



**“Inspección de 500 horas del sistema de navegación, de acuerdo a la información técnica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”**

Calispa Panchi, Alexis Fernando

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Aeronáutica

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

11 de mayo del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenido

### Document Information

Analyzed document	MONOGRAFIA CALISPA ALEXIS.pdf (D166273399)
Submitted	5/8/2023 7:22:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jc.altamiranoc.uta@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO / MONOGRAFIA COFRE TACO JOEL.pdf</b> Document MONOGRAFIA COFRE TACO JOEL.pdf (D166273248) Submitted by: jc.altamiranoc@uta.edu.ec Receiver: jc.altamiranoc.uta@analysis.arkund.com		<b>32</b>
<b>SA</b>	<b>GANCHALA CALVA ADAN MARCELO.docx</b> Document GANCHALA CALVA ADAN MARCELO.docx (D63480571)		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.1017/S0373463300020075">https://doi.org/10.1017/S0373463300020075</a> Fetched: 5/8/2023 7:25:00 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.1017/S0373463300046397">https://doi.org/10.1017/S0373463300046397</a> Fetched: 5/8/2023 7:25:00 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/12345">http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/12345</a> Fetched: 5/8/2023 7:25:00 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.ion.org/publications/abstract.cfm?ip=pb&amp;articleID=2848">http://www.ion.org/publications/abstract.cfm?ip=pb&amp;articleID=2848</a> Fetched: 5/8/2023 7:26:00 PM		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.14419/IJET.V8I1.30014">https://doi.org/10.14419/IJET.V8I1.30014</a> Fetched: 5/8/2023 7:26:00 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/31481">http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/31481</a> Fetched: 5/8/2023 7:26:00 PM		<b>1</b>



Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Certificación**

Certifico que la monografía: **“Inspección de 500 horas del sistema de navegación, de acuerdo a la información técnica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizada por el señor **Calispa Panchi, Alexis Fernando**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

.....  
**Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián**

C.C.: 1722580329



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Calispa Panchi, Alexis Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1718154170, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Inspección de 500 horas del sistema de navegación, de acuerdo a la información técnica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

.....*Calispa Panchi*.....

**Calispa Panchi, Alexis Fernando**

C.C.: 1718154170



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Calispa Panchi, Alexis Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1718154170, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Inspección de 500 horas del sistema de navegación, de acuerdo a la información técnica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de mayo del 2023

.....*Calispa Panchi, Alexis Fernando*.....

**Calispa Panchi, Alexis Fernando**

C.C.: 1718154170



## **Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

### **Carrera de tecnología superior en mecánica aeronáutica**

#### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios y a la Virgen del Cisne, por darme fortaleza y sabiduría, por cuidarme en todo mi trayecto de vida universitaria, por permitirme enfrentar los momentos difíciles y permitirme llegar a la culminación de mi carrera universitaria que es una meta propuesta en mi vida. A mis padres, por enseñarme los valores del respeto, la honestidad y permitirme culminar mi educación superior, por su apoyo incondicional y estar junto a mí en todo momento durante toda mi etapa de aprendizaje, a mi hermano por ser un apoyo a lo largo de mi carrera universitaria, que con sus consejos guio mi camino y por ser el ejemplo de vida a seguir. A mi familia, amigos y conocidos en general, quienes de una u otra manera aportaron con sus consejos y motivación para seguir a lo largo del tiempo en la formación académica y personal.

Calispa Panchi, Alexis Fernando

## **Agradecimiento**

Doy gracias a Dios y a la Virgen del Cisne por permitirme cumplir un objetivo más en mi vida académica, y por darme todas las capacidades físicas y mentales para poder realizarlo, y sobre todo por poner a las personas correctas en mi camino, por el conocimiento aportado a lo largo de todo mi aprendizaje continuo. A mis padres y hermano por todos sus consejos y por confiar siempre en mí. A la noble institución la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, que me ha permitido adquirir conocimientos académicos y fortaleza en el ámbito educativo y personal. A mi tutor, quien supo guiarme por el camino del conocimiento y la investigación a lo largo de todo este periodo. Y finalmente agradezco a todos los docentes de la carrera por todos sus conocimientos brindados a lo largo de la formación académica, que con sus consejos y recomendaciones aportaron en mi formación.

Calispa Panchi, Alexis Fernando

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	¡Error! Marcador no definido.
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	¡Error! Marcador no definido.
Responsabilidad de Autoría .....	¡Error! Marcador no definido.
Autorización de Publicación .....	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas .....	15
Resumen .....	16
Abstract .....	17
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Justificación e importancia.....	19
Objetivos .....	20
<i>Objetivo general</i> .....	20
<i>Objetivos específicos</i> .....	20
Alcance.....	20
Capítulo II: Marco teórico.....	21
Historia de los sistemas de navegación en aeronaves.....	21
<i>Situación actual</i> .....	21
<i>Proyección a futuro</i> .....	22

Sistemas de navegación .....	23
<i>Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS)</i> .....	23
<i>Sistemas de Referencia Inercial (IRS)</i> .....	25
<i>Sistemas de Navegación Giroscópica (GYROS)</i> .....	26
Inspecciones y pruebas del sistema altimétrico.....	28
Sistema de navegación del helicóptero Gazelle SA 341L.....	30
<i>Información general</i> .....	30
<i>Sistema pitot-estático</i> .....	31
<i>Actitud y rumbo</i> .....	38
Equipos para chequeos de sistemas pitot-estático .....	44
<i>Equipos Barfield</i> .....	45
Equipos para chequeos de sistemas de comunicaciones .....	47
<i>IFR 4000</i> .....	48
<i>IFR 6000</i> .....	49
Comprobaciones operativas en tierra de los equipos de aviónica .....	50
<i>Compass Swing</i> .....	50
Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS) .....	51
Documentación aeronáutica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L.....	54
<i>Principios de preparación de los manuales</i> .....	61
<i>Caracterización de los manuales del helicóptero Gazelle AS 341L</i> .....	54
Normas de seguridad en mantenimiento aeronáutico .....	59
Capítulo III: Desarrollo del tema .....	61
Descripción general.....	62
Adecuación del área de trabajo.....	64
Inspección inicial del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L .....	64

	10
<b>Inspección de 500 horas del sistema de navegación.....</b>	<b>66</b>
<i>Sistema pitot-estático.....</i>	<i>68</i>
<i>Horizonte artificial.....</i>	<i>81</i>
<i>Brújula giromagnética.....</i>	<i>87</i>
<i>Brújula magnética.....</i>	<i>94</i>
<b>Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>96</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>96</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>98</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>99</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>103</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Situación actual de los sistemas de navegación</i> .....	<b>21</b>
<b>Figura 2</b> <i>Proyección a futuro de los sistemas de navegación</i> .....	<b>23</b>
<b>Figura 3</b> <i>Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS)</i> .....	<b>24</b>
<b>Figura 4</b> <i>Sistema de referencia inercial (IRS)</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 5</b> <i>Sistemas de Navegación Giroscópica (GYROS)</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 6</b> <i>Inspecciones y pruebas del sistema altimétrico</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 7</b> <i>Transponder</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 8</b> <i>Localización de los componentes del sistema pitot-estático</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama esquemático del sistema pitot-estático</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 10</b> <i>Tubo pitot</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 11</b> <i>Indicador de velocidad - instrumento</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 12</b> <i>Indicador de velocidad - funcionamiento</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 13</b> <i>Altimetro - funcionamiento</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 14</b> <i>Altimetro - instrumento</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 15</b> <i>Indicador de velocidad vertical - instrumento</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 16</b> <i>Indicador de velocidad vertical – funcionamiento (descenso)</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 17</b> <i>Indicador de velocidad vertical – funcionamiento (ascenso)</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 18</b> <i>Localización de los componentes para el funcionamiento del horizonte artificial</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 19</b> <i>Horizonte artificial</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 20</b> <i>Diagrama del circuito del horizonte artificial</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 21</b> <i>Localización de los componentes RMI</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 22</b> <i>Brújula giromagnética</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 23</b> <i>Válvula de flujo</i> .....	<b>43</b>

	12
<b>Figura 24</b> <i>Pitot-Static Test Set</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 25</b> <i>Pitot-Static Test Set</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 26</b> <i>Air Data Test Set</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 27</b> <i>DPS1000 Digital Pitot-Static Test Set</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 28</b> <i>Equipo IFR 4000</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 29</b> <i>Equipo IFR 6000</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 30</b> <i>Compass Swing</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 31</b> <i>Comunicaciones</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 32</b> <i>Comunicaciones</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 33</b> <i>Comunicaciones</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 34</b> <i>Presentación de manuales Gazelle AS 341L - ingles/francés</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 35</b> <i>PRE Plan adecuado de mantenimiento</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 36</b> <i>MDE - Manual de mantenimiento</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 37</b> <i>IPC - Catálogo ilustrado de partes</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 38</b> <i>Equipo de protección personal</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 39</b> <i>Área de trabajo</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 40</b> <i>Inspección inicial de los componentes del sistema de navegación</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 41</b> <i>Componentes del sistema de navegación</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 42</b> <i>Esquema de inspección de los componentes del sistema de navegación</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 43</b> <i>Procedimiento de inspección del sistema pitot-estático</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 44</b> <i>Colectores y cañerías del sistema pitot-estático</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 45</b> <i>Conexiones de los instrumentos</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 46</b> <i>Estado del tubo pitot</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 47</b> <i>Drenajes de presión "estática" y "total"</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 48</b> <i>Instalación de los componentes del sistema pitot-estático</i> .....	<b>72</b>

<b>Figura 49</b> Banco de pruebas DPST-8000M Air Data Test Set.....	<b>72</b>
<b>Figura 50</b> Chequeo de fugas del sistema pitot-estático .....	<b>73</b>
<b>Figura 51</b> Estado del indicador de velocidad.....	<b>73</b>
<b>Figura 52</b> Inspección del indicador de velocidad.....	<b>74</b>
<b>Figura 53</b> Prueba funcional del indicador de velocidad.....	<b>74</b>
<b>Figura 54</b> Instalación del indicador de velocidad.....	<b>75</b>
<b>Figura 55</b> Indicador de velocidad instalado .....	<b>75</b>
<b>Figura 56</b> Estado del altímetro .....	<b>76</b>
<b>Figura 57</b> Inspección del altímetro.....	<b>76</b>
<b>Figura 58</b> Prueba funcional del altímetro.....	<b>77</b>
<b>Figura 59</b> Instalación del altímetro.....	<b>77</b>
<b>Figura 60</b> Altímetro instalado .....	<b>78</b>
<b>Figura 61</b> Estado del indicador de velocidad vertical .....	<b>78</b>
<b>Figura 62</b> Inspección del indicador de velocidad vertical.....	<b>79</b>
<b>Figura 63</b> Prueba funcional del indicador de velocidad vertical.....	<b>79</b>
<b>Figura 64</b> Instalación del indicador de velocidad vertical.....	<b>80</b>
<b>Figura 65</b> Indicador de velocidad vertical instalado.....	<b>80</b>
<b>Figura 66</b> Estado del horizonte artificial.....	<b>81</b>
<b>Figura 67</b> Procedimiento de inspección del horizonte artificial .....	<b>82</b>
<b>Figura 68</b> Inspección del horizonte artificial.....	<b>83</b>
<b>Figura 69</b> Prueba funcional del horizonte artificial.....	<b>83</b>
<b>Figura 70</b> Instalación del horizonte artificial.....	<b>84</b>
<b>Figura 71</b> Horizonte artificial instalado.....	<b>84</b>
<b>Figura 72</b> Pasos preliminares prueba horizonte artificial .....	<b>85</b>
<b>Figura 73</b> Interruptor de la caja de conmutación en "OFF" .....	<b>86</b>

<b>Figura 74</b> <i>Prueba al horizonte artificial</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 75</b> <i>Estado de la unidad giroscópica</i> .....	<b>87</b>
<b>Figura 76</b> <i>Procedimiento de inspección de la brújula giromagnética</i> .....	<b>88</b>
<b>Figura 77</b> <i>Estado de conexiones, cables y pulsador (unidad giroscópica)</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 78</b> <i>Unidad giroscópica instalada</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 79</b> <i>Ubicación de la unidad electrónica</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 80</b> <i>Estado de la unidad electrónica</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 81</b> <i>Estado de conexiones, cables y pulsador (unidad electrónica)</i> .....	<b>91</b>
<b>Figura 82</b> <i>Estado de la válvula de flujo</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 83</b> <i>Estado de conexiones y cables (válvula de flujo)</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 84</b> <i>Pasos preliminares prueba brújula giromagnética</i> .....	<b>93</b>
<b>Figura 85</b> <i>Lectura de la unidad giroscópica</i> .....	<b>94</b>
<b>Figura 86</b> <i>Brújula magnética de reserva</i> .....	<b>95</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Componentes del sistema pitot-estático</i> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Componentes RMI</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Categorías para caracterización de manuales Gazelle AS 341L</i> .....	<b>55</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Manuales y categoría de “empleo” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i> .....	<b>56</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Manuales y categoría de “mantenimiento” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i> .....	<b>57</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Manuales y categoría de “identificación” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i> .....	<b>58</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Manuales y categoría de “especial” en el helicóptero Gazelle AS 341L</i> .....	<b>59</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Normas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico</i> .....	<b>59</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Herramientas utilizadas en la inspección del sistema de navegación</i> .....	<b>63</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Equipos de seguridad utilizados en la inspección del sistema de navegación</i> .....	<b>63</b>

## Resumen

El presente trabajo de titulación contiene información acerca de la inspección de 500 horas del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, esto se realizó en referencia a la documentación e información técnica aplicable a la aeronave con la ayuda de las herramientas y equipos de apoyo proporcionados por la Brigada de aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano. El mantenimiento aeronáutico cumple un papel muy importante en el campo de la aviación, ya que es indispensable cumplir con estrictos parámetros que garanticen la seguridad de la aeronave y sus sistemas. A través de la recopilación de información técnica, se interpretaron los procedimientos aplicables y necesarios para la correcta inspección del sistema de navegación; luego se procedió a detectar y evaluar el estado de todos los componentes que forman parte del sistema, donde se consideraron reparaciones y modificaciones en algunos casos. Luego se realizó el proceso de inspección del sistema en base a los procedimientos indicados en la documentación técnica disponible proporcionada por el fabricante, y finalmente se realizaron pruebas funcionales y operacionales a todos los componentes del sistema de navegación para verificar su correcta instalación y funcionamiento. Todo lo indicado, se realizó con el fin de mantener en condiciones adecuadas a los diferentes componentes del sistema de navegación, aumentando la funcionalidad de la aeronave para la utilización por parte de los docentes y estudiantes en el desarrollo de prácticas de mantenimiento.

*Palabras clave:* helicóptero Gazelle AS 341L, mantenimiento aeronáutico, inspección de 500 horas, sistema de navegación.

### **Abstract**

This degree work contains information about the 500-hour inspection of the navigation system of the Gazelle AS 341L helicopter, this was carried out in reference to the documentation and technical information applicable to the aircraft with the help of the tools and support equipment provided by the Aviation Brigade No. 15 "Paquisha" of the Ecuadorian Army. Aeronautical maintenance plays a very important role in the field of aviation, since it is essential to comply with strict parameters that guarantee the safety of the aircraft and its systems. Through the collection of technical information, the applicable and necessary procedures for the correct inspection of the navigation system were interpreted; then we proceeded to detect and evaluate the status of all the components that are part of the system, where repairs and modifications were considered in some cases. Then the system inspection process was carried out based on the procedures indicated in the available technical documentation provided by the manufacturer, and finally, functional and operational tests were carried out on all the components of the navigation system to verify their correct installation and operation. Everything indicated was done in order to maintain the different components of the navigation system in adequate conditions, increasing the functionality of the aircraft for use by teachers and students in the development of maintenance practices.

*Keywords:* Gazelle AS 341L helicopter, aircraft maintenance, 500-hour inspection, navigation system.

## Capítulo I

### Planteamiento del problema

#### Antecedentes

En el año 1954 nació la aviación del ejército o también denominado cuerpo del ejército, con orden de Comando No. 044-EBD-978, deja de ser dependencia del departamento logístico del ejército, y como unidad operativa se transforma en la Aviación del Ejército Ecuatoriano, este cambio produce una nueva concepción en el empleo de la organización. La aviación del ejército formó un centro de mantenimiento "CEMAE" para desarrollar los trabajos de mantenimiento de las aeronaves, cuenta con operadores dedicados a los equipos y bancos de pruebas necesarios para su correcto mantenimiento y responsable, que redunde en la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas y así se puedan cumplir todas las misiones en el territorio ecuatoriano (Ejército Ecuatoriano, 2022).

El helicóptero Gazelle SA 341L forma parte de la flota de la aviación del ejército, e integra algunos avances tecnológicos siendo el primero en utilizar un sistema antipar tipo fenestron, cuenta además con sistemas de indicación de los diferentes parámetros para el vuelo de la aeronave, también incluye un sistema de piloto automático incorporado por Honeywell, fue el primer helicóptero habilitado en vuelo de condiciones meteorológicas adversas y su adicional, el rotor principal está equipado por tres palas "flexibles" principales proporcionando a los pasajeros comodidad frente a las vibraciones.

Todos los sistemas incorporados al helicóptero Gazelle AS 341L deben cumplir con diferentes tipos de mantenimiento, es el caso del sistema de navegación en el que es necesario realizar una inspección de 500 horas siguiendo todos los procedimientos detallados en la documentación técnica, evitando así posibles fallas del sistema y sus componentes (Pejkić & Vulić, 2014).

## **Planteamiento del problema**

Las aeronaves requieren de programas de mantenimiento para que sean confiables y seguras, esto se lleva a cabo a través del cumplimiento de diferentes tipos de mantenimiento, ya sea mantenimiento preventivo, predictivo y/o restaurativo según sea el caso. En los programas de mantenimiento se efectúan diversas inspecciones a los diferentes sistemas de las aeronaves, entre esas inspecciones se destacan las inspecciones y reparaciones de diferentes sistemas y/o componentes estructurales o modificaciones como es el caso del helicóptero Gazelle AS 341L.

Se iniciaron los trámites para que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE reciba como donación el helicóptero Gazelle AS 341L, el mismo que salió de operación del Ejército Ecuatoriano. El helicóptero será trasladado desde la Brigada de Aviación del Ejército ubicada en la ciudad de Sangolquí, y servirá para el aprendizaje e instrucción de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, para ello es necesario realizar diferentes tareas de mantenimiento, inspección y reacondicionamiento al helicóptero, con el fin de que adopte la condición de operativo a su arribo al campus de la universidad y forme parte del parque aeronáutico.

El sistema de navegación del helicóptero es esencial para el piloto, ya que gracias a ello se puede lograr un vuelo seguro, los instrumentos deben ser constantemente revisados para la seguridad en vuelo, es por ello que se debe realizar una inspección de 500 horas a dicho sistema, ya que por el tiempo de operación del helicóptero, los componentes del sistema se encuentra en malas condiciones y se deberá cumplir con diferentes tareas de mantenimiento para que la aeronave sea apta para que los docentes puedan impartir una instrucción adecuada a los estudiantes de la carrera.

## **Justificación e importancia**

Los avances tecnológicos en el ámbito aeronáutico, hacen necesario la realización de inspecciones y reparaciones de los diferentes sistemas de las aeronaves. Este es el caso del helicóptero Gazelle AS 341L, el mismo que desvinculado de la flota de la Brigada de Aviación "Paquisha" XV del Ejército del Ecuador fue donado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; para que sea trasladado a las instalaciones de la universidad es necesario realizar diferentes tareas de mantenimiento principalmente al sistema de navegación y pueda formar parte del parque aeronáutico.

La carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de acuerdo con los códigos y reglamentos establecidos en el Reglamento de Aviación Civil (RDAC). la adquisición del helicóptero aportará a la carrera como material de didáctico y de apoyo, para los docentes y estudiantes en investigaciones posteriores, como lo son tareas o proyectos que contribuyan al conocimiento de los procedimientos para realizar una inspección al sistema de navegación de la aeronave.

El proyecto es factible ya que la Brigada de aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano cuenta con herramientas, equipos y documentación técnica necesaria para realizar las diferentes tareas de mantenimiento al helicóptero Gazelle AS 341L; además, la brigada proporcionará la instrucción necesaria para realizar la inspección del sistema de navegación de la aeronave para que posteriormente sea trasladada a las instalaciones de la universidad. Una vez realizado el mantenimiento adecuado, se entregarán las herramientas, equipos y documentación técnica de la aeronave a la carrera para que sean utilizadas por parte de los docentes y estudiantes.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Realizar la inspección de 500 horas del sistema de navegación, de acuerdo a la información técnica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### ***Objetivos específicos***

- Recopilar información técnica necesaria para llevar a cabo los procedimientos de inspección del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L.
- Registrar y evaluar el estado de los componentes del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L antes de la inspección.
- Ejecutar el proceso de inspección del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, en base a los procedimientos indicados en la documentación técnica aplicable.
- Realizar pruebas funcionales y operacionales en el caso de que sea necesario, del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L.

### **Alcance**

El presente trabajo pretende realizar la inspección de 500 horas del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, en referencia a la documentación e información técnica aplicable; utilizando las herramientas y equipos proporcionados por la Brigada de aviación Nro. 15 "Paquisha" del Ejército Ecuatoriano. Esto con el fin de mantener en condiciones adecuadas a los diferentes componentes del sistema de navegación, aumentando así la funcionalidad de la aeronave para la utilización por parte de los docentes y estudiantes en el desarrollo de prácticas de mantenimiento.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Historia de los sistemas de navegación en aeronaves

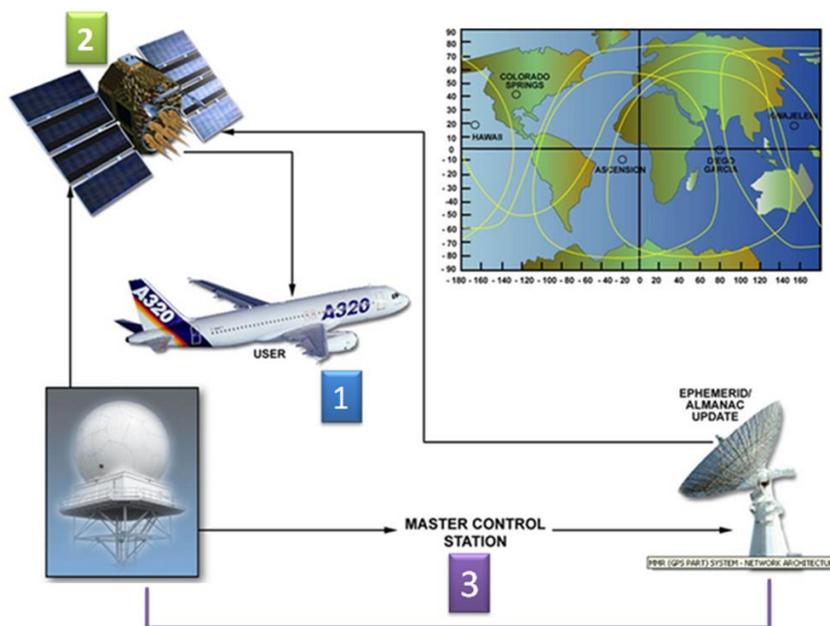
##### *Situación actual*

La navegación aérea ha recorrido un largo camino desde sus primeros días, cuando los pilotos se guiaban principalmente por su sentido de la vista y los mapas. Con el tiempo, se desarrollaron sistemas de navegación más avanzados para ayudar a los pilotos a mantener su rumbo y llegar a su destino de manera más eficiente y segura (PARKINSON et al., 1995).

Uno de los primeros sistemas de navegación en ser ampliamente utilizado fue el radiofaro omnidireccional (VOR), que se introdujo en la década de 1930. El VOR utiliza señales de radio para proporcionar información sobre la dirección y la distancia al aeropuerto de destino (Karshakov et al., 2021).

#### Figura 1

##### *Situación actual de los sistemas de navegación*



*Nota.* Tomado de (WRIGLEY, 1977).

Otro importante hito en la navegación aérea fue la introducción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en la década de 1990. El GPS permite a los pilotos conocer su posición exacta en cualquier momento y en cualquier lugar del mundo. Además, el GPS se ha convertido en un componente clave de muchos otros sistemas de navegación modernos, como el Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS), que ayuda a los pilotos a aterrizar en condiciones de baja visibilidad. Actualmente, los sistemas de navegación de aeronaves son altamente sofisticados y utilizan una variedad de tecnologías, incluyendo GPS, VOR, ILS y sistemas de navegación por satélite. Estos sistemas son esenciales para garantizar la seguridad y la eficiencia en el transporte aéreo, y se continúan trabajando en nuevas tecnologías para mejorar aún más los sistemas de navegación en el futuro.

### ***Proyección a futuro***

Se espera que la tecnología de navegación continúe evolucionando en el futuro. A medida que las aeronaves se vuelven más automatizadas, los sistemas de navegación se podrían integrar más estrechamente con los sistemas de vuelo automático. Los avances en la tecnología de sensores también permitirán a las aeronaves navegar con mayor precisión y seguridad, incluso en condiciones meteorológicas adversas (PARKINSON et al., 1995).

Además, los sistemas de navegación aérea podrían estar cada vez más conectados; por ejemplo, los sistemas de navegación de las aeronaves podrían comunicarse con otros sistemas de navegación en tiempo real para compartir información y optimizar las rutas de vuelo. Esto podría permitir a las aeronaves evitar las zonas de turbulencias o congestión del tráfico aéreo.

También se estima que la tecnología de navegación evolucione para permitir la navegación autónoma. Por ejemplo, algunos fabricantes de aeronaves están desarrollando sistemas de navegación que permitirán a las aeronaves despegar, volar y aterrizar sin intervención humana (Karshakov et al., 2021).

## **Figura 2**

### *Proyección a futuro de los sistemas de navegación*



*Nota.* Tomado de (WRIGLEY, 1977).

En resumen, la navegación aérea ha evolucionado enormemente desde los primeros días de la aviación. Actualmente, los sistemas de navegación por satélite como el GPS son predominantes en la aviación. Se espera que los sistemas de navegación continúen evolucionando en el futuro para integrarse más estrechamente con los sistemas de vuelo automático, ser cada vez más conectados y permitir la navegación autónoma.

## **Sistemas de navegación**

### ***Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS)***

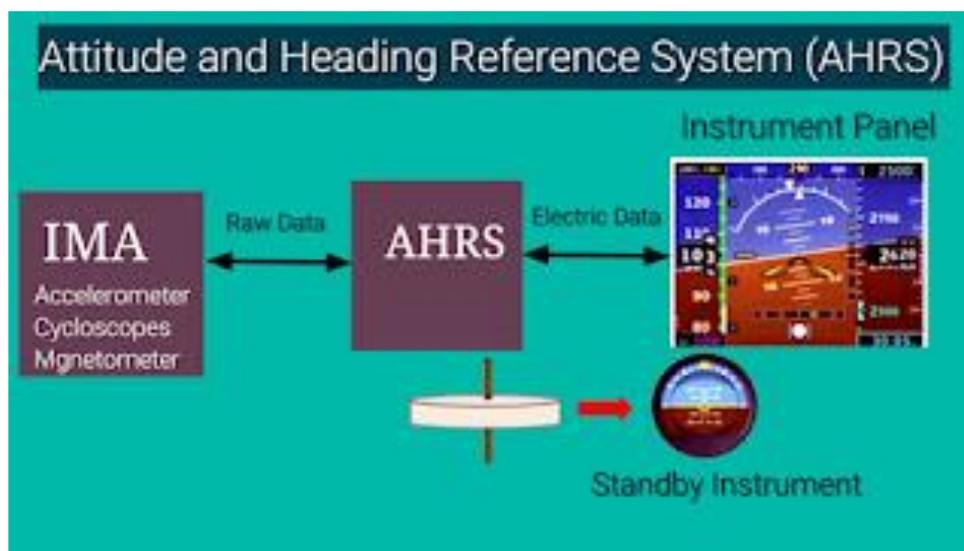
Los AHRS son sistemas que miden la actitud y el rumbo de una aeronave en vuelo. La actitud se refiere a la posición del avión en el espacio, es decir, su inclinación, cabeceo y alabeo. El rumbo se refiere a la dirección en la que se mueve la aeronave, es decir, su orientación en relación con el norte magnético (R. Hayward et al., 1999).

Los AHRS utilizan una combinación de sensores para medir la actitud y el rumbo de la aeronave. Estos sensores incluyen acelerómetros, giroscopios y magnetómetros. Los acelerómetros miden la aceleración lineal del avión en cada uno de sus ejes, lo que permite

medir la inclinación y el cabeceo. Los giroscopios miden la velocidad de rotación del avión en cada uno de sus ejes, lo que permite medir el alabeo. Los magnetómetros miden el campo magnético de la Tierra, lo que permite medir la orientación del avión en relación con el norte magnético.

### Figura 3

*Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS)*



*Nota.* Tomado de (AHRS | Attitude and Heading Reference System, n.d.)

Los datos recopilados por los sensores se procesan y se presentan en los instrumentos de vuelo de la aeronave, como el horizonte artificial y el indicador de rumbo. Estos instrumentos permiten al piloto tener una referencia visual de la actitud y el rumbo del avión en todo momento. Los AHRS son importantes porque proporcionan información crítica al piloto durante el vuelo. La medición precisa de la actitud y el rumbo es esencial para mantener la estabilidad y el control de la aeronave. Además, los AHRS son necesarios para la navegación y para otros sistemas de aviónica, como los sistemas de control de vuelo y los sistemas de evitación de colisiones (R. C. Hayward et al., 1997).

Por ende, los Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS) son sistemas

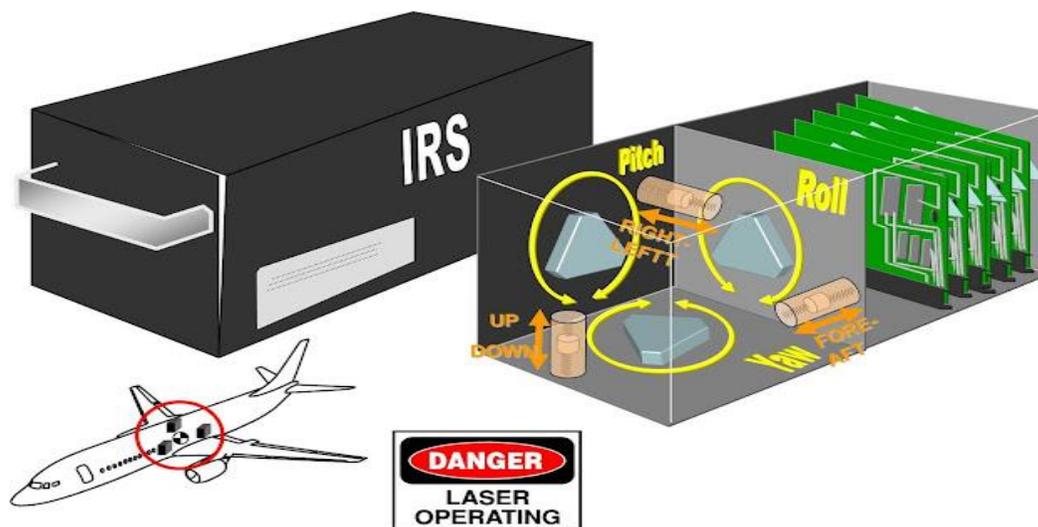
cruciales en la aviación moderna. Estos sistemas miden la actitud y el rumbo de una aeronave en vuelo y proporcionan información crítica al piloto. Los AHRS utilizan una combinación de sensores para medir la actitud y el rumbo, y los datos se presentan en los instrumentos de vuelo de la aeronave. La precisión y fiabilidad de los AHRS son esenciales para la estabilidad, el control y la seguridad de la aeronave en vuelo (Guerrero-Castellanos et al., 2011).

### **Sistemas de Referencia Inercial (IRS)**

Los sistemas de referencia inercial consisten en una serie de acelerómetros y giroscopios que miden la aceleración y la velocidad angular de la aeronave en cada uno de sus ejes. Los acelerómetros miden la aceleración lineal de la aeronave en cada uno de sus ejes, mientras que los giroscopios miden la velocidad angular de la aeronave en cada uno de sus ejes. Estos datos se utilizan para determinar la posición, velocidad y actitud de la aeronave en tiempo real (McClary, 1996).

#### **Figura 4**

*Sistema de referencia inercial (IRS)*



*Nota.* Tomado de (*Principios de La Navegación Inercial I*, n.d.)

Estos sistemas son especialmente útiles en la navegación aérea, ya que permiten a los pilotos determinar la posición exacta de la aeronave en cualquier momento. La posición de la

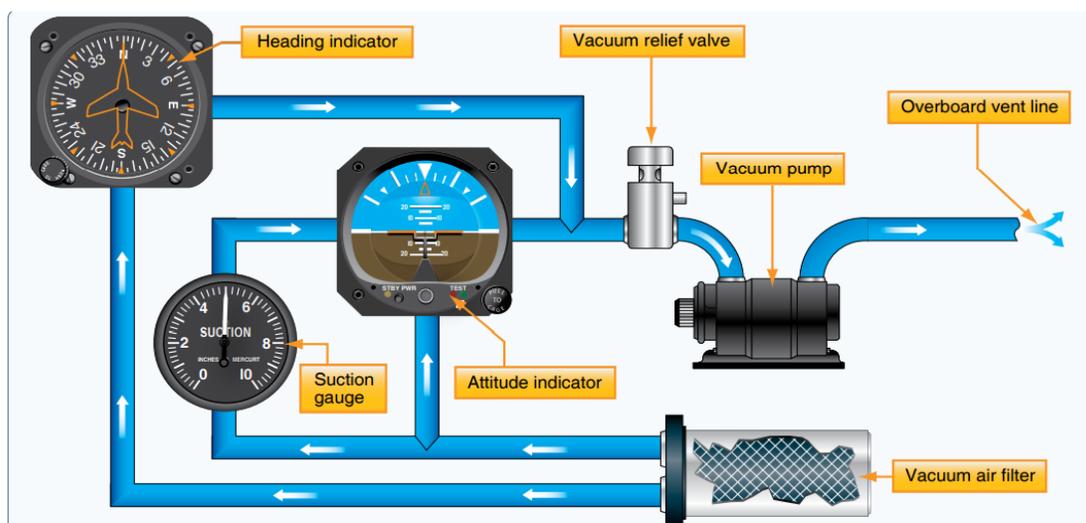
aeronave se determina a través de la integración de la velocidad y la aceleración medida por los acelerómetros y giroscopios. Esto permite a los pilotos saber exactamente dónde se encuentra la aeronave en relación con su punto de partida y su destino (Skinner et al., 2023).

También son importantes para la navegación inercial, que es un método de navegación autónomo que utiliza la posición, velocidad y actitud de la aeronave para determinar su posición en el espacio. La navegación inercial es especialmente útil en zonas donde los sistemas de navegación por satélite, como el GPS, pueden no estar disponibles o pueden ser bloqueados, como en zonas militares o en zonas densamente pobladas. Además, los sistemas de referencia inercial son importantes para el control de vuelo de la aeronave. Los sistemas de control de vuelo utilizan la información proporcionada por los sistemas de referencia inercial para ajustar la posición y actitud de la aeronave en vuelo. Esto permite a los pilotos mantener la estabilidad y el control de la aeronave en todo momento.

### ***Sistemas de Navegación Giroscópica (GYROS)***

Los sistemas de navegación giroscópica utilizan giroscopios para medir la posición y la actitud de la aeronave. Los giroscopios son dispositivos que utilizan el principio de conservación del momento angular para medir la rotación de la aeronave en cada uno de sus ejes. Los giroscopios están montados en una plataforma giroestabilizada que mantiene su orientación en el espacio inercial. Esta plataforma proporciona una referencia estable para medir los cambios en la posición y actitud de la aeronave (Peshekhonov, 2011).

Existen varios tipos de giroscopios utilizados en los sistemas de navegación giroscópica, como el giroscopio de velocidad (VG), el giroscopio de actitud (AG) y el giroscopio direccional (DG). El giroscopio de velocidad mide la velocidad angular de la aeronave en el eje vertical, mientras que el giroscopio de actitud mide la inclinación y la rotación de la aeronave en el plano horizontal. El giroscopio direccional mide la dirección de la aeronave y proporciona una referencia para el rumbo (Tan et al., 2001).

**Figura 5***Sistemas de Navegación Giroscópica (GYROS)*

*Nota.* Tomado de (*Suction Pilots: A Cheap And Effective Way To Monitor Suction Conditions – Atlas-Blue.Com, n.d.*)

Los sistemas de navegación giroscópica son especialmente útiles en la aviación militar, donde la precisión y la fiabilidad son fundamentales. Son capaces de proporcionar información precisa sobre la posición y actitud de la aeronave incluso en condiciones adversas, como en vuelo a baja altitud o en presencia de interferencias electromagnéticas. Además, los sistemas de navegación giroscópica son capaces de proporcionar información continua incluso en caso de fallo de otros sistemas de navegación, como el GPS (Tazartes, 2014).

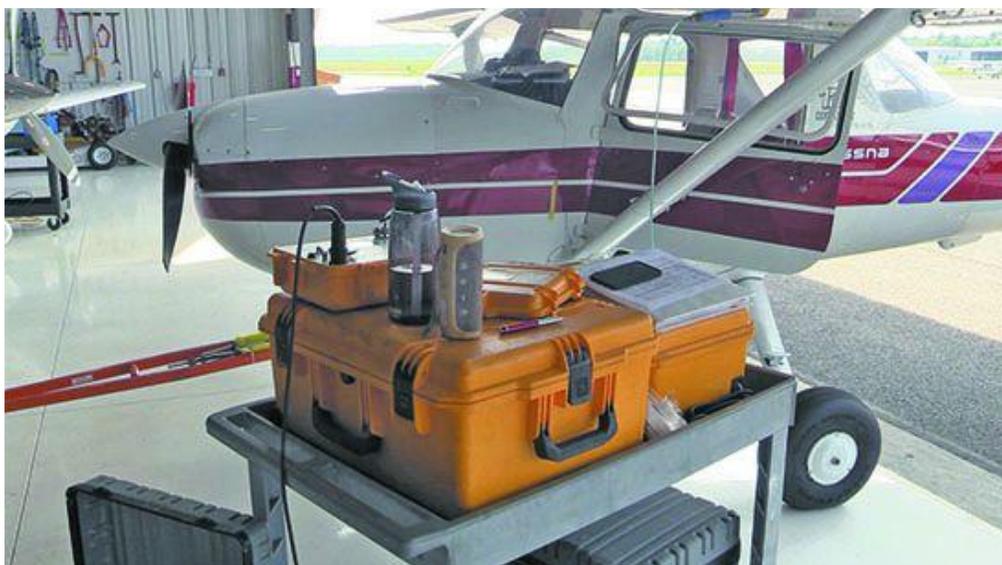
Los sistemas de navegación giroscópica también son importantes en la aviación comercial, ya que proporcionan una referencia precisa para los sistemas de control de vuelo de la aeronave. Los sistemas de control de vuelo utilizan la información proporcionada por los giroscopios para ajustar la posición y la actitud de la aeronave en vuelo, lo que permite a los pilotos mantener la estabilidad y el control de la aeronave en todo momento.

