóptero para el mercado civil y militar. Es una versión más grande y remotorizada del original Aérospatiale SA 330 Puma el cual tiene los siguientes datos técnicos.

Tabla 1

Datos técnicos del helicóptero Súper Puma

DESCRIPCIÓN	
Tipo/ Misión	Helicóptero medio de transporte de uso civil y militar
País de origen	 Francia
Período de producción	1978-Actualidad
Costo unitario	US \$ 15.5 millones (2006)
El primer vuelo en	13 de septiembre de 1978
Carga útil	490 4 kg (9900 Lbs)
DIMENSIONES	
longitud	16.79 m (55,1 pies)
Altura	4,97 m (16,3 pies)
Área (s) del rotor (s)	206.12 m ² (2220 ft ²)
Diámetro (s) del rotor (s)	16,20 m (53,1 pies)

Siguiente 

PESO	
Peso en vacío	660 4 kg (10.300 lb)
Max. despegue	150 9 kg (20.200 lb)
PROPULSIÓN	
Motor (s)	2 X Turbo eje Turbomeca Makila
Potencia (por motor)	1.845 hp (1.380 kW)
RENDIMIENTO	
Velocidad máxima	327 km / h (176 KTS)
Velocidad de crucero	277 km / h (149 KTS)
Velocidad de ascenso	7,4 m / s

Fuente: <http://campusvirtual.edu>.

2.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LA AERONAVE

Las siguientes características son tomadas como referencia al tipo de operación que son destinadas por la fuerza aérea ecuatoriana.

Tabla 2

Características operacionales del helicóptero Súper Puma

Operaciones del Súper Puma AS 332B
Transporte de personal.
Transporte de carga interna y externa.
Evacuación Aero médica.
Reconocimiento visual táctico.
Lanzamiento de paracaidistas.
Operación Helitácticas de inserción y extracción de Comandos.
Operaciones de Control Aéreo Avanzado (FAC).
Control de tiro de Artillería.
Apoyo cercano de fuerzas de superficie (CAS).
Iluminación Aérea.
Autodefensa y ablandamiento de posiciones.
Operaciones Contrainsurgencia.
Operaciones contra el Narcotráfico.

Fuente: CEMA, 2009

2.6 Descripción del motor Makila 1ª

Pertenece a la familia de Turbomotores el cual transforma la energía cinética liberada en la combustión en energía mecánica por la toma de potencia. La cual acciona a un receptor (rotor principal) del Helicóptero Súper Puma AS 332B.

El motor Makila 1^a es un turbomotor con dos árboles independientes constituido por el conjunto giratorio del generador de gas y la turbina libre, La turbina libre y el árbol de transmisión giran a una velocidad constante de 22.850 rpm a 100%, la masa del grupo turbomotor (GTM) es de 240 Kg (Turbomeca, 2015)

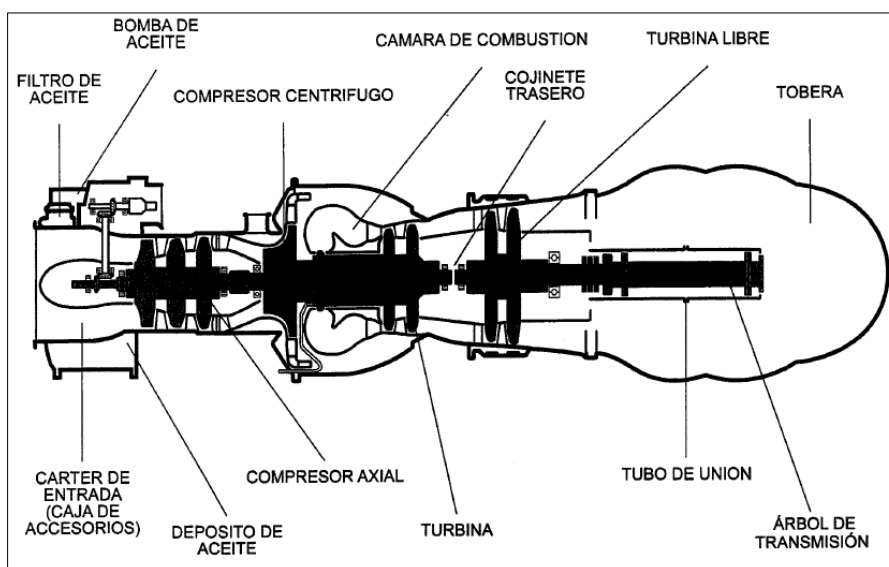


Figura 2 Motor Makila 1^a

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)


El motor es de construcción modular el cual permite la inspección y el reemplazo eventual de los módulos sobre las bases sin tener necesidad de un retorno del motor completo a la fábrica. La separación de los módulos entre ellos es fácil y se hace generalmente destornillando una corona de tornillos y tuercas en las partes estáticas. (Turbomeca, 2015)

2.6.1 Características del motor Makila 1^a

Tabla 3

Características técnicas del motor Makila 1^a

Características del motor Makila 1 ^a	
Tipo	Turbina libre.
Capacidad en el tanque de aceite:	11 Lts (2,86 US G).
Tipo de aceite:	Aceite sintético MOVIL JET OIL II.

Siguiente 

Potencia	1300 KW o 1742 Hp.
Velocidad del generador de gas N1	33200 RPM (100%).
Dirección de rotación	Anti-horario.
Velocidad de la turbina libre N2:	22850 RPM (100%).
Dirección de rotación	Anti-horario.
Peso del motor equipado:	238 Kg (525 Lb).
Dimensiones. Ancho: 498 mm = 49,8 cm. Alto: 560 mm = 56 cm. Largo: 1836 mm = 183,6 cm.	

Fuente: <http://campusvirtual.edu>.

2.6.2 Constitución del motor Makila 1ª

El motor Makila 1ª está constituido de cinco módulos enumerados de la siguiente manera.

- MODULO N° 1 (Carter de entrada) M01.
- MODULO N° 2 (Compresor axial) M02.
- MODULO N° 3 (Generador alta presión) M03.
- MODULO N° 4 (Difusor intermedio) M04.
- MODULO N° 5 (Turbina libre) M05.

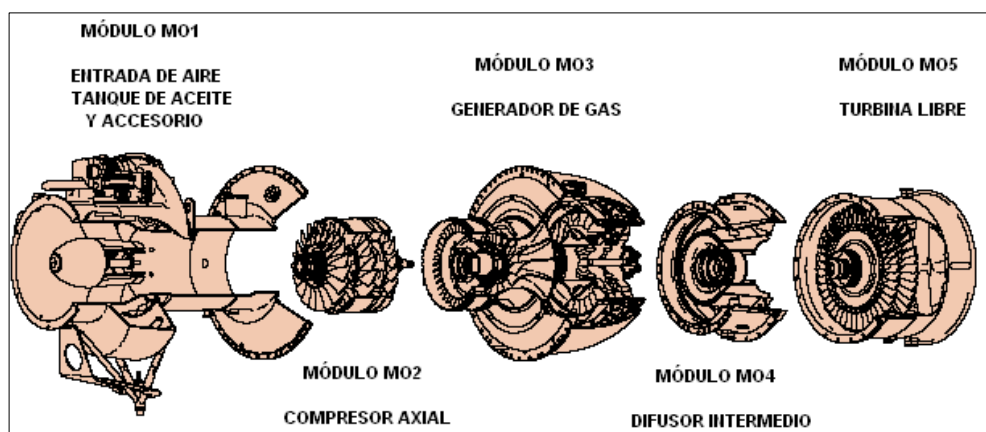


Figura 3 Presentación modular del Motor Makila 1ª

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

El turbomotor MAKILA 1^a comprende esencialmente de:

- Un compresor axial de tres etapas, seguido de una etapa centrífuga.
- Una cámara de combustión anular de inyección centrífuga del combustible.
- Una turbina axial de dos etapas.
- Una turbina libre de dos etapas axiales.
- Una caja de accesorios. (Turbomeca, 2015)

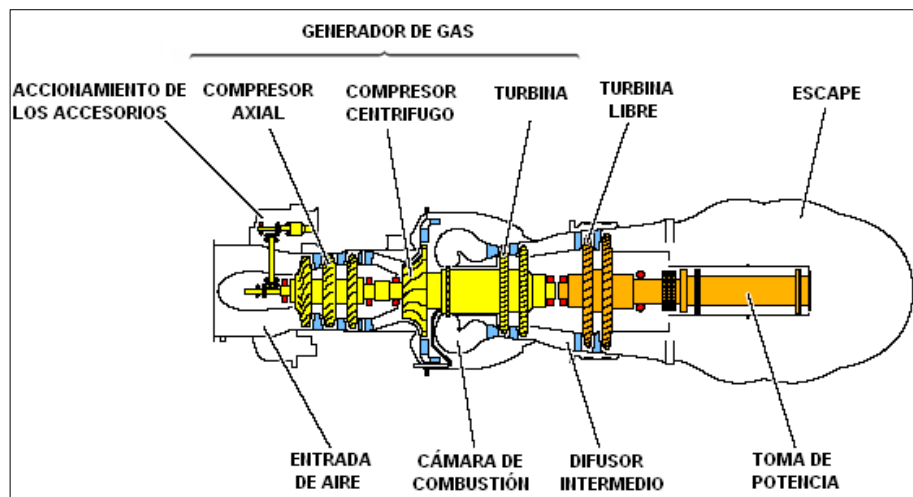


Figura 4 Descripción general del motor

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.7 Principios de funcionamiento.

El motor transforma la energía cinética liberada de la combustión en energía mecánica por la toma de potencia.

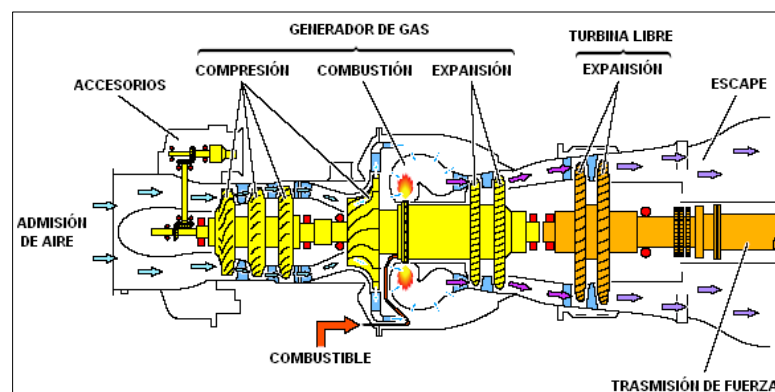


Figura 5 Función Termodinámica

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.7.1 Admisión

Admisión del aire ambiente a través del conducto de entrada de aire aprox. (5.5 Kg de masa por segundo; 12.1 lb/seg). Paso sensiblemente regular.

