



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

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

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCION AVIONES**

**TEMA: HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL  
HELICÓPTERO ESCUELA GAZELLE SA 342-L  
PERTENECIENTE A LA ESCUELA TÉCNICA DE AVIACIÓN  
DEL EJÉRCITO**

**AUTOR: WILLIAM PAÚL PILATASIG VINOCUNGA**

**DIRECTOR: TLGO. JOHNATAN VALENCIA**

**LATACUNGA**

**2016**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Tlgo. Johnatan Valencia

**CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de graduación, “**HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL HELICÓPTERO ESCUELA GAZELLE SA 342-L PERTENECIENTE A LA ESCUELA TÉCNICA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO**”, realizado en su totalidad por el Sr. **PILATASIG VINOCUNGA WILLIAM PAÚL**, como requisito previo a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato de documento portátil (PDF). Por lo tanto autorizo a **Pilatasig Vinocunga William Paúl**, que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez, en su calidad de Directora de Carrera de Mecánica Aeronáutica.

**Latacunga, marzo del 2016**

---

**TLGO. JOHNATAN VALENCIA**  
**DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, **PILATASIG VINOCUNGA WILLIAM PAÚL**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de grado denominado **“HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL HELICÓPTERO ESCUELA GAZELLE SA 342-L PERTENECIENTE A LA ESCUELA TÉCNICA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO”**, ha sido desarrollado en base a una investigación científica, a la asesoría de personal técnico capacitado y a la aplicación de los conocimientos adquiridos durante toda la carrera; respetando los derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan en la bibliografía.

En tal virtud, este trabajo es de mi autoría, consecuentemente me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

**Latacunga, marzo del 2016**

---

**PILATASIG VINOCUNGA WILLIAM PAÚL**

**C.C. 1720173887**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **PILATASIG VINOCUNGA WILLIAM PAÚL**

**AUTORIZO:**

A la Unidad de Gestión de Tecnologías sustentada a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución el trabajo “ **HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL HELICÓPTERO ESCUELA GAZELLE SA 342-L PERTENECIENTE A LA ESCUELA TÉCNICA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, marzo del 2016**

---

**PILATASIG VINOCUNGA WILLIAM PAÚL**

**C.C. 1720173887**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**DEDICATORIA**

El presente proyecto de grado lo dedico a Dios, quien con su infinito amor nos brinda día tras día la oportunidad ser mejores personas y excelentes profesionales.

A mi esposa Monserrate que con su amor, comprensión y paciencia; ha estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional, alentándome a no desmayar y seguir adelante.

A mis hijas Andrea y Allison, mis mágicas princesas quienes son el motor que cada mañana me impulsa a levantarme y seguir adelante. Y con sus tiernas ocurrencias han podido sacarme una sonrisa aun en los momentos más tristes.

A mis padres quienes han estado siempre conmigo brindándome su apoyo incondicional, e incentivándome cada día para alcanzar nuevos niveles de superación, tanto personal como profesional en la carrera de las armas.

Pilatasig Vinocunga William Paúl

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AGRADECIMIENTO**

A Dios por la oportunidad que nos brinda todos los días de levantarnos siempre con gran optimismo para seguir con nuestra lucha incansable de superación.

A la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas, por abrirme sus puertas para que a través de una formación integral llegue a obtener el título tecnológico.

A los docentes, en especial a mi director de tesis por guiarme en la elaboración del presente trabajo.

En general a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo para la culminación de este proyecto de grado.

Pilatasig Vinocunga William Paúl

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 ALCANCE .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1 Introducción .....	5
2.1.1 Descripción general del helicóptero Gazelle SA 342 L .....	5
2.2 Presentación de la aeronave .....	6
2.2.1 Misiones.....	6
2.2.2 Armamento .....	6
2.2.3 Principales ventajas .....	6
2.2.4 Características principales .....	7

2.2.5 Características generales .....	7
2.3 Estructura.....	8
2.3.1 Los materiales utilizados en el SA 342 L. ....	9
2.3.1.1 Aleación ligera .....	9
2.3.1.2 Nida en Estratificado .....	9
2.3.1.3 Nida metálica .....	10
2.3.1.4 Materiales transparentes.....	10
2.4 Sistema de transmisión.....	11
2.4.1 El árbol torquímetro .....	12
2.4.2 El embrague.....	12
2.4.3 Rueda libre.....	13
2.4.4 Caja de transmisión principal.....	14
2.4.5 Freno del rotor .....	14
2.4.6 Árboles de transmisión.....	15
2.4.8 Caja de transmisión intermedia.....	16
2.4.9 Caja de transmisión trasera .....	16
2.5 Sistema eléctrico.....	17
2.5.1 Generación de corriente continua .....	17
2.5.1.1 Batería de Níquel Cadmio:.....	18
2.5.1.1.1 Precauciones al trabajar con batería .....	18
2.5.1.1.2 Sistema de receptáculo de planta externa .....	19
2.5.1.1.3 Seguridad para la utilización de planta externa .....	19
2.5.1.2 Generador arrancador.....	19
2.5.1.2.1 Mantenimiento del generador DC .....	20
2.5.1.2.2 Regulador de voltaje .....	21
2.5.1.2.4 Contactor disyuntor .....	21
2.5.1.2.5 Principio de funcionamiento del contactor disyuntor .....	21
2.5.2 Controles e instrumentos .....	22
2.5.2.1 Voltímetro.....	22
2.5.2.2 Interruptores.....	22
2.5.2.3 Luces de precaución .....	22



2.5.3 Circuito de generación de corriente alterna .....	23
2.5.3.1 Alternador .....	23
2.5.4 El panel de control está conformado por: .....	24
2.5.4.1 Instrumentos de vuelo.....	24
2.5.4.2 Instrumentos de parámetros mecánicos .....	24
2.6 Generalidades del motor Astazou XIV H .....	25
2.6.1 Fijación sobre la aeronave.....	27
2.6.2 Características .....	27
2.6.3 Funcionamiento termodinámico .....	28
2.6.3.1 Flujo de los gases .....	28
2.6.4 Entrada de aire .....	29
2.6.5 Los compresores .....	29
2.6.6 Compresor axial.....	30
2.6.7 Compresor centrífugo .....	30
2.6.8 El cárter de accesorios .....	31
2.6.9 Cámara de combustión.....	32
2.6.10 Turbina.....	32
2.6.11 Difusor de salida .....	33
2.6.12 Tobera.....	34
2.6.13 Punto fijo.....	35
2.6.13.1 Finalidad .....	35
2.6.13.2 Parámetros del motor que deben controlarse .....	35
2.6.14 Ventilación .....	36
2.6.15 Arranque de la aeronave.....	36
2.6.15.1 Precaución .....	36
2.7 Procedimientos para remolcar una aeronave. ....	39
2.7.1 Remolque de una aeronave desde los hangares hacia la plataforma. ....	39
2.7.1.1 Aeronaves equipadas con patines .....	39
2.7.2 Remolque de una aeronave desde la plataforma hacia los hangares. ....	40

2.7.2.1 Aeronaves equipadas con patines.....	40
2.8 Procedimientos para el reabastecimiento de combustible a una aeronave.....	41
2.8.1 Precauciones de seguridad.....	42
2.8.2 Orden de reabastecimiento de combustible.....	43
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>44</b>
<b>DESARROLLO DEL TEMA.....</b>	<b>44</b>
3.1 Preliminares.....	45
3.2 Estudio de factibilidad.....	45
3.2.1 Factor técnico.....	45
3.2.2 Factor económico.....	46
3.3 Utilización del Equipo de Protección Personal (EPP).....	46
3.4 Recopilación de información técnica.....	47
3.5 Área prevista para el trabajo.....	47
3.6 Planificación de los trabajos para habilitar el sistema de arranque.....	48
3.7 Orden de trabajo para habilitar el sistema de arranque.....	48
3.8 Verificación del estado y condición de los componentes del sistema de arranque de la célula.....	48
3.9 Herramientas, máquinas y materiales utilizadas en la habilitación del sistema arranque.....	50
3.10 Verificación de los elementos eléctricos.....	52
3.10.1 Verificación de la continuidad de los fusibles del helicóptero.....	52
3.10.2 Chequeo de las luces del panel de control del helicóptero.....	53
3.10.3 Verificación de los micro-ruptores 24k.....	54
3.10.3.1 Montaje del cable teleflex de la manija de gasto.....	54
3.10.3.2 Reglaje de la manija de gasto.....	56
3.10.3.3 Control de funcionamiento de los micro-ruptores.....	57
3.10.4 Verificación del regulador de voltaje.....	57

3.10.5 Verificación de la Caja de secuencias .....	58
3.10.6 Verificación del corazón eléctrico de la aeronave .....	59
3.11 Verificación del Sistema de combustible.....	59
3.11.1 Verificación del circuito de combustible .....	59
3.11.2 Verificación de la bomba Booster .....	61
3.11.2.1 Montaje de la bomba Booster .....	62
3.11.3 Verificación del filtro de combustible .....	63
3.11.3.1 Montaje del filtro de combustible.....	63
3.11.4 Verificación por contaminación del tanque principal de combustible .	64
3.12 Verificación del motor Astazou XLV H .....	64
3.12.1 Verificación del Árbol torquímetro .....	66
3.12.2 Limpieza del motor.....	67
3.12.3 Verificación de los componentes del motor Astazou XIV H .....	69
3.12.3.1 Verificación de las Antorchas.....	69
3.12.3.1.1 Montaje de las Antorchas.....	69
3.12.3.2 Verificación de la Válvula de descarga .....	70
3.12.3.2.1 Montaje de la Válvula de descarga .....	71
3.12.3.3 Verificación de funcionamiento de la Bobina de encendido .....	72
3.12.4 Montaje del motor .....	73
3.12.5 Llenado de aceite del motor.....	74
3.13 Pruebas de funcionamiento .....	74
3.13.1 Pedido de autorización y designación de piloto para el arranque de la aeronave.....	74
3.13.2 Verificadores de control de calidad .....	75
3.13.3 Procedimiento de remolque de la aeronave.....	75
3.13.4 Reabastecimiento de combustible de la aeronave.....	75
3.13.5 Proceso de arranque de la aeronave .....	77
3.13.5.1 Primera prueba de arranque de la aeronave .....	78
3.13.5.1.1 Acción correctiva.....	78

3.13.5.2 Segunda prueba de arranque de la aeronave.....	79
3.14 Elaboración de manuales.....	80
3.14.1 Manual de Operación.....	80
3.14.2 Manual de Mantenimiento.....	80
3.14.3 Manual de Seguridad.....	80
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>85</b>
4.1 CONCLUSIONES .....	85
4.2 RECOMENDACIONES .....	86
ABREVIATURAS .....	87
GLOSARIO .....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Capacidades y limitaciones del motor .....	27
<b>Tabla 2</b> Fases de funcionamiento del motor.....	277
<b>Tabla 3</b> Operación de arranque - encendido de la aeronave .....	37
<b>Tabla 4</b> Lista de materiales fungibles .....	50
<b>Tabla 5</b> Lista de máquinas y herramientas especiales .....	50
<b>Tabla 6</b> Lista de herramientas manuales.....	51
<b>Tabla 7</b> Repuestos necesarios .....	555
<b>Tabla 8</b> Costos mano de obra .....	822
<b>Tabla 9</b> Costos de Materiales fungibles y lubricante .....	822
<b>Tabla 10</b> Costos secundarios .....	833
<b>Tabla 11</b> Costo total .....	844

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Helicóptero Gazelle SA 342 L .....	5
<b>Figura 2.</b> Vista lateral Helicóptero Gazelle SA 343 L .....	7
<b>Figura 3.</b> Vista frontal Helicóptero Gazelle SA 342 L .....	8
<b>Figura 4.</b> Vista superior del Helicóptero Gazelle SA 342 L .....	8
<b>Figura 5.</b> Carenajes del helicóptero Gazelle .....	9
<b>Figura 6.</b> Platina flexible del helicóptero Gazelle.....	10
<b>Figura 7.</b> Cabina transparente del helicóptero Gazelle .....	10
<b>Figura 8.</b> Sistema de transmisión.....	11
<b>Figura 9.</b> Árbol torquímetro .....	12
<b>Figura 10.</b> Embrague .....	13
<b>Figura 11.</b> Rueda libre.....	13
<b>Figura 12.</b> Caja de transmisión principal .....	14
<b>Figura 13.</b> Freno rotor .....	15
<b>Figura 14.</b> Árboles de transmisión.....	15
<b>Figura 15.</b> Caja de Transmisión Intermedia .....	16
<b>Figura 16.</b> Caja de Transmisión Trasera.....	17
<b>Figura 17.</b> Batería de NiCd.....	18
<b>Figura 18.</b> Áreas desgastadas por conmutador y escobillas .....	20
<b>Figura 19.</b> Generador arrancador y alternador sobre el motor .....	23
<b>Figura 20.</b> Panel de control .....	25
<b>Figura 21.</b> Partes de la turbina .....	26
<b>Figura 22.</b> Motor Astazou XIV H.....	26
<b>Figura 23.</b> Funcionamiento termodinámico .....	29
<b>Figura 24.</b> Compresor axial.....	30
<b>Figura 25.</b> Compresor centrífugo .....	31
<b>Figura 26.</b> Cámara de combustión .....	32
<b>Figura 27.</b> Turbina del motor Astazou .....	33
<b>Figura 28.</b> Difusor de salida .....	34
<b>Figura 29.</b> Tobera.....	34
<b>Figura 30.</b> Remolque de la aeronave .....	40
<b>Figura 31.</b> Equipo de protección personal.....	46
<b>Figura 32.</b> Documentación Técnica.....	47

<b>Figura 33.</b> Helicóptero dentro del hangar .....	48
<b>Figura 34.</b> Planta externa .....	49
<b>Figura 35.</b> Energizado del helicóptero.....	49
<b>Figura 36.</b> Cajas de distribución.....	52
<b>Figura 37.</b> Chequeo de fusibles .....	53
<b>Figura 38.</b> Luces de control.....	53
<b>Figura 39.</b> Manija de gasto sin cable teleflex .....	54
<b>Figura 40.</b> Montaje del cable Teleflex .....	56
<b>Figura 41.</b> Reglaje de la manija de gasto .....	56
<b>Figura 42.</b> Regulador de voltaje .....	58
<b>Figura 43.</b> Caja de secuencias.....	58
<b>Figura 44.</b> Corazón eléctrico .....	59
<b>Figura 45.</b> Cañería de combustible en mal estado.....	60
<b>Figura 46.</b> Cañería de combustible .....	60
<b>Figura 47.</b> Chequeo de la bomba Booster .....	61
<b>Figura 48.</b> Junta de estanqueidad de la bomba Booster.....	62
<b>Figura 49.</b> Montaje de la bomba Booster .....	62
<b>Figura 50.</b> Chequeo del filtro de combustible .....	63
<b>Figura 51.</b> Drene del tanque de combustible .....	64
<b>Figura 52.</b> Desmontaje del motor.....	65
<b>Figura 53.</b> Desmontaje del árbol torquímetro .....	66
<b>Figura 54.</b> Árbol torquímetro inoperable.....	66
<b>Figura 55.</b> Árbol torquímetro en buen estado.....	67
<b>Figura 56.</b> Desmontaje del generador.....	68
<b>Figura 57.</b> Lavado del motor .....	68
<b>Figura 58.</b> Verificación de las Antorchas.....	69
<b>Figura 59.</b> Montaje de las antorchas .....	70
<b>Figura 60.</b> Desmontaje de la válvula de descarga .....	71
<b>Figura 61.</b> Chequeo de la válvula de descarga.....	71
<b>Figura 62.</b> Verificación de la bobina de encendido.....	72
<b>Figura 63.</b> Montaje del motor .....	73
<b>Figura 64.</b> Reservorio de aceite del motor .....	74
<b>Figura 65.</b> Personal designado de control de calidad .....	75
<b>Figura 66.</b> Zona de reabastecimiento de JP-1 .....	76

<b>Figura 67.</b> Arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L.....	78
<b>Figura 68.</b> Válvula de cuatro vías.....	79
<b>Figura 69.</b> Lectura del tacómetro doble.....	79



## RESUMEN

El objetivo fundamental del presente proyecto de grado es la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L, el contenido teórico está basado en la información técnica recopilada de los manuales de la aeronave, en especial del Manual de Mantenimiento del Helicóptero Gazelle y el Manual de Mantenimiento del Motor Astazou XIV H. Este trabajo se ha realizado con la finalidad de proporcionar al personal de alumnos de la “Escuela Técnica de Aviación del Ejército”, una ayuda didáctica para alcanzar un aprendizaje significativo, puesto que anteriormente las clases se basaban solo en la teoría. Con la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuelas Gazelle SA 342-L, los alumnos, en especial los de la especialidad de Helicópteros y Motores tendrán la oportunidad de instruirse en un material de apoyo que estará apegado a la realidad del trabajo diario de los técnicos de aviación. De esta manera podrán realizar trabajos de mantenimiento del sistema de arranque de la aeronave, así también familiarizarse con la operación del mismo y hacer de la seguridad que implica manipular el sistema una cultura cotidiana, aspecto que es importante para realizar las diferentes inspecciones periódicas. Esto permitirá que ellos adquieran confianza y seguridad a la hora de trabajar en los diferentes grupos de la Aviación del Ejército.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **ARRANQUE**
- **HABILITACIÓN**
- **HELICÓPTERO**
- **MANTENIMIENTO**
- **SEGURIDAD**

## **ABSTRACT**

The main objective of this graduation Project is to enable the School Gazelle SA 342-L Helicopter starting system. The theoretical content is based on the technical information gathered on the aircraft manuals, especially on the Gazelle Helicopter maintenance manual and the Astazou XIV H Engine maintenance manual. This job was made in order to provide students from “Escuela Técnica de Aviación del Ejército” a teaching aid to achieve meaningful learning due to time ago; classes were based only on theory. With the enabling of the School Gazelle SA 342-L Helicopter starting system, all the students, especially students from the engine and helicopters careers will have the opportunity to educate themselves on a support material which is close to the reality of the aviation technicians’ daily job. This way, students can perform maintenance job of the aircraft starting system, so also adapt with its operation and make safety involves the system manipulating an everyday culture. This aspect is important for the periodic inspections and also will allow students gain confidence and safety when working in the different groups of the Army Aviation.

### **KEYWORDS:**

- **START SYSTEM**
- **ENABLING**
- **HELICOPTER**
- **MAINTENANCE**
- **SAFETY**

---

**Legalized by: Lic. Diego Granja**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 ANTECEDENTES

Los avances de la ciencia y la tecnología nos obliga a mejorar la calidad de la educación y lograr así aportes significativos en el desarrollo de las actividades relacionadas con la aviación militar, por esta razón he realizado este proyecto que aparte de servir como una fuente de consulta para quienes se forman en la carrera aeronáutica, constituirá en un aporte para la 15 B.A.E “PAQUISHA”.