## Inspecciones y pruebas del sistema altimétrico

Las inspecciones y pruebas del sistema altimétrico son críticas para la seguridad de los vuelos. El sistema altimétrico mide la altitud de la aeronave en vuelo, lo que es fundamental para evitar colisiones con otras aeronaves y obstáculos. Las inspecciones y pruebas del sistema altimétrico incluyen la verificación de la precisión y la calibración del altímetro y otros componentes del sistema, como el subsistema de presión estática y el subsistema de presión dinámica. Estas pruebas deben ser realizadas regularmente por personal capacitado y autorizado para asegurar que el sistema altimétrico esté funcionando correctamente y cumpla con las normas y regulaciones de seguridad de la aviación. La falta de inspecciones y pruebas del sistema altimétrico puede llevar a errores en la medición de la altitud de la aeronave y, por lo tanto, poner en peligro la seguridad de los pasajeros y la tripulación (Hagström & Lennartsson, 2010).

### Figura 6

*Inspecciones y pruebas del sistema altimétrico*



*Nota.* Tomado de (Karshakov et al., 2021).

Según RDAC 043 “Mantenimiento” Apéndice 3, establece las inspecciones y pruebas

del sistema altimétrico siempre y cuando los manuales de mantenimiento de la aeronave no han desarrollado esta prueba. Cada persona que realice pruebas e inspecciones del sistema altimétrico requeridas por la Parte RDAC 91 debe cumplir con inspecciones en el sistema de presión estática, altímetro, y equipo automático de información, de presión, de altitud y el sistema integrado de prueba del ATC Transponder (DGAC, 2012).

Durante las inspecciones y pruebas del sistema de presión estática, es fundamental asegurarse de que la línea esté libre de humedad interna y obstrucciones, ya que estas pueden afectar la precisión de la lectura de la presión. Asimismo, se debe determinar que la pérdida está dentro de las tolerancias establecidas en el FAR 23 o FAR 25, según corresponda, para garantizar la seguridad de la aeronave y sus ocupantes. Además, es necesario verificar que el calefactor de toma estática, si se ha instalado, esté funcionando correctamente. Por último, se debe asegurarse de que no existan modificaciones o deformaciones en la superficie de la aeronave que puedan afectar la relación entre la presión del aire en el sistema de presión estática y el valor verdadero de la presión estática del medio ambiente en cualquier condición de vuelo, ya que esto podría producir lecturas inexactas de la presión (DGAC, 2012).

Las inspecciones y pruebas del altímetro son cruciales para garantizar la seguridad de los vuelos. Es necesario que el instrumento sea probado por una Organización de mantenimiento aprobada y calificada, cumpliendo con las especificaciones establecidas en los subpárrafos correspondientes. Además, se debe realizar cada prueba de funcionamiento con el altímetro sometido a vibración y en condiciones de temperatura ambiente similares a los 25°C. En el caso de altímetros que formen parte de un sistema de computación de datos aerodinámicos o que tengan incorporado internamente un sistema de corrección de datos, se deben seguir las especificaciones del fabricante si son aceptadas por la autoridad aeronáutica.

El equipo automático de información, de presión, de altitud y el sistema integrado de prueba del ATC Transponder deben ser inspeccionados y probados por una persona calificada. Durante la prueba, se debe medir la salida del sistema automático de presión altitud cuando el ATC Transponder es interrogado en Modo C. Es necesario realizar esta medición sobre un número suficiente de puntos de prueba para asegurarse de que el equipo de registro cumple con las funciones deseadas al ser instalados en la aeronave. La diferencia entre la información de salida automática y la indicada en el altímetro no debe exceder de  $\pm 38.1$  m (125 pies), lo que garantiza la precisión del equipo en la medición.

### Figura 7

*Transponder*



*Nota.* Tomado de (Strohmeier, 2017).

### Sistema de navegación del helicóptero Gazelle SA 341L

#### ***Información general***

Los pilotos tienen acceso a información sobre el estado del helicóptero, que se muestra en instrumentos de la aeronave y que incluye parámetros de velocidad, altitud, posición y actitud. La complejidad de estos instrumentos puede variar según la antigüedad y complejidad del helicóptero, desde los más simples hasta pantallas electrónicas modernas (Aviation Academy, 2014). El sistema de navegación de vuelo del Gazelle SA 341L está compuesto por circuitos e instrumentos que permiten el control en vuelo del helicóptero, proporcionando información sobre el entorno y la actitud-rumbo.

### **Sistema pitot-estático**

Los datos del entorno se proporcionan al piloto y copiloto a través del sistema pitot-estático e instrumentos relacionados al mismo. El sistema pitot-estático y los instrumentos asociados se utilizan para informar sobre la altitud, la velocidad aerodinámica relativa y la velocidad de ascenso o descenso. Se componen esencialmente de: un sistema de presión total, un sistema de presión estática y tres instrumentos asociados (indicador de velocidad, altímetro, indicador de velocidad vertical) como se detalla más adelante (Airbus Helicopters, 1988). Los componentes del sistema se encuentran ubicados estratégicamente en el helicóptero como se indica en la Tabla 1 y Figura 8.

**Tabla 1**

*Componentes del sistema pitot-estático*

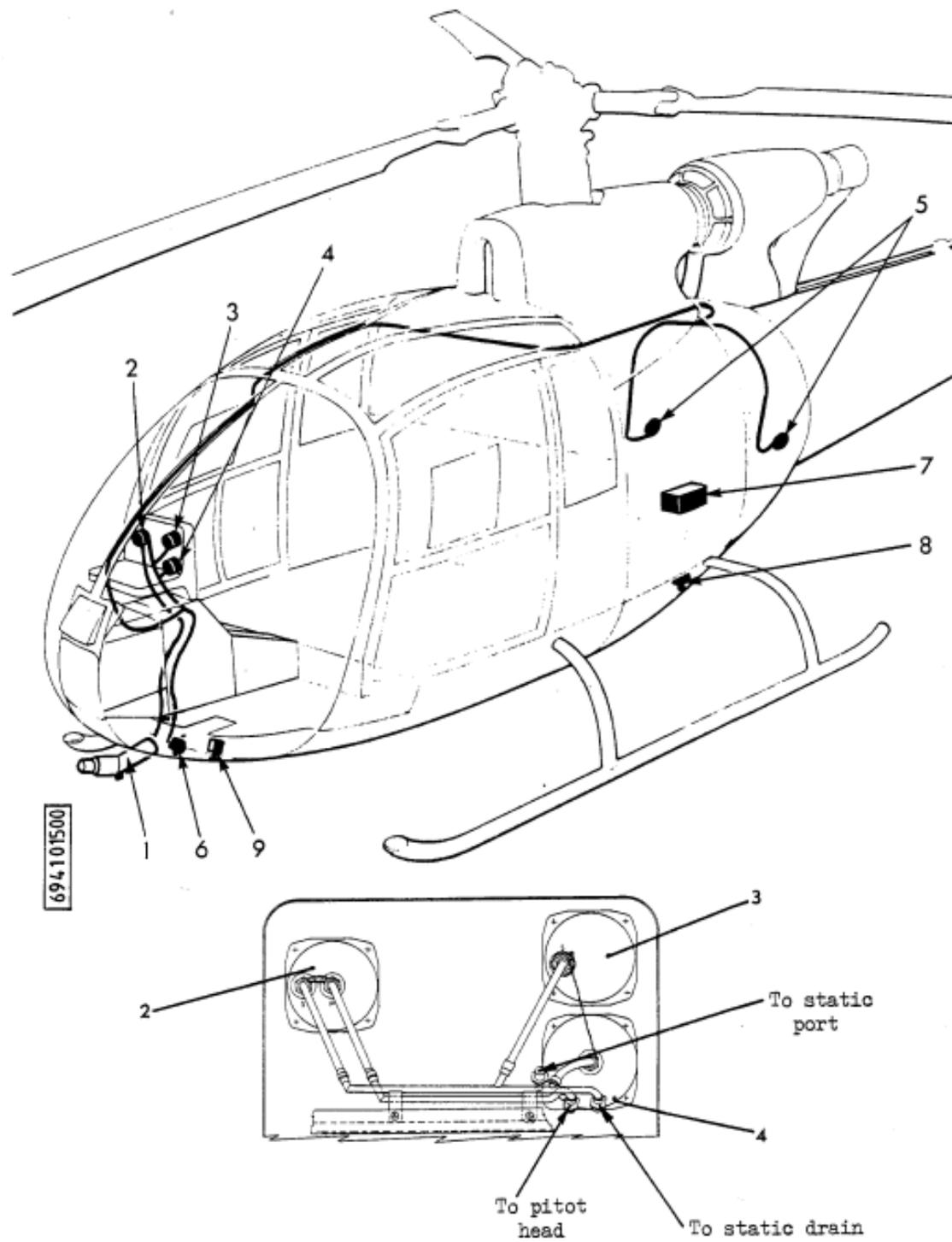
<b>Componentes</b>	
2	Indicador de velocidad
4	Altímetro
3	Indicador de velocidad vertical
1	Tubo pitot con una válvula de drenaje
5	Puertos estáticos
6	Válvula de drenaje "estática"

*Nota.* Tomado (Airbus Helicopters, 1988).

El sistema de presión total conecta el tubo pitot al indicador de velocidad aerodinámica, mientras que el sistema de presión estática conecta ambos puertos de presión estática al indicador de velocidad aerodinámica, altímetro e indicador de velocidad vertical. Como se mencionó anteriormente el sistema pitot-estático consta de tres instrumentos asociados, en la Figura 6 se puede observar el diagrama funcional del sistema, donde se indican las tomas de presión y la interconexión de todos los componentes que forman parte de dicho sistema, se identifica además la ruta que sigue tanto la presión total desde el tubo pitot (ver Figura 7), como la presión estática a cada uno de los instrumentos.

Figura 8

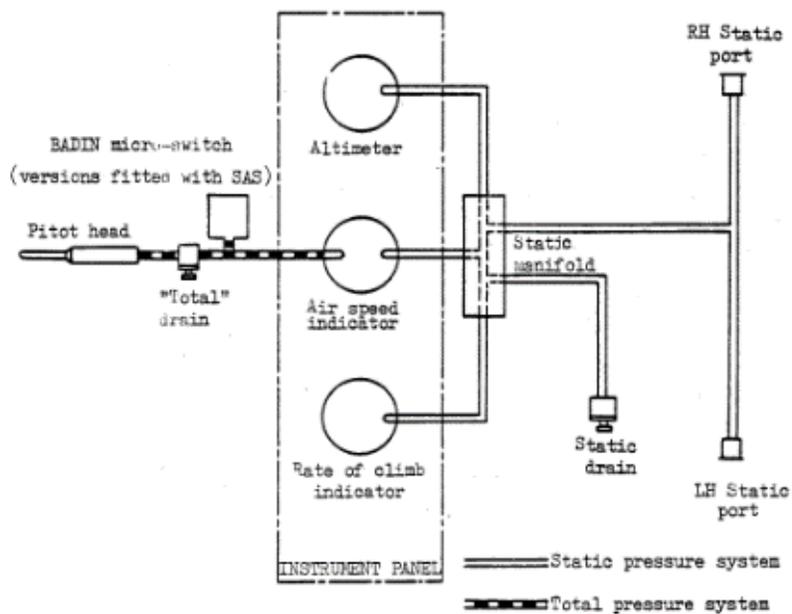
Localización de los componentes del sistema pitot-estático



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Figura 9**

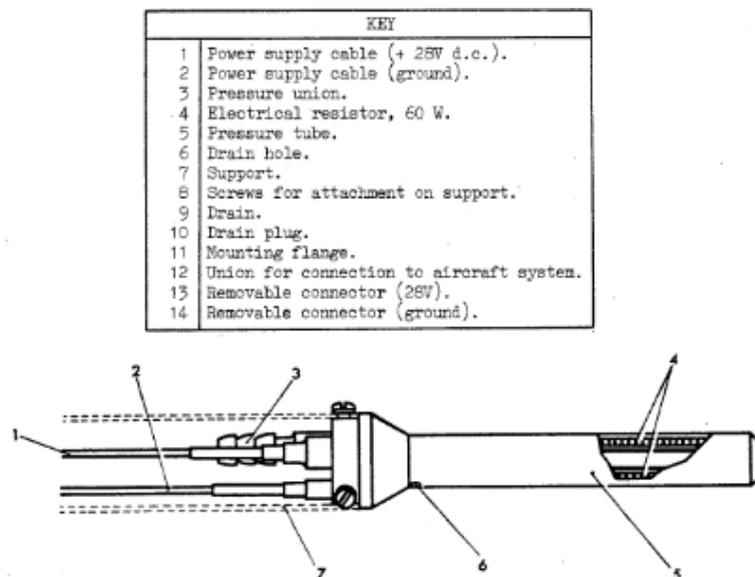
*Diagrama esquemático del sistema pitot-estático*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Figura 10**

*Tubo pitot*

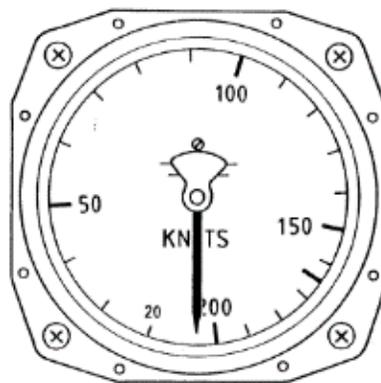


*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Indicador de velocidad.** Muestra la velocidad aerodinámica relativa de la aeronave. La esfera está graduada de 20 a 200 nudos (ver Figura 8); las graduaciones, figuras y punteros son fluorescentes y la cara posterior contiene los puertos de presión estática y presión total. El indicador de velocidad o también llamado anemómetro consiste en una cápsula aneroide sometida externamente a una presión estática " $P_e$ " e internamente a una presión total " $P_t$ ", las distorsiones de la cápsula (en función del diferencial de presión " $P_t - P_e$ ") se transmiten mecánicamente al puntero para proporcionar la lectura de la velocidad (ver Figura 9).

### Figura 11

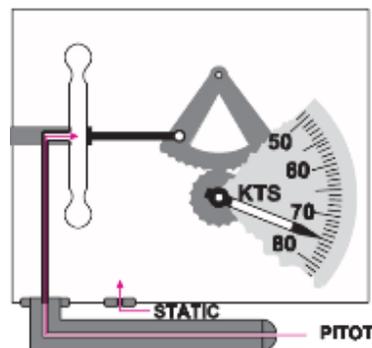
*Indicador de velocidad - instrumento*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

### Figura 12

*Indicador de velocidad - funcionamiento*

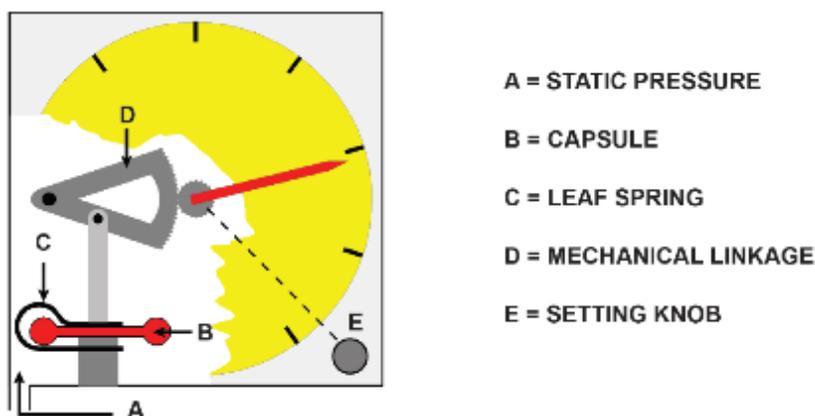


*Nota.* Tomado de (Aviation Academy, 2014).

**Altímetro.** Es un instrumento sensible a las variaciones de la presión atmosférica. Mide la diferencia entre la presión estática “ $P_e$ ” ambiental y la presión sobre el suelo (ajustada en el contador). La caja sellada recibe la presión estática que actúa sobre una cápsula aneroide, el movimiento de la cápsula se transmite luego a los punteros a través de un tren de engranajes (ver Figura 10).

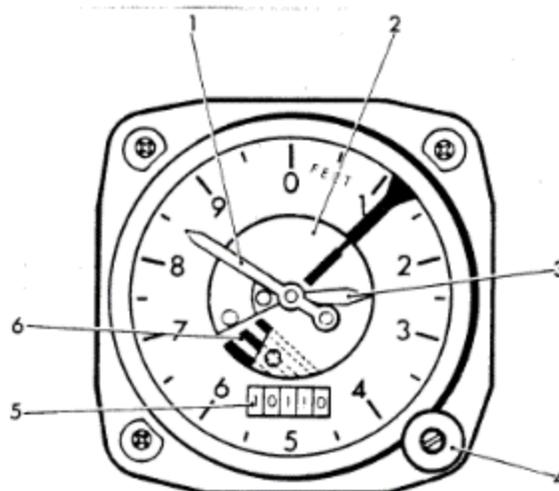
### Figura 13

*Altímetro - funcionamiento*



*Nota.* Tomado de (Aviation Academy, 2014).

El altímetro instalado en el helicóptero proporciona una altitud de hasta 35000 pies a través de la lectura de 3 punteros como se observa en la Figura 11. El puntero intermedio (1) muestra las centenas de pies, el puntero pequeño (3) muestra los miles de pies y el disco exterior (2) muestra las decenas de miles de pies. Un área sombreada (6) es totalmente visible en el recorte del disco cuando la altitud es inferior a 10000 pies, desaparece progresivamente cuando la altitud aumenta y ya no es visible por encima de los 16000 pies. Un contador de cinco dígitos (5) controlado por la perilla (4) permite configurar la presión barométrica entre 905 y 1045 milibares. Las cifras, graduaciones y punteros son fluorescentes para que el piloto pueda tener una lectura adecuada de la altitud.

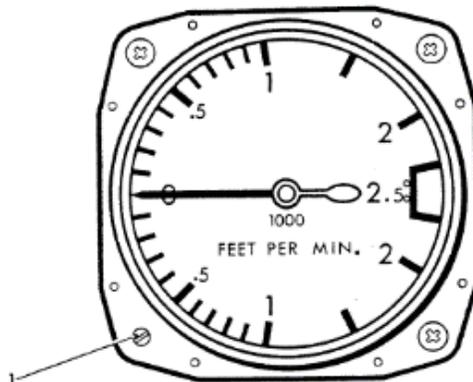
**Figura 14***Altímetro - instrumento*

*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Indicador de velocidad vertical.** Un piloto puede tener una idea de su tasa de ascenso o descenso a partir de la tasa de cambio angular del puntero del altímetro. Sin embargo, hay momentos en los que es necesaria una indicación más precisa, como lograr una cierta pérdida de altura dentro de un tiempo específico o establecer una velocidad de descenso suave (Aviation Academy, 2014). El instrumento indica la velocidad vertical instantánea a través de un dial graduado de 0 a 2500 pies/minuto; las cifras, las graduaciones y el puntero son fluorescentes. Se tiene un tornillo de ajuste para encerrar el puntero (1) ubicado en la esquina inferior izquierda de la cara frontal como se observa en la Figura 12. El indicador de velocidad vertical mide la diferencia entre la presión instantánea aplicada sobre una cápsula a través de un componente acelerador y la presión que pasa a través de un orificio calibrado. La presión atmosférica varía con la altitud, la pequeña sección transversal del orificio calibrado introduce un retraso de tiempo antes de que las presiones se equilibren nuevamente; este diferencial de presión se muestra con el puntero (ver Figura 13 y 14).