2.7.2 Compresión

El aire ambiente es comprimido por las 3 etapas del compresor axial y un compresor centrífugo. PRIMERA COMPRESIÓN (Asegurada por el compresor axial que sobrealimenta al compresor centrífugo. El rotor comunica la energía a la masa de aire que es transformada en presión en el difusor-enderezador, proceso idéntico en las 3 etapas. Hay aumento de presión y temperatura de aire y disminución de la velocidad axial de flujo). SEGUNDA COMPRESIÓN (Asegurada por el compresor centrífugo. El rotor comunica la energía al aire que parte del extremo de los álabes con gran velocidad y fluye luego a través de los álabes de los difusores que transforman la velocidad en presión. El aire presurizado es admitido así en la cámara de combustión).

2.7.3 Combustión

El aire comprimido es admitido dentro de la cámara de combustión, que se mezcla con el combustible a una relación de 15/1 (aire/combustible). El aire es dividido en dos flujos.

- Un flujo primario (mezclado con el combustible pulverizado por la inyección rotativa) por combustión, temperatura de flama 2500 °C (4532°F).
- Un flujo secundario para la dilución (enfriamiento) de los gases quemados, temperatura de la turbina 1100 °C (2012°F).

2.7.4 Expansión

La expansión en la turbina del generador que extrae la potencia para accionar los compresores. Expansión en la turbina libre que suministra la potencia en el árbol de salida. PRIMERA EXPANSIÓN (En la turbina del generador de gas que extrae la energía necesaria para el accionamiento de

los compresores. En el distribuidor, los gases son acelerados y dirigidos a los álabes de las ruedas de turbina. El flujo da origen a fuerzas aerodinámicas que provocan la rotación. Durante esta fase (en 2 etapas), la presión y la temperatura disminuye, la velocidad axial aumenta). SEGUNDA EXPANSIÓN (En la turbina libre que extrae el máximo de energía sobrante para suministrar la potencia en el árbol de salida. Principio de funcionamiento idéntico; es decir flujo en el estator luego en los álabes de la ruedas de turbina).

2.7.5 Escape

El escape de los gases al exterior está realizado a través del difusor de salida y la tobera (Poseen aún cierta energía que da origen a un ligero empuje residual). (Turbomeca, 2015)

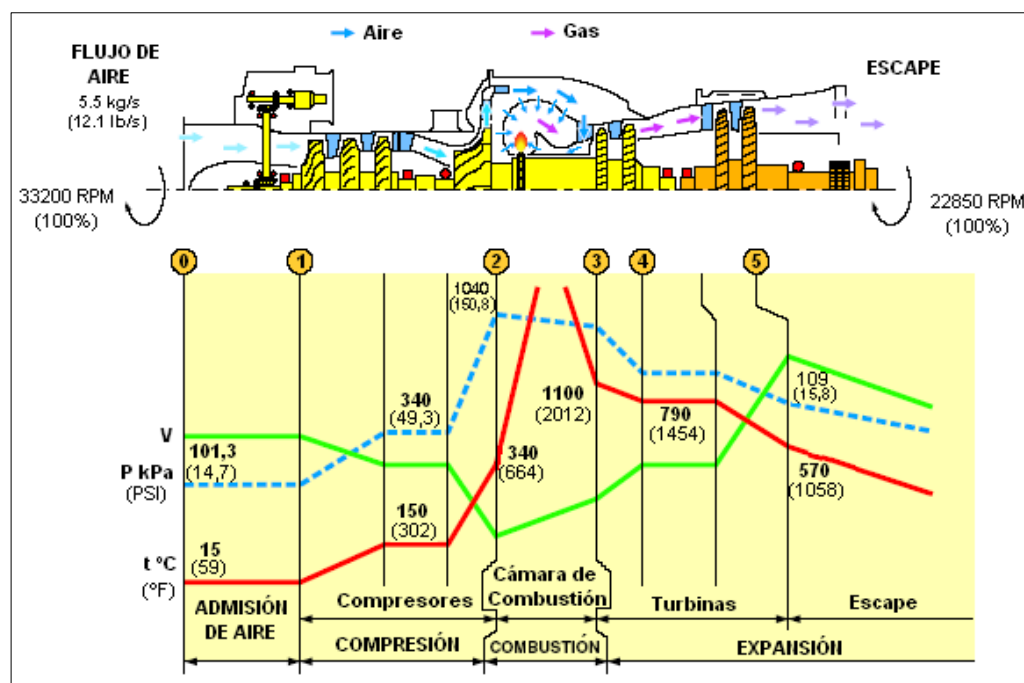


Figura 6 Ciclo de Operación

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.8 Funcionamiento del Módulo M01

La entrada de aire pasa directamente hacia las etapas de compresor axial. La admisión de aire en el motor se efectúa mediante una entrada frontal y un cárter con sección de paso anular. Además, el cárter forma la

capacidad del depósito de aceite y el alojamiento de la cadena de accionamiento de los accesorios del motor. (Turbomeca, 2015)

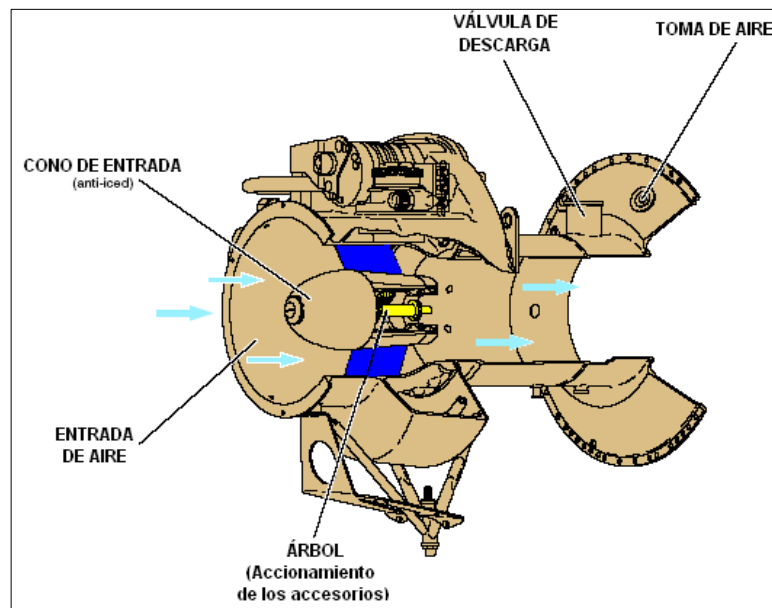


Figura 7 Componentes principales del Módulo M01

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.8.1 Componentes principales del módulo M01

- **Cono de entrada** Su forma aerodinámica permite que el flujo de aire no forme turbulencias, su función principal es evitar la formación de hielo que lo hace por medio de un flujo de aceite de lubricación.
- **Entrada de aire** El flujo de aire es de forma axial que se mantiene hasta el módulo 3 (M03). Su presión de aire es aproximadamente de 5,5 Kg por segundo (12.1 lbs/seg) a una temperatura de 15 °C y una velocidad constante.
- **Árbol (Accionamiento de los accesorios)** Está formado por un piñón cónico unido al árbol del generador de gas, que acciona mecánicamente los accesorios del motor.
- **Toma de aire** En esta toma se encuentra el aire P_2 que es utilizado para la ventilación de los inyectores, válvula de descarga, unidad de control de combustible (FCU), calefacción de cabina. (Turbomeca, 2015)

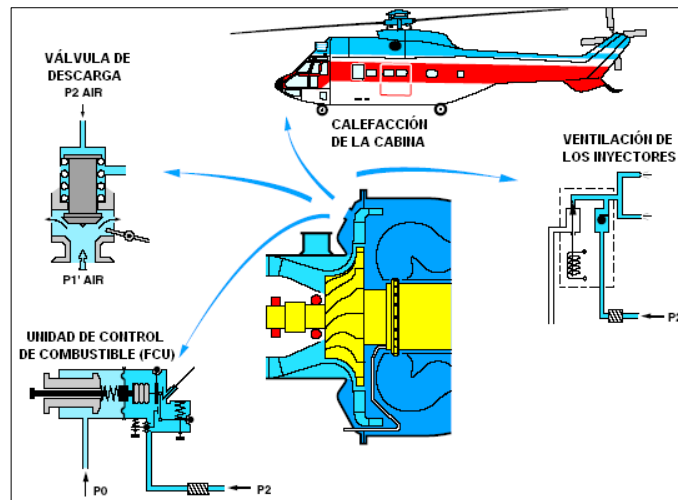


Figura 8 Tomas de aire P2

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.9 Funcionamiento del Módulo M02

En éste módulo encontramos las tres etapas del compresor axial (sentido de flujo), asegura una primera compresión que permite sobre alimentar el compresor centrífugo. El conjunto compresor comprenden varias etapas, estando constituida una de ellas por un rotor seguido de un estator (divergente).

