



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**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**

**“Inspección de 500 horas o 24 meses del sistema estabilizador automático de acuerdo al ATA 22 del helicóptero Gazelle SA 341L de la brigada del ejército no.15 Paquisha”**

**Autor:** León Güilcazo, Miquel Joel

**Tutor:** Ing. Coello Tapia, Luis Ángel

**LATACUNGA**

**2023**



# OBJETIVO GENERAL

- Realizar la inspección de 500 horas del Sistema Estabilizador Automático del helicóptero Gazelle SA 341L, mediante el análisis de los manuales de mantenimiento.





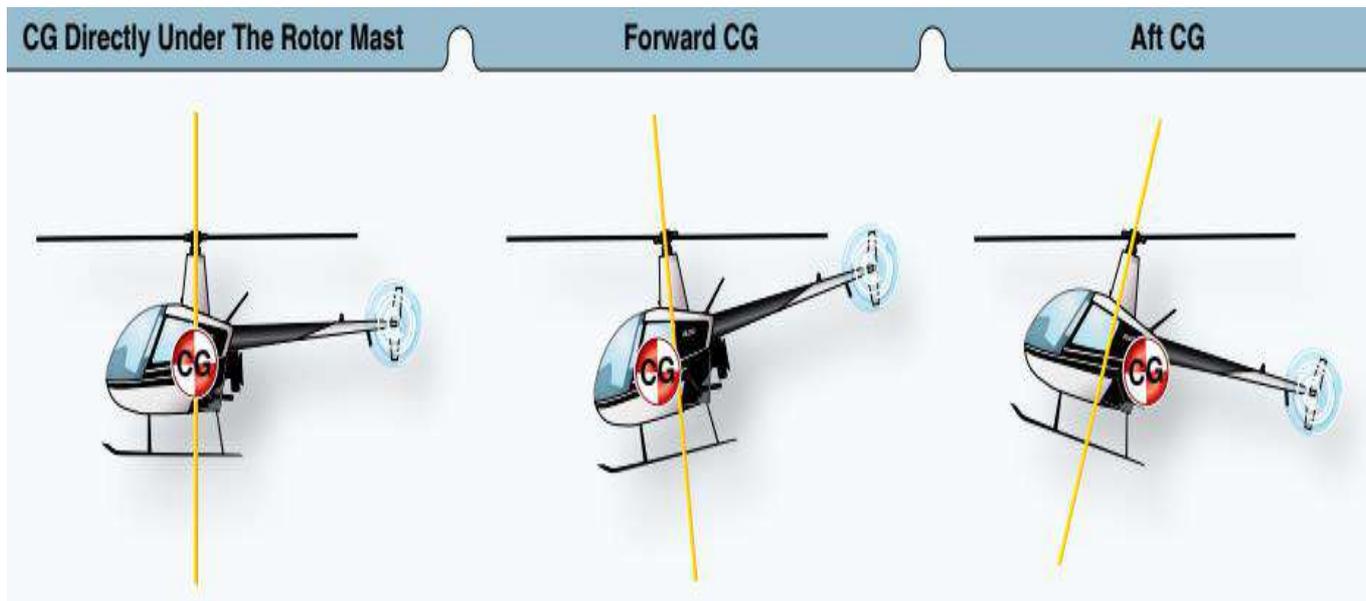
# INFORMACIÓN HELICÓPTERO GAZELLE SA 341L

Su función primordial es de ataque a tanques y helicópteros, a puestos de mando y a depósitos logísticos, de reconocimiento, transporte y entrenamiento. Este helicóptero está compuesto por tres palas montadas encima de la cabina y un rotor de cola, tipo fenestron. El motor está montado encima del fuselaje hacia la parte posterior del helicóptero. Se abandonó la configuración del tren de aterrizaje tipo triciclo del Alouette III para emplear uno de tipo patines.



# ESTABILIDAD DEL HELICÓPTERO

- **Estabilidad:** “La estabilidad es un aspecto importante en cualquier aeronave puesto que determina la capacidad de la misma para eliminar las perturbaciones que le sacan de la posición de equilibrio” (García, 2010).
- **Centro de gravedad:** Es el punto en el que se concentra y equilibra todo el peso de la aeronave; por lo tanto, la aeronave puede apoyarse en ese punto. Un helicóptero, actúa como un péndulo, con el peso del helicóptero colgando del eje del rotor principal. (Federal Aviation Administration, 2019).



# SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DE HELICÓPTEROS

## Sistema “Force Trim”

Consiste de un sistema pasivo y simple, que mantenía el control cíclico en una posición que brindaba más fuerza de control a los pilotos. El sistema utiliza un embrague magnético y muelles para mantener el control cíclico en la posición en la que se soltó.



# SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DE HELICÓPTEROS

## Sistema de aumento activo

El sistema utiliza actuadores eléctricos que proporcionan la entrada a unos servos hidráulicos. Estos servos reciben órdenes de control de una computadora que detecta las entradas ambientales externas, como el viento y las turbulencias. La complejidad del sistema varía según el fabricante, pero pueden ser tan sofisticados como proporcionar estabilidad en tres ejes. Es decir, la computadora puede ajustar la actitud, la potencia y equilibrio de la aeronave para un vuelo más estabilizado. Este sistema utiliza varios sensores, que proporcionan entradas instantáneas a todos los controles de vuelo sin la asistencia del piloto.

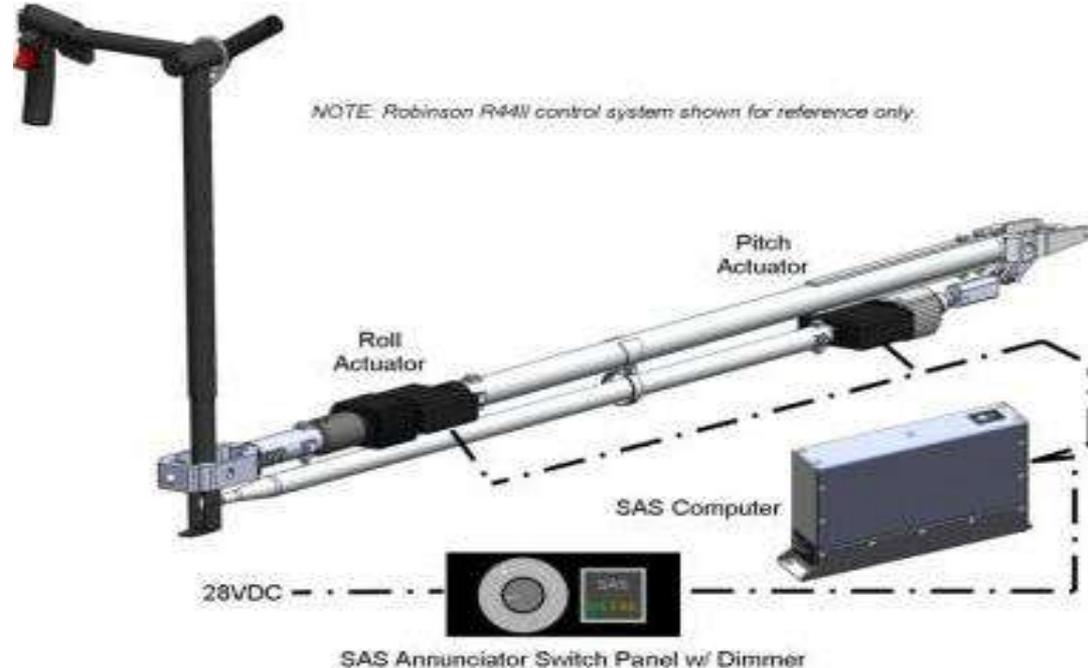


# SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DE HELICÓPTEROS

## Sistema de piloto automático

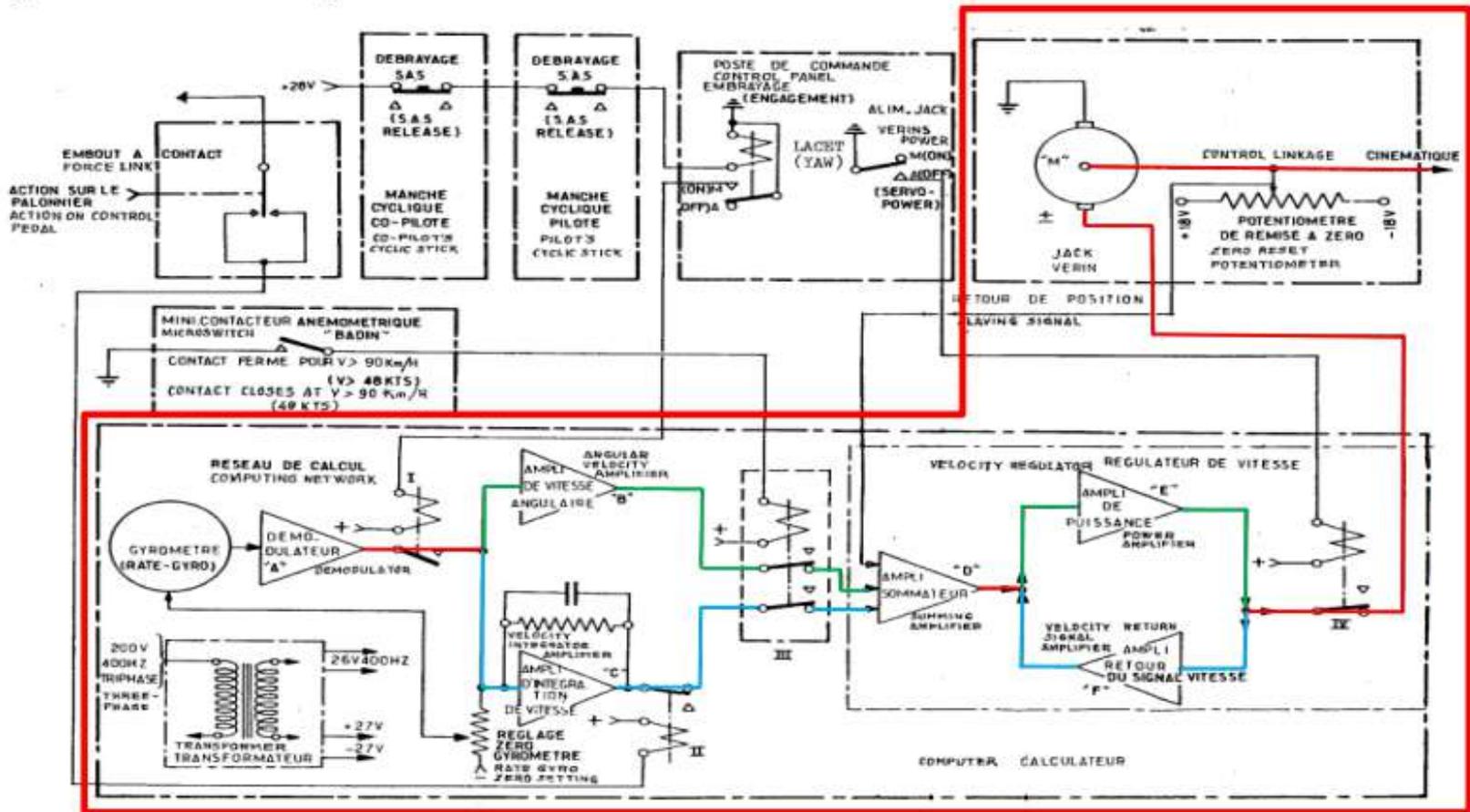
Funciona mediante servos que mueven sus respectivos mandos de vuelo cuando reciben órdenes de control de una computadora central. La cantidad y ubicación de estos servos depende del tipo de sistema instalado:

- Un sistema de dos ejes controla el helicóptero en cabeceo (Pitch) y balanceo (Roll).
- Un sistema de tres ejes tiene un servo adicional conectado a los pedales anti torque y controla el helicóptero en guiñada (Yaw).
- Un sistema de cuatro ejes utiliza un cuarto servo que controla el control colectivo.