### Figura 15

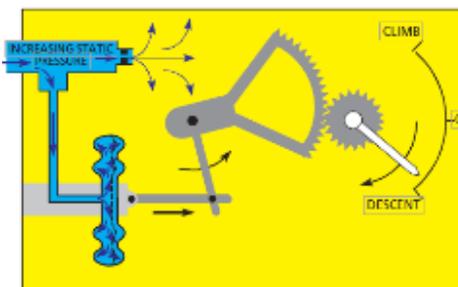
*Indicador de velocidad vertical - instrumento*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

### Figura 16

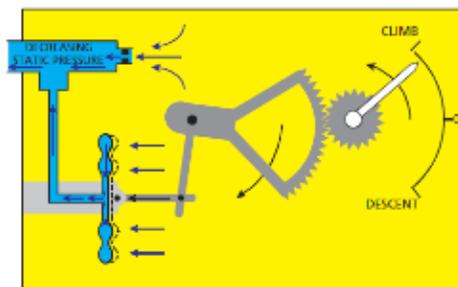
*Indicador de velocidad vertical – funcionamiento (descenso)*



*Nota.* Tomado de (Aviation Academy, 2014).

### Figura 17

*Indicador de velocidad vertical – funcionamiento (ascenso)*



*Nota.* Tomado de (Aviation Academy, 2014).

### Actitud y rumbo

Los datos de actitud y rumbo son suministrados al piloto y al copiloto por un horizonte artificial que proporciona referencias de la actitud del helicóptero, y una brújula giro magnética que proporciona referencias del rumbo. A continuación, se describe detalladamente cada uno de los instrumentos instalados en la aeronave.

### Figura 18

*Localización de los componentes para el funcionamiento del horizonte artificial*

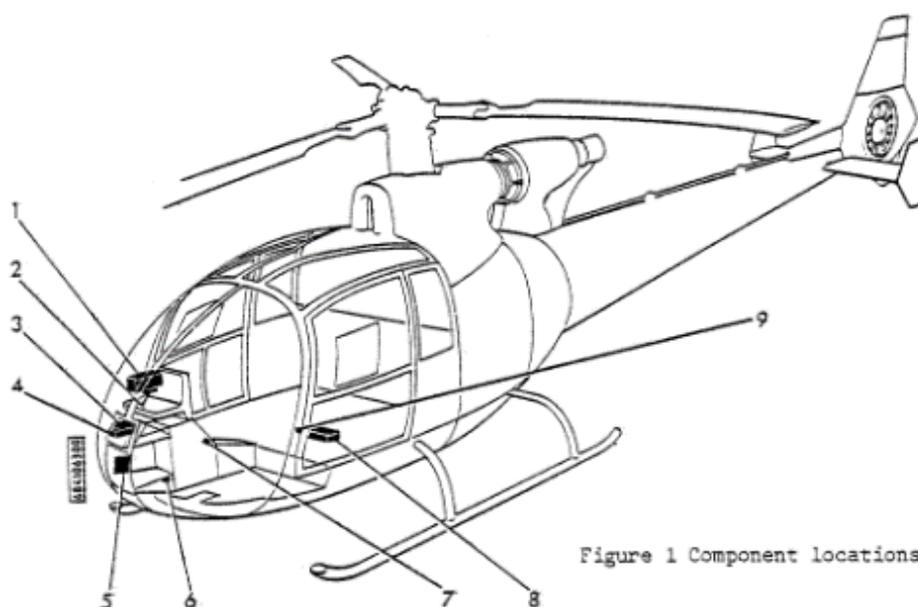


Figure 1 Component locations

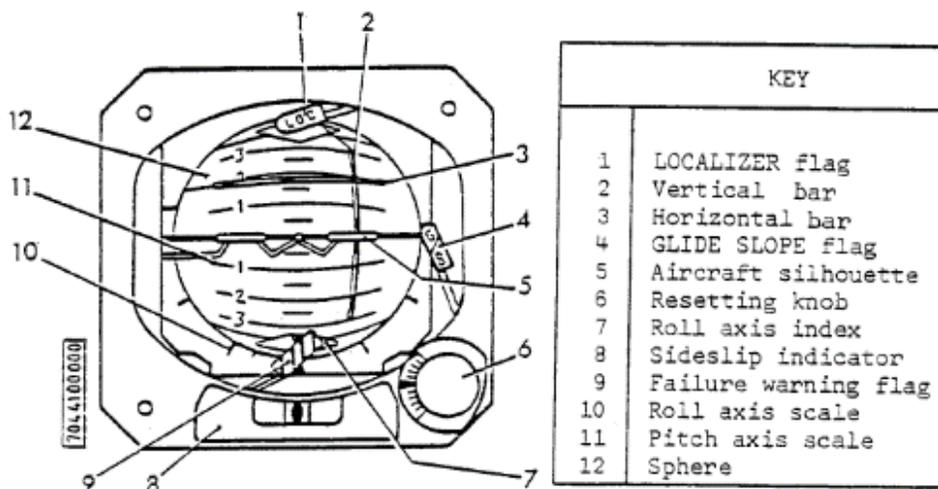
ITEM	DESCRIPTION
1	SFENA H140-JDM artificial horizon (41F)
2	Switching unit (33F)
3	Connection strip (193R)
4	Power supply unit (14 ALPHA)
5	Power supply unit (11 ALPHA 2)
6	Grounding strip (1N)
7	Connection strip (11 DELTA)
8	Relay box (43F)
9	Grounding strip (4N)

*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Horizonte artificial (actitud).** Proporciona al piloto información sobre la actitud de la aeronave tanto en cabeceo “pitch” como en alabeo “roll”. Es un instrumento primario, reemplazando el horizonte natural en condiciones de poca visibilidad, la pantalla de actitud consiste en una forma de aeronave en miniatura grabada en el centro del interior de la cara de vidrio del instrumento y, por lo tanto, fijada a la caja del instrumento y a la aeronave real (Aviation Academy, 2014). El horizonte artificial instalado en el helicóptero Gazelle AS 341L proporciona al piloto información de una verdadera referencia vertical estable, una indicación de deslizamiento lateral y una pantalla de alineación ILS<sup>1</sup>. Los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del horizonte artificial se encuentran ubicados estratégicamente en el helicóptero como se indica en la Figura 15.

**Figura 19**

*Horizonte artificial*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

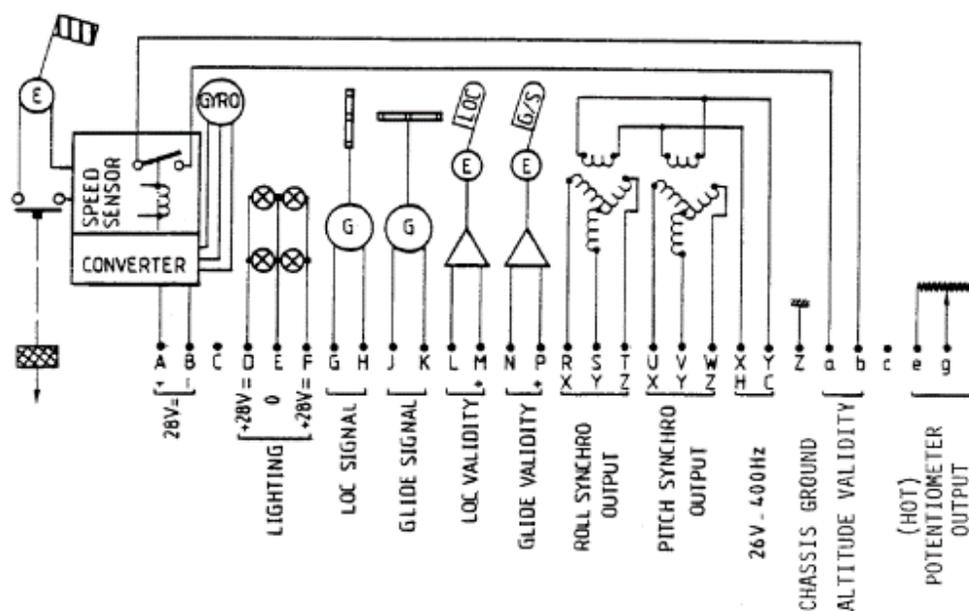
El panel frontal del horizonte artificial (ver Figura 16) incluye una esfera (12) cuyo eje de referencia se mantiene horizontal giroscópicamente, pivota sobre el eje horizontal para mostrar

<sup>1</sup> Instrument Landing System.

graduaciones de escala. Las actitudes de cabeceo y alabeo se leen simultáneamente con respecto a la silueta de una aeronave (5). Un índice de balanceo (7) se mueve frente a una escala de eje de balanceo (10). Además, se tienen dos barras de mando (2) y (3) que se cortan en el centro del dial cuando la desviación es cero con respecto a la radiobaliza o trayectoria de vuelo; las barras se mueven a lo largo del dial para indicar la dirección y la magnitud de la corrección requerida. También se tiene un indicador de deslizamiento lateral tipo bola (8), y tres banderas de advertencia de falla (1), (4) y (9); la bandera (9), en la parte inferior de la esfera, aparece en caso de corte de corriente o si el giroscopio no alcanza la velocidad, las banderas (1) y (4) se asignan al LOCALIZER y GLIDE SLOPE, respectivamente. El panel posterior del indicador incluye un conector para el suministro de energía a los circuitos de iluminación y para la conexión del relé (43F), en la Figura 17 se muestra el diagrama del circuito. Para mayor detalle referirse al Anexo D.

**Figura 20**

*Diagrama del circuito del horizonte artificial*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Indicador radiomagnético (RMI).** La instalación incluye una válvula de flujo y una brújula giromagnética. La brújula determina automáticamente el rumbo magnético que se muestra para el piloto en forma de una tarjeta de brújula giratoria en el indicador radiomagnético del panel de instrumentos. Los componentes del sistema se encuentran ubicados estratégicamente en el helicóptero como se indica en la Tabla 2 y Figura 21.

**Tabla 2**

*Componentes RMI*

<b>Componentes</b>	
1	Fusible IF8 (1A) 26 V 400 Hz Fusible IF6 (1A) 26 V 400 Hz
2	RMI
3	Pulsador "FAST SLAVING"
4	Luz indicadora "GYRO RELIABLE"
5	Relé
6	Válvula de flujo
7	Brújula giromagnética
8	Fusible 2F2 (2.5 A) "GYRO COMP"
9	Panel de toma de tierra
10	Conector del panel de instrumentos
11	Interruptor "GYRO COMP" ON-OFF

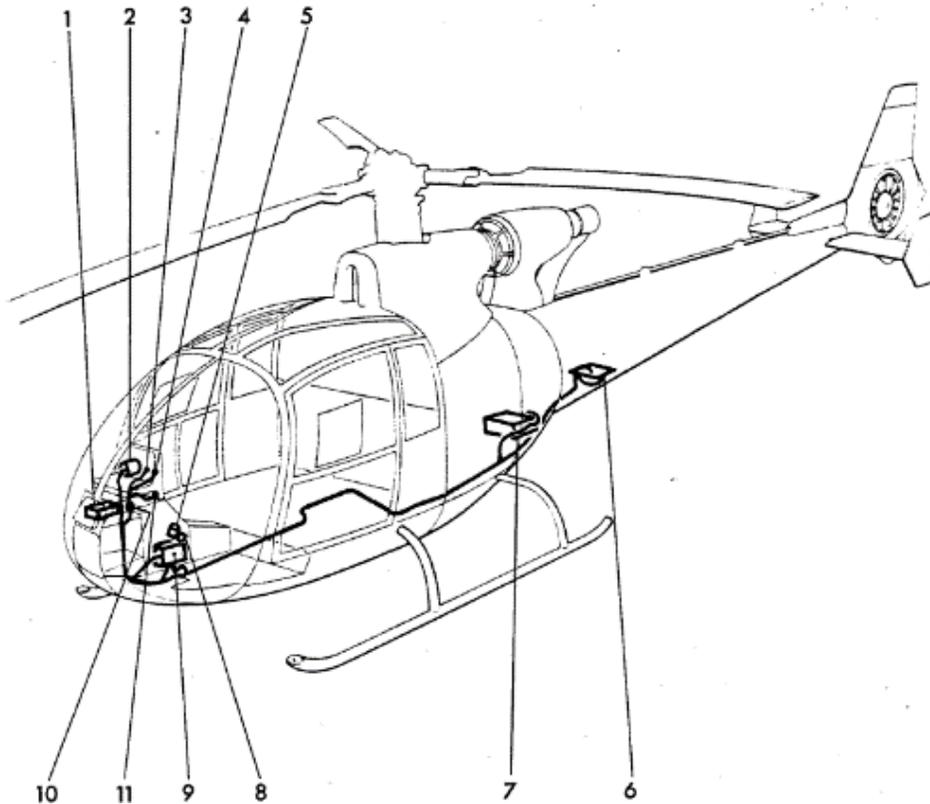
*Nota.* Tomado (Airbus Helicopters, 1988).

**Brújula giromagnética.** La brújula giromagnética proporciona una referencia de rumbo giromagnético estable permanente que se muestra en la tarjeta de brújula de rumbo del indicador radiomagnético. Esta información también se proporciona a la computadora AP<sup>2</sup> en aeronaves equipadas con piloto automático. La brújula giromagnética incluye los subconjuntos principales (ver Figura 19): un conjunto de giroscopio (1) en una caja cilíndrica sellada y un conjunto electrónico (2) en caja rectangular, que soporta el conjunto del giroscopio. El montaje electrónico incluye un pulsador esclavo rápido (5), un potenciómetro de ajuste de variación magnética "E-W" (6), un conector a la válvula de flujo y al cableado de la aeronave (3), y un potenciómetro de ajuste de compensación magnética "N-S" (4).

<sup>2</sup> Auto Pilot.

### Figura 21

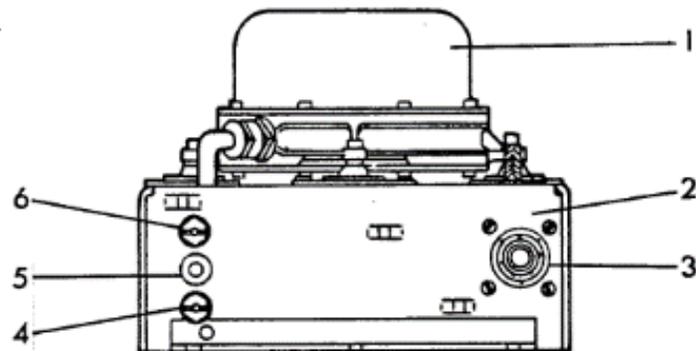
Localización de los componentes RMI



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

### Figura 22

Brújula giromagnética

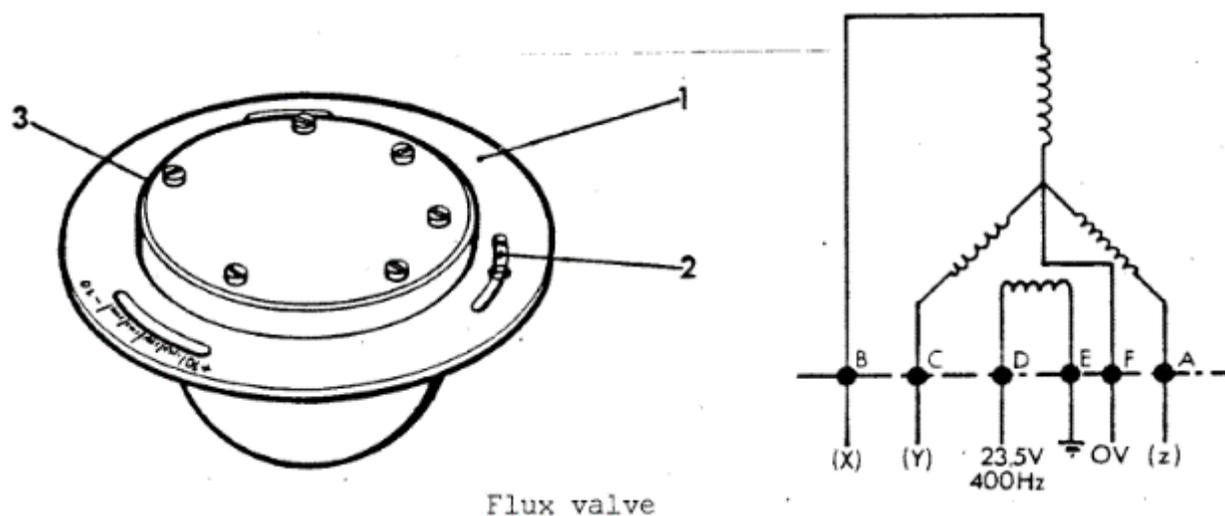


Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Válvula de flujo.** La válvula de flujo detecta el componente horizontal del campo magnético terrestre y suministra la señal de control de la brújula giromagnética. La válvula de flujo (ver Figura 20) es semiesférica y está sostenida por una brida de montaje (1); esta brida incluye tres ranuras (2) para montaje y posicionamiento (ajuste mecánico de la línea de lubricación), un cuadrante de escala de  $\pm 10^\circ$  para ajuste de la válvula de flujo y corrección del error "A". Los terminales de conexión se encuentran debajo de la cubierta (3). La válvula de flujo consta de tres barras magnéticas separadas  $120^\circ$  en un plano horizontal. Tres bobinas de detección conectadas en delta están enrolladas en estas barras que están sumergidas en fluido de silicona y montadas en cardán en ángulo recto para mantenerlas en un plano horizontal; las tres bobinas de detección reciben energía de un campo alterno alimentado por un devanado de excitación de 23 V/400 Hz.

**Figura 23**

*Válvula de flujo*



*Nota.* Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

### Equipos para chequeos de sistemas pitot-estático

Los sistemas pitot-estático son componentes críticos en la navegación de aeronaves, ya que son los encargados de proporcionar datos precisos de velocidad y altitud. Estos sistemas se componen de un tubo de Pitot, que mide la presión dinámica de la corriente de aire, y un puerto estático, que mide la presión estática del aire en la atmósfera (Ahmed Abdelrahman et al., 2016). Es importante que estos sistemas estén calibrados con precisión para garantizar la seguridad de la aeronave y sus ocupantes. Los equipos para chequeos de sistemas pitot-estático son herramientas esenciales para realizar pruebas y ajustes precisos en estos sistemas. Estos equipos suelen incluir un manómetro o un vacuómetro, que mide la diferencia de presión entre la entrada de aire del tubo de Pitot y el puerto estático. También pueden incluir un dispositivo de comprobación de fuga, que mide la cantidad de aire que fluye a través del sistema pitot-estático.

#### Figura 24

*Pitot-Static Test Set*



*Nota.* Tomado de (Gratton, 2015).

Además, los equipos de chequeo pueden incluir un calibrador de altitud, que simula la presión atmosférica en diferentes altitudes para verificar que la aeronave muestra la altitud correcta en la pantalla. También pueden tener un calibrador de velocidad, que simula diferentes velocidades del aire para asegurarse de que la velocidad indicada por la aeronave es precisa. Es importante que estos equipos sean precisos y estén calibrados con regularidad para garantizar que los sistemas pitot-estático de la aeronave estén funcionando correctamente. Los equipos también deben ser manejados por personal capacitado y con experiencia en la calibración de sistemas pitot-estático (Ahmed Abdelrahman et al., 2016).