La presión se incrementa a 340 Kpa (49.3 PSI) mientras que la velocidad disminuye y la temperatura aumenta a 150 °C (302°F), girando los compresores a una velocidad angular de 33200 RPM. Los rotores están unidos al árbol de la turbina y sostenida por cojinetes tipo rodillo que reciben los esfuerzos axiales y radiales. (Turbomeca, 2015)

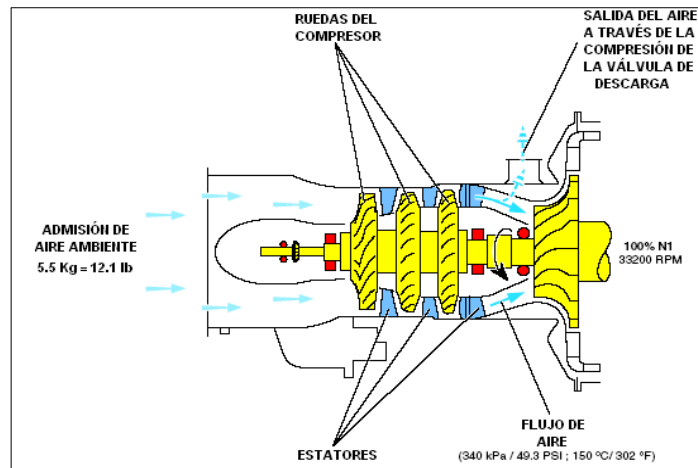


Figura 9 Funcionamiento del Módulo M02

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.9.1 Componentes principales del Módulo M02

- **Compresor axial** Álabes de cuerdas anchas taladas en un disco.
- **Árbol de turbina de gas** Asegura el acoplamiento entre el árbol axial y el centrífugo.
- **Estatos** Los estatoses son tallados en la masa o fijados por clavijas con cola de milano o pie de pino. (Turbomeca, 2015)

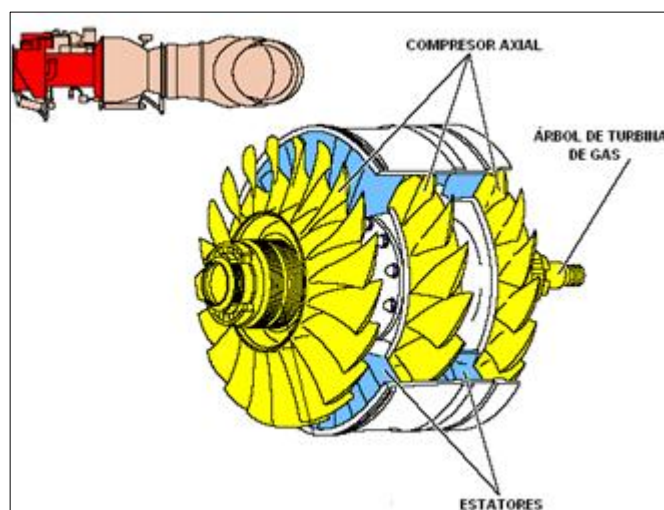


Figura 10 Componentes principales del Módulo M02

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.10 Funcionamiento del Módulo M03

El compresor centrífugo de tipo una cara asegura la compresión principal de aire. El mismo que es enviado por el compresor axial (tres etapas) incrementando su presión y temperatura (49.3 PSI; 150°C) respectivamente, al chocar el aire con el compresor centrífugo aumenta su presión de (49.3 a 150.8) PSI y su temperatura de (150 a 340°C), girando su compresor a 33200 RPM. (Turbomeca, 2015)

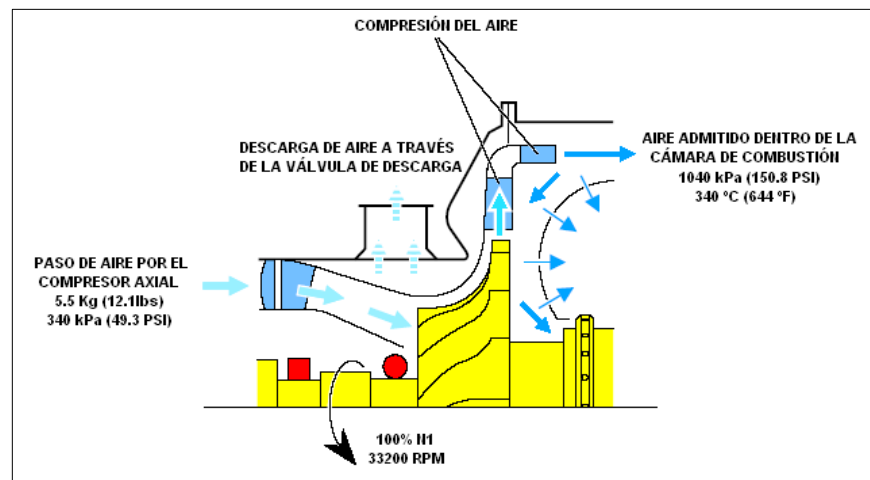


Figura 11 Ciclo de operación del Módulo M03

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

La cámara de combustión es de tipo anular, con flujo directo e inyección rotativa de combustible donde se efectúan la mezcla aire-combustible (15/1) y la combustión permanente.

La temperatura se eleva a 2500°C, con la ayuda del flujo de aire secundario (refrigeración) y el flujo de aire comprimido enfrían los gases a tal punto que llega a una temperatura de 1100°C el cual no afecta a los álabes de turbina libre. El aire proveniente del compresor penetra en el interior del cárter de turbina y se divide en dos flujos: aire de combustión y aire de dilución "refrigeración". (Turbomeca, 2015)

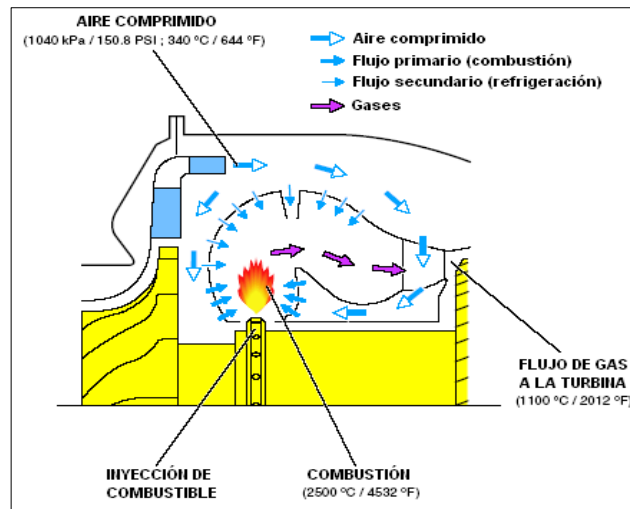


Figura 12 Funcionamiento del compresor centrífugo

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.10.1 Turbina generadora de gas

Es una turbina axial de 2 etapas, el gas que sale de la cámara de combustión (temperatura 1100°C) choca con los distribuidores, su presión es menor y aumenta su velocidad hacia las ruedas de turbina.

La función principal es extraer suficiente energía del flujo de gas para el movimiento de los compresores y accesorios. La turbina generadora de gas transforma la energía cinética a energía mecánica para poder mover todos sus conjuntos y varios accesorios. La operación es caracterizada por la primera fase de expansión. (Turbomeca, 2015)

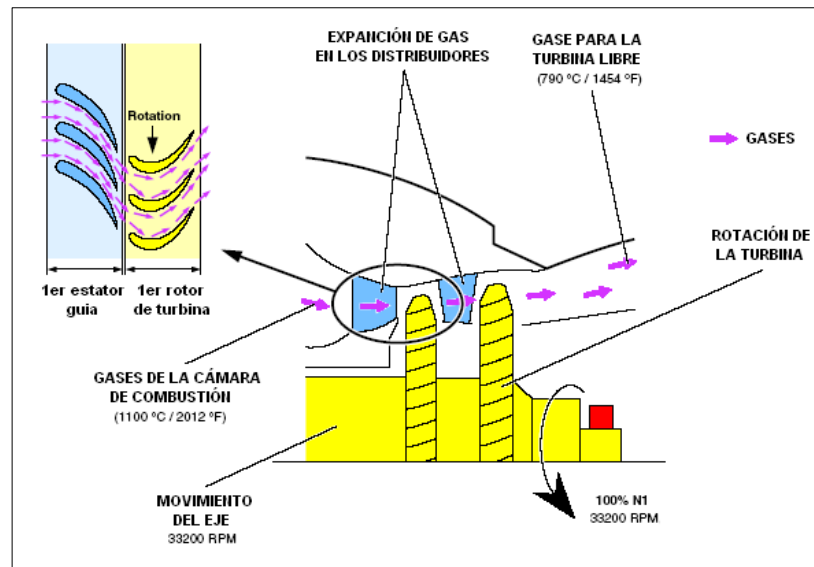


Figura 13 Funcionamiento de la turbina generadora de gas

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.11 Funcionamiento del Módulo M04

En el módulo M04 (Difusor intermedio) es donde se mide la temperatura (T4) de los gases de la salida de la turbina generador de gas siendo su medida de 790°C. Está recubierto por pantallas térmicas. (Turbomeca, 2015)

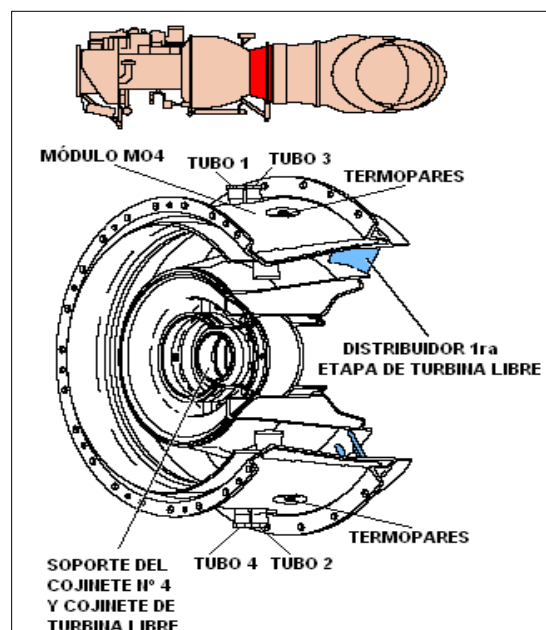


Figura 14 Módulo M04

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.11.1 Componentes principales

El módulo M04 está formado principalmente por el cojinete trasero N° 4, cojinete delantero (TL1) de la turbina libre y por el distribuidor primera etapa de turbina libre

- **Termopares**

Está constituido por cuatro sondas termopares atornillados en las protuberancias del difusor interno. Las sondas están conectadas entre ellas en paralelo y al receptor de la aeronave mediante una caja de empalme (Turbomeca, 2015).

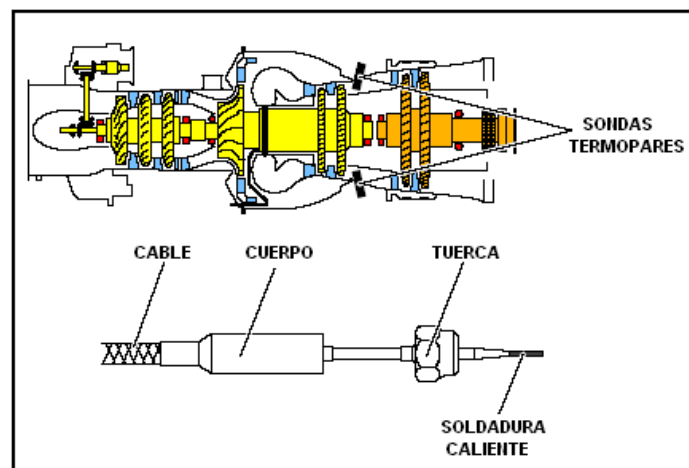


Figura 15 Componentes principales del Módulo M04

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.12 Funcionamiento del Módulo M05

La turbina libre está accionada por los gases que atraviesan la turbina generadora de gas. A su paso en la turbina libre se expanden transformando su energía cinética y potencial en energía mecánica recuperada en la caja de transmisión principal del helicóptero. La temperatura de los gases es de 570 °C.