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, localizada en la Provincia de Pichincha, en la ciudad de Sangolquí, tiene su Escuela Técnica de Aviación del Ejército (ETAE-15) que nació progresivamente con la creación del Servicio Aéreo del Ejército (SAE) en el año 1954, posteriormente constituida en Brigada de Aviación del Ejército en el año 1978, durante este tiempo ha formado a varias promociones de aerotécnicos, es así que con el afán de mejorar día a día, la ETAE-15 ha gestionado a través del Comando de la 15 B.A.E “PAQUISHA”, al Comando del Ejército para que se le provea de una aeronave para que sea utilizada con fines de instrucción por el personal de técnicos. Es por eso que el Comando del Ejército dando atención a tan importante petición, en el mes de septiembre del 2015, designó el helicóptero Gazelle SA 342-L, de matrícula E-363, de fabricación francesa, mismo que se encontraba en el G.A.E-43 “PORTOVIEJO” en condición inoperable desde noviembre del año 2013 porque la mayoría de sus conjuntos mayores y accesorios cumplieron su Tiempo Límite de Vida (T.L.V.) y otros deben ser enviados a Revisión General, lo cual imposibilita que la aeronave sea repotenciada por su alto costo y falta de repuestos ya que la casa fabricante ya no produce sus partes.

Durante los años en que la ETAE-15 cumple funciones como capacitar al personal técnico de aviación, se han presentado dificultades para realizar dichas tareas por la ausencia o condiciones deplorables del material didáctico; debido a que el estado actual en que se encuentra mencionada aeronave no cumple los requerimientos para ser utilizada como Helicóptero Escuela, se realiza una investigación del problema presentado en el cual se determinó que es parte fundamental la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L, permitiendo que el personal de alumnos adquiera conocimientos significativos basados en la práctica.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La ETAE-15, en lo correspondiente a material didáctico necesarios para efectuar demostraciones prácticas del funcionamiento de las aeronaves tiene dificultades ya que el instituto cuenta con un Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L, el mismo que le ha sido entregado recientemente en el mes de septiembre, mismo que se encuentra fuera de servicio desde hace algunos años, encontrándose en condiciones deplorables.

La falta de este material didáctico habilitado ha originado dificultades e inconvenientes en el proceso de enseñanza, ya que dichos conocimientos son dictados solo en clase y no reforzados con la práctica ya que los sistemas de dicha aeronave están inoperables.

Consecuentemente, como una alternativa de solución, se ha planteado la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L, aspecto de vital importancia que permitirá mejorar la enseñanza, basado en la práctica y brindar una educación de calidad acorde a las exigencias propias de la carrera aeronáutica.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El trabajo a realizar tiene como propósito que la Escuela Técnica de Aviación del Ejército cuente con un Helicóptero Escuela habilitado para instrucción, de tal manera que las clases sean teórico-práctico, que servirá de apoyo en el proceso formativo, necesario para que en un futuro el instituto pueda ser avalado por la DGAC.

Los principales beneficiarios con el desarrollo de este proyecto de graduación serán los alumnos de la ETAE-15, ya que los conocimientos teóricos adquiridos en clase, se fortalecerán mediante su capacitación práctica adquiriendo habilidades y destrezas de un técnico aeronáutico, lo que permitirá mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Los instructores también se verán beneficiados ya que podrán exponer todos sus conocimientos, habilidades y experiencias adquiridos de una manera más detallada, permitiendo generar eficiencia y calidad en los futuros aerotécnicos, el mismo que la institución tiene como ideal diario en beneficio de sociedad y la patria.

La implementación de este material didáctico que necesita la Escuela Técnica es factible porque cuenta con el apoyo y aprobación de la dirección de la ETAE-15, así como la información necesaria para realizar el proyecto se encuentran en los respectivos manuales de la aeronave y además, existe la disponibilidad de personal capacitado en las diferentes áreas para la asesoría técnica con respecto al proyecto.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Habilitar el sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L de matrícula E-363, siguiendo las normas y procedimientos especificados en los respectivos manuales, para la capacitación práctica de los alumnos de

las especialidades de Helicópteros y Motores de la “Escuela Técnica de Aviación del Ejército”.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica y realizar un estudio de las condiciones actuales del funcionamiento de los componentes del sistema de arranque.
- Determinar las herramientas y equipos que se van a utilizar en la habilitación de este proyecto.
- Habilitar el sistema según los manuales con los materiales y elementos establecidos observando normas de seguridad.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de arranque para garantizar su desempeño.

#### **1.5 ALCANCE**

Este proyecto está dirigido al personal que actualmente se preparan en la Escuela Técnica de Aviación del Ejército, específicamente para el personal técnico de la especialidad de Helicópteros, y a la vez servirá como fuentes de consulta para todos aquellos interesados en el tema, permitiendo así aumentar la eficiencia profesional del personal de mantenimiento que prestan sus servicios en las unidades de la 15 B.A.E. “PAQUISHA”.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción

##### 2.1.1 Descripción general del helicóptero Gazelle SA 342 L

En la década de los 80 la Aviación del Ejército es robustecida al incorporarse nuevas aeronaves a su flota. Durante este periodo la Aviación del Ejército recibe los SA 330 Puma, AS 332 y SA 315 Lama. Esto sería aún más fortificado con la llegada de los legendarios caza tanques de origen francés SA 342 Gazelle, helicópteros netamente de ataque y reconocimiento equipados con misiles Hot anti- tanque.



**Figura 1.** Helicóptero Gazelle SA 342 L  
**Fuente:** (Galería fotográfica 15-B.A.E)

El primer vuelo de este tipo de helicóptero fue en 1967, su velocidad de crucero es de 120 Kt/h o 255 Km/h. Beneficiado por un estudio aerodinámico muy profundo, el Gazelle es el primer Helicóptero en el mundo en recibir un rotor de tipo semirígido con palas en material compuesto y seguridad integrada, un rotor trasero (anti-torque) carenado llamado Fenestrón integrado en una larga deriva. El Ecuador es el único país de Latinoamérica que cuenta con ellos.

## **2.2 Presentación de la aeronave (Manual de Vuelo del SA 342 L)**

El helicóptero Gazelle SA-342 L es un helicóptero ligero, polivalente, compuestos por paneles tipo “SANDWICH-METÁLICO” de construcción Franco Británico, propulsado por un Turbo Motor TURBOMECA ASTAZOU XIV H, de tipo Turbina Ligada, el mismo que impulsa un rotor principal compuesto por tres palas y un rotor trasero de 13 palas.

### **2.2.1 Misiones**

Los helicópteros Gazelle son destinados a cumplir las misiones de:

- Reconocimiento
- Intercomunicación
- Observación
- Soporte de armamento ligero
- Evacuación sanitaria
- Transporte de carga ligera
- Entrenamiento de pilotos

### **2.2.2 Armamento**

El Helicóptero Gazelle es esencialmente creado para la guerra anti Tanques, por lo que puede estar equipado con misiles y armamento como:

- Misiles Anti Tanque HOT
- Misiles AS 11 y AS 12
- Lanza Rockets anti Personal, Fumígenas, Carga Cruzada.
- Cañón de 20 mm,

### **2.2.3 Principales ventajas**

- Fácil pilotaje



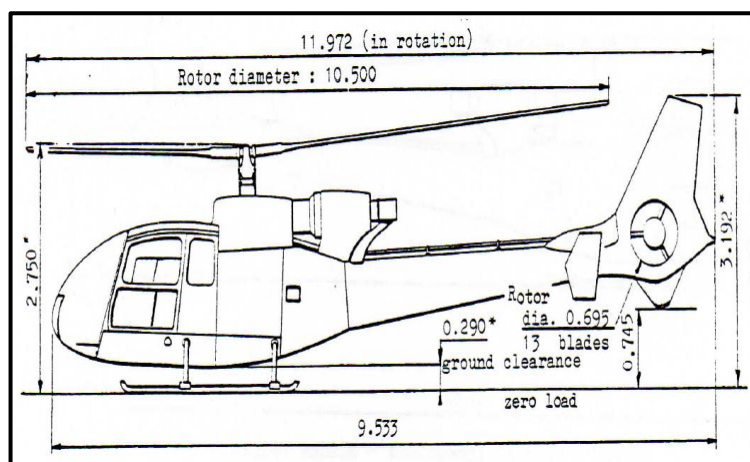
- Campo de visión máxima
- Fácil mantenimiento y reparación
- Gran confiabilidad demostrada

#### 2.2.4 Características principales

- Modelo: SA-342-L
- Fabricación: Francesa
- Peso Max.: 1.900 Kg.
- Peso al vacío: 1.100 Kg.
- Velocidad Max.: 168 Kts.
- Velocidad sin puertas: 140 Kts.
- Altura Max. 20.000 Pies
- Capacidad Max.: 5 Personas

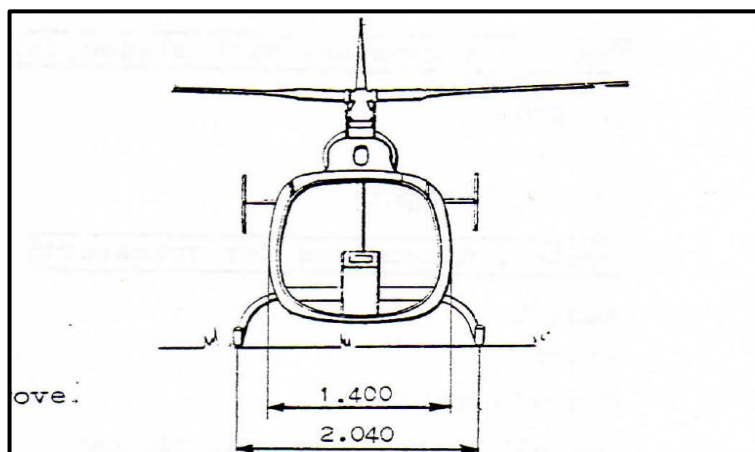
#### 2.2.5 Características generales

- Diámetro del rotor 10.500 m.
- Longitud total 11.972 m.
- Altura total 3.19 m.
- Carga útil 850 Kg.



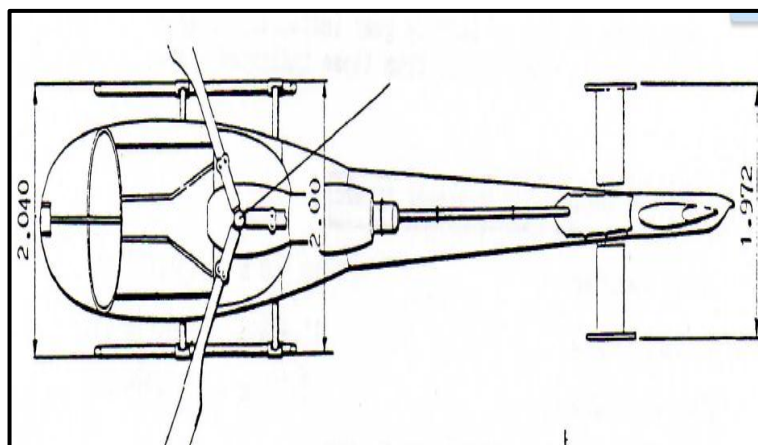
**Figura 2.** Vista lateral Helicóptero Gazelle SA 343 L

**Fuente:** (Manual de Vuelo del SA 342 L)



**Figura 3.** Vista frontal Helicóptero Gazelle SA 342 L

**Fuente:** (Manual de Vuelo del SA 342 L)



**Figura 4.** Vista superior del Helicóptero Gazelle SA 342 L

**Fuente:** (Manual de Vuelo del SA 342 L)

### 2.3 Estructura (Siza Balseca, 2015)

El Helicóptero Gazelle por sus misiones y por sus características necesita de una estructura liviana y resistente para responder a las demandas de resistencia y adaptabilidad en vuelo, es por estas razones que el constructor ha determinado cuales son los materiales más adecuados, los que cumplen con las exigencias internacionales de aeronavegabilidad.

### 2.3.1 Los materiales utilizados en el SA 342 L.

Los materiales que se utilizan en aviación y especialmente en el Helicóptero Gazelle son los siguientes.

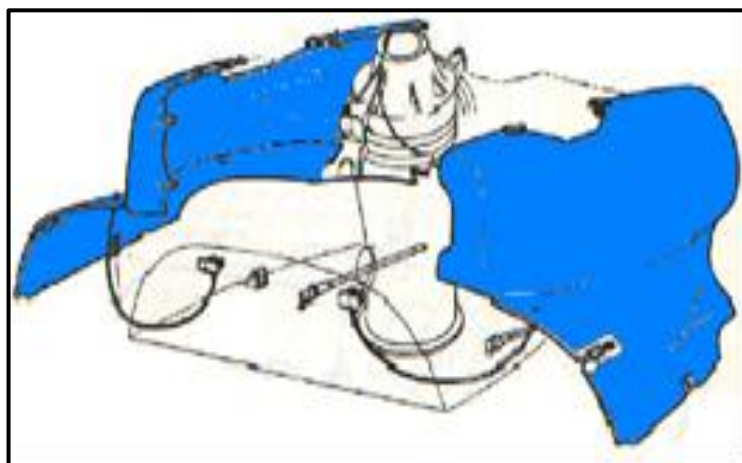
- Aleación ligera
- NIDA en Estratificado
- NIDA Metálica
- Materiales Transparentes.

#### 2.3.1.1 Aleación ligera

Utilizados generalmente en la parte exterior del helicóptero por su peso y su consistencia permiten mantener un peso óptimo para el vuelo.

#### 2.3.1.2 Nida en Estratificado

Se lo utiliza en los carenajes o compuertas de los conjuntos mecánicos por su peso ligero y su gran resistencia, se utiliza como protección de elementos que son expuestos.

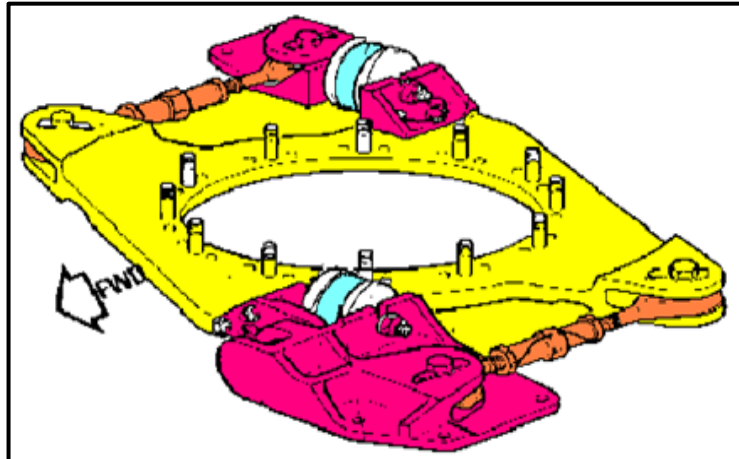


**Figura 5.** Carenajes del helicóptero Gazelle

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.3.1.3 Nida metálica

Se lo utiliza especialmente por su dureza en las planchas mecánicas en donde la mayor cantidad de peso de los conjuntos mecánicos y en la plancha de cabina en donde también soporta el peso de la tripulación y de la carga interna.



**Figura 6.** Platina flexible del helicóptero Gazelle

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.3.1.4 Materiales transparentes

Es utilizado principalmente en la cabina del helicóptero, donde proporciona a la tripulación gran visibilidad para la operación aérea de la aeronave.

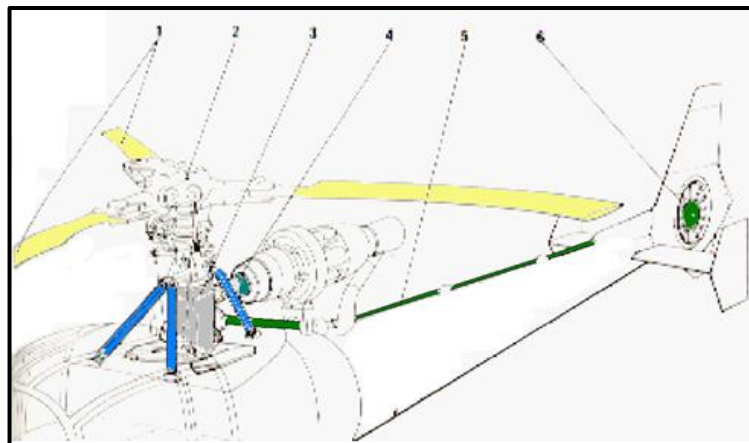


**Figura 7.** Cabina transparente del helicóptero Gazelle

## 2.4 Sistema de transmisión

Un helicóptero mecánico es un aparato en donde el o los rotores son puestos en rotación por medio de una transmisión mecánica al o a los rotores. La Cinemática de Helicóptero es la siguiente:

- Motor
- Árbol Taquímetro
- Embrague
- Rueda libre
- Caja de transmisión principal
- Freno de rotor
- Árbol de transmisión oblicua
- Caja de transmisión intermedia
- Árbol de transmisión horizontal
- Caja de transmisión trasera



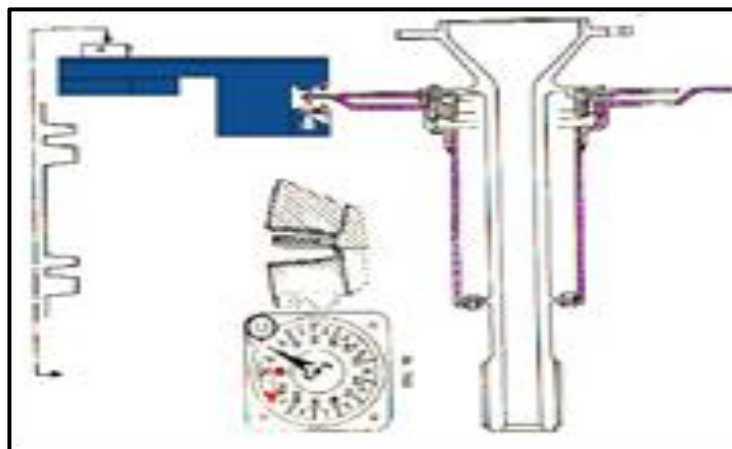
**Figura 8.** Sistema de transmisión

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.4.1 El árbol torquímetro

Permite conocer en cada momento la potencia absorbida por la Caja de Transmisión Principal, con esto el piloto conoce la condición del motor para poder determinar cuando exista una sobre potencia.

Este árbol está ubicado como primer elemento de la cinemática porque está inmediatamente a continuación de la salida de potencia del motor, por medio de una parte acanalada que permite tener la unión mecánica.