### ***Equipos Barfield***

Barfield Inc. es una empresa líder en la fabricación de equipos de pruebas de aviación. Sus equipos de prueba son ampliamente utilizados en la industria de la aviación y son conocidos por su calidad, precisión y confiabilidad. Los equipos Barfield para realizar pruebas en el sistema pitot-estático son especialmente importantes para garantizar la seguridad en la navegación de las aeronaves.

Los equipos Barfield para realizar pruebas en el sistema pitot-estático incluyen el Pitot-Static Test Set, el Air Data Test Set y el DPS1000 Digital Pitot-Static Test Set. Estos equipos de prueba permiten a los técnicos realizar pruebas precisas en los sistemas pitot-estático y garantizar que los sistemas estén funcionando de manera adecuada.

El Pitot-Static Test Set es un equipo de prueba portátil que se utiliza para realizar pruebas en el sistema pitot-estático y para calibrar los instrumentos de navegación de la aeronave. Este equipo incluye un manómetro y un vacuómetro de precisión, un dispositivo de comprobación de fugas, una bomba de vacío y una serie de adaptadores para conectar el equipo de prueba a la aeronave (Curley, 1991).

**Figura 25***Pitot-Static Test Set*

*Nota.* Tomado de (Gratton, 2015).

El Air Data Test Set es un equipo de prueba más avanzado que se utiliza para realizar pruebas en el sistema pitot-estático y para calibrar los instrumentos de navegación de la aeronave, incluyendo el altímetro, el indicador de velocidad y el indicador de altitud. Este equipo utiliza una combinación de sensores de presión y temperatura para medir la presión y la temperatura del aire, lo que permite simular diferentes altitudes y velocidades del aire.

**Figura 26***Air Data Test Set*

*Nota.* Tomado de (Gratton, 2015).

El DPS1000 Digital Pitot-Static Test Set es el equipo de prueba más avanzado de Barfield para realizar pruebas en el sistema pitot-estático. Este equipo es completamente digital y utiliza una pantalla táctil a color para mostrar los resultados de las pruebas. También cuenta con una amplia gama de funciones, como la capacidad de realizar pruebas de respuesta estática y dinámica, pruebas de resolución de velocidad y pruebas de límites de altitud.

### Figura 27

*DPS1000 Digital Pitot-Static Test Set*



*Nota.* Tomado de (Gratton, 2015).

### Equipos para chequeos de sistemas de comunicaciones

La comunicación es un elemento clave para garantizar la seguridad en la navegación aérea. Los equipos para chequeos de sistemas de comunicaciones son herramientas vitales para garantizar que los sistemas de comunicación de una aeronave estén funcionando correctamente. Estos equipos se utilizan para realizar pruebas en los sistemas de comunicación de una aeronave y para detectar cualquier problema que pueda surgir. Hay varios tipos de equipos para chequeos de sistemas de comunicaciones en aviones (Sampigethaya et al., 2011).

### **IFR 4000**

El equipo de prueba IFR 4000 es una herramienta esencial para los técnicos de mantenimiento de aeronaves, ya que se utiliza para realizar pruebas en sistemas electrónicos en aviones. Este equipo es especialmente útil para las pruebas de sistema de comunicaciones y navegación. El IFR 4000 es capaz de realizar pruebas en todos los sistemas de comunicación y navegación, incluyendo VOR, LOC, GS, DME, ADF, transponder, TCAS y ADS-B. Con una sola herramienta, los técnicos pueden realizar pruebas precisas y detalladas en todos estos sistemas para garantizar que funcionen de manera adecuada (Becerra et al., 2013).

### **Figura 28**

*Equipo IFR 4000*



*Nota.* Tomado de (Mofokeng et al., 2020).

Este equipo es especialmente útil para las pruebas de sistemas de navegación, ya que cuenta con una pantalla gráfica de alta resolución que permite al usuario visualizar los datos de navegación en tiempo real. El IFR 4000 también cuenta con una función de simulación de vuelo que permite al técnico simular una variedad de escenarios de vuelo para probar el sistema de navegación. Además, el IFR 4000 cuenta con una función de prueba de transponder que permite al usuario realizar pruebas en el modo A, modo C y modo S del transponder. También

incluye una función de prueba de TCAS y ADS-B, que son sistemas importantes para la prevención de colisiones.

### ***IFR 6000***

El IFR 6000 es un equipo de prueba portátil que cuenta con una amplia variedad de características y funciones que lo hacen ideal para las pruebas de cumplimiento de regulaciones y para el mantenimiento de aviones modernos. Es capaz de realizar pruebas en una amplia gama de sistemas de comunicación, navegación y transponder, incluyendo VOR, LOC, GS, DME, ADF, transponder, TCAS, ADS-B y FMS. Esto significa que los técnicos de mantenimiento pueden utilizar una sola herramienta para realizar pruebas en una amplia variedad de sistemas, lo que ahorra tiempo y esfuerzo (Becerra et al., 2013).

La pantalla táctil de alta resolución del IFR 6000 es fácil de leer y utilizar, lo que facilita la realización de pruebas precisas y detalladas en los sistemas de la aeronave. La pantalla también es capaz de mostrar información en tiempo real y proporciona una interfaz de usuario intuitiva para los técnicos de mantenimiento.

### **Figura 29**

*Equipo IFR 6000*



*Nota.* Tomado de (Mofokeng et al., 2020).

Una de las características más importantes del IFR 6000 es su capacidad para realizar pruebas en sistemas de transponder. El equipo puede realizar pruebas de modos A, C y S, lo que permite a los técnicos de mantenimiento realizar pruebas precisas y detalladas en el transponder de la aeronave. Además, el IFR 6000 también puede realizar pruebas de ADS-B y TCAS, lo que garantiza que la aeronave cumpla con las regulaciones y está equipada para la prevención de colisiones.

Otras características importantes del IFR 6000 incluyen su capacidad para almacenar datos de prueba y su capacidad para conectarse a una red de datos de la aeronave. Estas características permiten a los técnicos de mantenimiento realizar pruebas de cumplimiento de regulaciones y mantener un registro de las pruebas realizadas en una aeronave específica.

### **Comprobaciones operativas en tierra de los equipos de aviónica**

#### ***Compass Swing***

El Compass Swing es una comprobación operativa en tierra que se utiliza para verificar la precisión del sistema de brújula de la aeronave. El objetivo es asegurar que el sistema de brújula proporcione una lectura precisa de la dirección magnética en todas las condiciones de vuelo. Esta comprobación se realiza en un ambiente controlado, generalmente en un aeropuerto, utilizando equipo especializado (Ackerman, 1965).

Durante el Compass Swing, se utilizan equipos de prueba especiales para generar campos magnéticos controlados alrededor de la aeronave. Estos campos magnéticos se utilizan para calibrar el sistema de brújula de la aeronave y para verificar su precisión en diferentes direcciones de la brújula. La comprobación también verifica la precisión del compensador de la brújula, que es un dispositivo utilizado para corregir las lecturas de la brújula para compensar las influencias magnéticas de la aeronave (Baker & Skaar, 1965).

**Figura 30***Compass Swing*

*Nota.* Tomado de (Halim, 2003).

Según la Circular de Asesoramiento AC 43-13-1B, El Compass Swing es una comprobación esencial para verificar la precisión del sistema de brújula de una aeronave. Esta comprobación se realiza cuando se instala, elimina, repara o se instala una nueva brújula o cualquier componente ferroso del sistema, como el compensador de la válvula de flujo o la brújula de respaldo. El Compass Swing se puede llevar a cabo en un aeropuerto utilizando una rosa de los vientos. La comprobación implica colocar la aeronave en diferentes direcciones magnéticas y comparar las desviaciones con las tarjetas de desviación. Además, hay varias situaciones en las que se debe realizar una comprobación, como después de una tormenta eléctrica o un cambio geográfico que altere la desviación magnética (FAA, 1998).

**Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS)**

La comunicación es fundamental en la aviación, ya que permite a los pilotos y controladores de tráfico aéreo comunicarse entre sí para coordinar los vuelos. Los sistemas de comunicación utilizados en la aviación incluyen radios VHF, HF y satelitales, así como sistemas

de comunicación de datos y voz a través de enlaces de comunicación de alta frecuencia (HFDL) y ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System). La tecnología de comunicación de datos es particularmente importante en la aviación moderna, ya que permite a los controladores de tráfico aéreo transmitir instrucciones y mensajes a los pilotos en tiempo real (Cenk Erturk et al., 2020).

### Figura 31

#### Comunicaciones



*Nota.* Tomado de (Ilcev, 2019).

La navegación también es esencial en la aviación, ya que permite a los pilotos determinar su posición y planificar su ruta de vuelo. Los sistemas de navegación utilizados en la aviación incluyen el sistema de posicionamiento global (GPS), el sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), el sistema de radiofaro omnidireccional (VOR) y el sistema de radiofaro de distancia y dirección (DME). Estos sistemas permiten a los pilotos determinar su ubicación precisa, así como su rumbo y velocidad, lo que les permite navegar de manera segura y eficiente (Kerczewski et al., 2005).

**Figura 32***Comunicaciones*

*Nota.* Tomado de (Ilcev, 2019).

La vigilancia es otra parte importante del sistema CNS, ya que permite a los controladores de tráfico aéreo monitorear y supervisar el movimiento de las aeronaves en el espacio aéreo. Los sistemas de vigilancia utilizados en la aviación incluyen el radar secundario de vigilancia (SSR), el radar primario y la vigilancia dependiente automática por difusión (ADS-B). El ADS-B es una tecnología de vigilancia reciente que se está implementando en todo el mundo y que utiliza transpondedores de aeronaves para transmitir información de posición y velocidad a los controladores de tráfico aéreo. Esto permite una mayor precisión y eficiencia en la supervisión del espacio aéreo, lo que a su vez mejora la seguridad en el aire (OACI, 2020).

### Figura 33

#### Comunicaciones



Nota. Tomado de (Ilcev, 2019).

#### Documentación aeronáutica aplicable al helicóptero Gazelle AS 341L

La documentación es un conjunto de registros que contienen procedimientos verificados por el fabricante y aprobados por los organismos de control adecuados. Su objetivo es permitir el uso y la operación de la aeronave, mantener actualizados los conocimientos de los técnicos de mantenimiento, orientarlos en sus tareas diarias, informar sobre datos relevantes como la seguridad, fallas, debilidades y modificaciones, y facilitar la identificación de los componentes.

#### Caracterización de los manuales del helicóptero Gazelle AS 341L

La identificación de los manuales se realiza a través de una letra código asignada a cada categoría, como se especifica en la Tabla 3. Además, los manuales pueden estar disponibles en inglés, francés, español o una combinación de estos idiomas, en función de las necesidades de los operadores y las políticas establecidas por las autoridades pertinentes.

Tabla 3

Categorías para caracterización de manuales Gazelle AS 341L

Categorías	
Empleo	Letra código "P"
Mantenimiento	Letra código "M"
Especial	Letra código "S"
Identificación	Letra código "T"

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 34

Presentación de manuales Gazelle AS 341L - ingles/francés

Airbus Helicopters	GAZELLE	P.R.E
5.00 - GENERALITES <u>GENERAL</u>		
<p><b>NOTA</b> : - Lorsque le nom d'EUROCOPTER ou autre désignation (ex. : Aérospatiale, Sud Aviation, etc.) est présent dans la documentation, il faut lire Airbus Helicopters.</p> <p>- Lorsque le nom TURBOMECA est présent dans la documentation, il faut lire SAFRAN HE.</p> <p>- Toutes les demandes techniques doivent être adressées à Airbus avec l'application "TEchnical Request", suivant MTC 20-08-05-107.</p>	<p><b>NOTE</b> : - When the name EUROCOPTER or other designation (ex: Aérospatiale, Sud Aviation, etc) is found in the documentation, you should read Airbus Helicopters.</p> <p>- When the name TURBOMECA is found in the documentation, you should read SAFRAN HE.</p> <p>- All technical queries to Airbus must be raised through the Technical Request Management tool, according to procedure MTC 20-08-05-107.</p>	
1 - <u>AVANT PROPOS</u>		
A <u>Manuel d'entretien</u>		
Les prescriptions et informations relatives à cet hélicoptère se répartissent dans des documents distincts ayant chacun leur vie propre :		
<p>(1) Le présent manuel intitulé <u>PROGRAMME RECOMMANDE D'ENTRETIEN</u> énumère et situe toutes les opérations d'entretien intervenant au cours de la vie et de l'utilisation de l'hélicoptère.</p> <p>(2) <u>Le Manuel d'Entretien</u> réunit toutes les informations nécessaires à l'entretien et à la mise en oeuvre des appareils et :</p>	<p>(1) The present manual entitled "<u>MASTER SERVICING RECOMMENDATIONS</u>" (P.R.E.) specifies and locates all maintenance operations to be carried out during the life and operation of the helicopter.</p> <p>(2) <u>The Maintenance Manual</u> groups all the information required for maintenance and operation of the aircraft and:</p>	
A <u>Maintenance manual</u>		
Information and instructions relative to the GAZELLE helicopter are contained in two separate, independent publications.		

Nota. La figura muestra simultáneamente el texto de los manuales del helicóptero Gazelle AS 341L en ingles/francés. Tomado de (Airbus Helicopters, 2022).

Como se prescribe en el texto anterior, los manuales desarrollados para el helicóptero Gazelle AS 341L, se diferencian por categorías, como lo son de empleo (ver Tabla 4), mantenimiento (ver Tabla 5), identificación (ver Tabla 6) y especial (ver Tabla 7).

Tabla 4

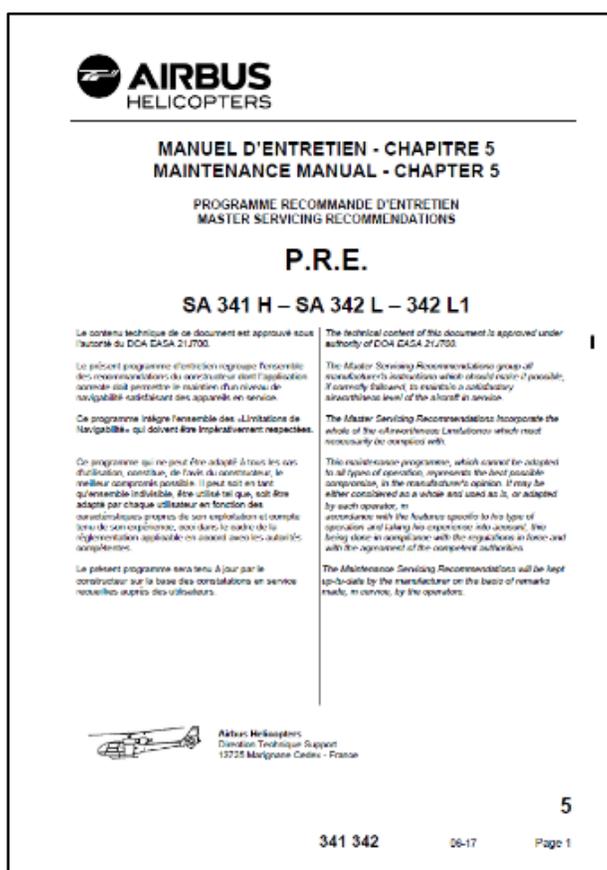
Manuales y categoría de “empleo” en el helicóptero Gazelle AS 341L

Designación	Código
Manual de vuelo	PMV
Manual del piloto	PMM
Registro de peso y centrado	PMC
Plan adecuado de mantenimiento	PRE

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 35

PRE – Plan adecuado de mantenimiento



Nota. La figura muestra el plan adecuado de mantenimiento (PRE), el mismo que proporciona conceptos de mantenimiento preventivo. Tomado de (Airbus Helicopters, 2022).

Tabla 5

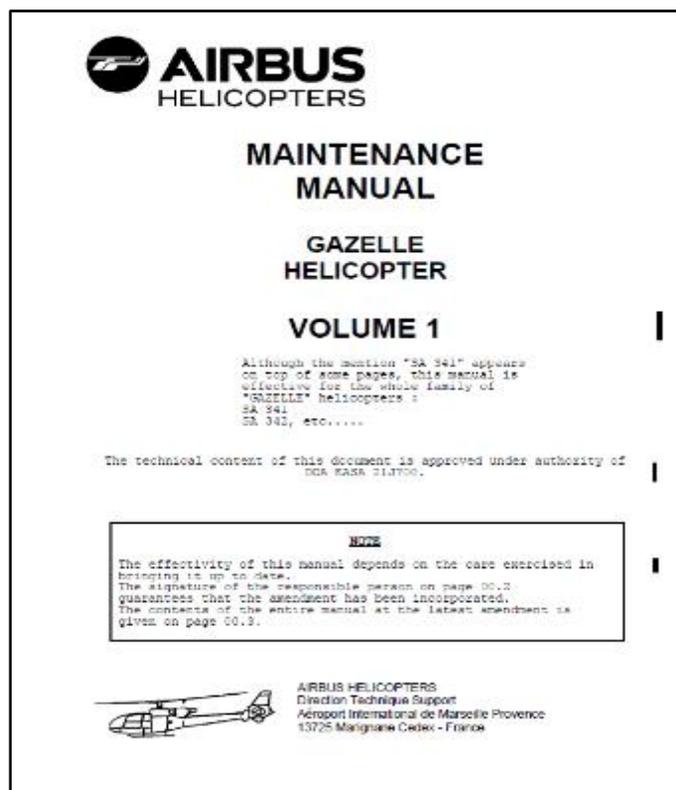
Manuales y categoría de “mantenimiento” en el helicóptero Gazelle AS 341L

Designación	Código
Manual de descripción y funcionamiento	MDF
Manual de mantenimiento	MDE
Manual de circuitos y esquemas	MCS
Manual de fallas y diagnósticos	MFI
Manual de reparación	MRR
Manual de revisión	MRV
Manual de almacenamiento y preservado	MST
Manual de técnicas corrientes	MTC

Nota. Tomado de (Airbus, 2022).

Figura 36

MDE - Manual de mantenimiento



Nota. Tomado de (Airbus Helicopters, 1988).

**Tabla 6**

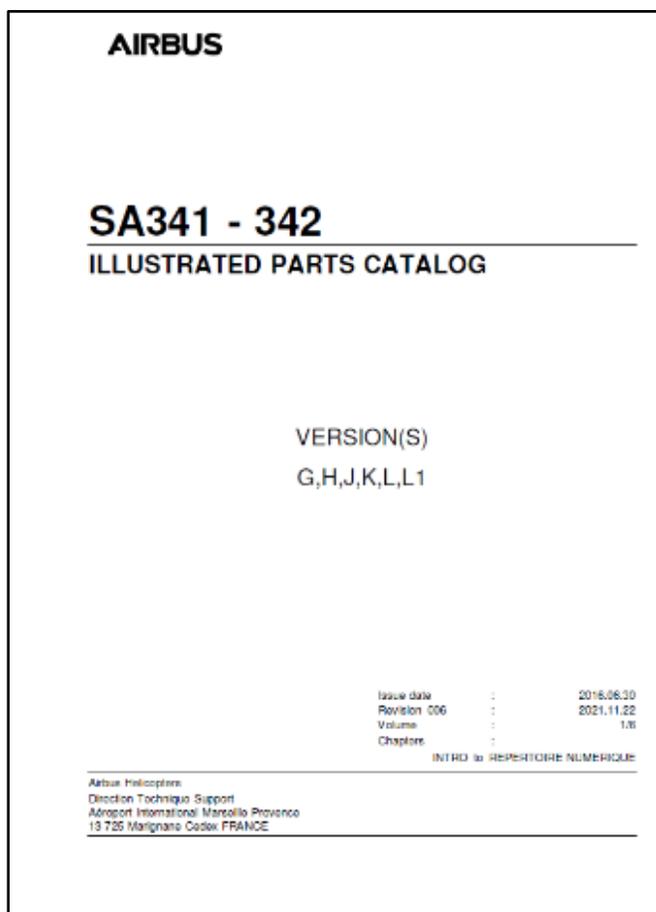
*Manuales y categoría de “identificación” en el helicóptero Gazelle AS 341L*

<b>Designación</b>	<b>Código</b>
Catálogo ilustrado de partes	IPC
Catálogo de herramientas especiales	ICO
Catálogo complementario de abastecimientos	ICA

*Nota.* Tomado de (Airbus, 2022).