La velocidad de la turbina libre es de 22850 RPM al 100%, dirección de rotación anti-horaria. Potencia de 1300 kW o 1742 Hp. Después de su paso los gases se escapan a la atmósfera por la tobera de salida. Es de tipo turbina libre axial de dos etapas. (Turbomeca, 2015)

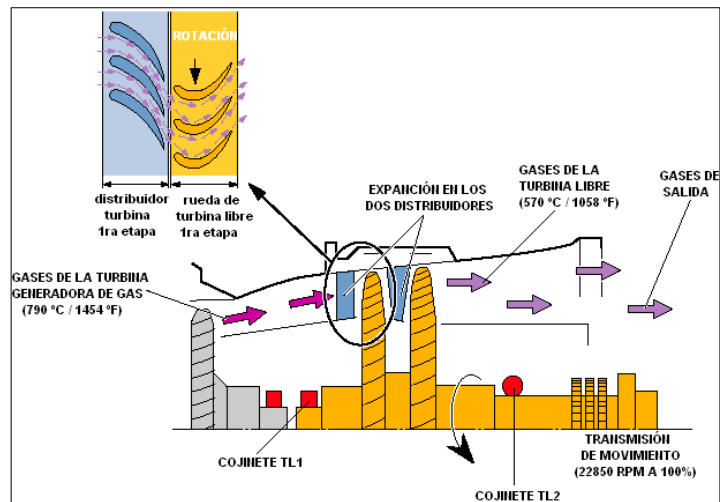


Figura 16 Funcionamiento del Módulo M05

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

2.13 Componentes funcionales.

2.13.1 Escape

La tobera de escape está fijada en la brida trasera del cárter de la turbina libre. Es orientado según la posición del motor en la aeronave. La temperatura de los gases de escape al medio ambiente es de 570 °C.

2.13.1.2 Componentes Principales de la tobera de escape:

- Tobera.
- Fijación.
- Pantalla Térmica.
- Prolongación de la tobera (Turbomeca, 2015)

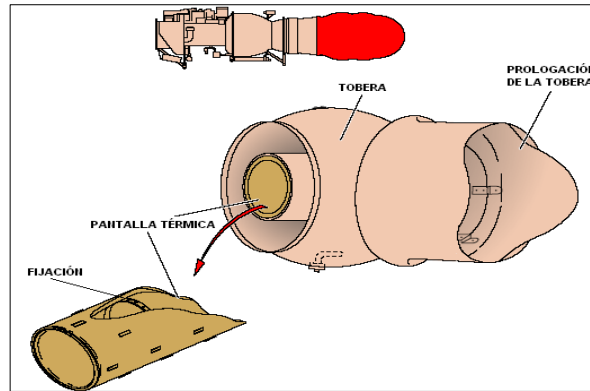


Figura 17 Componentes principales de la tobera de escape

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.13.2 Árbol de transmisión de potencia

El árbol de potencia transmite el movimiento de la turbina libre a la caja de transmisión principal del helicóptero. El eje transmite la energía del motor. Absorbe el esfuerzo de torsión y toma los movimientos leves. La toma de movimiento está formada por la brida trasera del árbol de la turbina libre. La transmisión de potencia se efectúa por un árbol flexible "Bendix" suministrado por el constructor de la aeronave. (Turbomeca, 2015)

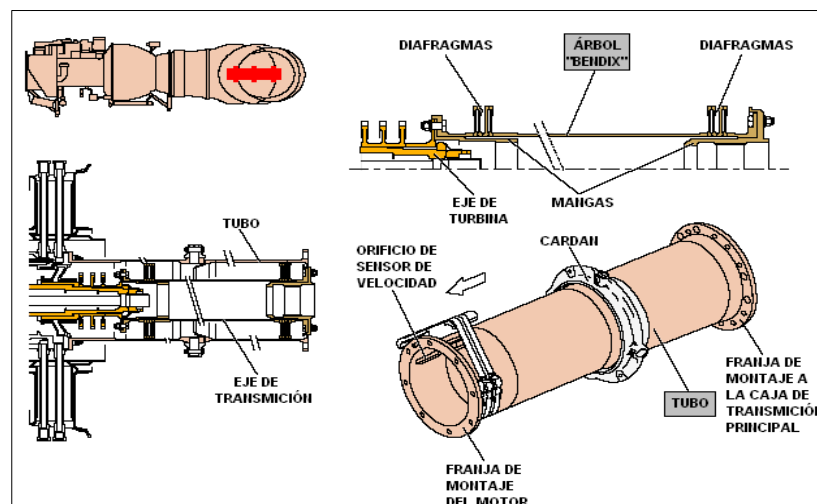


Figura 18 Árbol de transmisión de potencia

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.14 Accionamiento de los accesorios

En el compresor axial del motor hay un eje que impulsa a los accesorios. Un engranaje cónico en este eje conduce un eje vertical que pase a través del puntal superior de la cubierta de los accesorios.

Los accesorios incluyen 3 engranajes apoyados por los rodamientos de bolas.

- **Engranaje impulsor del arrancador** Este engranaje es conducido por el arrancador a través de una rueda libre. Incluye una rueda fónica para la señal de la velocidad N1 (23356 RPM).
- **Engranaje centrífugo del respiradero** Es un engranaje doble que tiene una velocidad de 5389 RPM.
- **Unidad de Control de Combustible y engranaje de la bomba de aceite** Este engranaje conduce la bomba del aceite en el frente y la unidad de control de combustible en la parte posterior.

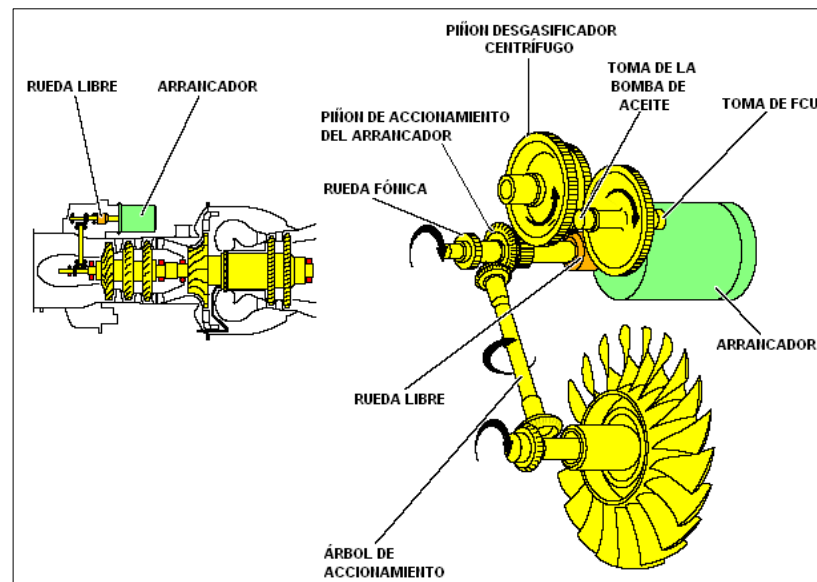


Figura 19 Accionamiento de los accesorios

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

- **Arrancador** Montado en la cara delantera de la caja de accionamiento de los accesorios, acciona el conjunto giratorio del generador de gas durante el arranque normal o durante una ventilación “arranque seco”. (Turbomeca, 2015)

2.15 Sistema de aire

El grupo turbomotor (GTM) utiliza para su funcionamiento el aire bajo presión tomado del compresor axial (P1) y a la salida del compresor centrífugo (P2). Este aire es también utilizado en los servicios auxiliares del helicóptero.

El aire bajo presión tomado del compresor axial (P1).

- Para el montaje de la válvula de descarga.
- Para la presurización de los laberintos.

El aire bajo presión tomado de la salida del compresor centrifugo (P2).

- Para el regulador de combustible.
- Para el mando de cambio de umbral de la válvula de descarga.
- Para la electroválvula de arranque (Turbomeca, 2015)

2.16 Circuito de aire interno del motor

2.16.1 Aire de combustión.

El aire de combustión penetra en la cámara por la filas de perforaciones oblicuas (flujo primario) realizadas en la chapa de turbulencia, una parte de este aire es utilizado para presurizar los sellos laberintos de la rampa de inyección y de la rueda de inyección por las aberturas de la parte interior de la cámara después de haber atravesado los álabes huecos del distribuidor primera etapa, una parte de este aire es utilizado para el enfriamiento de la envuelta laberinto, para la presurización de los sellos de la envuelta laberintos. El enfriamiento de la rueda de inyección y del árbol turbina. (Turbomeca, 2015)

2.16.2 Presurización de los laberintos

Una parte del aire que fluye en el motor es tomado en diferentes puntos para asegurar el enfriamiento de algunas piezas y la presurización de los sellos laberinto.

La presurización de los laberintos del cojinete delantero del compresor axial está asegurada por el aire tomado después de la 2da etapa del compresor axial.

La presurización de los laberintos del cojinete trasero del compresor axial está asegurada por el aire tomado después de la 3a etapa del compresor.

La presurización de los laberintos del cojinete delantero del generador de alta presión está asegurada por el aire tomado en la entrada del compresor centrífugo.

La presurización de los laberintos del cojinete trasero del generador de alta presión y de los cojinetes de la turbina libre está asegurada por el aire tomado a la entrada del compresor centrífugo por medio de una tubería exterior y por los gases quemados. (Turbomeca, 2015)

2.16.3 Enfriamiento

Algunas piezas. Particularmente el árbol turbina del generador de alta presión y los cojinetes de las partes calientes, son enfriados por el aire de presurización para establecer un equilibrio térmico.