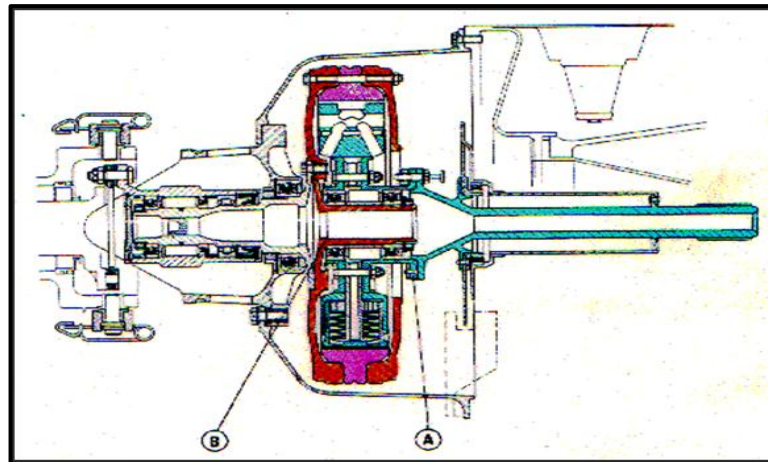


**Figura 9.** Árbol torquímetro

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.4.2 El embrague

El helicóptero Gazelle está equipado con una turbina ligada Astazou XIV H, a fin de poder realizar el encendido con el menor esfuerzo y la menor resistencia al motor por parte de los conjuntos mecánicos, esta operación es posible gracias al embrague tipo centrífugo, que nos permite la puesta en funcionamiento del motor en forma independiente, evitando los sobre calentamiento de este con su respectiva deterioración.

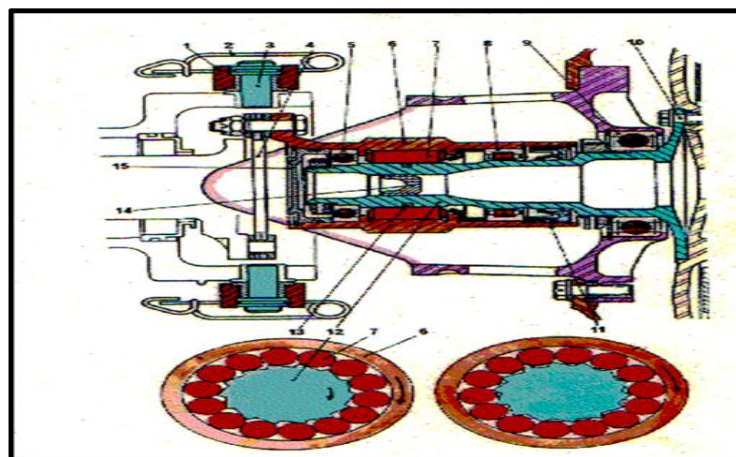


**Figura 10.** Embrague

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.4.3 Rueda libre

Es el conjunto de sistemas de seguridad utilizados en un helicóptero, el sistema permite en caso de falla del motor, al rotor continuar girando en autorrotación, la rueda libre situada después del embrague y antes de la Caja de transmisión principal. Nos permite transmitir la potencia del motor al rotor pero impide la transmisión inversa, del rotor al motor.

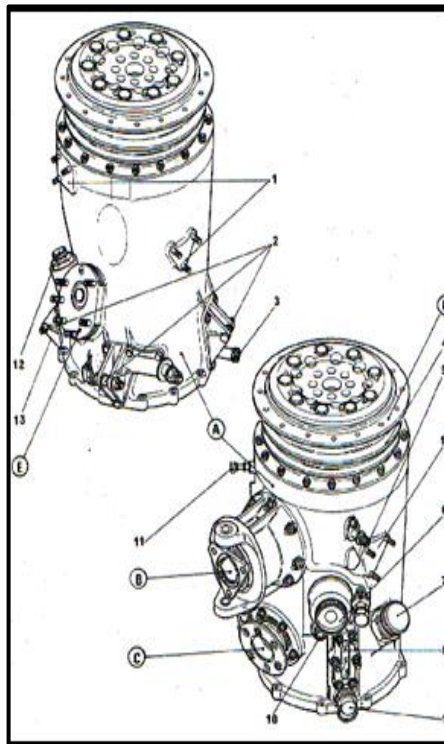


**Figura 11.** Rueda libre

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

#### 2.4.4 Caja de transmisión principal

La caja de transmisión principal es el conjunto de mecanismos que permite la transmisión de trabajo generado por el motor hacia los órganos receptores del movimiento.



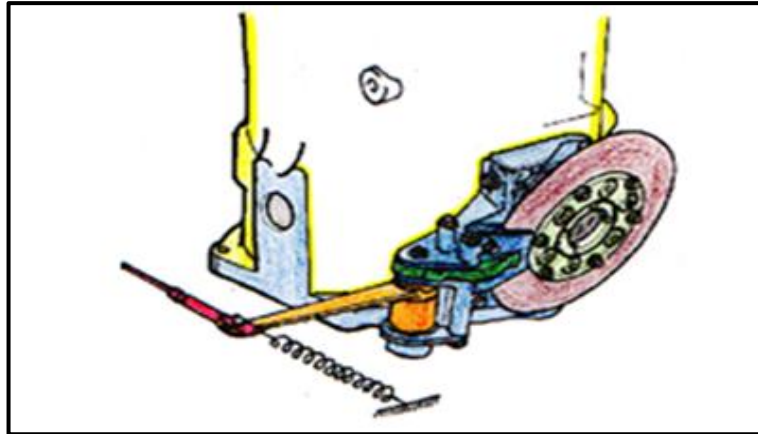
**Figura 12.** Caja de transmisión principal

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

#### 2.4.5 Freno del rotor

Detener el rotor principal es posible gracias al freno de rotor principal que es un elemento que se encuentra montado en la parte posterior de la BTP. Está dentro de la cinemática de potencia ligada directamente al piñón cónico de transmisión trasera con lo cual su unión mecánica permite al actuar detener al rotor.





**Figura 13.** Freno rotor

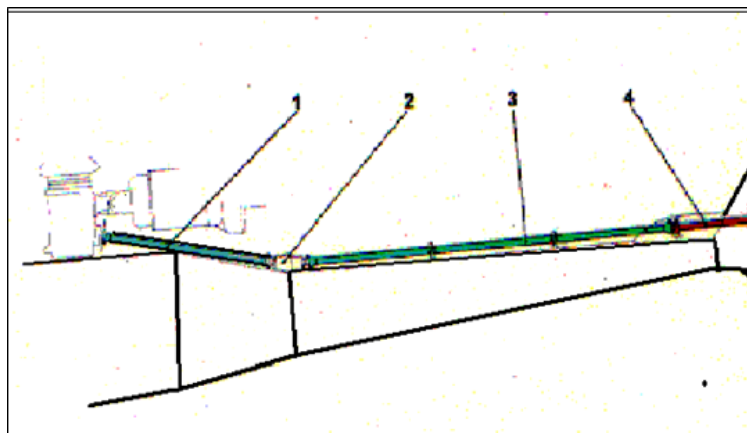
**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

#### 2.4.6 Árboles de transmisión

Asegura la unión entre las cajas de transmisión, por su constitución este está ubicado entre:

- La caja de transmisión principal y la caja de transmisión intermedia
- La caja de transmisión intermedia y la caja de transmisión trasera

Todos los árboles de transmisión están dotados de un elemento que nos permite asimilar pequeñas desalineaciones que se pueden producir en la transmisión, este elemento se conoce como FLECTOR, que es un conjunto de láminas de acero las cuales son flexibles con 6 orificios para fijar.

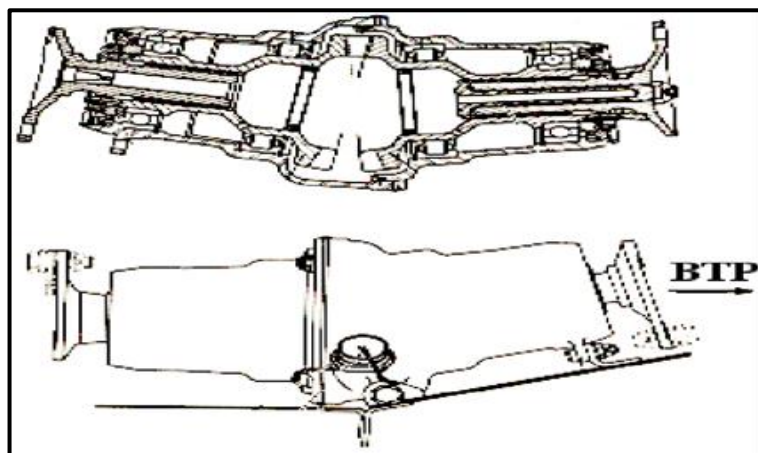


**Figura 14.** Árboles de transmisión

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.4.8 Caja de transmisión intermedia

En este helicóptero la caja de transmisión intermedia sirve para realizar el cambio de ángulo del movimiento que viene desde la caja de transmisión principal, por intermedio del árbol de transmisión oblicuo y hasta la Caja de transmisión trasera, por intermedio del árbol de transmisión horizontal. Este cambio es posible gracias a un juego de engranajes que permite mantener en movimiento sin que exista variación en el número de r.p.m. hasta el árbol de transmisión horizontal, la velocidad de rotación es de 3.627 r.p.m.



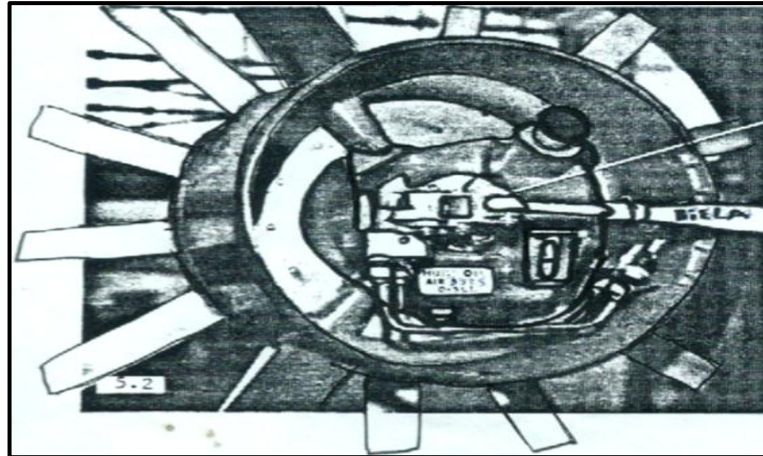
**Figura 15.** Caja de Transmisión Intermedia

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

### 2.4.9 Caja de transmisión trasera

Entre las funciones que cumplen la caja de transmisión trasera están las siguientes:

- Transmite los movimientos al rotor anti-torque
- Cambia la dirección del ángulo
- Función de multiplicador velocidad (de 3.627 r.p.m. a 5.918 r.p.m.)
- Soporte del Servo Comando Trasero



**Figura 16.** Caja de Transmisión Trasera

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

## 2.5 Sistema eléctrico

La electrónica dentro del helicóptero Gazelle es uno de los sistemas más importantes ya que la mayor parte de sus componentes funcionan en base a la electricidad y electrónica.

El helicóptero Gazelle cuenta con dos tipos de generación:

- Circuito de Generación de Corriente Continua
- Circuito de Generación de Corriente Alterna

### 2.5.1 Generación de corriente continua

Este circuito está equipado de dos elementos principales los cuales están en capacidad de generar Corriente Continua, estos elementos son:

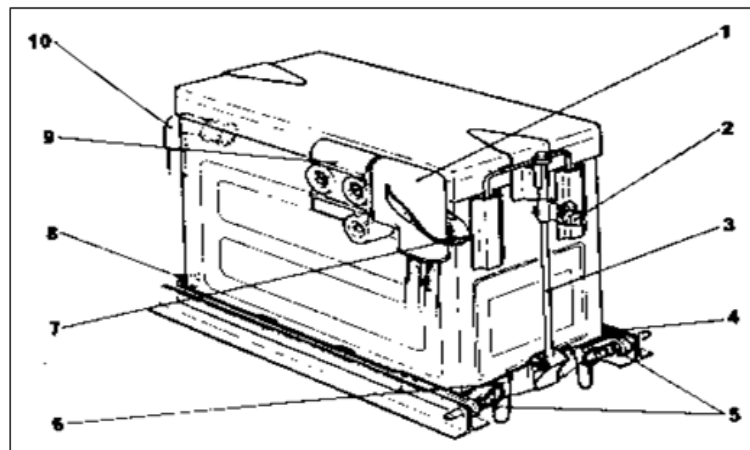
- Batería de Níquel Cadmio
- Generador Arrancador

### 2.5.1.1 Batería de Níquel Cadmio:

La batería está conformada por 20 pilas de 1.2 VCC y 20 A las cuales están conectadas en Serie y nos permite obtener un total de carga de 24 a 26 VCC. Con una capacidad nominal de 400 A. Las pilas son construidas en material de Níquel Cadmio.

La posición de la batería está dada en la parte delantera del helicóptero para así beneficiarse de una ventilación dinámica.

La batería incluye un receptáculo fijado que sirve para alimentar al sistema. La batería es acoplada a la aeronave por el contactor de la batería controlado por el interruptor BAT.



**Figura 17.** Batería de NiCd

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

#### 2.5.1.1.1 Precauciones al trabajar con batería

- Separar los talleres y no mezclar las baterías y la herramienta
- Colocarse el equipo de protección adecuada
- Mantener siempre la limpieza y organización en el taller
- Nunca abandonar la batería en su proceso de carga y descarga
- Asegúrese únicamente de utilizar agua destilada

### **2.5.1.1.2 Sistema de receptáculo de planta externa**

La instalación comprende de un receptáculo de planta externa que está asociado a un contactor y a un relé auxiliar.

El receptáculo de planta externa está asegurado a un plato colocado bajo la puerta del copiloto (lado izquierdo) está conectado al helicóptero a un voltaje de 28V de CC por una fuente colectiva externa o por una unidad de poder en tierra. El receptáculo consiste de dos pines de potencia positivo y negativo, un pin auxiliar (él más corto) usado para abastecer los sistemas de control del contactor y el relé auxiliar de planta externa, este receptáculo, está controlado por el interruptor de BAT.

### **2.5.1.1.3 Seguridad para la utilización de planta externa**

El Relé auxiliar de planta externa está conectado en el circuito de control del contactor de batería y el relé de corriente inversa, de manera que la fuente de poder de la aeronave sea pulsado cuando el receptáculo de planta externa esta energizado, cumpla las siguientes condiciones:

- Cuando el conector de la planta externa este saturado en el pin auxiliar más corto supliendo al relé del receptáculo de planta externa.
- Cuando se retira el conector de planta externa el relé está inhabilitado la batería y el generador conectan automáticamente a la barra de distribución.

### **2.5.1.2 Generador arrancador**

El Generador Arrancador inicialmente es un motor de arranque que absorbe la potencia de la batería o de un Grupo de Corriente Externa, para poner en funcionamiento el GTM. La tensión del arrancador es de 20 VCC y la intensidad es de 40 A. con una velocidad de 1800 r.p.m.

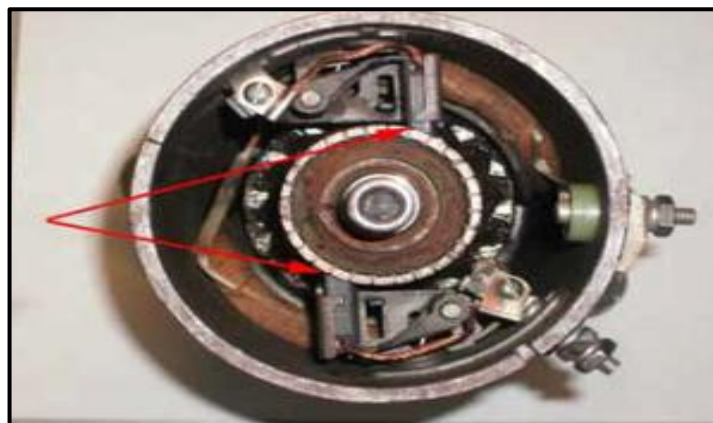
El Generador está en capacidad de producir Corriente Continua, este está ubicado en la Plancha de accesorios del GTM para así ser arrastrado por el movimiento del mismo.

#### 2.5.1.2.1 Mantenimiento del generador DC

La siguiente información sobre la inspección y mantenimiento de sistemas generadores de corriente continua es de carácter general, debido a la gran cantidad de diferentes sistemas generadores de aeronaves. Estos procedimientos son sólo para la familiarización.

Siga siempre las instrucciones del fabricante aplicable a un sistema generador dado. En general, la inspección del generador instalado en la aeronave debe incluir los siguientes elementos:

- Seguridad de montaje del generador.
- Condición de las conexiones eléctricas.
- La suciedad y el aceite en el generador. Si el aceite está presente, verifique los sellos de aceite del motor. Sople la suciedad con aire comprimido.
- Condición de los cepillos del generador.
- Funcionamiento del generador.
- Funcionamiento del regulador de voltaje.



**Figura 18.** Áreas desgastadas por conmutador y escobillas

**Fuente:** (Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe Volume 1)

#### **2.5.1.2.2 Regulador de voltaje**

Está localizado en la cabaña del hombre. El regulador de voltaje electrónico está asociado con el generador en clavado en la cabaña del hombre, posee un tornillo sobre salido que sirve para ajustar y regular el voltaje, básicamente es un elemento de protección que regula o ajusta el voltaje del generador.

El instrumento de medida puede ir conectado a los dos plugs de prueba localizados en él regulador de voltaje para realizar la verificación. El regulador encierra tres diferentes secciones;

- El regulador de voltaje propiamente dicho
- Una unidad de protección de sobre voltaje
- Un relé de dos posiciones controlado por la unidad de protección de sobre voltaje

#### **2.5.1.2.4 Contactor disyuntor**

El contactor disyuntor es un elemento electrónico que acopla al generador a la batería cuando entra a funcionar el generador el contactor disyuntor pasa a la posición de activado permitiendo alimentar a todo el helicóptero o a través de la barra principal y recargar a la batería. Debajo del asiento del copiloto se encuentra el corazón eléctrico.

#### **2.5.1.2.5 Principio de funcionamiento del contactor disyuntor**

Asegura el acoplamiento del generador a la barra de distribución automáticamente cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- Interruptor "GEN" está en posición ON
- Relé auxiliar de planta externa no está energizado
- La unidad de protección del regulador de voltaje está en reposo

- La puesta en funcionamiento ocurre cuando el voltaje del generador es mayor  $0,5V \pm 0,15V$  de CC que el voltaje de la barra de distribución.

## 2.5.2 Controles e instrumentos

Los controles e instrumentos para el sistema de generación están agrupados en el panel de control.

### 2.5.2.1 Voltímetro

Está conectado directamente a la BUS BAT tiene un rango de voltaje de 0 a 35V, provee una indicación visual producida por el generador cuando está activada la batería, cuando el generador esta desactivado y el receptáculo de planta externa no está energizado.

### 2.5.2.2 Interruptores

- Un interruptor GEN que actúa sobre el sistema de control, de relé de corriente inversa permitiendo conectar o desconectar el generador.
- Un interruptor de BAT permite conectar la batería o la planta externa directamente a la BUS BAT.