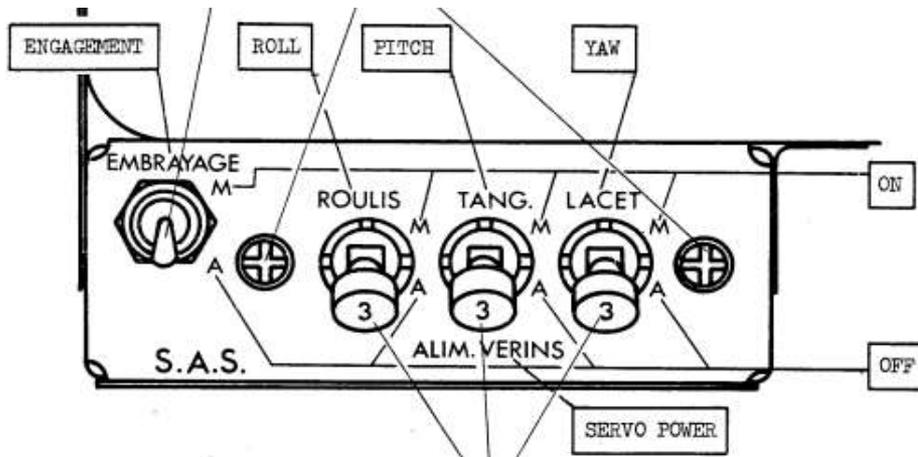
# SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DEL HELICÓPTERO GAZELLE SA 341L

Cada canal funciona de manera idéntica, el jack se inserta en "serie" en el enlace entre un punto de anclaje y la servo unidad correspondiente. El jack del canal de Yaw está anclado en el lado del pedal de control del rotor de cola por un amortiguador hidráulico. Los jacks de Pitch y Roll están anclados cada uno en el lado de la palanca cíclica por un freno magnético.