**Figura 37**

*IPC - Catálogo ilustrado de partes*



*Nota.* La figura muestra el catálogo ilustrado de partes (IPC), el mismo que proporciona nomenclatura y aprovisionamiento de las aeronaves. Tomado de (Airbus Helicopters, 2021).

**Tabla 7**

*Manuales y categoría de “especial” en el helicóptero Gazelle AS 341L*

<b>Designación</b>	<b>Código</b>
Boletines de servicio	SBT
Carta de servicio	SLT
Télex de servicio	STX
Noticias de información	IN
Noticias de información de seguridad	SIN

*Nota.* Tomado de (Airbus, 2022).

### **Normas de seguridad en mantenimiento aeronáutico**

Requiere la responsabilidad de todo el personal involucrado, y para ello es de suma importancia tomar atención al proceso de la tarea ("PR M, n.d.) Como se conoce en una actividad en aviación se deben seguir extremas precauciones en el mantenimiento aeronáutico. En este sentido, es fundamental que todo el personal involucrado utilice el equipo de protección personal (EPP) correspondiente para minimizar los riesgos asociados a las tareas de mantenimiento y garantizar la seguridad en el trabajo (ver Tabla 8). Además, el uso de EPP puede ser exigido por las autoridades competentes y es un requisito para la obtención de ciertas certificaciones.

**Tabla 8**

*Normas de seguridad en el mantenimiento aeronáutico*

<b>Normas de seguridad</b>	
	Limitar el lugar de trabajo
	Colocar avisos
Antes	Usar el equipo de protección adecuado
	Realizar charla técnica
	Organizar el lugar de trabajo
Durante	Poseer el equipo de protección
	Evaluación constante
	Limpiar el lugar de trabajo
Después	Retirar avisos
	Comunicar las condiciones
	Aseo personal

*Nota.* Tomado de ("PR M, n.d.)

Se debe tener en cuenta que utilizar herramientas y equipos inadecuados para el

mantenimiento de una aeronave no solo pone en riesgo a los trabajadores, sino también a la aeronave misma. Cualquier error o fallo puede tener consecuencias graves, por lo que es esencial asegurarse de que se cuenta con el equipo y herramientas adecuadas para la tarea que se va a realizar. Además, es importante seguir los procedimientos de seguridad recomendados y cumplir con las normas establecidas para garantizar un mantenimiento responsable y seguro (Monar, 2022).

### Figura 38

*Equipo de protección personal*



*Nota.* Elementos del equipo de protección personal que debería utilizar un mecánico de mantenimiento aeronáutico. Tomado de ("PR M, n.d.)

### ***Principios de preparación de los manuales***

En los manuales, se incluye un texto que debe ser lo más claro y sencillo posible, el cual puede ser acompañado por ilustraciones si son necesarias para mejorar la comprensión. Si el texto es suficientemente claro y corto, no se requerirán ilustraciones. La complejidad técnica de los manuales está adaptada a las especialidades y el nivel de competencia de las tripulaciones y técnicos de mantenimiento (Airbus, 2022).

El objetivo de los manuales es proporcionar información precisa y concisa para la realización de tareas específicas. Para ello, se utiliza un lenguaje claro y directo, evitando repeticiones innecesarias y explicaciones teóricas no relevantes. Los manuales utilizan un método adecuado de referencias cruzadas para facilitar la localización de información y se evita proporcionar instrucciones demasiado elementales o descripciones fuera del alcance de los trabajos a realizar. Además, se enfocan en proporcionar información técnica relevante para llevar a cabo una tarea específica o diagnosticar una falla (Airbus Helicopters, 2022).

La regla general consiste en presentar el texto y las ilustraciones en páginas distintas, y que las páginas ilustradas no contengan texto alguno (sin palabras que requieran traducción, o con un texto muy breve y limitado simultáneamente en inglés/francés como se observa en la Figura 31). Esta separación facilita al usuario la edición de los textos en su propio idioma. Las informaciones cuya responsabilidad corre a cargo de los fabricantes de los equipos tratan de las mismas categorías de información.

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Descripción general

En este capítulo se detallan los procesos para la inspección de 500 horas del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, siguiendo las directrices del programa de mantenimiento recomendado "PRE" (5.22), el manual de mantenimiento "MDE" (34-12-602, 34-11-602, 34-11-301, 34-21-501, 34-21-601, 34-22-502, 34-22-501, 34-22-601), el manual de técnicas corrientes "MTC" (20-81-21), el catálogo ilustrado de partes "IPC" (34-10-00, 34-20-00, 34-30-00, 34-50-00) y la documentación requerida por el sistema; el objetivo de esta inspección es garantizar el buen funcionamiento de los componentes del sistema de navegación, mejorando así la operabilidad de la aeronave y permitiendo su uso para fines de mantenimiento por parte de profesores y estudiantes. Además, la inspección de 500 horas es un paso importante en la seguridad tanto en vuelo como en tierra, ya que permite identificar y corregir cualquier problema o malfuncionamiento en el sistema de navegación antes de que afecte a la seguridad de los tripulantes y pasajeros. Por lo tanto, es fundamental que se lleve a cabo rigurosamente y seguir las recomendaciones establecidas en los manuales y guías mencionadas anteriormente.

Para inspeccionar el sistema de navegación, se reunieron los recursos requeridos, como información técnica, equipos, herramientas y técnicos capacitados en sistemas de helicópteros. Esto garantizó una ejecución las tareas descritas en el manual. La gloriosa Brigada de Aviación "Paquisha" XV del Ejército del Ecuador brindó su colaboración en el proyecto, junto con todos aquellos que participaron en el mantenimiento del helicóptero Gazelle AS 341L. Cabe recalcar que, la preparación adecuada de los recursos y la participación del personal capacitado también ayudó a minimizar los errores y los retrasos en la inspección,

asegurando un proceso más eficiente y efectivo. Dichos recursos incluyeron además de lo mencionado anteriormente, las herramientas (ver Tabla 9) y equipos de seguridad (ver Tabla 10) a tener en consideración al trabajar en el sistema.

**Tabla 9**

*Herramientas utilizadas en la inspección del sistema de navegación*

<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Multímetro	Herramienta para medir voltajes, corrientes y resistencias en el sistema eléctrico del helicóptero, incluyendo los componentes del sistema de navegación
Juego de destornilladores	Conjunto de destornilladores necesarios para desmontar y volver a montar los componentes del sistema de navegación, como los paneles de control y los equipos
Alicates y pinzas	Herramientas para sujetar y retirar cables y conectores en el sistema de navegación
Herramientas de corte	Alicates de corte y cortadores de alambre que se utilizan para cortar y pelar cables
Soldador	Herramienta para realizar reparaciones en los componentes electrónicos del sistema de navegación que necesiten ser reparados o sustituidos
DPST-8000M Air Data Test Set	El equipo utiliza una fuente de aire conocida y controlada para proporcionar mediciones precisas y confiables; se conecta al sistema de datos de aire de la aeronave y se utilizan lecturas de referencia para verificar la precisión de los instrumentos de medición de datos de aire

**Tabla 10**

*Equipos de seguridad utilizados en la inspección del sistema de navegación*

<b>Equipo de seguridad</b>	<b>Descripción</b>
Guantes de protección	Son necesarios para proteger las manos de los técnicos de los peligros eléctricos y mecánicos mientras inspeccionan y trabajan en el sistema de navegación
Gafas de seguridad	Son importantes para proteger los ojos de los técnicos de los peligros mecánicos y de partículas mientras inspeccionan y trabajan en el sistema
Zapatos de seguridad	Proporcionan una mayor protección para los mientras se trabaja en el sistema de navegación
Bloqueo y etiquetado	El bloqueo y etiquetado son prácticas de seguridad importantes para garantizar que el sistema de navegación esté completamente apagado y desenergizado antes de la inspección

### **Adecuación del área de trabajo**

Antes de realizar la inspección de 500 horas del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, se revisó que el lugar donde se llevaría a cabo la tarea estuviera en buenas condiciones y cumpliera con los requisitos adecuados, incluyendo buena iluminación y un ambiente ordenado y limpio (ver Figura 36). Se contó con los recursos necesarios, incluyendo manuales, materiales, herramientas y equipos, para garantizar el éxito del mantenimiento. Un equipo de técnicos especializados en la inspección de sistemas de navegación supervisó cada procedimiento para asegurarse de que se cumplieran los estándares de calidad y seguridad. Además, se implementaron normas de seguridad para proteger tanto a los técnicos como a la aeronave en el transcurso de la inspección, brindando un trabajo cumpliendo seguridad y eficiencia.

### **Figura 39**

*Lugar de inspección.*



*Nota.* Lugar de inspección a cumplir.

### **Inspección inicial del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L**

Para verificar el estado de los componentes del sistema de navegación de la aeronave, que se encontraba abandonada por mucho tiempo, se llevó a cabo una limpieza generalizada y

una inspección previa. La finalidad de la limpieza fue eliminar la suciedad y la inspección previa permitió evaluar el estado de los componentes, como los indicados en la Figura 37. Debido a que algunos componentes habían sido retirados para ser usados en otras aeronaves o fueron dados de baja, la inspección previa permitió identificar cualquier daño o desgaste en los componentes presentes en el panel de instrumentos y dentro de la estructura del fuselaje. Después de realizar la limpieza generalizada y la inspección previa, se procedió a llevar a cabo la inspección de 500 horas del sistema de navegación, siguiendo los procedimientos específicos indicados en el programa de mantenimiento recomendado.

#### **Figura 40**

Inspección inicial de los componentes del sistema de navegación



*Nota.* Remoción de partículas orgánicas del panel de instrumentos y componentes internos ubicados dentro de la estructura del helicóptero.

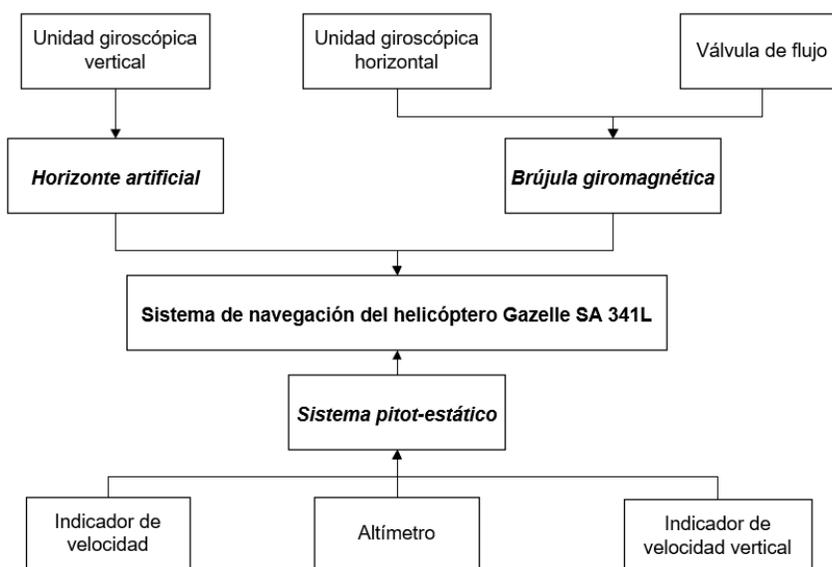
Además de la limpieza generalizada e inspección de los componentes, se hizo una revisión exhaustiva de los registros de mantenimiento previos y se compararon con los estándares para garantizar que todos los componentes cumplan con los requisitos necesarios para un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de navegación.

## Inspección de 500 horas del sistema de navegación

La inspección de 500 horas (T1, 2T1, 4T1) del sistema de navegación de un helicóptero es una tarea programada que se realiza en el marco del mantenimiento preventivo de la aeronave. Esta inspección tiene como objetivo garantizar la adecuada operación y seguridad del sistema de navegación del helicóptero. Durante esta inspección, se revisaron los componentes del sistema de navegación, los mismos que se entrelazan como se observa en la Figura 38. Además, se inspeccionaron las conexiones de todo el sistema según lo indicado en la Figura 39. En base a las discrepancias encontradas, se realizaron las correcciones necesarias antes de volver a poner en servicio el sistema en base a la orden de trabajo asignada (ver Anexo F). La inspección del sistema de navegación es solo una de las muchas inspecciones programadas que se realizan en el mantenimiento preventivo del helicóptero para garantizar su seguridad y eficacia en la operación.

**Figura 41**

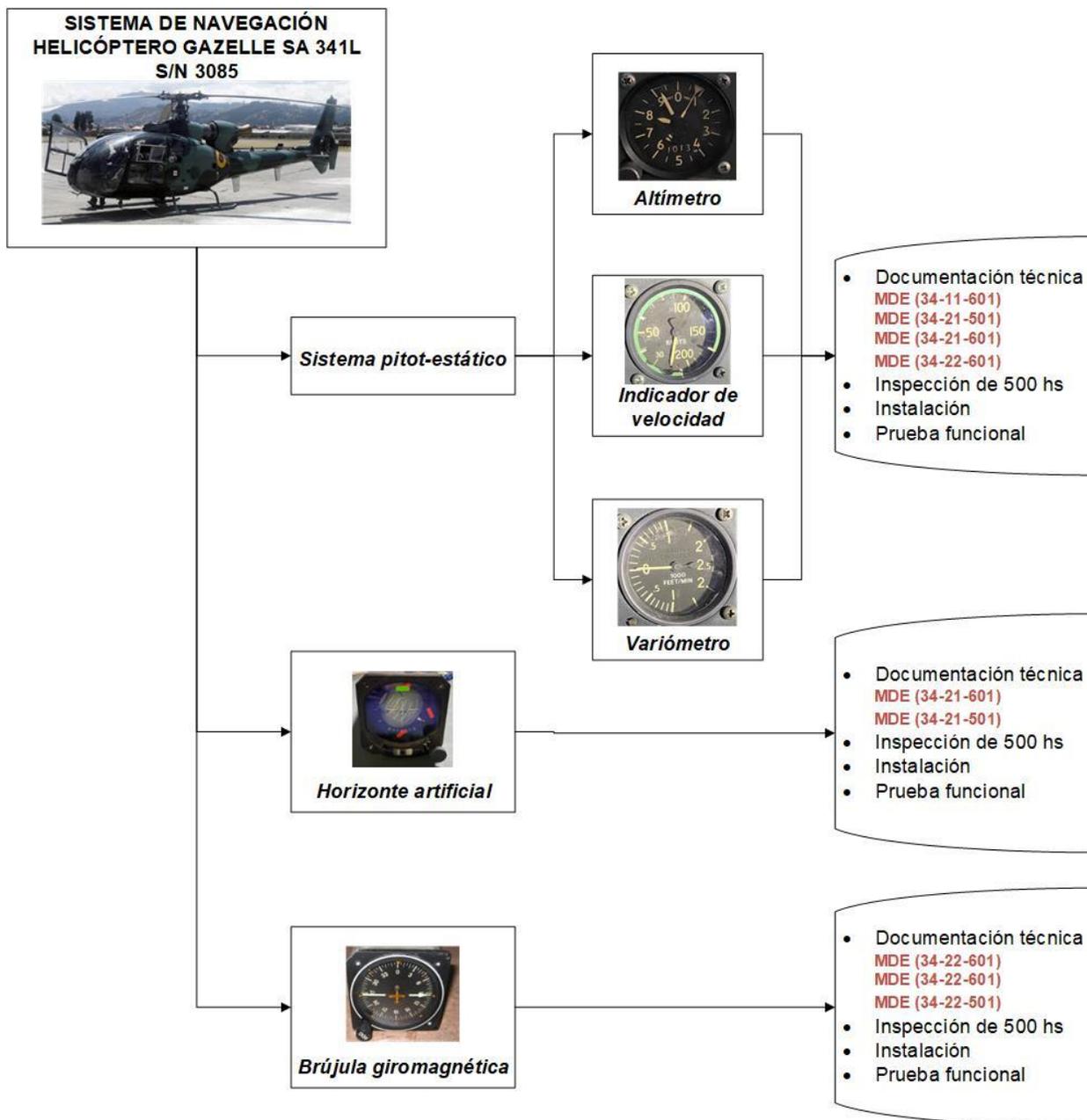
*Componentes del sistema de navegación*



*Nota.* Componentes necesarios para que el sistema de navegación proporcione los parámetros correctos de velocidad, altitud, posición y actitud.

Figura 42

Esquema de inspección de los componentes del sistema de navegación



*Nota.* Esquema de inspección de los componentes del sistema de navegación, en base al programa de mantenimiento recomendado (PRE) y al manual de mantenimiento (MDE).

### **Sistema pitot-estático**

Se llevó a cabo una rigurosa inspección de los componentes de sistema pitot-estático cumpliendo normas del programa de mantenimiento recomendado (PRE). Este programa de mantenimiento específico para el helicóptero Gazelle AS 341L, derivó en las tareas (34-11-601, 34-11-602, 34-11-301) detalladas en el manual de mantenimiento (MDE). Durante el proceso, los técnicos especializados en el mantenimiento de aeronaves llevaron a cabo una serie de verificaciones y pruebas para garantizar que los componentes cumplieran con los estándares de seguridad y calidad requeridos. Además, se realizó una revisión de los registros de mantenimiento previos para determinar si había algún historial de problemas o fallas en los componentes inspeccionados; se pudo observar que no existían problemas en los componentes, es así como se pudo llevar a cabo una inspección eficiente y detallada, asegurando el correcto funcionamiento y seguridad de los componentes de sistema pitot-estático. Se pueden observar los procedimientos generales de inspección en la Figura 40.

**Componentes del sistema pitot-estático.** Para inspeccionar los componentes del sistema pitot-estático se debe seguir los pasos del manual de servicio. (34-11-601) como se describe en los siguientes items:

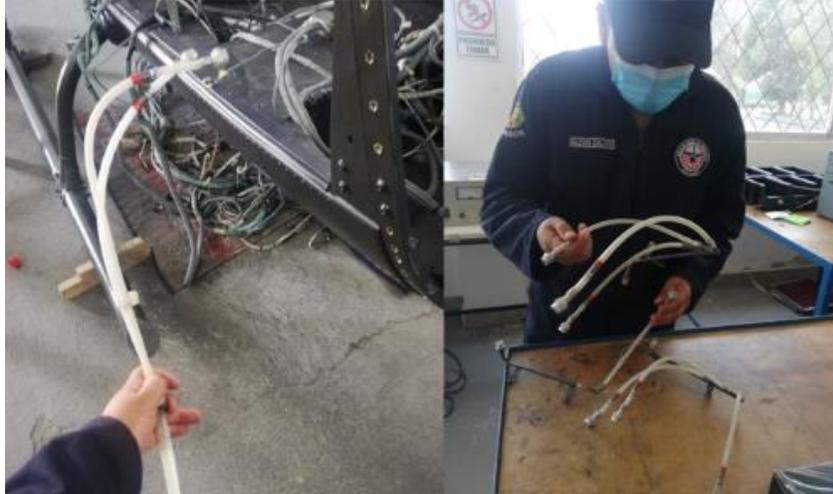
- Se verificó que las uniones de los colectores y cañerías se encuentren en buen estado, buscando signos de grietas, distorsión y corrosión (ver Figura 41).
- También se constató que las conexiones de los instrumentos, cañerías y uniones tengan el apriete adecuado (ver Figura 42).
- Fue necesario verificar el estado del tubo pitot, realizar una limpieza y fijarlo correctamente al fuselaje del helicóptero (ver Figura 43).
- Luego se inspeccionó los drenajes de presión "estática" y "total", que se encuentren con las tapas protectoras instaladas (ver Figura 44).