### 2.5.2.3 Luces de precaución

- Una luz "GEN" localizada en el panel del helicóptero, esta luz nos indica el funcionamiento normal o anormal del contactor disyuntor.
- Una luz "BAT" indica la abertura del contactor de batería o batería apagada.

**NOTA:** las luces de precaución "GEN y BAT" se encienden cuando está conectado la fuente de planta externa y está alimentada de 28 V.

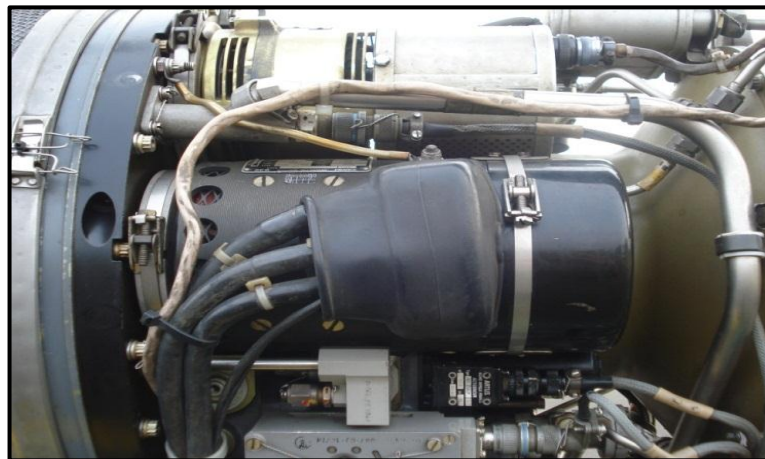


### 2.5.3 Circuito de generación de corriente alterna

La generación de corriente alterna dentro del helicóptero Gazelle es muy importante debido a que con este tipo de corriente alterna funcionan la mayor parte de instrumentos de navegación. El circuito de generación de corriente alterna está constituido por un Alternador.

#### 2.5.3.1 Alternador

El Alternador es montado de igual manera que el generador arrancador sobre la plancha de accesorios del motor con lo que se beneficia del movimiento de este. Está en capacidad de generar 115/200 VAC, 400 Hz. y 500 VA. El alternador entra en funcionamiento normal aproximadamente a las 41.000 r.p.m. del motor



**Figura 19.** Generador arrancador y alternador sobre el motor

El Sistema Eléctrico tiene singular importancia en el encendido de la aeronave, ya que el motor absorbe la potencia que genera la Batería o planta de corriente externa, las que pueden satisfacer la demanda de entre 26 y 28V DC con un amperaje aproximado de 200A. que es lo mínimo indispensable para que se produzca un arranque del motor.

Para demostrar el recorrido que realiza la corriente en el helicóptero. La Batería alimenta a la barra de alimentación principal PP2, y a su vez está en condiciones de alimentar a los siguientes órganos y sistemas:

- Tablero de alarmas 7 Alfa
- Luces de control de encendido
- Instrumentos

La barra PP2 alimenta a todos los sub sistemas que requieren energía como son:

- Sistemas de Generación
- Bombas de Combustible
- Circuito de Encendido
- Luces
- Armamento
- Radio Comunicaciones

#### **2.5.4 El panel de control está conformado por:**

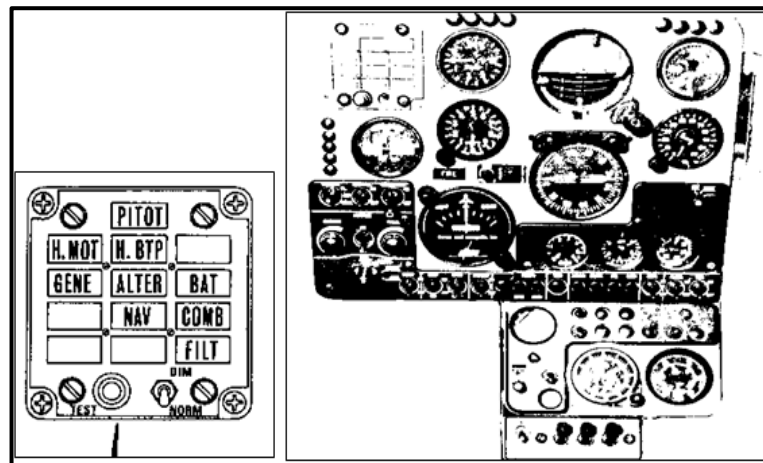
##### **2.5.4.1 Instrumentos de vuelo**

- Variómetro
- Altímetro
- Horizonte Artificial
- Anemómetro
- Giro Compás

##### **2.5.4.2 Instrumentos de parámetros mecánicos**

- Temperatura de Aceite del Motor
- Presión de Aceite del Motor
- Temperatura T4

- Voltímetro
- Torquímetro
- Mando del Freno del Rotor
- Mandos del GTM.
- Tablero de Alarmas 7 alfa.

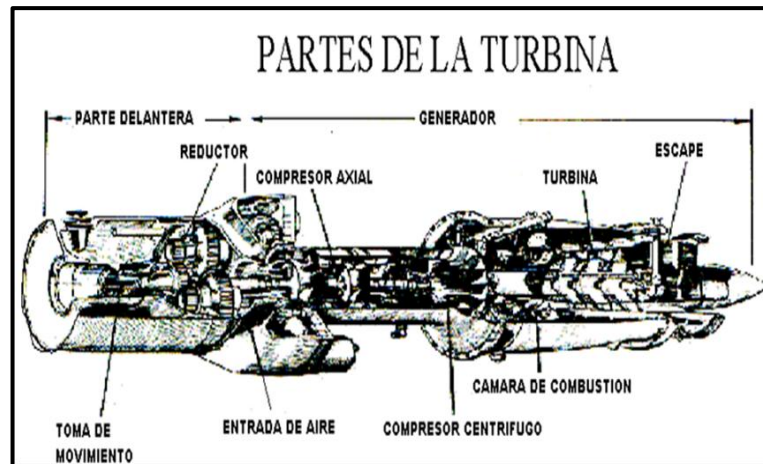


**Figura 20.** Panel de control

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

## 2.6 Generalidades del motor Astazou XIV H

El Astazou es una máquina que transforma la energía calorífica en energía mecánica gracias a la acción de los gases que son el resultado de la combustión, es un turbo propulsor concebido para responder a las exigencias de propulsión de los helicópteros mono-motores. Fabricado por Turbomeca, actualmente está previsto para equipar los helicópteros SA 342 y SA 319, pero se puede prever otras utilidades.



**Figura 21.** Partes de la turbina

**Fuente:** (Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle)

Es un motor de tercera generación que tiene una turbina que está unida a los compresores, con reductor y toma de movimiento delantero, en conclusión es un motor de TURBINA LIGADA.

La velocidad de rotación constante es de 43.000 r.p.m. con una velocidad al nivel de la toma de movimiento de 6.334 r.p.m. Su sentido de rotación visto desde la parte trasera del motor es en sentido inverso al horario.



**Figura 22.** Motor Astazou XIV H

**Fuente:** (Galería fotográfica 15-B.A.E)

### 2.6.1 Fijación sobre la aeronave

Para la fijación del motor sobre la célula existen dos puntos principales:

- En la parte delantera, la brida circular del reservorio de aceite sobre el cual se fija el cárter del embrague
- En la parte media del motor, dos orificios aterrajados en la placa soporte de accesorios reciben dos tornillos los mismos que aseguran el motor con la bancada de soporte del motor que va sobre la célula.

### 2.6.2 Características

**Tabla 1**

#### Capacidades y limitaciones del motor

<b>CAPACIDADES Y LIMITACIONES</b>	
Velocidad de Rotación	43.000 r.p.m.
Relantí Suelo	25.500 r.p.m.
Potencia sobre el Árbol	440 Kw.

**Fuente: Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle**

**Tabla 2**

#### Fases de funcionamiento del motor

<b>FASES DE FUNCIONAMIENTO</b>	
Compresión	Entrada de aire - Etapa de Compresores
Combustión	Camarada combustión
Escape	Turbina y Tobera

**Fuente: Manual de Instrucción del helicóptero Gazelle**

## 2.6.3 Funcionamiento termodinámico

### 2.6.3.1 Flujo de los gases

El motor produce la potencia necesaria sobre el árbol de salida al transformar la energía contenida en el aire y en el combustible. El funcionamiento que conduce a la producción de esta potencia se efectúa según el ciclo termodinámico “compresión – combustión – expansión.”

El aire ambiente penetra en el motor por el cárter anular de entrada.

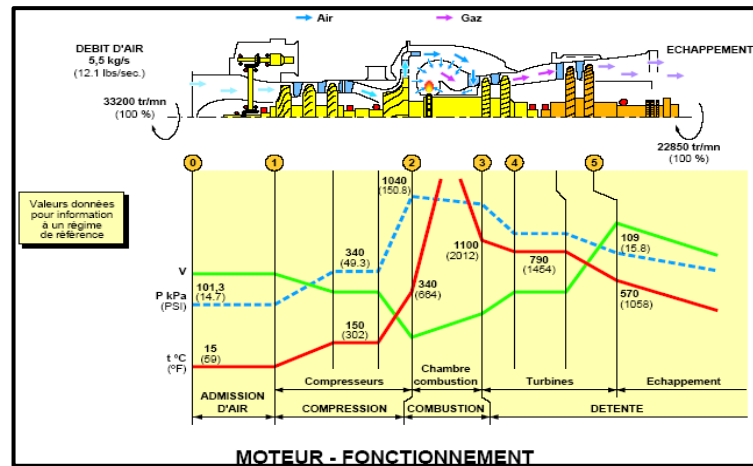
El compresor axial asegura una primera compresión de este aire que permite sobre-alimentar el compresor centrífugo, después de haber soportado esta primera compresión, el aire está dirigido hacia el compresor centrífugo por un conducto anular con sección de paso regular. Una segunda compresión está asegurada por el compresor centrífugo que hace fluir el aire a través de dos etapas difusoras.

El aire bajo presión entrado en la cámara de combustión se divide en dos flujos: un flujo de aire primario para la combustión y un flujo de aire secundario para la dilución de los gases.

Los gases provenientes de la combustión poseen mucha energía y fluyen a través de las tres etapas de la turbina que transforma esta energía en energía mecánica permitiendo accionar los compresores, accesorios y el árbol de salida.

Los gases, en posesión de una energía residual, son luego evacuados al exterior por un sistema de escape anular.

El ciclo de funcionamiento se caracteriza esencialmente por los parámetros siguientes: caudal, presión, temperatura, velocidad y torque. El único parámetro físico disponible es el caudal de combustible inyectado en la cámara de combustión.



**Figura 23.** Funcionamiento termodinámico

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou XIV H)

#### 2.6.4 Entrada de aire

Es un conductor destinado a captar el aire y de llevarlo en las mejores condiciones posibles a la entrada de los compresores, su forma ha sido estudiada para que la resistencia al avance sea lo más débil posible y que el caudal de entrada sea regular en toda la amplitud de su función.

El motor Astazou XIV dispone de una entrada de tipo Anular la que permite realizar una mejor repartición del aire en todos los ángulos de los compresores.

La entrada de aire del motor propiamente dicho es la parte que constituiría la parte delantera del motor, sobre los cuales pueden montarse órganos y dispositivos tales como reductores del ruido, sistemas anti - hielo, anti - arena y mallas de protección.

#### 2.6.5 Los compresores

El principio de todos los compresores es de absorber una cierta masa de aire, de aumentar su velocidad absoluta y transformar esta velocidad en compresión. El Compresor tiene por función:

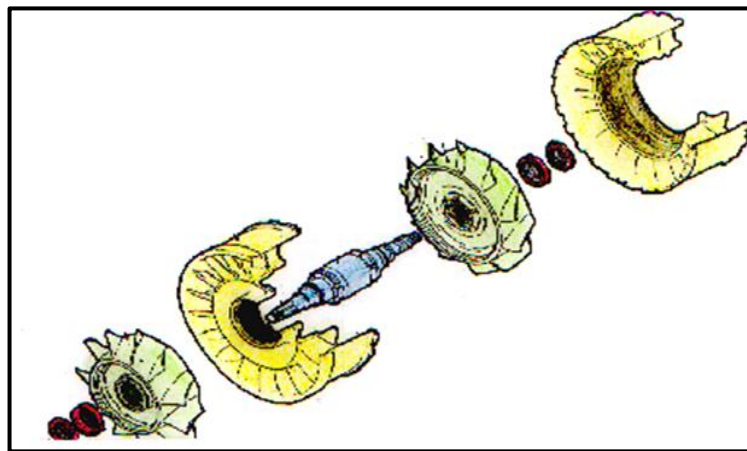
- Aspirar el aire del exterior
- Comprimir el Aire
- Enviarlo hacia la cámara de combustión en grandes cantidades.

Un compresor en el motor Astazou está compuesto de varios conjuntos llamados etapas, entre ellos están:

- La Etapa de Compresor Axial (2 etapas)
- La Etapa de Compresor Centrifugo (1 etapa)

### 2.6.6 Compresor axial

Su finalidad es sobrealimentar el compresor centrífugo a fin de incrementar la relación de compresión global. Constituido por dos etapas, cada una compuesta por alabes móviles (rotores) y alabes fijos (estatores).



**Figura 24.** Compresor axial

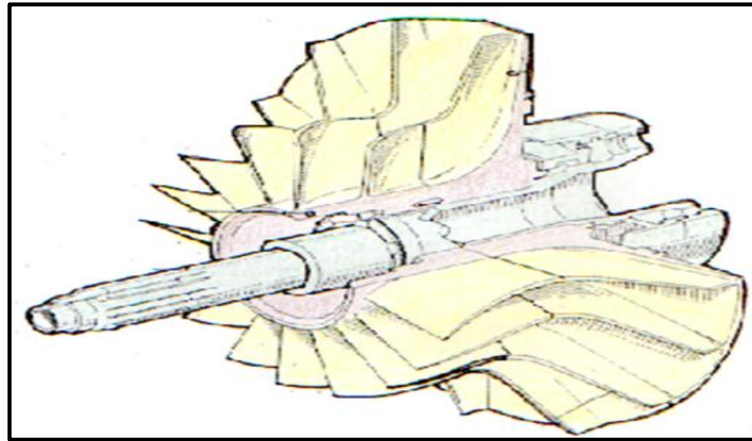
**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

### 2.6.7 Compresor centrifugo

Asegura la segunda etapa de compresión. Compuesto de 1 rotor centrífugo y 2 etapas de difusores (la primera dispuesta radialmente y la segunda axialmente).



El rotor comunica la energía a la masa de aire e incrementa su presión y su velocidad. El aire deja la extremidad de los alabes con gran velocidad y fluye por las dos etapas difusoras que transforman la velocidad en presión y rectifican el flujo, antes de la entrada del aire comprimido en la cámara de combustión.



**Figura 25.** Compresor centrífugo

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

### 2.6.8 El cárter de accesorios

Su función es la de soportar y accionar los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor, como:

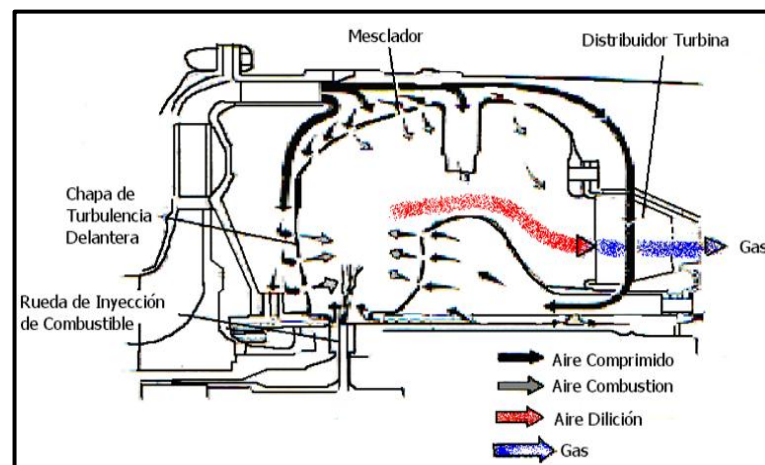
- El Arrancador
- Las bombas de aceite
- La Generatriz Taquimétrica o el Captor Magnético
- El filtro de Aceite
- Los transmisores y los Mano-contactores de Presión de Aceite
- El Reservorio de Aceite
- El Porta inyector de combustible
- El Conjunto Reductor
- La toma de Movimiento

El recubrimiento del cárter está hecho en aleación ligera y tiene orificios para la ubicación de los diferentes árboles de aplicación de los accesorios.

El interior está constituido por una cadena de árboles y piñones sucesivos que transmiten el movimiento a los diferentes accesorios, los árboles y piñones son ubicados en el interior por intermedio de rodamientos y ejes, los cuales disponen de sistemas de estanqueidad para su lubricación.

### 2.6.9 Cámara de combustión

Está ubicada en el corazón del motor, es el órgano que transforma la energía potencial del carburante en energía calorífica. La función de la cámara de combustión es la de mezclar el combustible con el aire, de quemarlo y luego enviar los gases que se producen hacia la etapa de turbinas.



**Figura 26.** Cámara de combustión

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

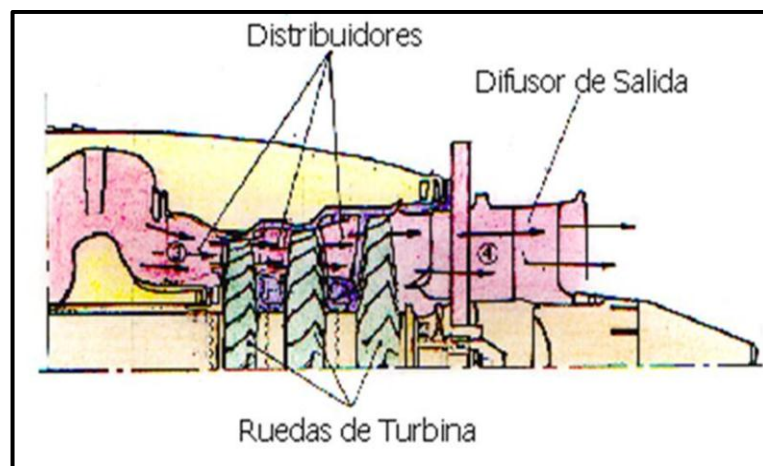
### 2.6.10 Turbina

La turbina es el órgano de Turbomotor que transforma la energía del combustible entregado por la cámara de combustión, en energía de rotación, encontrando aquí el proceso inverso de los compresores, sabiendo que:

- Transformación de la presión en velocidad en una convergente fija
- Transformación de esta velocidad en efectos aerodinámicos sobre un alabe móvil.