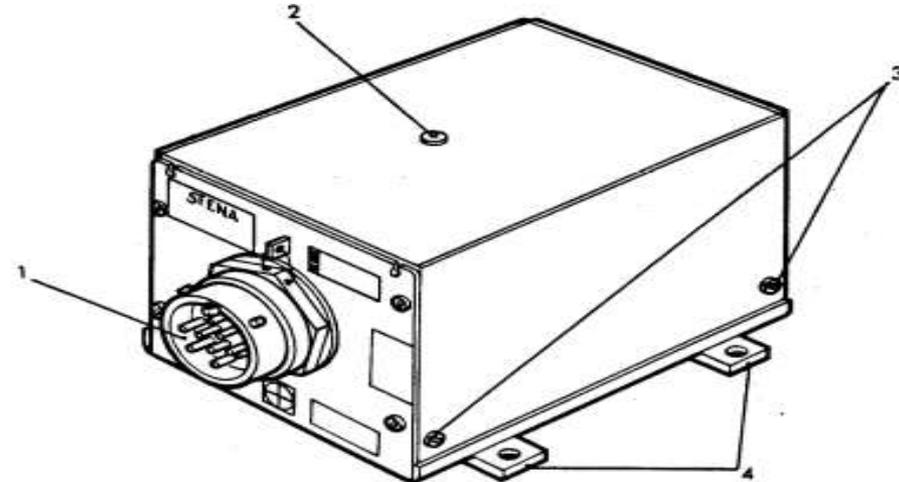


# COMPONENTES DEL SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DEL HELICÓPTERO GAZELLE SA 341L

## Unidad de control del SAS

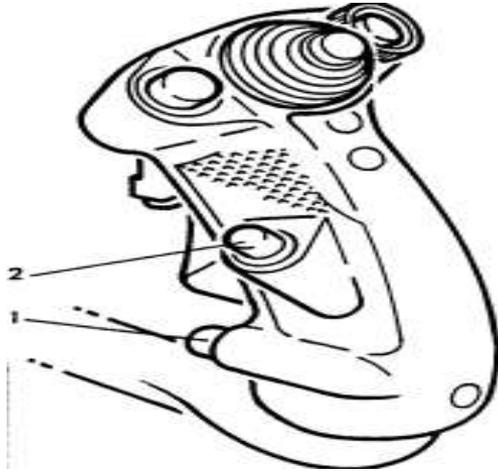


## Computadoras

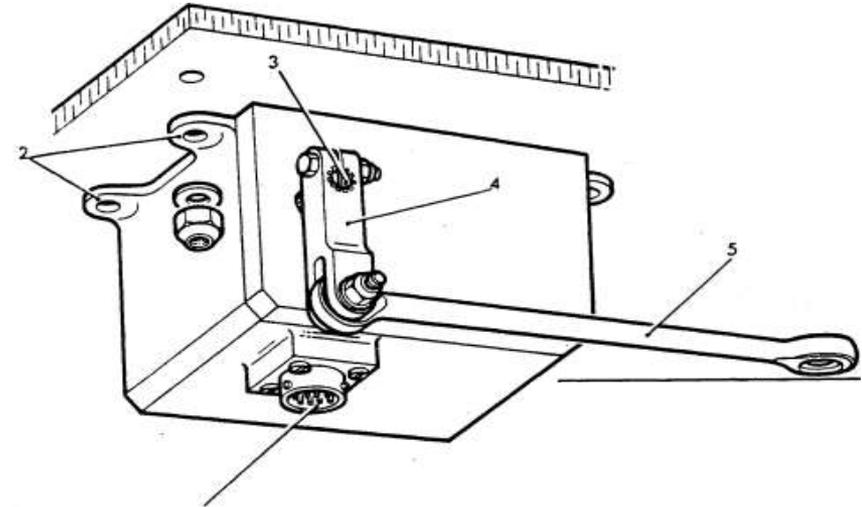


# COMPONENTES DEL SISTEMA ESTABILIZADOR AUTOMÁTICO DEL HELICÓPTERO GAZELLE SA 341L

Palanca de paso cíclico



Freno magnético



# ADECUACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

Las condiciones óptimas para realizar las tareas de mantenimiento son contar con un hangar ordenado, limpio, correctamente ventilado y con buena iluminación; de esta manera, se consigue un espacio correcto para realizar las pruebas y los chequeos correspondientes de cada componente del sistema.



# INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL SAS

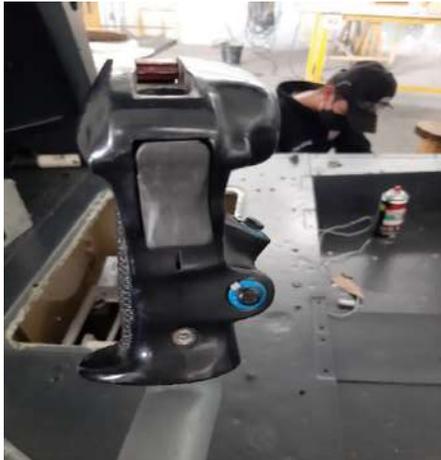
## INSPECCIÓN DENTRO DE LA CABINA



Inspección de la palanca de paso colectivo



Inspección del panel de distribución 11α1



Inspección del control cíclico



Inspección de los fusibles del sistema

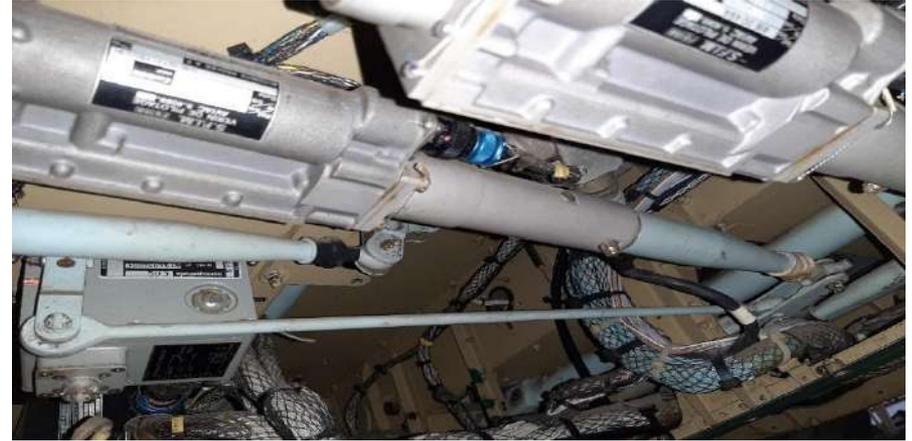


# INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL SAS

## INSPECCIÓN DEBAJO DEL FUSELAJE



Inspección del cableado del SAS



Verificación del espacio entre varillas y componentes fijos

# INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL SAS

## INSPECCIÓN DENTRO DE LA MAIN GEAR BOX



Inspección de la plataforma de soporte de la main gear box



Verificación del espacio entre la MGB y el "Hydraulic Power Pack"

# INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL SAS

## INSPECCIÓN DE LOS COMPONENTES



Revisión de la instalación del SAS



Inspección de las computadoras del SAS

# INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL SAS

## INSPECCIÓN DE LOS COMPONENTES



Inspección de los jacks lineales



Inspección del cableado del sistema

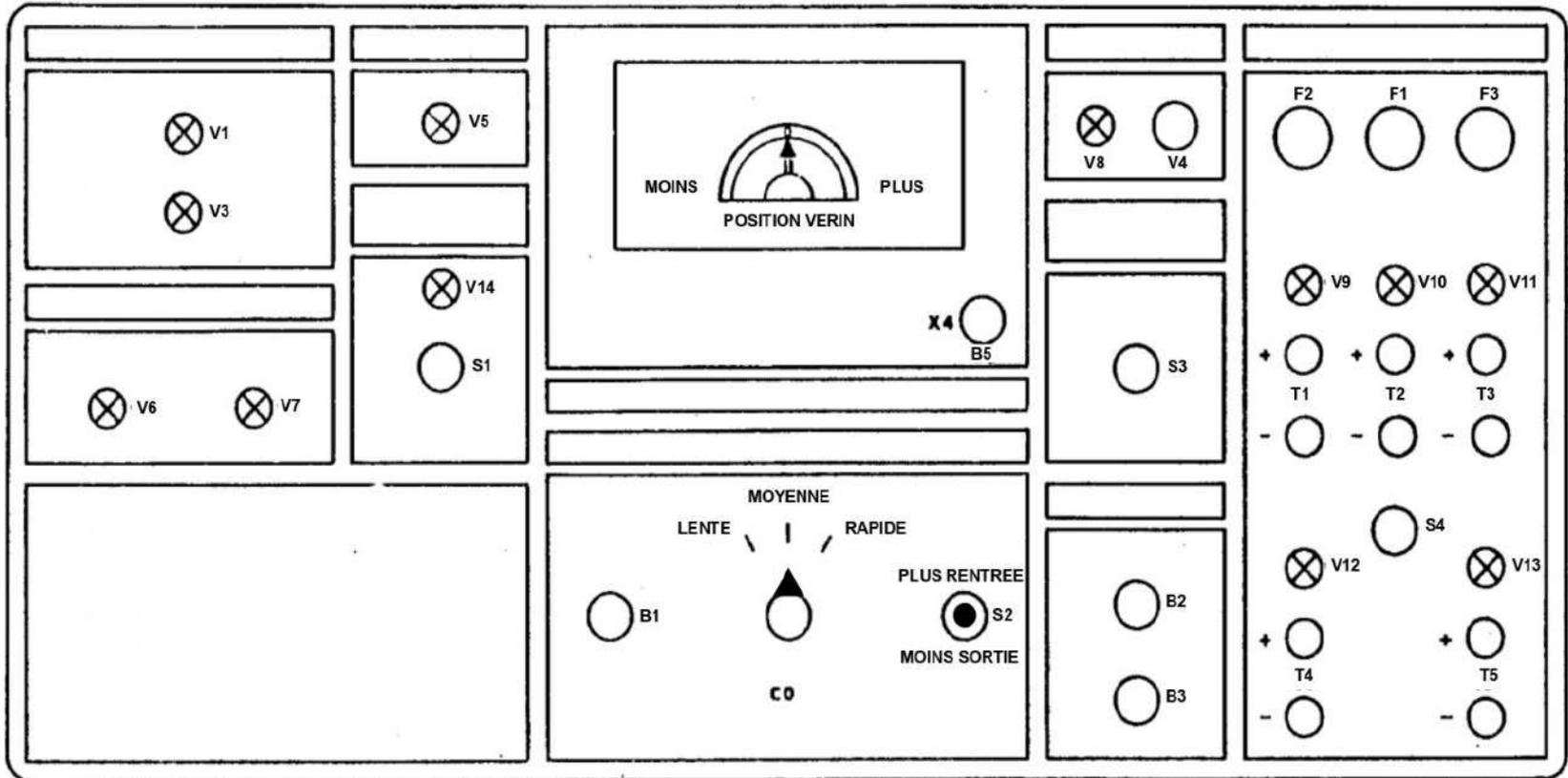


Inspección del freno magnético



# INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL KIT DE PRUEBAS

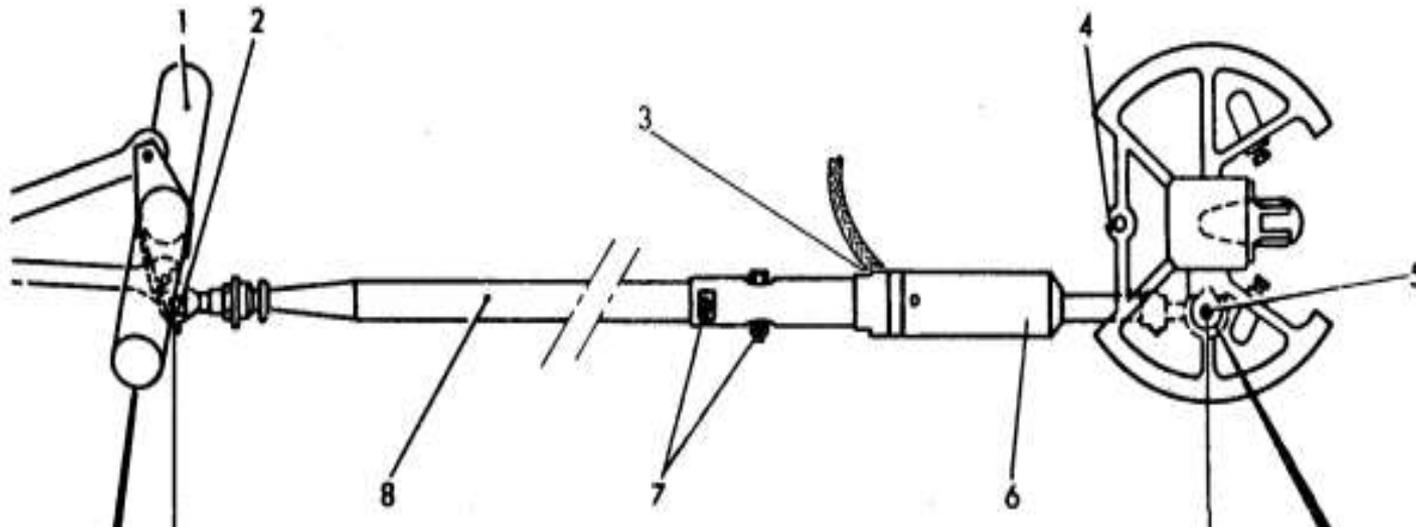
El kit prueba generalmente se alimenta con corriente alterna trifásica de 200 V – 400 Hz a través del cable de extensión de prueba con la red de la aeronave energizada. Dependiendo del trabajo a realizar, podemos energizar el kit con corriente continua de 28 V a través del flex de alimentación. Para apagar el kit de prueba colocamos el interruptor S3 en posición (OFF), verificando que las luces indicadoras se apaguen, y desconectaremos el flex de conexión.