Figura 43

*Procedimiento de inspección del sistema pitot-estático*



*Nota.* Se observa el procedimiento general de inspección del sistema pitot-estático.

**Figura 44***Colectores y cañerías del sistema pitot-estático*

*Nota.* Búsqueda de signos de grietas, distorsión y corrosión.

- En la inspección visual, se pudo observar que no existía ninguna grieta, distorsión ni corrosión, colectores y cañerías del sistema pitot-estático en óptimas condiciones

**Figura 45***Conexiones de los instrumentos*

*Nota.* Las conexiones de los instrumentos, cañerías y uniones deben tener el apriete adecuado.

**Figura 46**

*Estado del tubo pitot*



*Nota.* Limpieza y fijación correcta del tubo pitot.

**Figura 47**

*Drenajes de presión "estática" y "total"*



*Nota.* Deben encontrarse con las tapas protectoras instaladas.

- Luego se instalaron todos los componentes del sistema pitot-estático, verificando la ubicación correcta y con un ajuste adecuado (ver Figura 45).

### Figura 48

*Instalación de los componentes del sistema pitot-estático*



*Nota.* Verificar la ubicación correcta y el ajuste adecuado.

- Finalmente se realizó el chequeo de fugas del sistema pitot-estático, a través del banco de pruebas DPST-8000M Air Data Test Set, como se observa en la Figura 46 y 47.

### Figura 49

*Banco de pruebas DPST-8000M Air Data Test Set*



*Nota.* Banco de pruebas DPST-8000M Air Data Test Set necesario para el chequeo de fugas.

**Figura 50**

*Chequeo de fugas del sistema pitot-estático*



*Nota.* Chequeo de fugas del sistema pitot-estático con el banco de pruebas DPST-8000M.

**Instrumentos - indicador de velocidad (velocímetro).** Para inspeccionar el indicador de velocidad fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de servicios (34-11-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Se verificó el estado del indicador de velocidad, que se encuentre en buen estado, limpio y sin signos de desgaste (ver Figura 48).

**Figura 51**

*Estado del indicador de velocidad*



*Nota.* Indicador de velocidad en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

- Luego se realizó una inspección constatando que las perillas de control estén fijas, la pintura fluorescente, las graduaciones y punteros estén en buen estado (ver Figura 49).

### Figura 52

*Inspección del indicador de velocidad*



*Nota.* Las perillas de control, pintura fluorescente, graduaciones y punteros en buen estado.

- Antes de instalar el indicador de velocidad, fue necesario realizar una prueba funcional en el banco de pruebas, para comprobar su correcto funcionamiento (ver Figura 50).

### Figura 53

*Prueba funcional del indicador de velocidad*



*Nota.* Prueba funcional en el banco de pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

- Finalmente se instaló el indicador de velocidad en el panel de instrumentos, verificando que las tuberías de presión estén correctamente conectadas, apretadas y bloqueadas (ver Figura 51 y 52).

### Figura 54

*Instalación del indicador de velocidad*



*Nota.* Instalación del indicador de velocidad, tuberías conectadas, apretadas y bloqueadas.

### Figura 55

*Indicador de velocidad instalado*



*Nota.* Indicador de velocidad instalado en el panel de instrumentos.

**Instrumentos - altímetro.** Para inspeccionar el altímetro fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-11-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Se verificó el estado del altímetro, que se encuentre en buen estado, limpio y sin signos de desgaste (ver Figura 53).

### Figura 56

*Estado del altímetro*



*Nota.* Altímetro en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

- Luego se realizó una inspección constatando que las perillas de control estén fijas, la pintura fluorescente, las graduaciones y punteros estén en buen estado (ver Figura 54).

### Figura 57

*Inspección del altímetro*



*Nota.* Las perillas de control, pintura fluorescente, graduaciones y punteros en buen estado.

- Antes de instalar el altímetro, fue necesario realizar una prueba funcional en el banco de pruebas, para comprobar su correcto funcionamiento (ver Figura 55).

### Figura 58

#### *Prueba funcional del altímetro*



*Nota.* Prueba funcional en el banco de pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

- Finalmente se instaló el altímetro en el panel de instrumentos, verificando que las tuberías de presión estén correctamente conectadas, apretadas y bloqueadas (ver Figura 56 y 57).

### Figura 59

#### *Instalación del altímetro*



*Nota.* Instalación del altímetro, tuberías conectadas, apretadas y bloqueadas.

**Figura 60**

*Altímetro instalado*



*Nota.* Altímetro instalado en el panel de instrumentos.

**Instrumentos - indicador de velocidad vertical (variómetro).** Para inspeccionar el indicador de velocidad vertical fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-11-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Se verificó el estado del indicador de velocidad vertical, que se encuentre en buen estado, limpio y sin signos de desgaste (ver Figura 58).

**Figura 61**

*Estado del indicador de velocidad vertical*



*Nota.* Indicador de velocidad vertical en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

- Luego se realizó una inspección constatando que las perillas de control estén fijas, la pintura fluorescente, las graduaciones y punteros estén en buen estado (ver Figura 59).

### **Figura 62**

*Inspección del indicador de velocidad vertical*



*Nota.* Las perillas de control, pintura fluorescente, graduaciones y punteros en buen estado.

- Antes de instalar el indicador de velocidad, fue necesario realizar una prueba funcional en el banco de pruebas, para comprobar su correcto funcionamiento (ver Figura 60).

### **Figura 63**

*Prueba funcional del indicador de velocidad vertical*



*Nota.* Prueba funcional en el banco de pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

- Finalmente se instaló el indicador de velocidad vertical en el panel de instrumentos, verificando que las tuberías de presión estén correctamente conectadas, apretadas y bloqueadas (ver Figura 61 y 62).

### Figura 64

*Instalación del indicador de velocidad vertical*



*Nota.* Instalación del indicador de velocidad vertical, tuberías conectadas y bloqueadas.

### Figura 65

*Indicador de velocidad vertical instalado*



*Nota.* Indicador de velocidad vertical instalado en el panel de instrumentos.

### **Horizonte artificial**

Un riguroso examen del horizonte artificial fue realizado siguiendo las pautas del programa de mantenimiento recomendado (PRE). Este programa se desglosó en las tareas específicas (34-21-501, 34-21-601) presentes en el manual de mantenimiento (MDE). De esta manera, se pudo llevar a cabo una inspección exhaustiva y precisa, garantizando el correcto funcionamiento y seguridad del componente. Se pueden observar los procedimientos generales de inspección en la Figura 64.

**Inspección general.** Para realizar la inspección general del horizonte artificial fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-21-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Se constató el estado del horizonte artificial, que se encuentre en buen estado, limpio y sin signos de desgaste (ver Figura 63).

### **Figura 66**

*Estado del horizonte artificial*

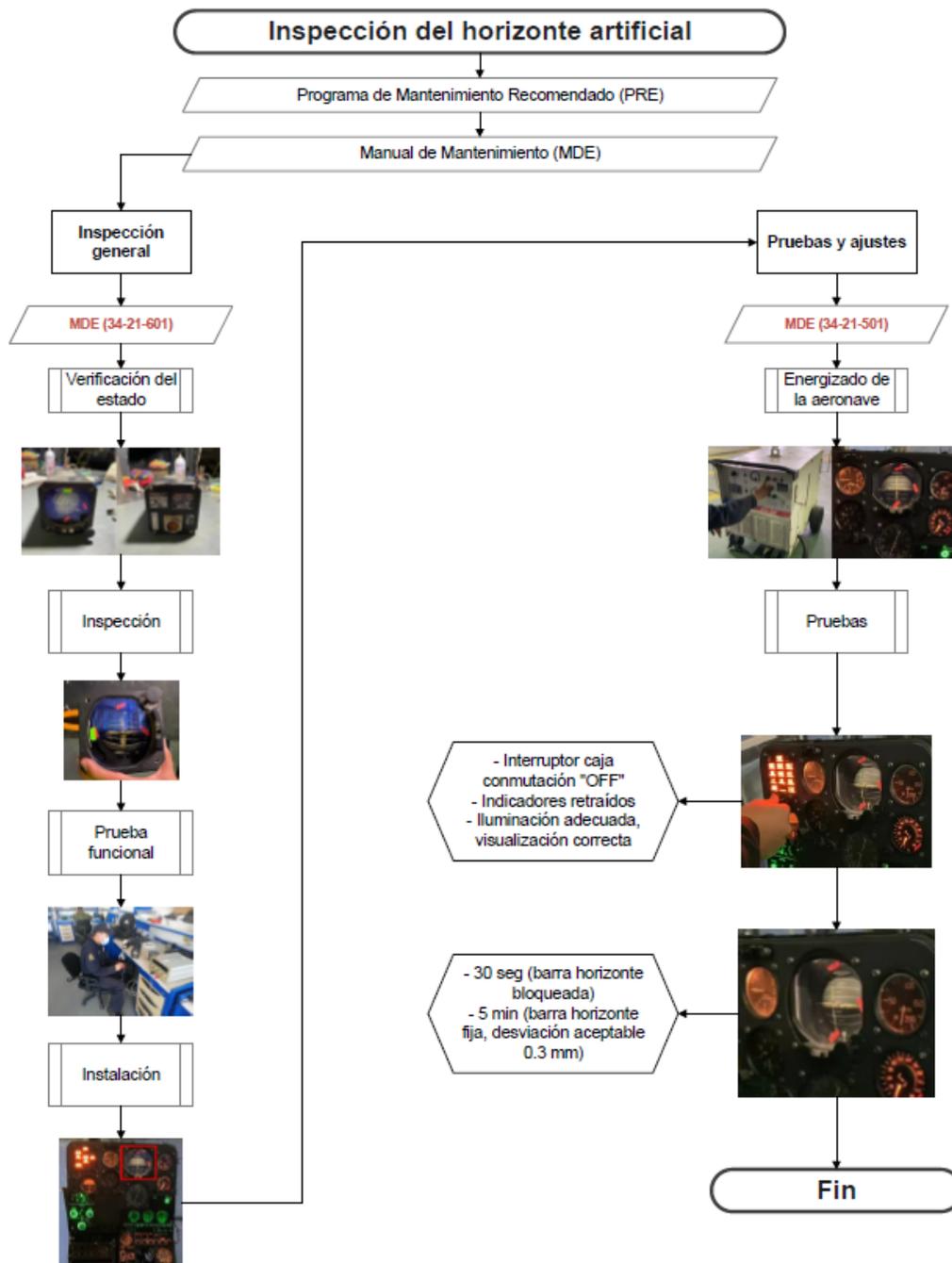


*Nota.* Horizonte artificial en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

- Luego se realizó una inspección verificando que las perillas de control estén fijadas, la pintura, las graduaciones y punteros estén en buen estado (ver Figura 65).

**Figura 67**

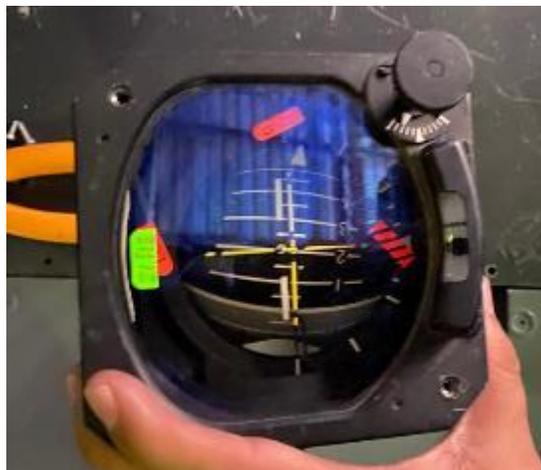
*Procedimiento de inspección del horizonte artificial*



*Nota.* Se observa el procedimiento general de inspección del horizonte artificial, y sus componentes o sistemas asociados.

**Figura 68**

*Inspección del horizonte artificial*



*Nota.* Las perillas de control, pintura, graduaciones y punteros en buen estado.

- Antes de instalar el horizonte artificial, fue necesario realizar una prueba funcional en el banco de pruebas, para comprobar su correcto funcionamiento (ver Figura 66).

**Figura 69**

*Prueba funcional del horizonte artificial*



*Nota.* Prueba funcional en el banco de pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

- Posteriormente se instaló el horizonte artificial en el panel de instrumentos, verificando que las conexiones estén correctamente apretadas y bloqueadas (ver Figura 67 y 68).

### Figura 70

*Instalación del horizonte artificial*



*Nota.* Instalación del horizonte artificial, conexiones apretadas y bloqueadas.

### Figura 71

*Horizonte artificial instalado*



*Nota.* Horizonte artificial instalado en el panel de instrumentos.

**Pruebas y ajustes del horizonte artificial.** Para realizar las pruebas y ajustes del horizonte artificial instalado ya en el helicóptero, se siguió el seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-21-501) como se muestra en el siguiente ítem:

- Fue necesario energizar la aeronave con corriente continua DC y corriente alterna AC, luego se desbloqueó el giroscopio girando la perilla de restablecimiento 1/4 hacia la izquierda y empujándola. Así se comprobó que la bandera de advertencia "GY" se retraiga (ver Figura 69).

## Figura 72

*Pasos preliminares prueba horizonte artificial*



*Nota.* Aeronave energizada, es necesario comprobar en el horizonte artificial que la bandera de advertencia "GY" se retraiga.

- Las pruebas en el giroscopio (horizonte artificial) consistieron en primer lugar colocar el interruptor de la caja de conmutación en "OFF", para comprobar que los punteros (vertical y horizontales) y los indicadores correspondientes están retraídos como se observa en la Figura 70. Además, el instrumento debe brindar una iluminación adecuada para una visualización correcta.

**Figura 73**

*Interruptor de la caja de conmutación en "OFF"*



*Nota.* Interruptor de la caja de conmutación en "OFF" para comprobar que los e indicadores se retraigan.

- Después de un período de 30 segundos, se jaló la perilla de restablecimiento hasta que la barra del horizonte esté bloqueada y luego se empujó la perilla rápidamente hacia atrás; se esperó 5 minutos y se verificó que la barra del horizonte no se ha movido más de 0.3 milímetros en relación con la silueta y las marcas fijas horizontales (ver Figura 71).

**Figura 74**

*Prueba al horizonte artificial*



*Nota.* La barra del horizonte no se debe mover más de 0.3 mm en relación con la silueta y las marcas fijas horizontales.

- Finalmente se bloqueó el giroscopio jalando y girando la perilla de restablecimiento 1/4 hacia la derecha, y se cortó la alimentación de energía eléctrica al helicóptero, dando por finalizada la prueba y ajuste al horizonte artificial.

### **Brújula giromagnética**

Se realizó una inspección exhaustiva de la brújula giromagnética siguiendo los protocolos del programa de mantenimiento recomendado (PRE), el cual se tradujo en las tareas (34-22-502, 34-22-501, 34-22-601) incluidas en el manual de mantenimiento (MDE). Esto permitió llevar a cabo una inspección detallada, garantizando el correcto funcionamiento y seguridad del componente. Se pueden observar los procedimientos generales de inspección en la Figura 73.

**Unidad giroscópica (RMI).** Para realizar la inspección de la unidad giroscópica fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-22-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Se constató el estado de la unidad giroscópica, que se encuentre en buen estado, limpia y sin signos de desgaste (ver Figura 72).

### **Figura 75**

*Estado de la unidad giroscópica*

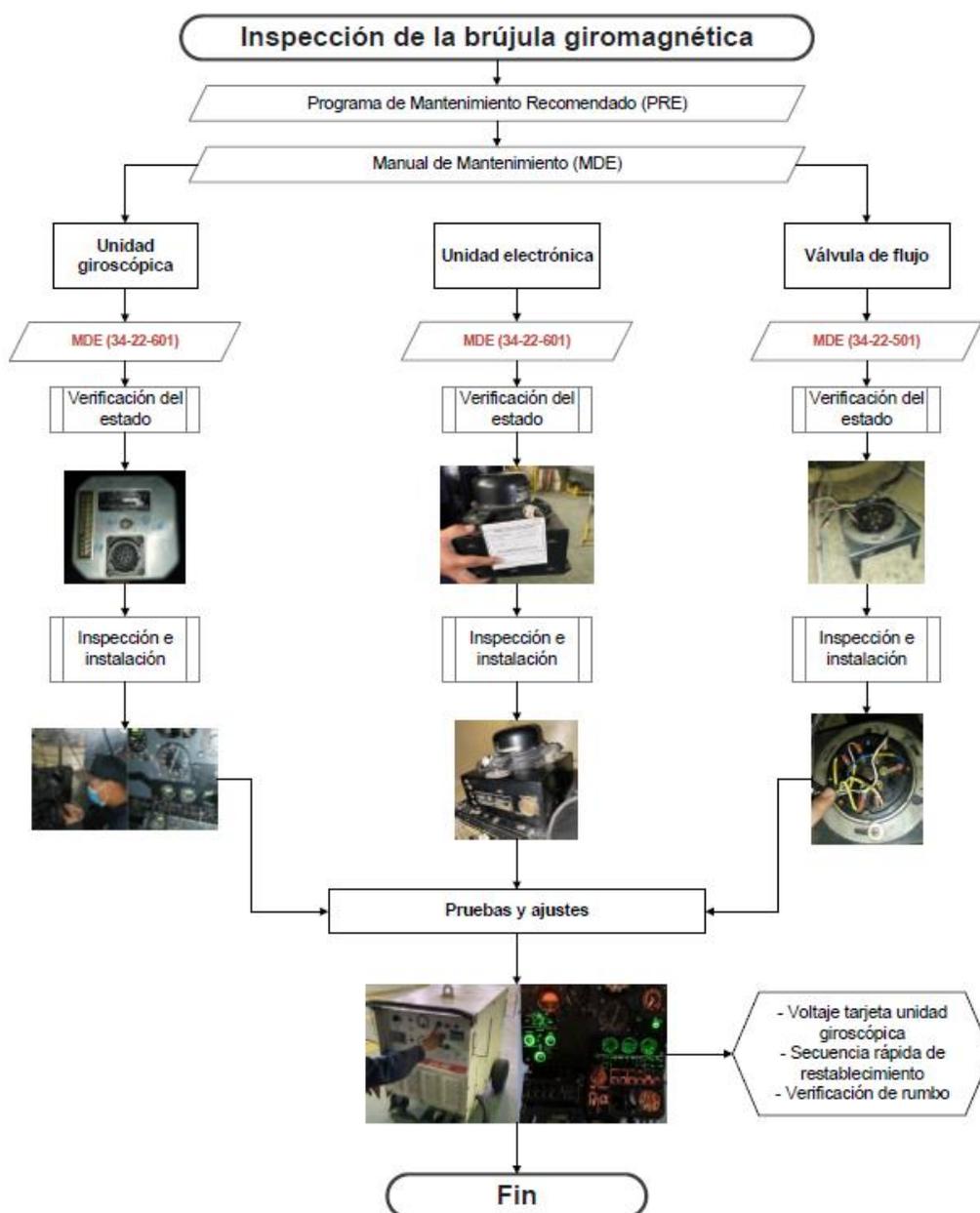


*Nota.* Unidad giroscópica en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

- También se verificó la fijación de la unidad al panel de instrumentos, revisando el estado de las conexiones, cables (sin signos de sobrecalentamiento, funda en buen estado) y el pulsador de restablecimiento rápido (ver Figura 73 y 74).