La etapa de turbina está compuesta de tres etapas de turbina compuestas cada una de ellas por:

- Una grilla de alabes fijos o distribuidor
- Una rueda de alabes móviles



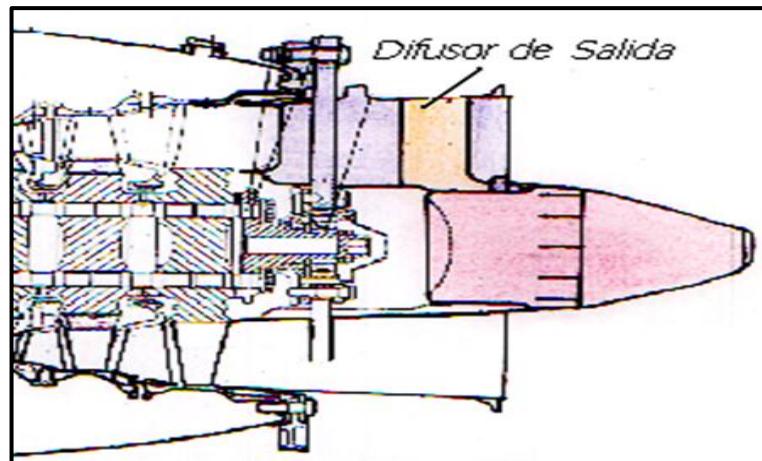
**Figura 27.** Turbina del motor Astazou

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

### 2.6.11 Difusor de salida

Está constituida una sección que va seguida al difusor, está compuesta de diversas partes ensambladas por soldadura, soporta el rodamiento del Árbol de turbina.

Su parte posterior permite el alojamiento de los harneses pirométricos que permiten la marcación de la T4. Y el montaje de la Tobera de gases.



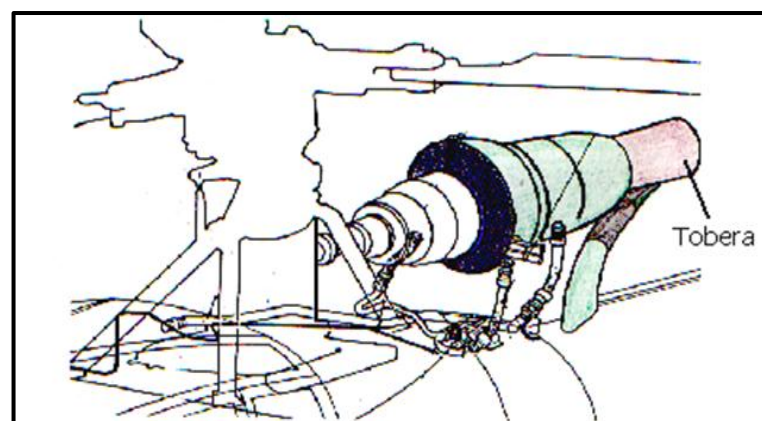
**Figura 28.** Difusor de salida

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

### 2.6.12 Tobera

La tubería que canaliza el escape de los gases hacia la atmósfera se encuentra en la parte trasera del motor. Está equipada en la parte delantera de una brida soldada destinada a recibir el collar MARMAN que asegura su fijación sobre el difusor de salida un peón de centrado permite su posición correcta a la hora del montaje.

Un conducto metálico soldado en su parte inferior se une a la vena de aire que viene desde el radiador de aceite por medio de collares.



**Figura 29.** Tobera

**Fuente:** (Manual de Instrucción del motor Astazou)

## **2.6.13 Punto fijo (Turbomeca, 1974)**

### **2.6.13.1 Finalidad**

El punto fijo tiene por finalidad asegurarse del funcionamiento correcto del motor y sus accesorios y será efectuado:

- Antes de cada vuelo,
- Antes y después de cada inspección periódica,
- Después de la constatación de una anomalía de funcionamiento,
- Después de cualquier intervención en el motor que consista en un reglaje o cambio de accesorio importante,
- Después del montaje de un turbomotor nuevo o revisado,
- Después de un almacenamiento prolongado.

### **2.6.13.2 Parámetros del motor que deben controlarse**

- Duración del arranque: Es el tiempo comprendido entre la puesta del selector de arranque en "RUN" (MARCHA) y el apagado de la luz de aviso verde "START" (ARRANQUE). El tiempo normal es aproximadamente de 25 seg. y el máximo de 50 seg.
- Velocidad de ralentí suelo: Debe ser de 25 500 + 400 rpm.
- Velocidad máxima regulada: Debe ser de 43 000 + 200 rpm.
- Presión mínima de aceite: La luz de aviso correspondiente debe apagarse cuando la velocidad de rotación del motor rebasa 39 000 rpm.
- Temperatura de los gases de escape t4: No debe rebasar:
  - Durante el arranque, limitada a. 700°C.
  - Durante la aceleración y la sincronización, la temperatura t4 crece. Al final del embrague, esperar la estabilización de la t4 antes de acelerar de nuevo. A partir de aproximadamente 35 000 rpm, la temperatura t4 decrece hasta que la velocidad nominal sea alcanzada.

### **2.6.14 Ventilación**

La ventilación consiste en accionar el motor por alimentación del generador-arrancador sin utilizar combustible y provocar la operación de encendido.

Debe ser efectuada en caso de fracasar en un arranque como resultado de una llamada visible, a continuación de un apagado accidental del motor y antes del primer arranque de un motor que ha soportado operaciones de protección o almacenamiento; tiene por finalidad evacuar el combustible acumulado en la cámara de combustión o los productos de protección y almacenamiento. Puede también ser útil para descubrir cualquier ruido anormal del motor. La duración de una ventilación se deja a la iniciativa del piloto, pero no rebasará los 20 segundos.

Para ventilar el motor, solo se necesita es poner el Interruptor de Arranque en la posición "RUN". Para detener la operación de Ventilación, retornar el interruptor de arranque "START" a DESCONECTADO "OFF".

### **2.6.15 Arranque de la aeronave**

#### **2.6.15.1 Precaución**

Después de un arranque defectuoso, no lo haga por más de tres veces consecutivas, para evitar el sobrecalentamiento del motor de arranque-generador. Después de tres intentos sin resultado espera 20 minutos antes de internarlo nuevamente

Tabla 3

## Operación de arranque - encendido de la aeronave

<b>ARRANQUE</b>		
<b>OPERACIÓN</b>	<b>CHEQUEOS</b>	<b>ACCIONES NECESARIAS</b>
1) Selectar la BOMBA BOOSTER en "ON"	La BOMBA deberá ser escuchada operando. Si existe duda, asegurarse que el amperímetro indique un incremento de carga.	Mover el interruptor Selector de Arranque a la posición Desconectado, "OFF" (ARRET) en los siguientes casos:
2) Aproximadamente 20 segundos después de poner el selector de arranque en "RUN"	La luz indicadora Verde de "ARRANQUE" "START" ("DEM") se iluminará El PUNTERO indicador del TACÓMETRO inicia su movimiento.	-La luz roja "STOP" se enciende. -La luz de Aviso Verde Arranque "START" (DEM) permanece Apagada "OFF" -La luz amarilla "INJ" permanece apagada
3) De 1.500 a 2.000 r.p.m. mover el interruptor a ENCENDIDO "IGN" (ALLUM) y mantenerlo en esa posición hasta que la temperatura aumente hasta 450°C o la velocidad de rotación llegue a 9.000 r.p.m.	Algunos segundos después: - La luz de Aviso Amarilla "INJ" "INYECCIÓN" se ilumina (llave de combustible Eléctrica Abierta) Luego: - Liberar el Interruptor Selector, la Luz de Aviso INYECCIÓN "INJ" Se Apaga (fin de inyección y secuencia de encendido). Verificar el incremento de r.p.m. y controlar la temperatura t4.	- La temperatura T4 no sube 10 segundos después de encendida la luz "INJ" (ver nota 2) - La temperatura t4 excede: · 700°C por 5 segundos. · 750°C (sobre temperatura) -La Luz de Aviso "INJ" (INYECCIÓN) permanece iluminada durante más de 10 segundos.

Continúa →

**EN CASO DE LLAMA-VISIBLE:**

( Llama visible es evidenciada por una caída de la temperatura t4)

- Reactivar el Interruptor Selector de Encendido a "IGN"
- Si la re-inyección de combustible ha arrancado antes de 9000 r.p.m. detenerlo en 9000 r.p.m.
- Si la re-inyección de combustible ha arrancado sobre 9000 r.p.m. detenerlo después de 3 seg.

**Durante la Reinyección:**

- Cuidadosamente verifique que la temperatura t4 la cual deberá permanecer bajo 550°C. - La Luz de aviso "INYECCIÓN" "INJ" se ilumina.

No utilizar la reinyección si no existe llama-visible, por ejemplo si la temperatura no ha disminuido menos de 400°C.

<b>OPERACIÓN</b>	<b>CHEQUEOS</b>	<b>ACCIONES NECESARIAS</b>
	<p>Las r.p.m. continúan aumentando sin ajuste de los controles y se estabilizan en 25 500 ± 400 r.p.m.</p> <p><b><u>NOTA:</u></b> La Luz de aviso de arranque "START" (DEM) Se apaga. La Temperatura disminuye y se estabiliza en aproximadamente 330°C.</p>	<p>Si la Luz de aviso de ARRANQUE "START" (DEM) Permanece ILUMINADA "ON" en velocidad BAJA, suavemente aumente las r.p.m. aumentando la baja velocidad y mueva la palanca de control de flujo de combustible a la posición de atrás.</p> <p style="text-align: right;">→ Continúa</p>

**NOTA 1:** En baja velocidad, la Luz roja "ENG-P" de aviso de presión de aceite pueden normalmente permanecer iluminada "ON".

**NOTA 2:** Cuando ARRANQUE en altitud, si la temperatura t4 no aumenta después de procedimiento normal, reactivar el interruptor a la posición selectora de corrida "RUN" (MARCHE) y haga una nueva INYECCIÓN.

**Fuente: (Manual de Vuelo del Helicóptero Gazelle SA 342 L)**



## **2.7 Procedimientos para remolcar una aeronave (Manual General de Mantenimiento, 2007)**

### **2.7.1 Remolque de una aeronave desde los hangares hacia la plataforma**

Importante.

- Se prohíbe totalmente operar los equipos de remolque si la persona no está capacitado y habilitado para el efecto, es de absoluta responsabilidad del jefe de mantenimiento al igual que el supervisor de mantenimiento el cumplimiento de estos procedimientos.
- La aeronave debe estar en la orden de vuelo, salvo excepciones en que por asuntos de mantenimiento deba salir a plataforma; en todos los casos observar estrictamente las medidas de seguridad.
- El personal que va a remolcar debe estar capacitado para ello.
- Durante el proceso de remolque debe estar todo el tiempo como mínimo un mecánico de la aeronave a más del personal de las líneas de vuelo.

#### **2.7.1.1 Aeronaves equipadas con patines**

- Antes de mover la aeronave, drenar los depósitos de combustible.
- Inspección visual para asegurarse que la aeronave puede ser remolcada.
- Asegurarse que el área esté libre de obstáculos.
- Las personas para proceder a remolcar se posicionaran como sigue:
  - Un mecánico se situará en la cola de la aeronave para sujetar y guiar.
  - Con seguridad se procederá a levantar la aeronave.
  - Colocarse un hombre a cada lado de la aeronave para empujar.
  - Un hombre dará la seguridad exterior.
- Cuando llegue la aeronave al área prevista para la operación, bajar aplicando todas las medidas de seguridad.

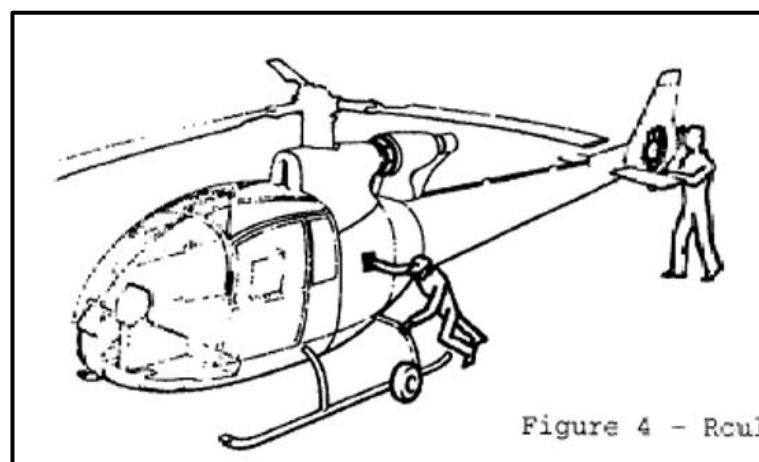
## 2.7.2 Remolque de una aeronave desde la plataforma hacia los hangares

Precaución.

- El personal que va a remolcar debe estar capacitado para ello.
- Durante el proceso de remolque debe estar todo el tiempo como mínimo un mecánico de la aeronave a más de los líneas de vuelo.
- Asegurarse que el área esté libre de obstáculos.

### 2.7.2.1 Aeronaves equipadas con patines

- Asegurarse que el área esté libre de obstáculos.
- Las personas para proceder a remolcar se posicionaran como sigue:
  - Un mecánico se colocara en la cola de la aeronave para sujetar y guiar.
  - Con todas las medidas de seguridad se procederá a levantar la aeronave.
  - Colocarse un hombre a cada lado de la aeronave para empujar.
  - Un hombre dará la seguridad exterior.
- Cuando llegue la aeronave al área prevista para la operación, bajar aplicando todas las medidas de seguridad.



**Figura 30.** Remolque de la aeronave

**Fuente:** (Manual de Mantenimiento del S.A. 342 L)

## **2.8 Procedimientos para el reabastecimiento de combustible a una aeronave (Manual General de Mantenimiento, 2007)**

El mantener una buena calidad de combustible es fundamental para la seguridad de las operaciones, muchos accidentes se pudieron haber evitado (combustible contaminado y/o mala conexión a tierra) por lo que, el control de la calidad de combustible es prioritario.

El combustible puede contaminarse con materiales tales como óxido, partículas de caucho que son residuos de los revestimientos de tanques y tambores, de mangueras o como resultado de un pobre proceso de filtración de la refinería. Otro contaminante común es el agua que se acumula por condensación o malos empaques o selladores en tanques o tambores parcialmente llenos. Un producto muy serio de contaminación que ocurre en muchas áreas cálidas es una clase de hongo que crece entre la superficie del combustible y el agua.

Todos estos contaminantes cuando se hallan en cantidades suficientes, pueden bloquear los filtros de combustible y causar serios fallos en los motores. Existen cantidades tolerables muy pequeñas, por ejemplo la máxima cantidad de agua en combustible para el S-61 es de solo 40 ppm (partículas por millón).

El combustible debe ser inspeccionado antes y después del abastecimiento para asegurarse que está limpio y seco. Contaminantes sólidos o sedimentos pueden ser detectados a simple vista, pero una inspección de agua debe ser desarrollada visualmente y con un kit detector como el Shell Water detector o Exxon Hidrokit, los cuales indican las concentraciones de agua en 30 ppm.

El agua se puede detectar en el combustible de dos formas, puede estar presente en gotas grandes o en pequeñas gotas finamente dispersas, lo cual da al combustible una apariencia nublada. Estas pequeñas gotas solo se les pueden ver poniendo al menos un litro de combustible en una jarra clara y

transparente. Algunas veces, los kits no detectan estas minúsculas gotas porque se filtran de las gotas más grandes.

### **2.8.1 Precauciones de seguridad**

Cuando deba aprovisionarse de combustible a las aeronaves de la 15-B.A.E "PAQUISHA", el personal encargado deberá asegurarse de:

- Que ninguna persona ajena a la función, se encuentre en las proximidades de la aeronave.
- Que ninguna persona se encuentre realizando actividades de mantenimiento o chequeo de equipos en la aeronave.
- Que todos los sistemas de la aeronave se encuentren apagados.
- Verificar el tipo de combustible que va a utilizar.
- Conocer la cantidad exacta de combustible que deberá ponerse en los tanques y controlar el surtidor a fin de no exceder esa cantidad.
- Que la aeronave sea adecuadamente conectada a tierra a fin de prevenir que no se produzca ninguna descarga durante el abastecimiento.
- A no ser que sea bajo techo no se procederá al abastecimiento en condiciones de lluvia.
- Que una persona adecuadamente situada y provista de un extintor apropiado
- En el caso de derrame de combustible deberá efectuar una limpieza del área mediante el regado de agua, preferible con un sistema a presión y no permitirá el encendido de la aeronave o de cualquier equipo hasta que los gases se hayan esparcido.
- Verificar, una vez concluido el abastecimiento, la cantidad de combustible existente en los tanques de la aeronave, informar al piloto y registrar en el libro correspondiente.
- Verificar que las tapas se encuentren perfectamente colocadas.

### **2.8.2 Orden de reabastecimiento de combustible**

- Ubicar la aeronave a una distancia prudencial para el gaseo.
- Asegurarse que el extintor contra incendios este en el área de gaseo y en buen estado.
- Si el extintor contra incendios no está en el lugar y su estado no está operable, es conveniente no proseguir con el reabastecimiento.
- Colocar a tierra el vehículo de reabastecimiento de combustible.
- Antes que la boquilla de combustible haga contacto con la aeronave colocar a tierra (boquilla – aeronave).
- Proceder al reabastecimiento de combustible.
- Al concluir las operaciones de reabastecimiento se procederá a desconectar en orden inverso.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

En el siguiente proyecto se puntualiza los procedimientos realizados para el desarrollo del tema, el mismo que es de gran utilidad para el personal de alumnos e instructores de la ETAE – 15.

**CAMPO:** Mecánica Aeronáutica

**ÁREA:** Helicópteros

**TEMA:** "Habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L perteneciente a la Escuela Técnica De Aviación Del Ejército".

**BENEFICIARIOS:** Empresa "ESCUELA TÉCNICA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO"

**UBICACIÓN:** Quito, La Balbina

**INSTITUCIÓN EJECUTORA:** Unidad de Gestión de Tecnologías

**COSTO:** 764,60 USD.

### **3.1 Preliminares**

En este capítulo se presenta información detallada de los procedimientos realizados para la habilitación del sistema de arranque del helicóptero Gazelle S.A. 342 L. siguiendo las normas y procedimientos especificados en los respectivos manuales y tomando en cuenta las debidas normas de seguridad.

Las instalaciones del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército cuenta con áreas adecuadas para realizar tareas de mantenimiento, además que cuenta con equipos y herramientas actualizados, esto es básico y fundamental para la realización de cualquier trabajo de una aeronave, importante para poder ejecutar un buen trabajo, y lograr tener las aeronaves en óptimas condiciones.

### **3.2 Estudio de factibilidad**

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes factores:

#### **3.2.1 Factor técnico**

Se refiere al proceso de habilitación de los elementos que conforman el sistema de arranque de la aeronave, considerando las normas establecidas en los respectivos manuales, determinando el grado de dificultad de la habilitación del mismo, así como la operación del sistema. En tal virtud se considera factible, ya que se puede aprovechar las partes y accesorios disponibles en stock en la sección Gazelle del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE-15), así como también la disponibilidad de equipos y herramientas necesarias, y lo más importante que se cuenta con asesoría de personal técnico capacitado.