El aire de dilución se divide en cuatro corrientes que penetran en la cámara de combustión por las perforaciones (flujo secundario), los tubos de dilución del mezclador y las perforaciones de la parte interior son utilizados para la presurización de los laberintos del cojinete trasero del generador alta energía y de los cojinetes de turbina libre. (Turbomeca, 2015)

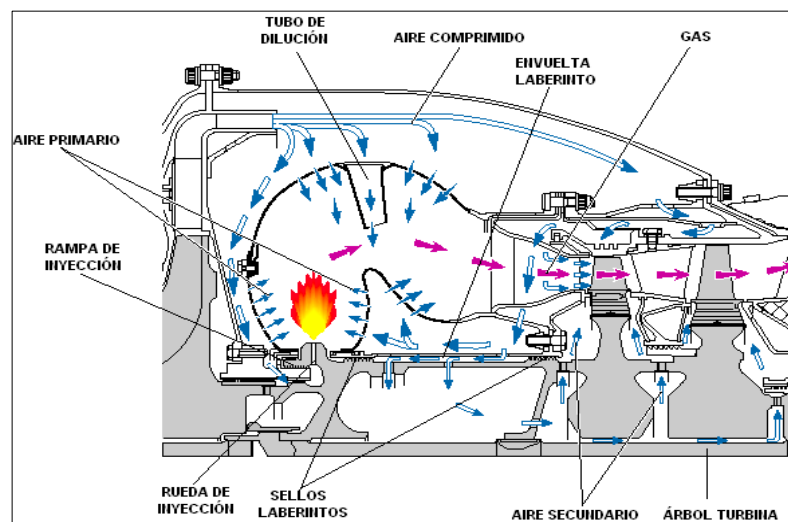


Figura 20 Aire de combustión, dilución y gases

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

2.17 Válvula de descarga.

Es una válvula LE BOZEC y GAUTIER, está fijada por una abrazadera a la toma de aire de descarga del compresor.

Su papel es evitar la pérdida en el compresor descargándolo durante el arranque, la aceleración y la fase de parada permitiendo una fuga de aire (P1) entre las etapas axiales y centrífuga.

2.17.1 Componentes de la válvula de descarga

La válvula de descarga está formada por tres partes principales:

- La válvula de descarga de mando neumático (1) compuesta de una cámara de mando a presión (válvula cerrada) y de una cámara de mando de puesta al aire libre (válvula abierta).
- El sistema de mando (2) completamente neumático se encarga de provocar el cierre de la válvula cuando se ha alcanzado cierta relación fija P2/P0 y de abrir esta válvula por debajo de este valor.
- El dispositivo de control del posicionado de la válvula. (Turbomeca, 2015)

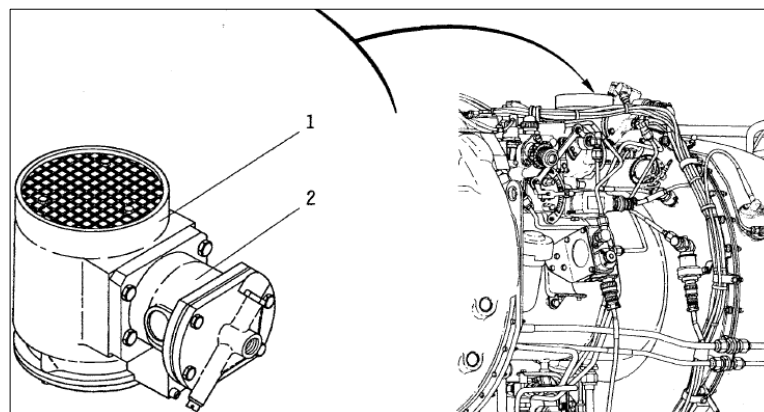


Figura 21 Válvula de descarga

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

En el presente argumento se detallan los procedimientos realizados para el desarrollo del tema, el cual es de gran beneficio para el personal técnico especializado del Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano.

CAMPO: Mecánica Aeronáutica.

ÁREA: Motores-Helicópteros.

TEMA: Comprobación del umbral de la válvula de descarga del motor Makila 1ª de la aeronave súper puma AS 332B perteneciente a la flota de la aviación del ejército ecuatoriano mediante la implementación de un banco móvil de pruebas.

BENEFICIARIOS: Personal técnico especializado del Centro de
Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano.

INSTITUCIÓN EJECUTORA: Unidad de Gestión de Tecnologías- ESPE

COSTO: \$ 870 Ochocientos setenta dólares americanos.

3.1 Preliminares

Este presente capítulo contiene toda la información referente al progreso de la implementación del banco móvil de pruebas de la válvula de descarga, indicando paso a paso como se fue realizando el proceso.

Tener un banco móvil de pruebas de la válvula de descarga, es indispensable el cual beneficia al Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano que hace uso de este equipo, permitiendo así cumplir con las tareas de mantenimiento propuestas por el manual del fabricante.

3.1.1 Procedimientos a seguir antes de realizar la comprobación de la válvula de descarga

- Antes de iniciar con el trabajo debemos asegurarnos de contar con todo el equipo de protección necesario para no tener ningún inconveniente, como por ejemplo overol, guantes, zapatos de protección, protector de ojos y oídos.
- Se debe conseguir todos los elementos necesarios para realizar la implementación del banco móvil de pruebas de manera cómoda y eficiente.
- Obtener y utilizar siempre el manual de mantenimiento del motor Makila 1^a para que el trabajo sea efectuado de una manera correcta.

3.2 Mantenimiento usual del circuito de aire

Dentro del mantenimiento usual del circuito de aire se debe cumplir con las siguientes actividades detalladas en el manual de mantenimiento del motor Makila 1^a.

- a) Tuberías y uniones.
 - Verificar su estado.
- b) Válvula de descarga y electroválvula de cambio de umbral.
 - Verificar el estado y el apriete de las abrazaderas de fijación.
 - Verificar el estado general.
 - Verificar la conexión y el frenado de las tomas eléctricas.

3.3 Desmontaje, montaje de la válvula de descarga

Para el proceso de desmontaje.

- Desmontar las tuberías (1) y (2).
- Desbloquear y desconectar la toma eléctrica (3).
- Destornillar la tuerca, desmontar la abrazadera (4), desmontar la válvula, recuperar el sello plano (5).

Para el proceso de montaje.

- Posicionar la válvula provista de un sello plano (5) en buen estado sobre el conducto.
- Colocar la abrazadera (4) y la tuerca; par de apriete aparente de 0,35daN.m.
- Conectar y frenar la toma eléctrica (3).
- Montar las tuberías (1) y (2).

Ingredientes.

Alambre de freno inoxidable 5/10.

Recambios.

Llegado el caso.

- 1 tuerca por abrazadera (4). (Turbomeca, 2015)

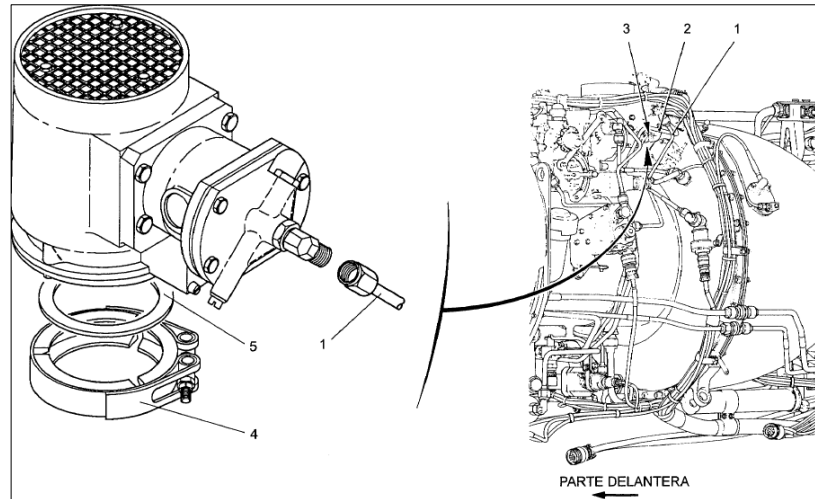


Figura 22 Desmontaje, montaje de la válvula de descarga

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

3.4 Verificación del filtro de aire de la válvula de descarga.

- Desbloquear y desmontar el tapón (1), retirar el sello (2), el resorte (3) y el filtro (4).
- Si el filtro está sucio dejarlo remojarlo en White spirit, luego soplar con aire comprimido seco en sentido inverso.
- Colocar el filtro (4) en su alojamiento, la parte triangular hacia arriba. colocar el resorte (3) y el sello (2). Colocar el tapón (1), apretar al par de 5 +- 0,5 Nm y frenar

Ingredientes.

- Alambre de acero inoxidable 5/10.

Recambios.

Llegando el caso.

- 1 sello (2). (Turbomeca, 2015)

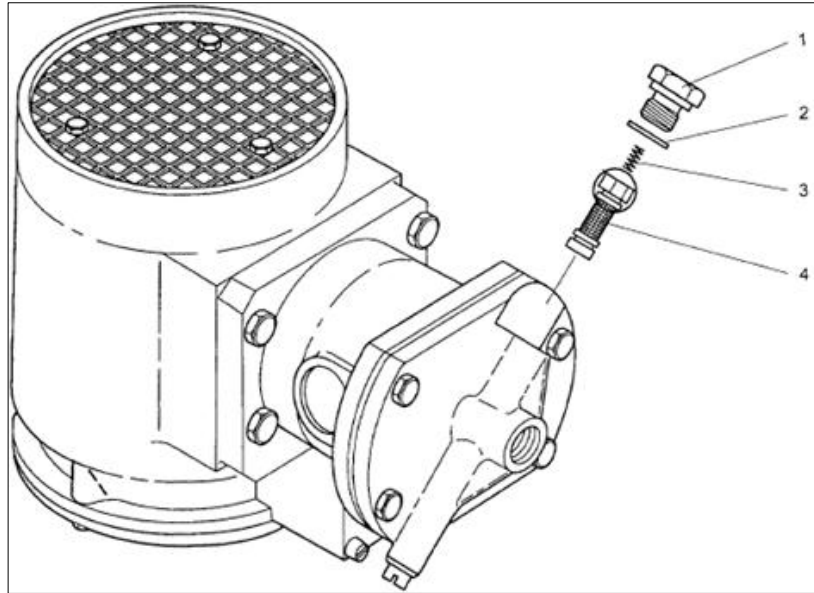


Figura 23 Verificación del filtro de aire de la válvula de descarga

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

3.5 Limpieza y control de la válvula de descarga

Operaciones preliminares

- Desmontar la válvula de descarga
- Verificar el filtro de aire

La verificación y la limpieza de los filtros deben efectuarse imperativamente antes del desmontaje de la válvula de descarga.

Desmontaje.

- Desbloquear y desmontar los cuatro tornillos (1) y las arandelas.

Atención. Desmontar el conjunto de la tapa (2), fuelle (3) y cala pegable (4). Desechar el sello teórico (5).