**Figura 76**

*Procedimiento de inspección de la brújula giromagnética*



*Nota.* Se observa el procedimiento general de inspección de la brújula giromagnética.

**Figura 77**

*Estado de conexiones, cables y pulsador (unidad giroscópica)*



*Nota.* La fijación de la unidad giroscópica al panel de instrumentos debe ser la adecuada.

**Figura 78**

*Unidad giroscópica instalada*



*Nota.* Unidad giroscópica instalada en el panel de instrumentos.

**Unidad electrónica.** Para realizar la inspección de la unidad electrónica fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-22-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Para acceder a la unidad electrónica, fue necesario quitar el respaldo izquierdo (LH) del asiento y retirar el panel superior (ver Figura 76).

### Figura 79

*Ubicación de la unidad electrónica*



*Nota.* La unidad electrónica se encuentra en la parte posterior izquierda (LH) del asiento.

- Una vez descubierto el componente, se constató el estado de la unidad electrónica, que se encuentre en buen estado, limpia y sin signos de desgaste (ver Figura 77).

### Figura 80

*Estado de la unidad electrónica*



*Nota.* Unidad electrónica en buen estado, limpia y sin signos de desgaste.

- También se verificó la fijación de la unidad a la estructura del fuselaje, revisando el estado de las conexiones, cableado y la condición del pulsador mecánico de restablecimiento rápido (ver Figura 78). Y finalmente se instaló el respaldo del asiento del pasajero.

### Figura 81

*Estado de conexiones, cables y pulsador (unidad electrónica)*



*Nota.* La fijación de la unidad electrónica a la estructura del fuselaje debe ser la adecuada.

**Válvula de flujo.** Para realizar la inspección de la válvula de flujo fue necesario seguir los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-22-601) como se muestra en el siguiente ítem:

- Para acceder a la válvula de flujo, fue necesario quitar la puerta lateral derecha (RH) del acceso al botalón de cola del helicóptero.
- Una vez descubierto el componente, se constató el estado de la válvula de flujo, que se encuentre en buen estado, limpia y sin signos de desgaste (ver Figura 79).
- También se verificó la fijación de la válvula a la estructura del fuselaje, revisando el estado de las conexiones, cableado y la condición de la puerta de acceso (ver Figura 80).

**Figura 82**

*Estado de la válvula de flujo*



*Nota.* Válvula de flujo en buen estado, limpio y sin signos de desgaste.

**Figura 83**

*Estado de conexiones y cables (válvula de flujo)*



*Nota.* La fijación de la válvula de flujo a la estructura del fuselaje debe ser la adecuada.

**Pruebas y ajustes brújula giromagnética.** Para realizar las pruebas y ajustes de la brújula giromagnética y sus componentes instalados ya en el helicóptero, se siguió los pasos prescritos en el manual de mantenimiento (34-22-502) como se muestra en el siguiente ítem:

- Fue necesario energizar las redes eléctricas (DC y AC) del helicóptero, para poder realizar las pruebas en la brújula giromagnética y sus componentes, constatando las indicaciones proporcionadas (ver Figura 81).

#### **Figura 84**

*Pasos preliminares prueba brújula giromagnética*



*Nota.* Aeronave energizada para comprobar el estado de la brújula giromagnética y sus componentes.

- Las pruebas en la brújula giromagnética y sus componentes consistieron en aplicar un voltaje a la tarjeta de la unidad giroscópica, y se realizó una secuencia rápida de restablecimiento a la brújula giromagnética, y se verificó los datos de rumbo comparando la lectura de la unidad giroscópica y con la brújula magnética de reserva (ver Figura 82).

**Figura 85**

*Lectura de la unidad giroscópica*



*Nota.* La lectura de la unidad giroscópica debe ser comparada con la lectura de la brújula magnética de reserva.

- Finalmente se cortó la alimentación de energía eléctrica al helicóptero, dando por finalizada la prueba y ajuste de la brújula giromagnética.

***Brújula magnética***

Fue necesario realizar la inspección de los componentes adiciones al sistema de navegación como es la brújula magnética de reserva. Se constató que el componente no se encontraba instalado en el helicóptero, y al no contar con uno nuevo, fue necesario instalar una brújula de reserva didáctica como se observa en la Figura 83. Además, se recomienda revisar regularmente la brújula para garantizar su correcto funcionamiento y estar preparados en caso de una falla en el sistema principal de navegación. La instalación de una brújula de reserva es una medida de seguridad importante en el vuelo, ya que permite mantener la estabilidad y la dirección de vuelo en situaciones de emergencia; debería ser un componente estándar en todos los helicópteros para asegurar la seguridad de los pasajeros y tripulación.

**Figura 86**

*Brújula magnética de reserva*



*Nota.* La brújula de reserva sirve en caso de una falla en el sistema principal de navegación.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La documentación técnica proporcionada permitió una correcta comprensión de los pasos requeridos para llevar a cabo la revisión del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L. Se tuvieron en cuenta todas las consideraciones técnicas en cuanto a la manipulación de materiales, herramientas y equipos disponibles.
- Se llevaron a cabo de manera satisfactoria los procedimientos de inspección de 500 horas del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L, cumpliendo normas del plan adecuado de mantenimiento (PRE), el manual de mantenimiento (MDE), el manual de técnicas corrientes (MTC), el catálogo ilustrado de partes (IPC) y la información técnica correspondiente.
- La inspección detallada y minuciosa de los componentes del sistema pitot-estático fue fundamental para garantizar su correcto funcionamiento, se verificaron las uniones de los colectores y cañerías, así como de las conexiones de los instrumentos, además se detectó y corrigió signos de grietas, distorsión y corrosión, asegurando que estén en buen estado y tengan el apriete adecuado. La limpieza y fijación adecuada del tubo pitot al fuselaje del helicóptero también fue una tarea necesaria en la inspección del sistema pitot-estático.
- En lo que respecta al horizonte artificial, se siguió un procedimiento detallado indicado en el manual de mantenimiento, que permitió constatar que el instrumento esté en buen estado, limpio y sin signos de desgaste. La verificación de las perillas de control, la pintura, las graduaciones y los punteros asegura su correcto funcionamiento. Una vez instalado en el helicóptero, se llevaron a cabo pruebas y ajustes para asegurar su correcto funcionamiento.

- En el chequeo de la brújula giromagnética, se verificó el estado de la unidad giroscópica, asegurando que se encuentre en buen estado, limpia y sin signos de desgaste. Además, se verificó la fijación de la unidad al panel de instrumentos, revisando el estado de las conexiones, cables y pulsador de restablecimiento rápido. Estas medidas de mantenimiento son críticas para garantizar la precisión y fiabilidad de la brújula giromagnética, que es un componente clave para la navegación y la seguridad de la aeronave.
- El control minucioso del sistema de navegación del helicóptero Gazelle AS 341L accedió a la valoración de todos los componentes están funcionando de manera adecuada, mediante pruebas tanto funcionales como operacionales. En consecuencia, se puede afirmar que la aeronave está en óptimas condiciones para ser trasladada a las instalaciones de la universidad, se debe tomar en consideración que no hubieron algunos componentes adicionales al sistema de navegación como la brújula magnética de reserva, computadora GPS por lo cual se realizó de manera didáctica.

**Recomendaciones**

- Es esencial emplear la información técnica actual y aplicable en cualquier trabajo de mantenimiento realizado en el helicóptero Gazelle SA 341L, con el objetivo de asegurar una ejecución precisa y eficiente de los procedimientos.
- Es fundamental que las herramientas empleadas en cualquier trabajo de mantenimiento estén en óptimas condiciones y que los equipos estén calibrados correctamente, con el fin de prevenir posibles contratiempos.
- Una vez que el helicóptero llegue a las instalaciones universitarias, es importante brindar todos los recursos necesarios a docentes y estudiantes para su utilización. Además, se deben promover y llevar a cabo actividades de mantenimiento en aeronaves con rotores, con el objetivo de brindar una formación académica adecuada a los estudiantes.

## Glosario

### A

**Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Aeronavegabilidad:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.

**Autoridad Aeronáutica:** Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

### C

**Certificado de Aeronavegabilidad:** Es un documento público otorgado por la DGAC, mediante el cual acredita que, a la fecha de su otorgamiento, la aeronave que dicho certificado respalda está apta para ser operada en forma segura.

**Certificado Tipo:** Es el certificado básico de diseño para avión, motor y hélice que establece el Diseño Tipo.

### D

**Dispositivo:** Cualquier instrumento, mecanismo, equipo, parte, aparato, órgano auxiliar o accesorio que es usado o que se tratará de usar en la operación o control de una aeronave, instalado en, o fijado a la misma, y que no es parte de la estructura.

### E

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

### F

**Federal Aviation Regulations:** Regulaciones Federales para la Aeronáutica civil de los Estados Unidos de Norte América.

### H

**Helicóptero:** Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.

### I

**Instrumento:** Componente que utiliza un mecanismo interno para mostrar visual o auditivamente la actitud, altura y operación de una aeronave o una parte de la misma.

**Inspección:** Revisar, evaluar mediante la vista o equipo.

### L

**Limpieza:** Retirar objetos, manchas, grasas ajenas al componente.

### M

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

### O

**Overhaul:** Revisión a profundidad con la finalidad de dejar a un componente en perfectas condiciones.

### P

**Preservar:** Proteger de algún daño un componente.

**Procedimiento:** Conjunto de acciones para cumplir la tarea.

### R

**Reparación:** Restitución de un componente o aeronave.

## Abreviaturas

### A

**AAC:** Autoridad Aeronáutica Civil.

**AOG:** Aeronave en Tierra.

**ATA:** Asociación de Transporte Aéreo.

### C

**CG:** Centro de Gravedad.

**CDL:** Lista de desviaciones respecto a la configuración

### D

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil.

### E

**EPP:** Equipo de Protección Personal.

### F

**FAA:** Administración Federal de Aviación de los EEUU.

**FH:** Horas de Vuelo.

### G

**GSE:** Equipo de Soporte en Tierra.

### I

**IPC:** Catálogo Ilustrado de Partes.

**ICO:** Catálogo de Herramientas Especiales.

**ICA:** Catálogo Complementario de Abastecimientos.

**IN:** Noticias de Información.

### M

**MDF:** Manual de Descripción y Funcionamiento.

**MDE:** Manual de Mantenimiento.

**MCS:** Manual de Circuitos y Esquemas.

**MFI:** Manual de Fallas y Diagnósticos.

**MRR:** Manual de Reparación.

**MRV:** Manual de Revisión.

**MST:** Manual de Almacenamiento y Preservado.

**MTC:** Manual de Técnicas Corrientes.

**P**

**PMM:** Manual del Piloto.

**PMC:** Registro de Peso y Centrado.

**PRE:** Plan adecuado de Mantenimiento.

**R**

**RDAC:** Regulaciones de Aviación Civil.

**S**

**SBT:** Boletines de Servicio.

**SLT:** Carta de Servicio.

**STX:** Télex de Servicio.

**SIN:** Noticias de Información de Seguridad.

**T**

**TMA:** Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico.

## Bibliografía

- Ackerman, J. D. (1965). Testing a Modern Gyro-Magnetic Compass. *The Journal of Navigation*, 18(1), 56–64. <https://doi.org/10.1017/S0373463300020075>
- Ahmed Abdelrahman, A. A., Elessaid Suliman, S., Ahmed Awad, A. B., Elkhidir Tay Alla, Y. E., & Akram Mohammed, A. A. (2016). Development of a computer based aircraft pitot-static instruments test system. *Proceedings - 2015 International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering, ICCNEEE 2015*, 149–154. <https://doi.org/10.1109/ICCNEEE.2015.7381446>
- AHRS | Attitude and Heading Reference System. (n.d.). Retrieved May 7, 2023, from <https://www.politicalfunda.com/2022/09/ahrs-attitude-and-heading-reference-system.html>
- Airbus. (2020). *Centro de soporte militar | Airbus*. <https://www.airbus.com>
- Airbus Helicópteros. (1988). Manual de mantenimiento - MDE (Gacela). En helicópteros Gacela. Dirección de soporte técnico.
- Airbus Helicópteros. (2021). *Catalogo ilustrado de partes - IPC (Gacela)*. Dirección técnica de soporte.
- Airbus Helicópteros. (2022). *Manual recomendado de servicios - PRE (Gacela)*. Dirección técnica de soporte.
- Aviation Academy. (2014). *Instrumentation*.
- Baker, D. H., & Skaar, M. (1965). Compass Swinging without Rotating the Aircraft. *The Journal of Navigation*, 18(4), 475–482. <https://doi.org/10.1017/S0373463300046397>
- Becerra, A., Bruno, C., Guzmán, M., En, M., Sandoval, J., En, L. M., Felipe, C., & León, G. (2013). *Desarrollo de prácticas para el equipo de pruebas de rampa T-36C NAV/COM*. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/12345>
- Cenk Erturk, M., Hosseini, N., Jamal, H., Sahin, A., Matolak, D., & Haque, J. (2020).

- Requirements and Technologies towards Uam: Communication, Navigation, and Surveillance. *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference, ICNS, 2020-September*. <https://doi.org/10.1109/ICNS50378.2020.9223003>
- Curley, J. (1991). The Development of Pitot Static Flightline Testing. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 63(11), 2–3. <https://doi.org/10.1108/EB037169/FULL/XML>
- DGAC. (2012). *RDAC 43 Dirección General de Aviación Civil*.
- Ejército Ecuatoriano. (2022). *Aviación del Ejército - Ejército Ecuatoriano*.  
<https://ejercitoecuadoriano.mil.ec>
- FAA. (1998). *Advisory Circular TITLE 14 OF THE CODE OF FEDERAL REGULATIONS (14 CFR) GUIDANCE MATERIAL*.
- Gratton, G. (2015). The Pitot-Static System. *Initial Airworthiness*, 33–67.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-11409-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11409-5_3)
- Guerrero-Castellanos, J. F., Madrigal-Sastre, H., Durand, S., Marchand, N., Guerrero-Sánchez, W. F., & Salmerón, B. B. (2011). Design and implementation of an Attitude and Heading Reference System (AHRS). *CCE 2011 - 2011 8th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, Program and Abstract Book*.  
<https://doi.org/10.1109/ICEEE.2011.6106610>
- Hagström, M., & Lennartsson, A. (2010). Aircraft Navigation. *Encyclopedia of Aerospace Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9780470686652.EAE262>
- Halim, H. H. B. A. (2003). *Compass Swing Deviation Compensation By Using Visual Basic Programming For Small Aircraft*. <http://localhost/jspui/handle/123456789/3955>
- Hayward, R. C., Gebre-Egziabher, D., Schwall, M., Wilson, J., & Powell, J. D. (1997). *Inertially Aided GPS Based Attitude Heading Reference System (AHRS) for General Aviation Aircraft* (pp. 289–298). <http://www.ion.org/publications/abstract.cfm?jp=p&articleID=2848>
- Hayward, R., Marchick, A., & Powell, J. D. (1999). Single baseline GPS based Attitude Heading

- Reference System (AHRS) for aircraft applications. *Proceedings of the American Control Conference*, 5, 3655–3659. <https://doi.org/10.1109/ACC.1999.782448>
- Ilcev, D. S. (2019). Implementation of innovative aeronautical communication, navigation and surveillance (CNS) systems. *International Journal of Engineering and Technology*, 8(4), 572. <https://doi.org/10.14419/IJET.V8I4.30014>
- Karshakov, E. V., Pavlov, B. V., Tkhorenko, M. Y., & Papusha, I. A. (2021). Promising Map-Aided Aircraft Navigation Systems. *Gyroscopy and Navigation*, 12(1), 38–49. <https://doi.org/10.1134/S2075108721010077/METRICS>
- Kerczewski, R. J., Greenfeld, I., & Welch, B. W. (2005). Communications, navigation and surveillance for improved oceanic air traffic operations. *IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2005*, 1799–1805. <https://doi.org/10.1109/AERO.2005.1559472>
- McClary, C. (1996). Technological evolution of inertial reference systems. *Record - IEEE PLANS, Position Location and Navigation Symposium*, 336–341. <https://doi.org/10.1109/PLANS.1996.509097>
- Mofokeng, T., Mativenga, P. T., & Marnewick, A. (2020). Analysis of aircraft maintenance processes and cost. *Procedia CIRP*, 90, 467–472. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.01.115>
- Monar, S. (2022). *Inspección de 200 horas mediante los ítems de inspección señalados en el manual de la aeronave Cessna T206H del Grupo de Aviación del Ejército No. 44 "Pastaza."* <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/31481>
- OACI. (2020). *COMMUNICATIONS, NAVIGATION AND SURVEILLANCE (CNS) SECTION*. <https://www.icao.int/secretariat/AirNavigation/Pages/cns.aspx>
- PARKINSON, B. W., STANSELL, T., BEARD, R., & GROMOV, K. (1995). A History of Satellite Navigation. *Navigation*, 42(1), 109–164. <https://doi.org/10.1002/J.2161-4296.1995.TB02333.X>

Peshekhonov, V. G. (2011). Gyroscopic navigation systems: Current status and prospects.

*Gyroscopy and Navigation*, 2(3), 111–118.

<https://doi.org/10.1134/S2075108711030096/METRICS>

"PR M. (n.d.).

*Principios de la navegación inercial I.* (n.d.). Retrieved May 7, 2023, from

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/2016/10/principios-de-la-navegacion-inercial-i.html>

Sampigethaya, K., Poovendran, R., Shetty, S., Davis, T., & Royalty, C. (2011). Future E-

enabled aircraft communications and security: The next 20 years and beyond. *Proceedings*

*of the IEEE*, 99(11), 2040–2055. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2162209>

Skinner, S. L., Sokal, K. R., Thomas Megeath, S., -, al, Yao, Y., Hirata, N., Ishii, M., Wang, Y., &

Shi, Z. (2023). Research on Cascading Effect Analysis of Civil Aircraft Inertial Reference

System Parameters Failures. *Journal of Physics: Conference Series*, 2457(1), 012033.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2457/1/012033>

Strohmeier, M. (2017). Large-Scale Analysis of Aircraft Transponder Data. *IEEE Aerospace and*

*Electronic Systems Magazine*, 32(1), 42–44. <https://doi.org/10.1109/MAES.2017.160149>

*Suction Pilots: A Cheap And Effective Way To Monitor Suction Conditions – Atlas-blue.com.*

(n.d.). Retrieved May 7, 2023, from [https://www.atlas-blue.com/suction-pilots-a-cheap-and-](https://www.atlas-blue.com/suction-pilots-a-cheap-and-effective-way-to-monitor-suction-conditions/)

[effective-way-to-monitor-suction-conditions/](https://www.atlas-blue.com/suction-pilots-a-cheap-and-effective-way-to-monitor-suction-conditions/)

Tan, C. W., Park, S., Mostov, K., & Varaiya, P. (2001). Design of gyroscope-free navigation

systems. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*,

286–291. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2001.948670>

Tazartes, D. (2014). An historical perspective on inertial navigation systems. *1st IEEE*

*International Symposium on Inertial Sensors and Systems, ISISS 2014 - Proceedings.*

<https://doi.org/10.1109/ISISS.2014.6782505>

WRIGLEY, W. (1977). History of Inertial Navigation. *Navigation*, 24(1), 1–6.

**Anexos**