### 3.2.2 Factor económico

Es necesario analizar los costos que generó los materiales utilizados para la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela, así también se consideró gastos personales necesarios durante todo el proceso de desarrollo del proyecto de grado.

### 3.3 Utilización del Equipo de Protección Personal (EPP)

Para garantizar la seguridad personal se utilizó el equipo de protección personal adecuado para los diferentes trabajos realizados durante la habilitación del sistema de arranque.

- **Protección respiratoria.**- Se recomienda mascarilla para vapores orgánicos y químicos.
- **Protección de manos.**- Guantes para evitar contacto con los productos que se va utilizar (grasas, disolventes, combustibles).
- **Protección de ojos.**- Protección ocular para salpicaduras químicas.
- **Protección del cuerpo.**- Ropa de protección personal.
- **Protección auditiva.**- protectores de oídos para fuertes ruidos.
- **Zapatos con punta de acero.**- Para evitar lesiones por elementos duros o pesados.



**Figura 31.** Equipo de protección personal  
**Fuente:** (<http://universodelaseguridad.blogspot.com>)



### 3.4 Recopilación de información técnica

Para realizar la habilitación del sistema de arranque del helicóptero se empleó información de los siguientes manuales:

- Manual de mantenimiento del helicóptero Gazelle SA 342 L
- Catalogo ilustrado de partes del helicóptero Gazelle SA 342 L
- Manual de instrucción del helicóptero Gazelle SA 342 L
- Manual de vuelo del helicóptero Gazelle SA 342 L
- Manual de mantenimiento del motor Astazou XIV H
- Manual de instrucción del motor Astazou XIV H



**Figura 32.** Documentación Técnica

### 3.5 Área prevista para el trabajo

El helicóptero Gazelle SA 342 L se encuentra en el hangar del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército, aeronave que deberá ser habilitada para fines de instrucción ya que debido al tiempo que ha estado inoperable por cumplir T.L.V. de la mayoría de sus componentes, ha sufrido daños por mantenerse a la intemperie sin ningún procedimiento de preservación.

Para realizar esta tarea, se colocó a la aeronave en un lugar dentro del hangar, el mismo que presta las facilidades para dar inicio al trabajo.



**Figura 33.** Helicóptero dentro del hangar

### **3.6 Planificación de los trabajos para habilitar el sistema de arranque**

Para proceder con los trabajos se hizo un análisis previo de los posibles trabajos que se deberán realizar en la aeronave, es así que con asesoría de personal técnico calificado se hizo un detalle de las cartas de trabajo que se realizó, tanto en la célula como en el motor, además se cuenta con un formato de verificadores para el control de calidad. Ver **ANEXO A**.

### **3.7 Orden de trabajo para habilitar el sistema de arranque**

Primeramente antes de iniciar con el trabajo fue necesario la elaboración de una Orden de trabajo en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército (CEMAE-15), la misma que es imperativa para la realización de todo tipo de trabajo. Ver **ANEXO B**.

### **3.8 Verificación del estado y condición de los componentes del sistema de arranque de la célula**

Para verificar el funcionamiento del sistema de arranque del helicóptero, primero se procedió a realizar la limpieza de la aeronave, luego se la colocó en el área designada para realizar los trabajos. El primer paso fue poner el interruptor de batería en la posición ON, para verificar la condición del

sistema eléctrico, la aeronave no se energizó ya que la batería se encontraba en mal estado y no existía otra en stock puesto que todas están instaladas en las aeronaves, es así que se procedió a energizar la aeronave con una planta externa.



**Figura 34.** Planta externa

Una vez conectada la planta externa, se procedió a energizar la aeronave a través del interruptor de Batería, constatando que la mayoría de las luces no se encienden y otras habían sido retiradas. Seguidamente, tomando todas las medidas de seguridad se pretendió realizar una ventilación, colocando el selector de arranque en la posición RUN, con esta acción el motor debería romper la inercia y empezar a girar, pero no tuvo ningún efecto, concluyendo que el sistema se encuentra totalmente deshabilitado por lo que se deberá verificar desde lo más simple.



**Figura 35.** Energizado del helicóptero

Además, surgió un mayor inconveniente debido a que como la aeronave se encontraba en trámites para darle de baja, la aeronave fue canibalizada con el propósito de mantener operables al resto de aeronaves. Es así que algunos componentes fueron desmontados de la aeronave, en algunos casos fueron montados otros, pero en condiciones inoperables y en otros casos no se instalaron nada, este es el caso de la mayoría de componentes del sistema de transmisión que fueron montados elementos sin potencial.

### 3.9 Herramientas, máquinas y materiales utilizadas en la habilitación del sistema arranque

**Tabla 4**

#### Lista de materiales fungibles

ORD	DESCRIPCIÓN	CANT	UNIDAD
1	Tela pañal	2	m
2	WD-40	1	Unidad
3	Lava vajilla	1	Unidad
4	Mascarilla desechables	2	Unidad
5	Lavacaros medianas	1	Unidades
6	Baldes medianos	1	Unidades
7	Guantes industriales no. 7	1	Par
8	Detergente de 1000 gramos	1	Unidad
9	Jabón líquido	1	Litro
10	Limpia contactos	1	Unidad

**Tabla 5**

#### Lista de máquinas y herramientas especiales

ORD	DESCRIPCIÓN
1	Compresor
2	Multímetro

Continua →

3	Arco motor
4	Soporte móvil del motor
5	Tecele eléctrico
6	Tecele mecánico
7	Planta externa
8	Bancos de prueba de antorchas

**Tabla 6**

**Lista de herramientas manuales**

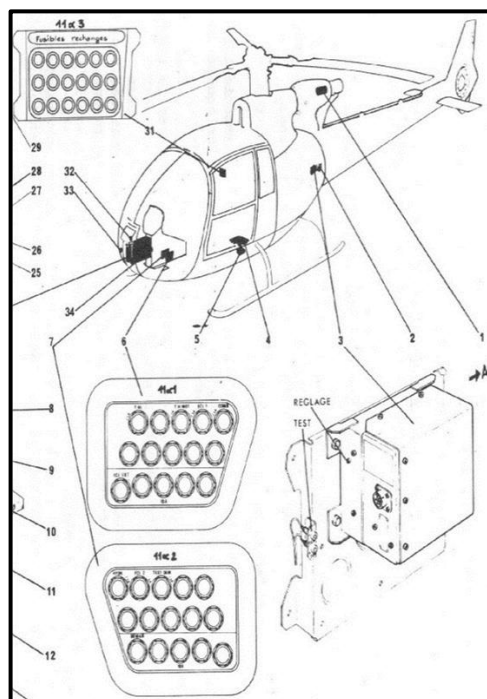
<b>ORD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Llave mixtas de varias medidas
2	Destornillador plano y estrella
3	Alicate
4	Martillo de goma
5	Entorchador
6	Pinza puntas planas
7	Racha
8	Juego de copas de varias medidas
9	Llave francesa
10	Cortador
11	Graduador
12	Torquímetro

### 3.10 Verificación de los elementos eléctricos

#### 3.10.1 Verificación de la continuidad de los fusibles del helicóptero

El helicóptero cuenta con tres cajas de distribución:

- 11 ALFA 1
- 11 ALFA 2
- 11 ALFA 3



**Figura 36.** Cajas de distribución

**Fuente:** (Manual de Mantenimiento del S.A. 342 L)

Se procedió a verificar la continuidad de cada uno de los fusibles de las tres cajas de distribución que se encuentran a los lados derecho e izquierdo del panel de control, así se procedió a desmontar cada uno de los fusibles y con ayuda de un multímetro se verificó la continuidad de todos, encontrando algunos de ellos quemados, los mismos que debieron ser reemplazados.



**Figura 37.** Chequeo de fusibles

### 3.10.2 Chequeo de las luces del panel de control del helicóptero

Para poder determinar el funcionamiento de ciertos elementos era necesario que las luces del panel de control se encuentren en buen estado, por esa razón se procedió a chequear los focos, encontrando que los focos fueron sacados para ser montados en otras aeronaves, por lo que se tuvo que adquirir casi todas las luces.

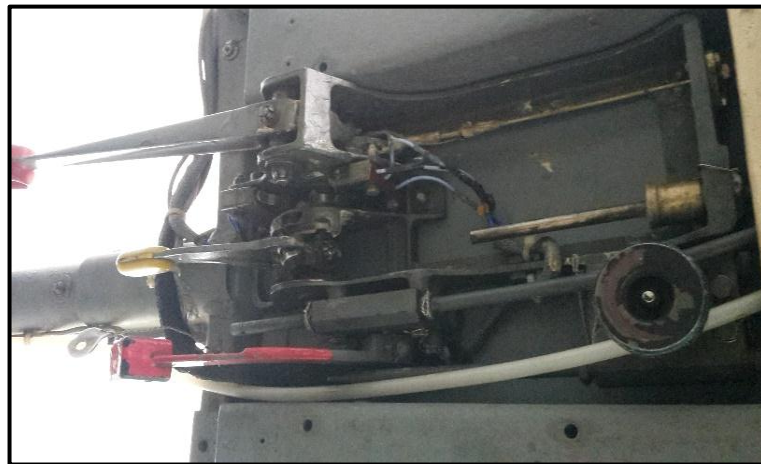


**Figura 38.** Luces de control

### 3.10.3 Verificación de los micro-ruptores 24k

Para verificar los micro-ruptores primero se desmontó el carenaje del bloque de manijas con ayuda de un destornillador estrella, el mismo que se encontraba asegurado por ocho tornillos. Al abrir el bloque para verificar los micro ruptores se encontró el inconveniente que de la aeronave había sido desmontado el cable teleflex de la manija de gasto, el mismo que conecta la manija de gasto de combustible con la FCU, además que la manija tiene dos posiciones, (atrás y adelante) en las mismas que acciona los micro ruptores, enviando señales a la luz de ALARMA en el panel de control, de esta manera se tuvo que montar otro cable teleflex en buenas condiciones y realizar los reglajes.

Una vez montado el cable teleflex se podrá comprobar el funcionamiento de los micro-ruptores.



**Figura 39.** Manija de gasto sin cable teleflex

#### 3.10.3.1 Montaje del cable teleflex de la manija de gasto

Para el montaje se procedió a buscar los repuestos necesarios en el IPC de la aeronave Capítulo 76-10-10 FIG. 04. Ver **ANEXO C**.



**Tabla 7****Repuestos necesarios**

<b>ITEM</b>	<b>REFERENCE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>QTE/PAR</b>
20	F0280 11400	EMBOUT COULISSANT	1
30	F0214 4040111	AXE FILETE	1
35	RO111 23111CA050	RONDELLE	1
40	F5442 ASNA0044-050BCL	ECROU	1
50	F0111 23310AA015012L	GOUPILLE FENDUE	1
160	F0214 4039839	AXE FILETE	1
165	F0111 23111CA050	RONDELLE	1
170	F6442 ASNA0044-050BCL	ECROU	1
180	F0111 23310AA015012L	GOUPILLE FENDUE	1

Se procedió a recubrir el cable teleflex y el vástago con grasa AIR 4222 para luego introducirlo en el tubo, después se pusieron los espirales a los dos extremos del cable, verificando que el cable sobresalga 2 mm del espiral, además se colocó los acoples y se apretó la contratuerca con dos llaves mixtas N°11. Hecho esto se colocó las tuercas a ambos extremos y se verifico que el cable no tenga ninguna resistencia, esto se realiza en la cabina moviendo la manija de gasto de un tope hacia otro, desde relantí suelo hasta máxima potencia, ya verificado que no haya resistencia se aprieta las turcas y se debe realizar el reglaje de la manija para finalmente asegurar colocando los pasadores.

El montaje del cable de la manija de gasto se llevó a cabo siguiendo los procedimientos descritos en el manual de mantenimiento del helicóptero, el mismo que se encuentra descrito en el capítulo 76.00.401 2. Ver **ANEXO D**.



**Figura 40.** Montaje del cable Teleflex

### 3.10.3.2 Reglaje de la manija de gasto

El cable teleflex es un elemento importante de la aeronave ya que es el medio a través del cual se acciona la FCU para el suministro de combustible hacia el motor. Se procedió a defrenar y desmontar la biela regulable y eventualmente la lona de pared de fuego, se aseguró que la manija este hacia atrás y se verificó que el ángulo obtenido entre el eje de la biela regulable y el soporte del motor era de  $78^\circ \pm 2$ .

Una vez verificado se procedió a asegurar colocando la tuerca, arandela y pasador, además se frenó la biela regulable de la FCU. Para realizar el reglaje de la manija de gasto se procedió a realizar los procedimientos descritos en el manual de mantenimiento de la aeronave. Capítulo 76.00.501. Ver **ANEXO E**.



**Figura 41.** Reglaje de la manija de gasto

### **3.10.3.3 Control de funcionamiento de los micro-ruptores**

Después de haber realizado el montaje y reglaje de la manija de gasto se procedió a realizar el control de los micro-ruptores. Para esto previamente se desconectó el enchufe 16Δ.

Primero se procedió a energizar la aeronave con la planta externa, asegurándonos que la luz de alarma se encienda en el panel de control y la manija de gasto esté hacia atrás. Posteriormente se movió la manija de gasto hacia adelante y observamos que la manija haga contacto en el micro-ruptor y con esta acción la luz de alarma se apagó, verificando el correcto funcionamiento. Finalmente una vez verificado se cortó la alimentación eléctrica, se montó el carenaje del bloque de manijas atornillando los tornillos con sus respectivas arandelas y se conectó el enchufe 16Δ. Ver **ANEXO F**.

### **3.10.4 Verificación del regulador de voltaje**

El regulador de voltaje es un elemento del sistema de arranque que fue desmontado de la aeronave para ser verificado, pero como no se cuenta con un banco de prueba para tal efecto se hizo el chequeo en el helicóptero Gazelle de matrícula E-355 que se encontraba en el CEMAE-15 realizando corridos de prueba después que le realizaron el cambio del motor.

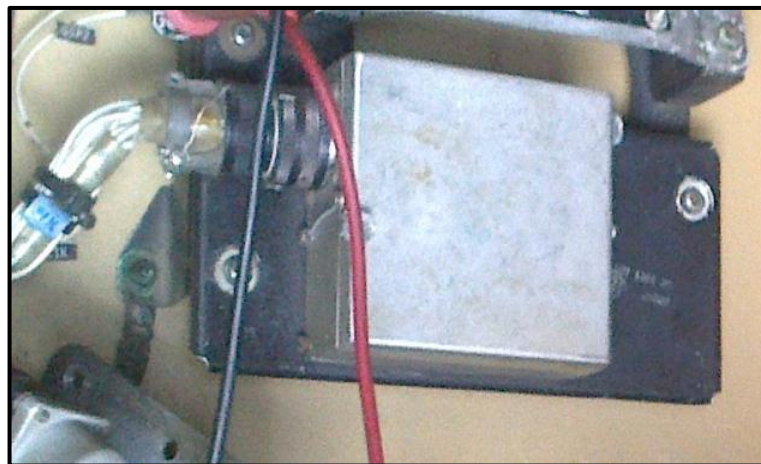
De este modo se instaló el elemento en la aeronave ya que el elemento cuenta con dos orificios (positivo y negativo) para conectar un multímetro y medir el voltaje mientras la aeronave está encendida y además tiene una perilla para regular la tensión al voltaje requerido si fuese necesario. En este caso se tuvo que realizar una regulación mínima, quedando en buenas condiciones para el funcionamiento del sistema de arranque.



**Figura 42.** Regulador de voltaje

### 3.10.5 Verificación de la Caja de secuencias

De igual forma que el regulador de voltaje este elemento también se pudo comprobar al momento del corrido en tierra que realizaba el helicóptero E-355, es así que para verificar su condición se instaló en mencionado helicóptero y se procedió a arrancar la aeronave. Efectivamente la aeronave arranco sin inconvenientes comprobando que se encontraba en buenas condiciones para arrancar el Helicóptero Escuela Gazelle E-363.



**Figura 43.** Caja de secuencias

### 3.10.6 Verificación del corazón eléctrico de la aeronave

Para verificar el corazón eléctrico de la aeronave se procedió a desmontar los carenajes inferiores del helicóptero con ayuda de un destornillador plano. Posterior se procedió a la verificación del estado y condición de los elementos del corazón eléctrico en forma visual, además con ayuda del multímetro se verifico la continuidad de los fusibles que se encontraban en esa área, es así que se encontraban operables para su uso en la habilitación del sistema de arranque.



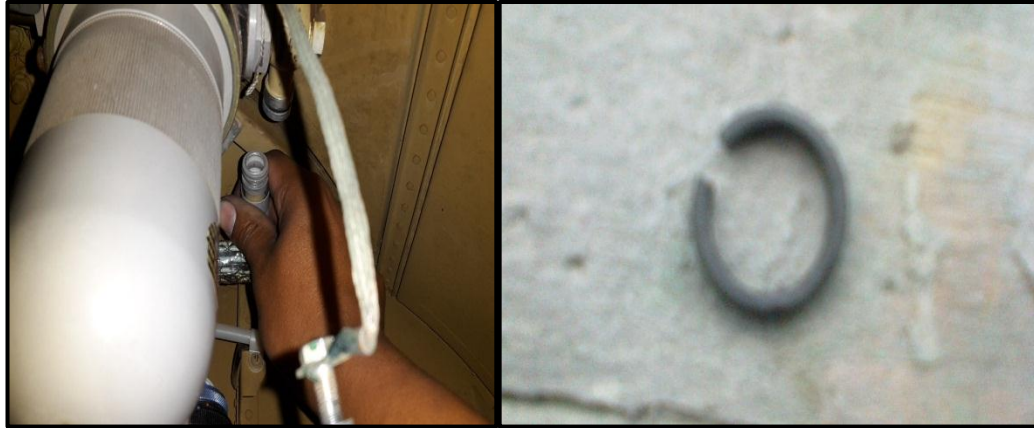
**Figura 44.** Corazón eléctrico

### 3.11 Verificación del Sistema de combustible

#### 3.11.1 Verificación del circuito de combustible

Para verificar el circuito de combustible del helicóptero se realizó una inspección visual de las cañerías de todo el circuito, así como de sus elementos, para esto se desmonto los tornillos de ajuste rápido de la cubierta de la cabaña del hombre con un destornillador plano, verificando que el sistema tenía la cañería, que va de la bomba booster al filtro de combustible, doblada y con las juntas tóricas incompletas y los que estaban montados se encontraban en mal estado, es así que se procedió a buscar en el respectivo manual IPC, capítulo 28-20-10 FIG. 01. Ver **ANEXO G**.

Cabe recalcar que la aeronave se encontraba completamente drenada por lo que este procedimiento se omitió en las diferentes verificaciones que se realizó.