- Desbloquear y desmontar los tres tornillos (6) y el tornillo (7).
- Desmontar la base (8). Desechar el sello (9).
- Desmontar el surtidor (11) de la base (8) y el surtidor (10) de la base (20). Desechar el sello (12).
- Desbloquear y desmontar los 3 tornillos (13).
- Retirar la rejilla de protección (14). (Turbomeca, 2015)

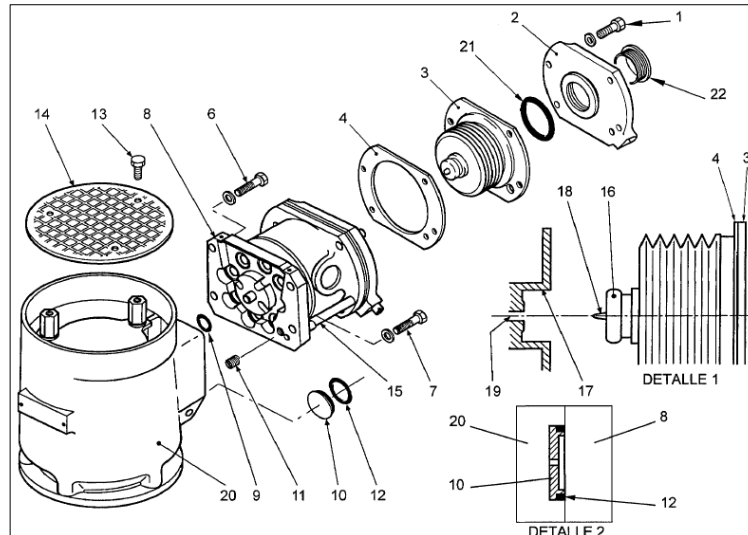


Figura 24 Despiece de la válvula de descarga 1

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

3.5.1 Limpieza.

- Limpiar el conjunto de las piezas desmontadas con HYSO 97/1.
- Asegurarse de la perfecta limpieza de los surtidores (10) y (11).
- Soplar el tubo de alimentación P2 (15) entre la tapa y los surtidores.
- Con la ayuda de un trapo sin hilachos, impregnado con HYSO 97/1, limpiar con cuidado la zona esférica de guiado de la válvula (16) y de la aleación correspondiente (17). Eliminar los vestigios de agarrotamiento con papel abrasivo fino.
- Limpiar la aguja (18).
- Si las piezas están muy sucias, cambiar con frecuencia la zona de limpieza del trapo para no introducir impurezas. El orificio (19) debe estar perfectamente limpio.

3.5.2 Control de la válvula de descarga.

- Controlar la correcta posición del inserto (22) encolado en la conexión P2 del conjunto de la tapa (2).

Nota. Par máximo aplicado para el control 1N.m.

Si el inserto (22) esta desolidarizado o desencolado, controlar el estado de las roscas del conjunto de la tapa (2) y del inserto (22).

- Si constata gripaje o desgarros a la altura de las roscas, enviar la válvula de descarga a un centro de reparación.

Montaje.

- Enroscar el surtidor (11) en la base (8)
- Montar en el cuerpo de la válvula (20); u sello nuevo (9), el surtidor (10) y un sello nuevo (12)
- Montar la base (8) en el cuerpo de la válvula y fijar con los tornillos (6) y (7). Apretar al par de 1.8 N.m y bloquear.
- Colocar un sello tórico nuevo (5), asegurarse de su instalación.
- Montar la cala pegable (4) en el fuelle (3) según el detalle 1 y montar el fuelle sobre el conjunto de la tapa (2), equipado con un sello tórico nuevo (21). El guiado esférico (16) debe deslizarse sin dificultad durante su introducción en su alojamiento (17).
- Montar los cuatro tornillos (1) y las arandelas, tener cuidado con volver a colocar el trenzado de maza. Apretar al par de 1,8N.m y bloquear.
- Colocar la rejilla de protección (14).
- Instalar los tres tornillos (13). Apretar al par de 0.65N.m y bloquear.
- Colocar la válvula de descarga. (Turbomeca, 2015)

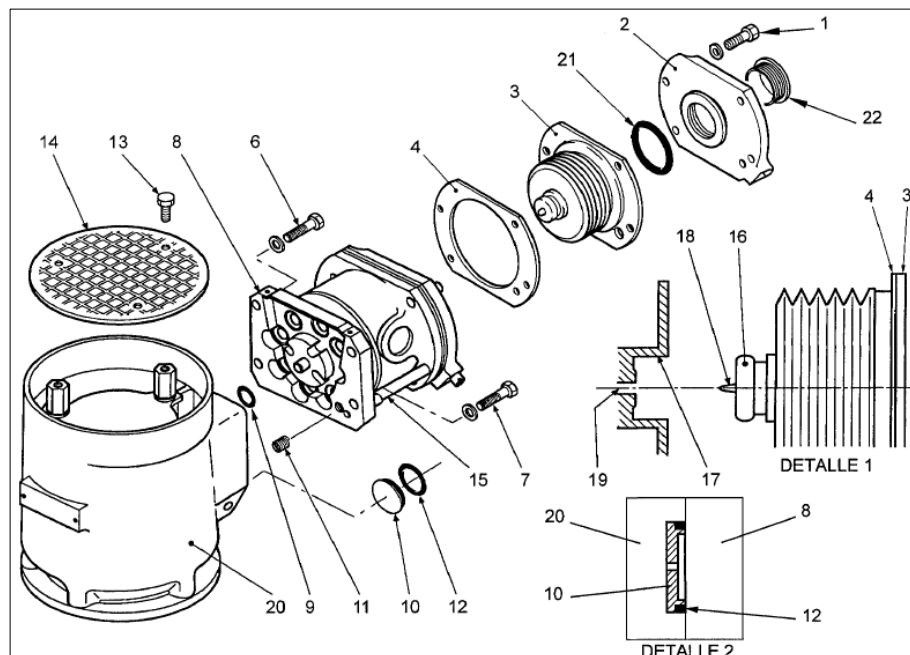


Figura 25 Despiece de la válvula de descarga 2

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

3.6 Control del umbral de apertura y de cierre.

- Durante un punto fijo, recordar los valores del umbral de apertura y de cierre de la válvula de descarga.
- Asegurarse de que el valor del umbral de apertura recordado se situé entre la curva mínima y la curva máxima en caso contrario ajustar la válvula.

La diferencia entre el umbral de apertura y el umbral de cierre se debe mantener a un mínimo de 200 rpm (0,6%) y a un máximo de 1200 rpm (3,6%).

Ejemplo.

Para $T_o=15^\circ\text{C}$ y $P_o=1013\text{hpa}$ (1013 mbar) a nivel del mar debe ser comprendida entre.

- Mini apertura=27000 rpm (81,3%)
- Maxi apertura=28100 rpm (84,6%) (Turbomeca, 2015)

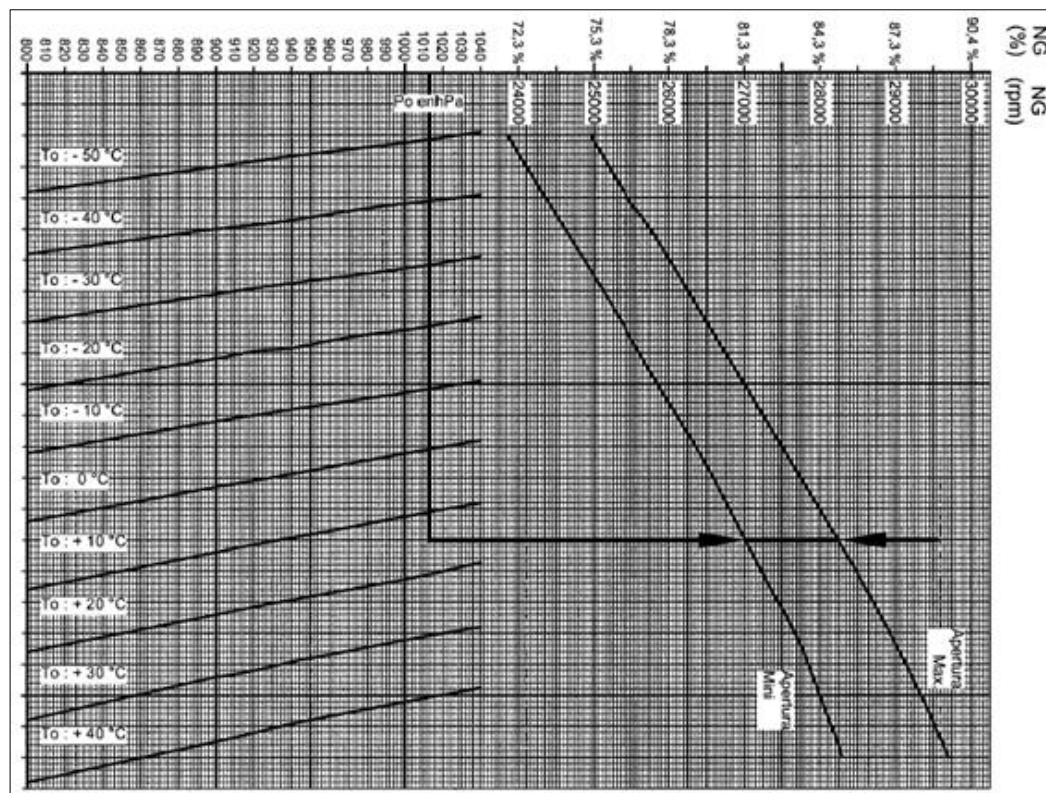


Figura 26 Control de la válvula de descarga

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

3.7 Ajuste del umbral de apertura y/o reemplazo del fuelle de la válvula de descarga.

Operaciones preliminares

El ajuste se puede efectuar con las tolerancias siguientes.

- Aumento del espesor de la cala 2 mm como máximo.
- Disminución del espesor de la cala 0,5 mm como máximo.
- Espesor total de las calas después del ajuste 4 mm como máximo.

Nota 1. Si el ajuste no se puede efectuar con las tolerancias mencionadas, reemplazar el fuelle.

Nota 2. Después del reemplazo del fuelle y del ajuste si el umbral de apertura se sitúa fuera de las tolerancias reemplazar la válvula de descarga.

Ajuste del umbral de apertura.

- Calculo del espesor de la cala (6) que se debe añadir o retirar.
- Si el umbral de apertura es inferior al “mínimo de apertura”, aumentar el espesor de la cala.
- Si el umbral de apertura es superior al “máximo de apertura”, disminuir el espesor de la cala.

Nota. La relación espesor cala - NG – P2/P0 es 0,1mm -150 rpm – 0,1bar.

Desmontaje del fuelle y ajuste de la cala.