**Figura 45.** Cañería de combustible en mal estado

Una vez encontrados los repuestos descritos en el manual IPC, se procedió al montaje de la cañería, juntas tóricas, racord y abrazaderas. Además se fijó la cañería con abrazaderas los cuales van sujetos a la estructura con tuercas y arandelas, las mismas que fueron ajustadas con las llave N° 6, 8 y un destornillador estrella.

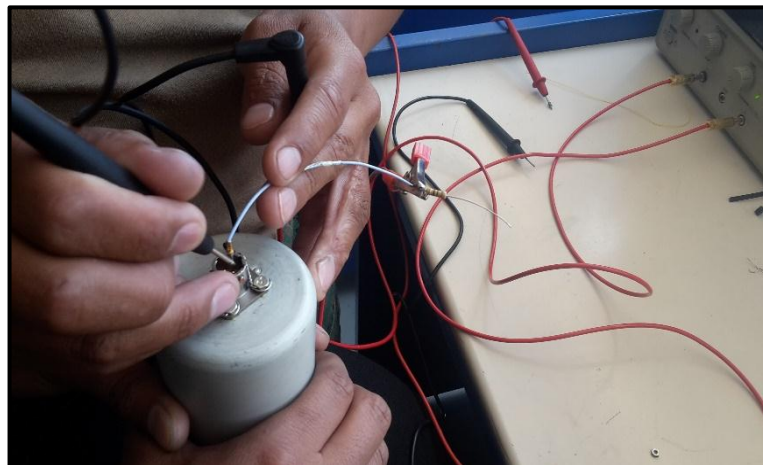


**Figura 46.** Cañería de combustible

### 3.11.2 Verificación de la bomba Booster

Para la verificación de la bomba booster se realizó el desmontaje la misma que se encontraba fijada al sumidero de combustible por seis pernos, para lo cual se utilizó una llave mixta N° 8 y se verifico su funcionamiento aplicando 28 V. DC con ayuda de una fuente existente en el taller de electrónica.

Esta verificación consiste en conectar el pin A con el polo positivo y el pin B con el polo negativo, así se logra que la bomba empiece a funcionar pero se debe tomar en cuenta que esta acción se la debe realizar instantáneamente ya que si prolongamos el funcionamiento de la bomba se puede quemar. De este modo al energizar la bomba, se escuchó el funcionamiento en ese instante, constatando que se encuentra operable.



**Figura 47.** Chequeo de la bomba Booster

Además para el montaje fue necesario reemplazar la junta de estanqueidad de la bomba por otra de fabricación local, elaborado en un papel resistente a fluidos (papel Victoria).

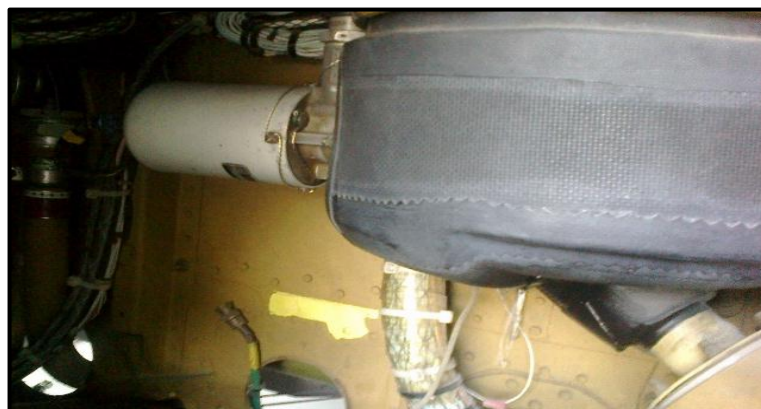


**Figura 48.** Junta de estanqueidad de la bomba Booster

### 3.11.2.1 Montaje de la bomba Booster

Para el montaje se procedió a limpiar la bomba y el sumidero, se colocó la junta de estanqueidad en la bomba, se alineó con los pernos en el alojamiento del sumidero, se colocó las arandelas y tuercas para su respectivo ajuste, se montó la conexión a tierra. Seguido se conectó la cañería de combustible con su respectivo racord y abrazadera. Por último se procedió a dar el torque de 1,15 a 1,18 m.daN (13 a 16 lbf.in). Ver **ANEXO H**.

Finalizado el montaje de la bomba se conectó la toma eléctrica respectiva para que sea energizada. Para desmontaje y montaje de la bomba referirse al manual de mantenimiento capítulo 28.10.402.



**Figura 49.** Montaje de la bomba Booster



### 3.11.3 Verificación del filtro de combustible

El filtro de combustible se encuentra en la cabaña del hombre y para el chequeo del filtro de combustible, como el sistema se encontraba drenado se procedió a retirar la abrazadera con un destornillador plano, una vez quitado el seguro se giró la cuba en sentido de afloje para su desmontaje.



**Figura 50.** Chequeo del filtro de combustible

Con la cuba y el filtro desmontados, se realizó la inspección visual por deformación y desgaste del filtro, además se realizó la limpieza del mismo con combustible JP-1 y un pulverizador para eliminar las pequeñas impurezas que podría tener, las cuales no son visibles a simple vista. Además se verificó que las juntas tóricas estaban en buen estado. Las partes del filtro están en el capítulo 28.20.10 Fig. 4. Ver **ANEXO I**.

#### 3.11.3.1 Montaje del filtro de combustible

Para el montaje del filtro se procedió a armar el filtro en la cuba con las respectivas juntas tóricas y se lo colocó en el alojamiento dando un giro en sentido de ajuste. Finalmente se colocó la abrazadera y se ajustó con un destornillador plano.

### 3.11.4 Verificación por contaminación del tanque principal de combustible

Para poder verificar físicamente el estado del tanque de combustible se procedió al llenado del tanque hasta un nivel medio para posteriormente drenarlo nuevamente, encontrando pequeñas suciedades en el combustible, este proceso se repitió por tres ocasiones, verificando que en el último drene, el combustible salía sin impurezas.



**Figura 51.** Drene del tanque de combustible

### 3.12 Verificación del motor Astazou XLV H

Para realizar la verificación se procedió a desmontar el motor de la aeronave de acuerdo al manual de mantenimiento del motor, capítulo 71.10.401 Pág. 1. Ver **ANEXO J**.

Para este trabajo se utilizó herramientas especiales, comunes tales como:

- Teclé eléctrico
- Arco motor
- Soporte del motor
- Gata de levantamiento trasera
- Obturadores

Primeramente se aseguró que el helicóptero esté sobre sus patines de aterrizaje, luego se puso la gata de izado trasera, llevándola hasta topar la rótula. Se colocó la pasarela de traslado en los puntos de elevación del motor y se desmontó los carenajes del motor y de la caja de transmisión principal (B.T.P.). Además se aseguró que las redes eléctricas no estén energizadas. El motor y el radiador se encontraban sin aceite por lo que no fue necesario realizar el drene de los mismos.

Con la ayuda de la herramienta especial como el arco motor se aseguró el motor al fuselaje en la parte trasera y con ayuda de una copa 10 y una racha se retiró los pernos y arandelas que sujetan el motor al embrague. Además se desconectó todas las cañerías, mangueras y cableado eléctrico. Se defrenó y desmontó los dos pernos de fijación del motor del soporte trasero con una llave N° 17. Cuando ya estuvo el motor libre se procedió a levantar lentamente con ayuda del tecele eléctrico para luego ser puesto en el soporte del motor y ser trasladado a la sección de motores.



**Figura 52.** Desmontaje del motor

Además, en los plugs, cañerías y tuberías que van del helicóptero al motor se colocó obturadores y se protegieron los cables eléctricos para evitar que se contaminen por algún agente externo ambiental.

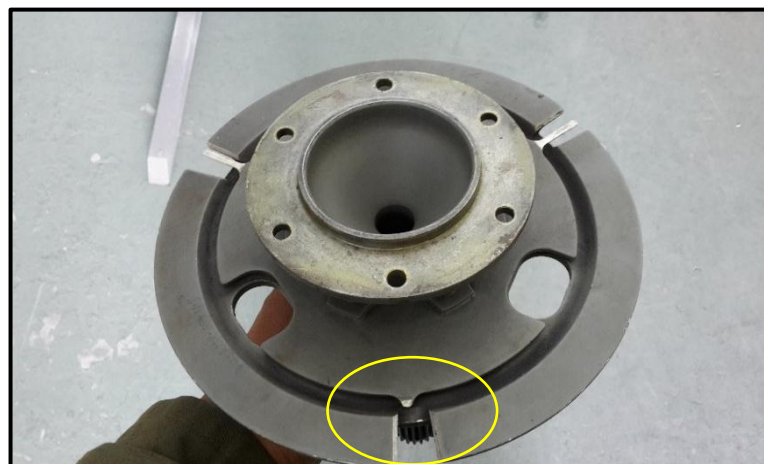
### 3.12.1 Verificación del Árbol torquímetro

El árbol torquímetro se desmontó después del desmontaje del motor, se procedió con un defrenoide a sacar las plaquetas de frenado y las seis tuercas que lo sujetan con una llave mixta N°10.



**Figura 53.** Desmontaje del árbol torquímetro

Una vez desmontado el componente se pudo observar que una de las partes acanaladas que permite la lectura del torque del motor se encontraba rota y no nos dará información precisa de la potencia del motor.



**Figura 54.** Árbol torquímetro inoperable

Se realizó el trámite respectivo para adquirir un árbol torquímetro con P/N. 341A35-0162-09 de acuerdo al Catálogo Ilustrado de Piezas (IPC),

mismo que no es elemento nuevo pero se encontraba en buenas condiciones para ser montado.

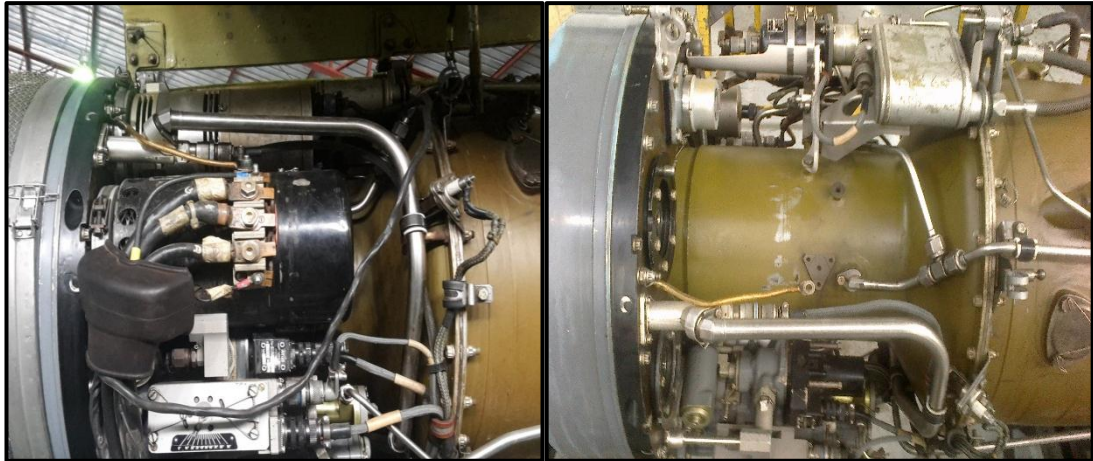


**Figura 55.** Árbol torquímetro en buen estado

### **3.12.2 Limpieza del motor**

Antes de realizar el lavado del motor se procedió a desmontar el alternador y el generador arrancador para evitar daños por entrada de agua, Primero se procedió a desconectar la tomas eléctrica del alternador, su respectiva abrazadera se aflojo con un destornillador plano y se retiró los collares de sujeción

Se procedió a quitar los pernos que sujetan los cables del generador con una llave mixta N° 17, posteriormente con un destornillador plano se aflojo los pernos de las abrazaderas y se retiró los collares se sujeción, quedando listo para retirarlo.



**Figura 56.** Desmontaje del generador

Para la limpieza del motor se buscó un área ventilada que permita el esparcimiento del producto químico y se usó el equipo de protección personal adecuado para realizar el trabajo.

Se utilizó agua y Adrox, los mismos que fueron mezclados en un recipiente, posteriormente usando un pulverizador y una brocha se procedió a lavar todo el motor.



**Figura 57.** Lavado del motor

Posteriormente se procedió a enjuagar el motor pero en esta ocasión se utilizó solamente agua para quitar todo el residuo químico.

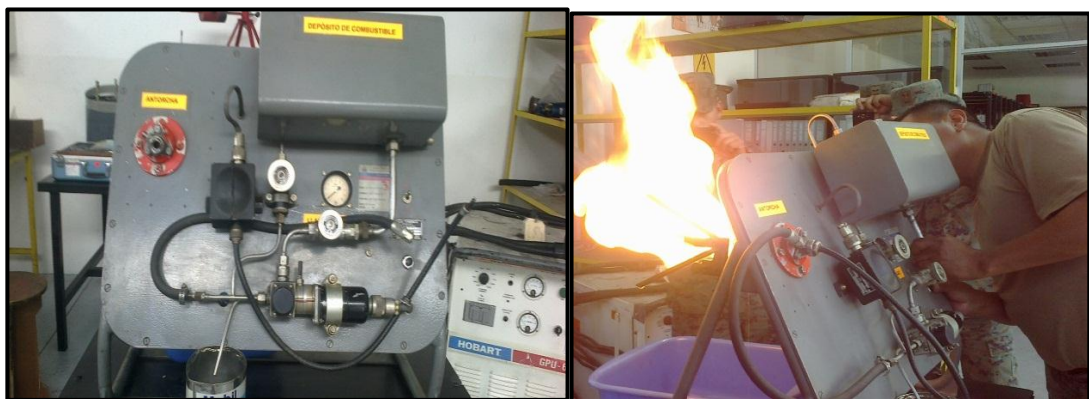
Por último, se realizó el secado de todo el motor con aire comprimido, asegurando que toda la humedad se seque completamente para evitar daños posteriores por corrosión que podría causar el agua.

### 3.12.3 Verificación de los componentes del motor Astazou XIV H

#### 3.12.3.1 Verificación de las Antorchas

Para la verificación de las antorchas fue necesario el uso de un banco de prueba existente en la sección de motores, la misma que funciona con 24 V DC. Primeramente se procedió a desmontar las dos antorchas del motor siguiendo los procedimientos descritos en el manual de mantenimiento del motor, posteriormente se colocó una antorcha en el banco de prueba, el cual nos permite verificar la chispa y la correcta atomización del combustible.

Se realizó el mismo proceso con la segunda antorcha constatando que las dos antorchas se encontraban en buen estado para ser montado nuevamente en el motor.

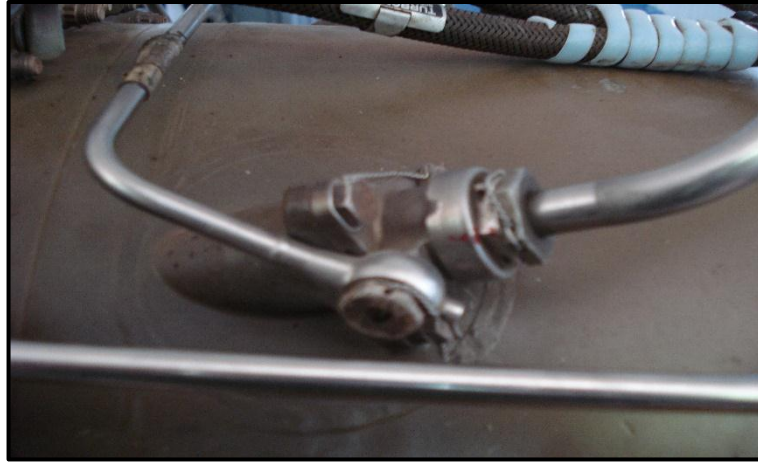


**Figura 58.** Verificación de las Antorchas

#### 3.12.3.1.1 Montaje de las Antorchas

Se procedió a colocar la antorcha en el alojamiento y se ajustó los tres tornillos, se atornilló el perno hueco de la cañería de combustible y se ajustó,

se montó el extremo del cable encendedor en su alojamiento, se enroscó la tuerca y se dio torque con el torquímetro de 0.7 a 1 daN.m. Finalmente se procedió a frenar con la ayuda de un Entorchador. Ver **ANEXO K**.



**Figura 59.** Montaje de las antorchas

### 3.12.3.2 Verificación de la Válvula de descarga

A continuación de que se realizó el reglaje de la manija de gasto se verificó que la válvula de descarga no funcionaba, ya que al momento de llevar la manija hacia adelante, la válvula se debe cerrar y al llevar la manija hacia atrás la válvula se debe abrir. Entonces se procedió al desmontaje de la misma para su respectivo chequeo eléctrico.

Primero se procedió a desbloquear y desconectar las tomas eléctricas, con una llave mixta N° 6, se procedió a desenroscar las cuatro tuercas y se retiró sus arandelas que sujetan a la válvula, por último se retiró la válvula.





**Figura 60.** Desmontaje de la válvula de descarga

Al desmontar la cubierta de la válvula se pudo observar interiormente que se había circuitado un cable, razón por la cual no había continuidad y la válvula no funcionaba, entonces se procedió a reemplazar el cable y a soldar con cautín.



**Figura 61.** Chequeo de la válvula de descarga

### 3.12.3.2.1 Montaje de la Válvula de descarga

Una vez verificada la válvula se realizó la prueba de funcionamiento, la misma que consistió en conectar los enchufes de alimentación del motor eléctrico y la de señalización, seguido de procedió a mandar la manija de gasto hacia adelante para que esta se cierre y hacia atrás para que se abra. Verificado su funcionamiento se procedió al montaje, para esto se embragó los cuatro pernos de la válvula en sus alojamientos en el contracarter, una vez instalado en su posición inicial se instaló las cuatro arandelas, se

enrosco, ajusto las tuercas de autobloqueo y por último se conectaron los enchufes de alimentación del motor eléctrico y de señalización. Ver **ANEXO L**.

### 3.12.3.3 Verificación de funcionamiento de la Bobina de encendido

Una vez desmontada las antorchas se procedió a desconectar el enchufe de la microbomba, se desconectó el cable "D" en la placa de bornes del generador arrancador y se lo aisló asegurando que no toque ninguna parte del motor, se volvió a conectar los cables encendedores en las antorchas, seguido se aseguró que la manija de gasto este hacia atrás.



**Figura 62.** Verificación de la bobina de encendido

Se procedió a energizar la aeronave colocando el interruptor de batería en "ON", seguido se colocó el selector "START" en la posición "RUN", luego "ING" y con esto se verificó la formación de chispas entre los electrodos de las antorchas.

Una vez verificado se volvió a llevar el interruptor "START" A "OFF", seguido también el interruptor de "BATT" a "OFF", posteriormente se desconectó los cables de los encendedores de las antorchas , se volvió a conectar el cable "D" del generador y se conectó el enchufe eléctrico de la microbomba, por último se procedió a colocar las antorchas. Ver **ANEXO M**.