- Desbloquear y desmontar los cuatro tornillos (1) con sus arandelas (2).
- Desmontar el conjunto cubierta (3). Cala pegable (4) y fuelle (5).
- Mantener el fuelle (5) sobre la cubierta (3).
- Desmontar, medir y anotar el espesor de la cala pegable (6).
- Retirar o añadir las calas según el espesor calculado
- Limpiar los elementos con un trapo seco sin hilachas.
- Reemplazar el sello tórico (8).
- Instalar la cala pegable (6) e el fuelle (5) y montar el fuelle sobre el conjunto cubierta (3), equipado con un sello tórico nuevo (4).
- Instalar los cuatro tornillos (1) con sus arandelas (2), colocar la trenza de metalización, apretar los tornillos (1) al par de 0,18 daN.m y frenar.
- Instalar la válvula de descarga.

- Controlar el umbral de apertura y de cierre de la válvula de descarga, si el umbral se sitúa fuera de las tolerancias, reemplazar el fuelle.

Reemplazo del fuelle.

- Desmontar la válvula de descarga.
- Desmontar el fuelle.
- Separar el fuelle (5) de la cubierta (3).
- Reemplazar el sello tórico (4).
- Limpiar los elementos con un trapo seco sin hilachas.
- Instalar el nuevo fuelle en la cubierta e instalar la cala plegable con el mismo espesor que la cala de origen.

Nota. La cala plegable (6) se debe colocar entre la brida soporte del fuelle (5) y la base (7).

- Instalar el conjunto. (Turbomeca, 2015)

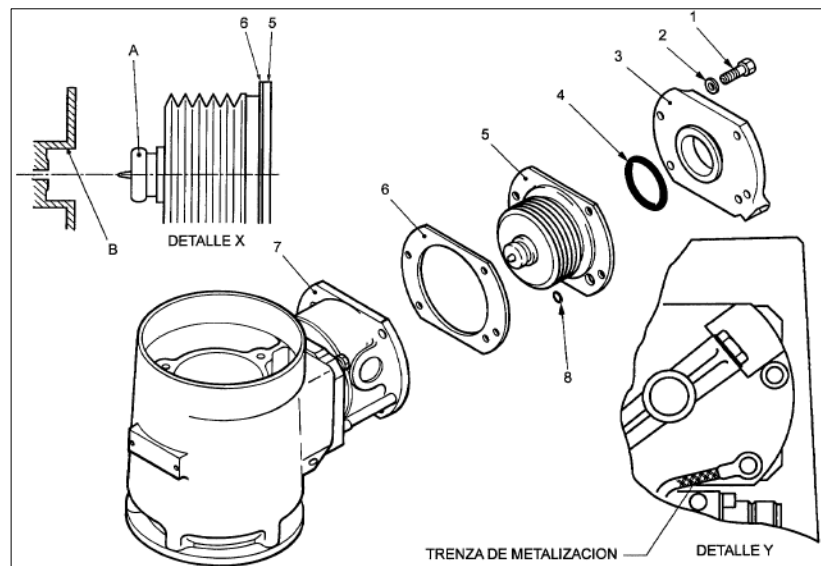


Figura 27 Despiece de la válvula 3

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

3.8 Construcción del banco de pruebas

3.8.1 Construcción del cuerpo metálico del banco de pruebas

Para la elaboración de la estructura metálica del banco de pruebas se necesitó un tubo metálico cuadrado de $\frac{3}{4}$ ". El cual se dividió en 4 secciones de, para la parte superior del banco, 4 secciones de que forman parte de la base de la parte superior del banco y por ultimo 3 secciones que refuerzan la parte inferior de la estructura del banco. Todos los elementos fueron unidos mediante una suelda autógena.



Figura 28 Soldadura de la estructura metálica del banco

Una vez dado la forma de la estructura metálica del banco de pruebas se procedió con la instalación de las 4 ruedas de 2" que van unidas a los pilares de la base de la estructura.



Figura 29 Soldadura de las ruedas del banco de pruebas

Una vez acabada la estructura del banco se procedió a pintar de color negro dando así un realce y un buen acabado a la estructura metálica del banco de pruebas.



Figura 30 Estructura metálica del banco de pruebas

3.8.2 Instalación de las láminas de aluminio a la estructura metálica del banco de pruebas

Para cubrir los lados laterales y frontales de la estructura metálica se procedió con la instalación de láminas de aluminio para lo cual se procede con la realización de huecos mediante una broca 1/8 accionada mediante un taladro neumático.



Figura 31 Perforación de la estructura metálica del banco de pruebas

Seguidamente se procede a remachar las láminas con una remachadora manual respetando los espacios entre remaches y a la vez asegurando las láminas contra la estructura metálica del banco de pruebas.



Figura 32 Remachada de la estructura metálica del banco de pruebas

3.8.3 Instalación de la caja de control de contacto abierto/cerrado

Para la instalación de la caja de control el cual necesita de una alimentación de 24vcc se realizó una conexión eléctrica el cual nos permite transformar los 110vcd a 24vcc,



Figura 33 Conexión de la caja de control

A continuación se procedió con la instalación de las luces indicadoras siguiendo el diagrama eléctrico propuesto por el manual del fabricante.

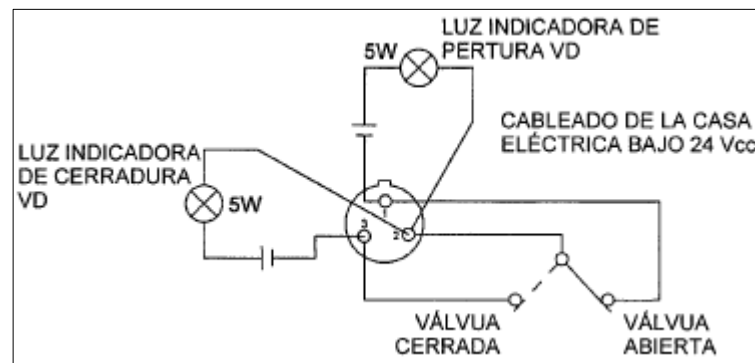


Figura 34 Diagrama eléctrico de la caja de control

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015)

En una plancha de madera de 5X45, se ubicó el instrumento de las luces indicadoras el cual nos permite visualizar mediante el encendido de la luz verde o roja según el comportamiento de la válvula de descarga si está abierta o cerrada.



Figura 35 Luces testigo

3.8.4 Instalación de la lámina de madera sobre el soporte metálico.

La lámina de madera es puesta sobre el soporte metálico del banco de pruebas en el cual se va a instalar los elementos que forman parte del circuito de comprobación de la válvula de descarga.



Figura 36 Instalación de la plancha de madera

3.8.5 Instalación de la válvula de descarga

Para la instalación de la válvula de descarga en el banco se necesita primeramente de la configuración de la toma de aire de la válvula que debe de ser semejante a la del motor para lo cual se realizó una réplica con las especificaciones en cuanto se refiere a profundidad, diámetro, la toma fuel fabricada en un torno.



Figura 37 Toma de aire de descarga

Una vez obtenida la toma de aire de la válvula de descarga se procede con su instalación, el cual consiste en fijar la toma de aire sobre la base superior del banco de pruebas para esto nos ayudamos con un martillo de goma asegurando así a presión para que la toma sea fijada correctamente sobre la lámina de madera.



Figura 38 Instalación de la toma de aire de descarga

La válvula de descarga es asegurada sobre la toma de aire mediante una abrazadera de fijación metálica tipo T la cual es ajustada fijamente mediante un tornillo a un par de apriete considerado por el operador.



Figura 39 Abrazadera metálica tipo T

La válvula de descarga es fijada sobre la toma y asegurada a un apriete de ajuste considerado.



Figura 40 Instalación de la válvula de descarga

3.8.6 Instalación de la línea de alimentación al sistema de mando neumático.

Para la conexión de la línea de alimentación al sistema de mando neumático de la válvula de descarga se utilizó una línea flexible resistente hasta los 1000 Kpa.



Figura 41 línea flexible

En un extremo va conectado al manómetro por medio de un fitting 1/4" conexión macho – hembra.



Figura 42 Instalación de la línea flexible al manómetro

Mientras que el otro extremo va conectado al sistema de mando neumático de la válvula por medio de un fitting $\frac{1}{4}$ " conexión hembra-macho.



Figura 43 Instalación de la línea flexible al sistema de mando de la válvula de descarga.

3.8.7 Instalación de la línea de retorno a la toma de aire de descarga de la válvula

Para la instalación de la línea de retorno a la toma de aire de descarga de la válvula se utilizó una línea de cobre resistente a los 1000 Kpa el cual es conectada en un extremo a la toma de aire de descarga de la válvula por medio de un acople mientras que en el otro extremo va conectada hacia un manómetro.



Figura 44 Instalación de la línea rígida a la toma de aire de descarga

3.8.8 Instalación del surtidor

Para la instalación del surtidor se realizó un orificio en la plancha de madera del diámetro del surtidor para que este quede fijado en la base de madera donde posteriormente va hacer conectado según el diagrama de conexión del banco de pruebas.



Figura 45 Instalación del surtidor

3.8.9 Instalación de los manómetros

En el banco de pruebas existen dos manómetros los cuales tienen una capacidad de medición de presión hasta los 1100 Kpa.



Figura 46 Manómetros

El manómetro es un instrumento de medición el cual detecta la presión que ejerce el sistema neumático sobre el umbral de la válvula de descarga para que esté se abra o se cierre. En el banco de pruebas están dispuestos dos manómetros los cuales se encuentran ubicados antes del sistema de mando de la válvula de descarga y el otro en la salida de la toma de la válvula de descarga.



Figura 47 Instalación del manómetro

3.9 Análisis económico.

Se realizó un presupuesto general para la elaboración de este proyecto que tenía como finalidad la comprobación del umbral de la válvula de descarga del motor Makila 1^a de la aeronave súper puma AS 332B perteneciente a la flota de helicópteros de la Aviación del Ejército Ecuatoriano mediante la implementación de un banco móvil de pruebas. A continuación se presenta detalladamente el costo real del presupuesto inicial en dos grupos:

3.9.1 Recursos

Se contará con el talento humano que en este caso será el apoyo del director del proyecto y el autor del mismo.

3.9.2 Costos primarios

Tabla 4

Costo Primario

Nº	MATERIAL		P. CANTUNITARIO	P. TOTAL
1	Manómetro de 1200 Kpa para aire comprimido	2	40\$	80\$
2	Filtro de aire seco	1	25\$	25\$
3	Acoples para tubo de cobre tipo recto hembra de 3/8"	2	10\$	20\$
4	1m de Tubo de cobre de 3/8	1	40\$	40\$
5	Plancha de madera de 50 x 25	1	20\$	20\$
6	Acople de cobre tipo T de 3/8"	1	20\$	20\$
7	2m de Tubo Cuadrado	2	40\$	80\$
8	Planchas de aluminio de 2m x 1m	1	50\$	50\$
9	Caja eléctrica para control de los umbrales de 24V	150\$		50\$

10	Indicador luminoso	210\$	20\$
11	1 galón de pintura de color negro	120\$	20\$
12	Ferretería	115\$	15\$
13	Ruedas	420\$	80\$
TOTAL			520\$

3.9.3 Costos secundarios

Tabla 5

Costo Secundario

Nº	MATERIAL	COSTO
1	Alimentación	100\$
2	Transporte	150\$
3	Impresiones	50\$
4	Empastados	50\$
TOTAL		350\$

Costo total


Tabla 6

Costo Total

Costo Primario	520\$
Costo Secundario	350\$
Total	870\$

3.10 Manual de procedimientos para realizar el mantenimiento del banco de pruebas para la comprobación de la válvula de descarga

Este manual describe todos los procedimientos que se deben tomar en cuenta al realizar la comprobación de la válvula de descarga.

UGT-ESPE	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.1de 3
	COMPROBACIÓN DEL UMBRAL DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL MOTOR MAKILA 1ª	Código N/A
		Revisión N° 1
	Elaborado por: Jairo Fernando Rivera Aprobado por: Tlgo. Rolando Sarmiento	Fecha: Mar 2017
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Evidenciar los procedimientos que se debe tomar en cuenta para efectuar la comprobación de la válvula de descarga de forma organizada y apropiada considerando las precauciones y advertencias prescritas en este manual.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Este manual admite realizar tareas de mantenimiento a la válvula de descarga del sistema de aire del motor Makila 1ª mediante un banco de pruebas</p> <p>3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p> <p>Manual de mantenimiento del motor Makila 1ª</p> <p>4. Descripción y Operación</p> <p>Operaciones preliminares.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmontar la válvula de descarga. • Limpiar el filtro de la válvula de descarga. <p>Procedimiento de prueba de buen funcionamiento</p> <p>Nota. Realizar las pruebas en una sala con una temperatura de 20°C+- 2°C.</p>		

- Conectar la válvula de descarga al banco de pruebas.
- Poner la alimentación de 24 Vcc bajo tensión.
- Abrir la fuente de aire comprimido seco o de nitrógeno.
- Aumentar progresivamente la presión del aire o del nitrógeno hasta los 1000 Kpa.
- Verificar que la válvula se cierre regularmente sin golpeo (encendido de la luz indicadora de “cerradura de la VD”).
- Reducir progresivamente la presión y verificar que la válvula se abre (encendido de la luz indicadora de “apertura de la VD”).
- Repetir la operación dos veces más en las mismas condiciones.

Procedimiento de verificación del umbral de apertura.

- Aumentar la presión del aire o del nitrógeno hasta unos 1000Kpa.
- Reducir la presión y recordar el valor de la presión de apertura PA (lectura del mano metro) de la válvula cuando se enciende la luz indicadora de “apertura de la VD”.
- Reducir la presión a 0 Kpa.
- Aumentar la presión y recordar el valor de la presión de cierre PC (lectura del manómetro) de la válvula cuando se enciende la luz indicadora de “cerradura de la VD”.
- Calcular el valor del umbral de apertura con ayuda de la formula siguiente:

$$\text{valor de umbral de apertura} = \frac{PA (\text{lectura del manómetro}) + \text{presión atmosférica}}{\text{presión atmosférica}} \pm \text{corrección}$$

Ejemplo: Presión atmosférica=102,3 Kpa → corrección: = 0,010

$$\frac{4710 + 1023}{1023} + 0,010 = 5,604 + 0,010 = 5,614$$

Tabla 7**Tabla de corrección en función de P0**

Presión atmosférica comprendida entre	Corrección del P2/P0
103,1 y 102,6 kPa	Añadir 0,015
102,5 y 102,1 kPa	Añadir 0,010
102,0 y 101,6 kPa	Añadir 0,005
101,5 y 101,1 kPa	--
101,0 y 100,6 kPa	Substraer 0,005
100,5 y 100,1 kPa	Substraer 0,010
100,0 y 99,6 kPa	Substraer 0,015
99,5 y 99,1 kPa	Substraer 0,020
99,0 y 98,6 kPa	Substraer 0,025
98,5 y 98,0 kPa	Substraer 0,030

Fuente: Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1ª, 2015

Interpretación de los resultados.

Asegurarse de que para una presión atmosférica de 101,3 Kpa.

- El valor del umbral de apertura de la válvula está comprendida entre 5,6 y 5,7 Kpa.
- La diferencia de las presiones de apertura (PA) y de cierre (PC) de la válvula de descarga debe respetar la relación.

$$PC - PA \leq 50 \text{ Kpa}$$

Nota. Para presiones atmosféricas diferentes de 101,3 Kpa.

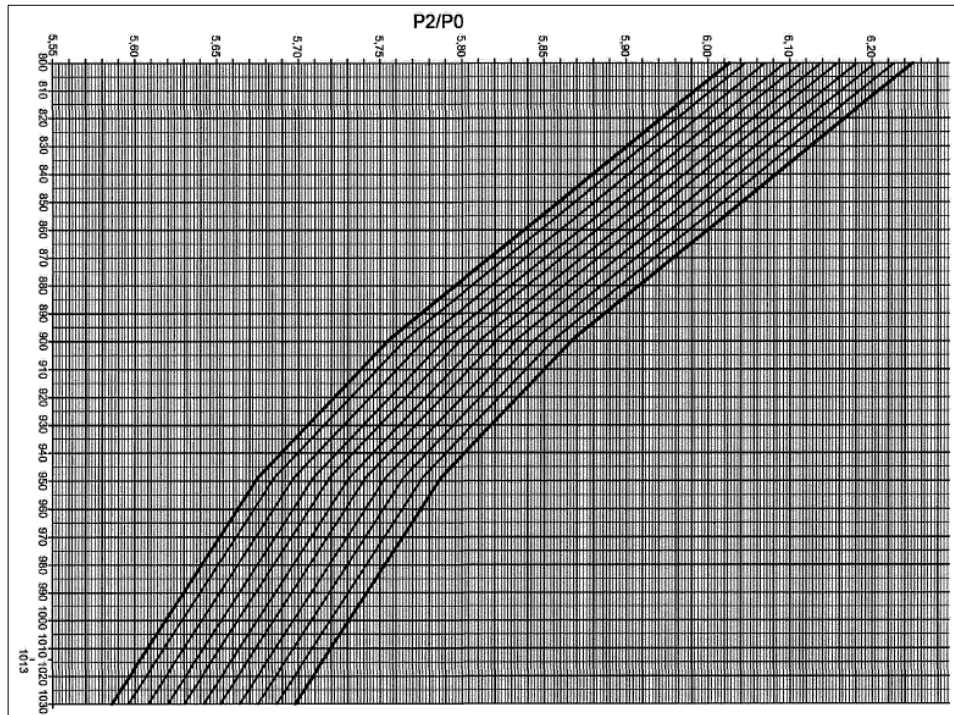


Figura 48 Abaco de corrección de la relación P2/P0

Fuente: (Turbomeca manual de instrucción motor Makila 1^a, 2015)

Puesta en condiciones.

- Montar la válvula de descarga en el motor. (Turbomeca, 2015)

FIRMA DE RESPONSABILIDAD.....

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La comprobación del umbral de la válvula de descarga mediante un banco de pruebas se logró por medio de la información indagada en los respectivos manuales de mantenimiento del motor Makila 1^a.
- Por medio de un diagnóstico previo se definió los componentes y herramientas a emplear para el desarrollo de este trabajo el cual se ejecutó de manera satisfactoria cumpliendo con todos los estándares adecuados.
- La implementación del banco de pruebas para la válvula de descarga cumple con los parámetros de seguridad requeridos por el Centro de Mantenimiento del Ejército Ecuatoriano aportando así al técnico con un equipo capaz de facilitar con el desarrollo del mantenimiento de forma correcta y eficaz.
- Mediante la información recopilada del manual de mantenimiento y con la ayuda de la experiencia del personal técnico especializado se logró cumplir con el objetivo propuesto.

4.2 Recomendaciones

- Previo a ejecutar el trabajo de mantenimiento se debe recurrir al manual de mantenimiento para poder seguir los pasos prescritos en el mismo tomando en cuenta las advertencias y precauciones que nos permita ejecutar la tarea de mantenimiento de forma eficaz.
- Considerar todos los medios necesarios como herramientas los cuales son esenciales a la hora de ejecutar el trabajo de mantenimiento.
- Almacenar el equipo de trabajo en un lugar seguro para evitar posibles daños al mismo y mantener la operación del mismo cumpliendo así con los parámetros de seguridad.
- Seguir las normas prescritas en el manual de mantenimiento cumpliendo con todos los procedimientos para la ejecución de un trabajo adecuado.

4.3 Definiciones y acrónimos

A

Aeronave.- Una aeronave es cualquier vehículo capaz de navegar por el aire, o, en general, por la atmósfera de un planeta. Según la OACI, aeronave es toda máquina que puede desplazarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronavegabilidad.- es la aptitud técnica y legal que debe tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que:

- a) Cumpla con su Certificado Tipo.
- b) Que exista la seguridad o integridad física, incluyendo sus partes, componentes y subsistemas, su capacidad de ejecución y sus características de empleo.
- c) Que la aeronave lleve una operación efectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos, etc.), hasta su próximo mantenimiento.

D

DGAC.- Dirección General de Aviación Civil.

E

Equipo.- Uno o varios conjuntos de componentes relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada.

I

Incidencia.- Cosa que se produce en el transcurso de un asunto, un relato, etc., y que repercute en él alterándolo o interrumpiéndolo.

Inspección.- Es el acto de examinar una aeronave o componente de aeronave para establecer la conformidad con un dato de mantenimiento.

L

Limpieza.- Acción de remover y/o desnaturalizar los residuos presentes en las diferentes superficies.

M

Mantenimiento.- Trabajos requeridos para asegurar la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias tareas tales como: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

BIBLIOGRAFÍA

- TURBOMECA, “Manual de Mantenimiento del motor Makila 1^a”, Actualización (2015), TOMO 2, “AVIACIÓN DEL EJÉRCITO”.
- TURBOMECA, “Manual de Instrucción del motor Makila 1^a.”, Actualización (2015), TOMO 3, “AVIACIÓN DEL EJÉRCITO”.
- Helicopters and aircrafts,(2014), [http://heli-air.net/2015/04/26/súper puma/](http://heli-air.net/2015/04/26/súper-puma/)

ANEXOS