### 3.12.4 Montaje del motor

Después de haber verificado los componentes del motor, se procede al montaje del mismo sobre la aeronave, las herramientas especiales utilizadas son las mismas que se emplearon en el desmontaje, siendo estas el arco motor y el teclé, así como también herramientas comunes necesarias para acoplar las diferentes cañerías, mazos eléctricos y tuercas de sujeción. El procedimiento se realizó de acuerdo al Manual de Mantenimiento del helicóptero capítulo 71.10.401 Pág. 4. Ver **ANEXO J**.

Para esto se colocó la herramienta de elevación en los herrajes del motor, asegurando que la posición sea la correcta, se elevó lentamente hasta colocarlo sobre la aeronave y posicionarlo sobre la guía ubicado en el soporte trasero, se colocó el arco motor para el centrado y acople del cárter de accesorios, se procedió a atornillar las dos tuercas de fijación al soporte trasero, se dio un ajuste con el torquímetro de 3.4 a 4.1 mda.N (300.8 a 362.8 lbf.in) y por último se procedió a frenar con alambre de freno.

Posteriormente se procedió a desmontar las herramientas especiales y los obturadores. Se posicionó las cañerías, mangueras y enchufes eléctricos. Por último se procedió a asegurar todos los acoples con alambre de frenado y un Entorchador. Ya instalado el motor se colocó la rejilla de entrada de aire, asegurada por cuatro bichas.



**Figura 63.** Montaje del motor

### 3.12.5 Llenado de aceite del motor

Una vez verificado los componentes del motor se procedió a colocar aceite en el cárter de aceite del motor, cuya capacidad total es de 14,6 litros y el nivel máximo de aceite es de 9 litros, mismo que se encontraba vacío. El aceite utilizado es de la especificación Turbo Oil 2389. El aceite recomendado por el fabricante se especifica en el manual de mantenimiento del motor.



**Figura 64.** Reservorio de aceite del motor

### 3.13 Pruebas de funcionamiento

#### 3.13.1 Pedido de autorización y designación de piloto para el arranque de la aeronave

Para realizar las pruebas de funcionamiento respectivas, la misma que consiste en el arranque de la aeronave, fue necesario enviar un documento a la Jefatura de Operaciones de la 15-B.A.E "PAQUISHA" (JOPAE) para que autorice el arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L. Adjunto Oficio solicitando corrido en tierra. Ver **ANEXO N**.

### 3.13.2 Verificadores de control de calidad

Una vez enviado el oficio a la Jefatura de Operaciones de la 15-B.A.E “PAQUISHA” (JOPAE), este departamento designo un equipo de trabajo para que realice el control de calidad previo al arranque del helicóptero, con los respectivos verificadores, a los trabajos realizados en la aeronave. Una vez corregidas las discrepancias encontradas por el personal de control de calidad, ellos llenaron los formularios con sus respectivas firmas, mismo formulario se encuentra adjunto. Ver **ANEXO O**.



**Figura 65.** Personal designado de control de calidad

### 3.13.3 Procedimiento de remolque de la aeronave

Una vez terminados los trabajos y pasado el control de calidad con sus respectivos verificadores, se remolco la aeronave hacia la zona de reabastecimiento de combustible, la misma que se hizo observando las normas que dicta el Manual General de Mantenimiento (MGM) de la 15-B.A.E “PAQUISHA”.

### 3.13.4 Reabastecimiento de combustible de la aeronave

Para el reabastecimiento de combustible, una vez que la aeronave fue remolcada hasta la zona de gaseado se procedió con los siguientes pasos:

- Se verificó que ninguna persona ajena a la función, se encuentre en las proximidades de la aeronave.
- Se verificó que ninguna persona se encuentre realizando actividades de mantenimiento o chequeo de equipos en la aeronave.
- Se verificó que exista un extintor cerca de la zona de reabastecimiento.
- Se verificó que todos los sistemas de la aeronave se encuentren apagados.
- Se verificó el tipo de combustible que va a utilizar sea JP-1 y esté drenado.
- Se comunicó al personal encargado del reabastecimiento que se pondrá 50 galones.
- La aeronave está conectada a tierra por medio de los patines de aterrizaje, por lo que no es necesario otras conexiones.
- Se procede al reabastecimiento de combustible por gravedad.
- Se verificó, una vez concluido el abastecimiento que la aeronave se encontraba con 60 galones.
- Se verificó que la tapa se encuentre perfectamente colocada.



**Figura 66.** Zona de reabastecimiento de JP-1

Posterior al gaseado de la aeronave se la remolcó al sitio designado para realizar las pruebas de arranque.

### 3.13.5 Proceso de arranque de la aeronave

- La aeronave se colocó en una zona adecuada para llevar a cabo los trabajos.
- El suministro de energía se lo hizo por medio de la planta externa.
- El paso de energía de la planta externa hacia la aeronave se lo hizo previo la señal del piloto y/o mecánico de abordó.
- Antes del arranque se posicionó el personal de la siguiente forma:
  - Un mecánico línea de vuelo en la planta de energía de suministro externo y al mando del remolcador.
  - Un mecánico en el extintor, se colocara con la boquilla apuntando hacia el motor.
  - Un mecánico línea de vuelo se coloca al frente de la aeronave con vista hacia el piloto y durante todo el proceso de arranque, manteniendo una distancia de seguridad.
  - El piloto da la señal de listo al línea de vuelo y este da la señal para que proceda a arrancar.
  - El línea de vuelo mantiene contacto visual todo el tiempo con el piloto a fin de alertar sobre cualquier anomalía que pueda presentarse.
  - El mecánico de la aeronave mantendrá exteriormente contacto de voz con el piloto para alertar de cualquier situación anormal.
  - Imperativamente todo el tiempo debe permanecer una persona al frente de la aeronave mientras dure el arranque de la aeronave.
  - Si no existiera líneas de vuelo; el más antiguo del equipo de trabajo hará la distribución de los hombres y tomará todas las medidas de seguridad del caso.



**Figura 67.** Arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L

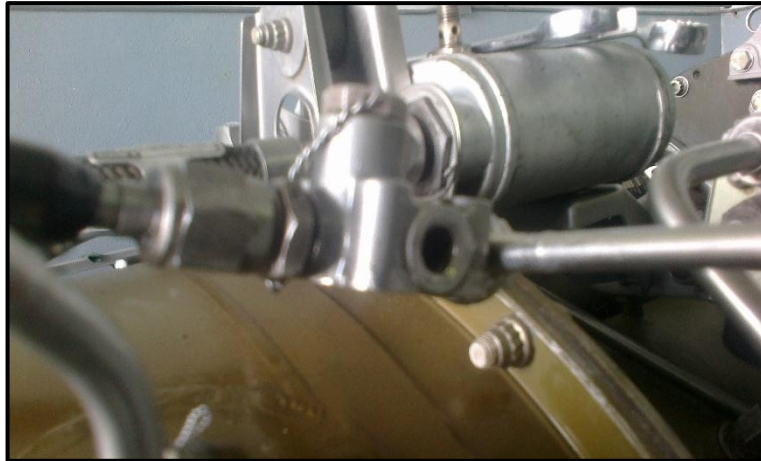
### **3.13.5.1 Primera prueba de arranque de la aeronave**

Durante la primera prueba de arranque de la aeronave, no se pudo completar ya que al momento que el piloto puso el selector de arranque en la posición RUN, se observó una pequeña fuga de combustible en la válvula de cuatro vías derecha del motor, por lo que se procedió a dar el aviso inmediato al piloto para que cancele el arranque y vuelva el selector de arranque a la posición OFF

#### **3.13.5.1.1 Acción correctiva**

Se realizó el chequeo de la válvula de cuatro vías encontrando que un sello de una cañería de combustible que se conecta con la válvula se encontraba deteriorado, razón por la cual fue remplazado por otro sello que se encontraba en stock en el taller de motores.





**Figura 68.** Válvula de cuatro vías

### 3.13.5.2 Segunda prueba de arranque de la aeronave

En el segundo arranque de la aeronave el piloto realizó el procedimiento respectivo, mientras que otro personal técnico verificaba visualmente que se desarrolle el arranque normal, es así que el Helicóptero Gazelle SA 342 L arranco normalmente hasta llegar a relantí suelo con una velocidad de rotación del motor de 25000 r.p.m.

Cabe recalcar que con el arranque de la aeronave hasta relantí suelo, el conjunto de transmisión y rotores no giran puesto que el helicóptero cuenta con un embregue el mismo que se acopla a las 30000 r.p.m. al momento que el piloto mueve la manija de gasto hacia adelante, enviando más combustible al motor.



**Figura 69.** Lectura del tacómetro doble

Una vez que la aeronave arrancó normalmente, se anotaron los parámetros verificando que se encontraban dentro del rango establecido. Los mismos que fueron anotados en el registro de Control de parámetros para corrido en tierra. Ver **ANEXO P**.

Cabe señalar que para el arranque del helicóptero con planta externa, esta debe permanecer conectada a la aeronave suministrando energía eléctrica hasta el apagado de la aeronave.

### **3.14 Elaboración de manuales**

Para un correcto uso y conservación de la Habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342 L. se presentan a continuación los manuales de operación, mantenimiento y seguridad, procedimientos que servirán de guía para para un correcto empleo, sin poner en riesgo la seguridad de alumnos e instructores. Ver **ANEXO Q**.

#### **3.14.1 Manual de Operación**

Este manual especifica los procedimientos a seguir para una correcta operación durante el arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342 L.

#### **3.14.2 Manual de Mantenimiento**

Este manual proporciona los cuidados preventivos que se deben dar al sistema de arranque del helicóptero con el objetivo de preservar la vida útil de los componentes con que cuenta el sistema.

#### **3.14.3 Manual de Seguridad**

Este manual tiene por finalidad brindar procedimientos para mantener la seguridad del operador y del equipo.

### **3.15 Documento de aceptación del usuario**

#### **3.15.1 Tema**

Habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L perteneciente a la Escuela Técnica de Aviación del Ejército.

Para avalar este proyecto de grado se adjunta un documento de aceptación emitido por el Director de la “Escuela Técnica de Aviación del Ejército”. Ver **ANEXO R**.

### **3.16 Análisis económico**

Al realizar este proyecto práctico se contó con el apoyo de la Sección Gazelle del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército (CEMAE-15), durante la inspección del sistema, se tuvo una deficiencia en cuanto a ciertos componentes que fueron desmontados de la aeronave, mismos que fueron reemplazados por elementos que se encontraban en stock en la estantería de la sección Gazelle.

#### **3.16.1 Rubros**

El costo total de la realización de este proyecto práctico se detalla en los siguientes rubros:

- Mano de obra
- Material fungible
- Costos secundarios (Material de Oficina)

##### **3.16.1.1 Costos primarios**

Este costo comprende al material utilizado para la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L.

### 3.16.1.1.1 Mano de obra

El costo de la mano de obra está dado por la asesoría técnica recibida respecto a la habilitación del sistema arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L.

**Tabla 8**

#### Costos mano de obra

No	DETALLE	COSTO
1	Mano de obra	100.00 USD
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00 USD</b>

### 3.16.1.1.2 Materiales fungibles

En la siguiente tabla se detallan los materiales y lubricantes que se utilizaron en la habilitación del sistema de arranque del helicóptero Gazelle SA 342-L.

**Tabla 9**

#### Costos de materiales fungibles y lubricante

ORD	DESCRIPCIÓN	CANT	V.U	V.TOTAL
1	Tela pañal	5 m	2.00	10.00
2	WD-40	2 u.	5.00	10.00
3	Lava vajilla	1 u.	1.00	1.00
4	Mascarilla desechables	5 u	0.50	2.50
5	Fundas plásticas de 3 libras	1 Paquete	1.50	3.00
6	Lavacaras medianas	1 u	5.00	5.00
7	Baldes medianos	1 u	4.00	4.00
8	Guantes industriales no. 7	2 u	3.28	6.56
9	Jabón líquido	1 Gal	20.00	20.00

Continúa →

10	Limpia contactos	1 u	9.00	9.00
11	Cerecables	10 u	0.25	2.50
12	Brocha 2"	2 u	1.52	3.04
13	Alambre de freno (MS20995C25E)	1 m	2.00	5.00
14	Alambre de freno (MS20995C32E)	1 m	2.00	5.00
15	Aceite motor EXXON TURBO OIL 2389	4 Gal	Pedido especial	0
			<b>TOTAL</b>	<b>86,60</b>

### 3.16.1.2 Costos secundarios

En la siguiente tabla se detallan los costos que intervienen en el desarrollo de la parte teórica del proyecto de grado.

**Tabla 10**

#### Costos secundarios

No	MATERIAL	COSTO
1	Gastos de movilización	150.00 USD.
2	Internet	30.00 USD.
3	Impresora EPSON 355	360.00 USD.
4	Hojas de papel bond	8.00 USD.
5	Empastados, Anillados y CD del proyecto.	30.00 USD.
<b>TOTAL</b>		<b>578.00 USD.</b>

### 3.16.1.3 Costo total

En la siguiente tabla se detalla el costo total para la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L.

Tabla 11

## Costo total

No	DESIGNACIÓN	COSTO
3	Mano de obra.	100,00 USD.
4	Material fungible y lubricante	86,60 USD.
5	Gastos secundarios	578,00 USD.
<b>TOTAL</b>		<b>764,60 USD.</b>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Se recopiló la suficiente información técnica necesaria para la habilitación del sistema de arranque y se determinó que la aeronave se encontraba con varios de sus elementos desmontados y otros en malas condiciones.
- Para la habilitación del sistema fue necesario la utilización de herramientas comunes, especiales y bancos de prueba, los mismos que facilitaron la ejecución de las verificaciones de los componentes del sistema.
- Una vez realizado el control de calidad se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento y control de parámetros del motor; procedimiento que garantiza el trabajo realizado y el buen funcionamiento del sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L.
- Para una correcta manipulación del Helicóptero Escuela se elaboró manuales de operación, mantenimiento y seguridad, de esta manera se busca prolongar la vida útil de operabilidad de la maqueta y precautelar la integridad física de los usuarios.
- Se cumplió con el objetivo general de este proyecto que es la habilitación del sistema de arranque del Helicóptero Gazelle SA 342-L, mismo que se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos en los manuales de la aeronave y observando las normas de seguridad.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Este proyecto práctico fue realizado con fines de instrucción por lo que debe ser utilizado como tal.
- Incentivar la implementación de los demás sistemas faltantes del Helicóptero Gazelle que aún se encuentran deshabilitados, puesto que son fundamentales en el aprendizaje práctico y formación de los futuros técnicos de Aviación.
- Utilizar los respectivos manuales de operación, mantenimiento y seguridad para realizar las diferentes prácticas, ya sea de instrucción o de mantenimiento en el sistema de arranque del Helicóptero Escuela Gazelle SA 342-L por parte de los estudiantes de la ETAE-15.
- Mantener a la aeronave en un lugar cubierto, protegido de los factores climáticos, de preferencia adaptar un aula taller que pueda brindar seguridad a todos los componentes de la aeronave.



## ABREVIATURAS

**ETAE:** Escuela Técnica de Aviación del Ejército.

**CEMAE:** Centro de mantenimiento de Aviación del Ejército.

**G.A.E:** Grupo Aéreo del Ejército

**I.P.C:** Catálogo Ilustrado de Partes.

**TLV:** Tiempo Límite de Vida

**M.O:** Manual de Operación.

**M.M:** Manual de Mantenimiento.

**M.S:** Manual de Seguridad.

**H.R:** Hoja de Registro.

**E.P.P:** Equipo de Protección Personal.

**G.T.M:** Grupo Turbo Moto propulsor.

**B.T.P:** Caja de transmisión principal.

**B.T.A:** Caja de transmisión trasera.

**B.T.I.:** Caja de transmisión intermedia

**R.P.M.:** Revoluciones por minuto

## GLOSARIO

**Aeronave.-** Es una máquina más pesada que el aire que debe su sustentación en la atmósfera a reacciones del aire con respecto a ella.

**Helicóptero.-** Aerodino que se mantiene en vuelo en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados mecánicamente que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.

**Cabina.-** Es el área de la parte frontal del Helicóptero en la que la tripulación técnica de vuelo (piloto y copiloto) controla la aeronave.

**Habilitación.-** Acción y efecto de habilitar, habilitar de nuevo o restituir a alguien o algo a su antiguo estado.

**Motor.-** Es la máquina que convierte la energía calorífica del combustible en potencia.

**Parámetros.-** Son reglas que están dentro de un límite de tolerancia y que se deben ejecutar y cumplir

**Mantenimiento.-** Es el conjunto de trabajos técnicos aeronáuticos tendientes a conservar las condiciones de aeronavegabilidad de una aeronave y/o componente de ella.

De igual forma Mantenimiento es la conservación y preservación normales del equipo como consecuencia del trato, uso, desgaste y deterioro y que se esperan que sucedan de tiempo en tiempo, que tiene como finalidad mantener las prestaciones, el potencial y la disponibilidad de los materiales por encima del nivel mínimo admisible.

**Montaje.-** Acción y efecto de montar un objeto ya construido y terminado. Combinación de las diversas partes de un todo.

**Remolcar.-** es el procedimiento por el cual una aeronave es llevada de un lugar a otro. Este proceso es efectuado por un vehículo, comúnmente nombrado tractor de remolque o a su vez empujado manualmente.

**Estructura.-**La totalidad de la aeronave con excepción de la parte aeromotriz, hélice y accesorios (célula).

**Inspección de pre-vuelo.-** Es una comprobación de preparación de la aeronave para el vuelo, el objetivo es asegurar la disponibilidad inmediata para el vuelo; basado en esto se requiere la inspección antes del primer vuelo del día.

## BIBLIOGRAFÍA

### MANUALES:

Aerospatiale. (1978). Manual de Mantenimiento helicóptero Gazelle SA 342 L (1a. ed.). Paris: Publicaciones Eurocopter.

Aerospatiale. (1978). Catálogo Ilustrado de Partes helicóptero Gazelle SA 342 L (1a. ed.). Paris: Publicaciones Eurocopter.

Aerospatiale. (1978). Manual de Vuelo helicóptero Gazelle SA 342 L (1a. ed.). Paris: Publicaciones Eurocopter.

Department of Transportation. (2012). Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe. (Vol. 1). U.S.

Safran Turbomeca. (1974.) Manual de Mantenimiento Turbo-Motor Astazou XIV H (1a. ed.). 64511 Bordes Cedex – Francia

Siza Balseca, H. R. (2015). Tesis “Rehabilitación del sistema de controles de vuelo del helicóptero Gazelle SA 342 – L para la capacitación práctica de los alumnos de la Escuela Técnica de la Aviación del Ejército”. Latacunga

Turbomeca. (1979). Manual de Instrucción Turbo-Motor Astazou XIV (1a. ed.). Bordes. 64320. Bizanos – France: El Servicio de Instrucción Turbomeca.

15-B.A.E “PAQUISHA”. (2007). Manual General de Mantenimiento. Quito.