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL DE YAW

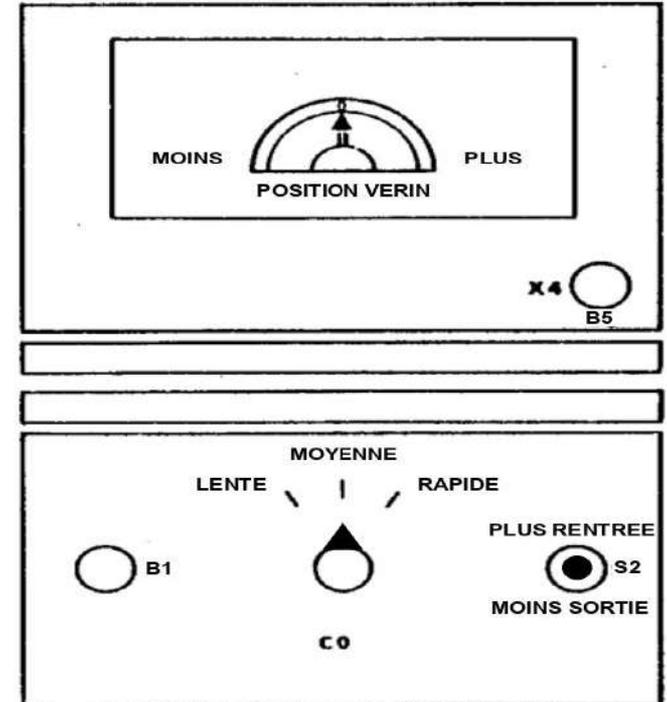
**Remoción:** Se desconectó el enchufe eléctrico (3); se desenroscó y retiró, la tuerca de retención del perno (5) que fija el jack al cuadrante delantero y la tuerca de sujeción del perno (2) que fija el jack al eje de torsión, y se almacenó los elementos extraídos.



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL DE YAW

**Chequeo:** Se comprobó que los pedales de control del rotor de cola no se muevan y se colocó el jack hasta el tope. Luego, se colocó el interruptor "CO" en la posición "Rapide" y el interruptor S2 en la posición "Plus Rentree". Se presionó el botón B1 y se observó que el puntero del indicador se mueve en la dirección "Plus". Si el tope máximo "Verin Rentre" está correctamente ajustado, la aguja del indicador debe estar dentro de los límites del rango, en el lado "Plus".

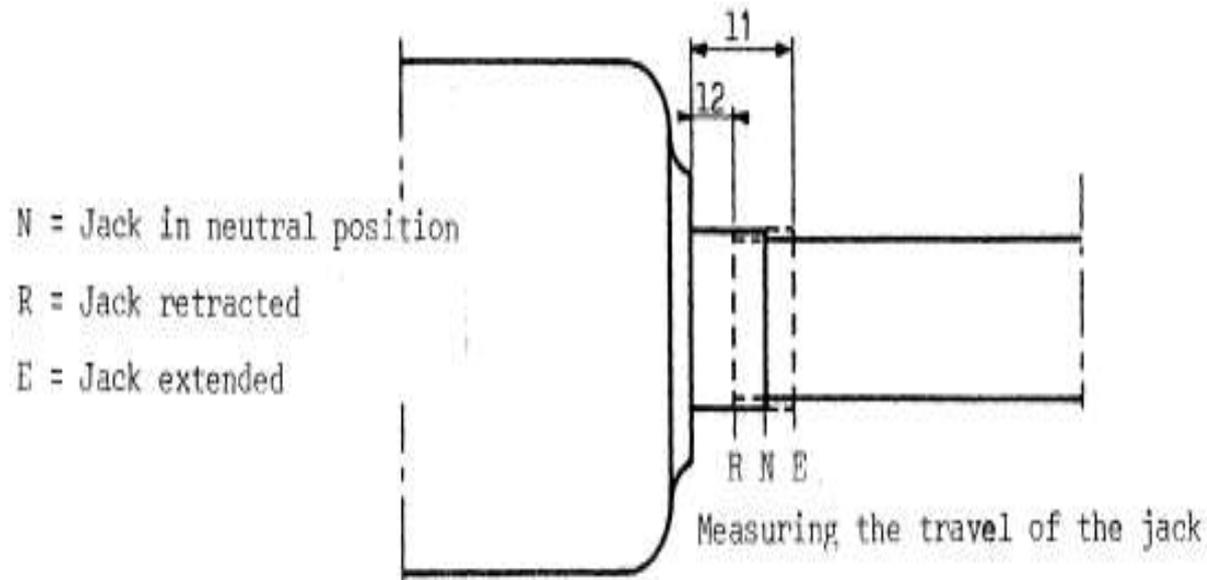


# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL DE YAW

**Chequeo:** Se midió el rango de movimiento colocando el jack en la posición neutral y se calculó midiendo las longitudes “L1” y “L2”.

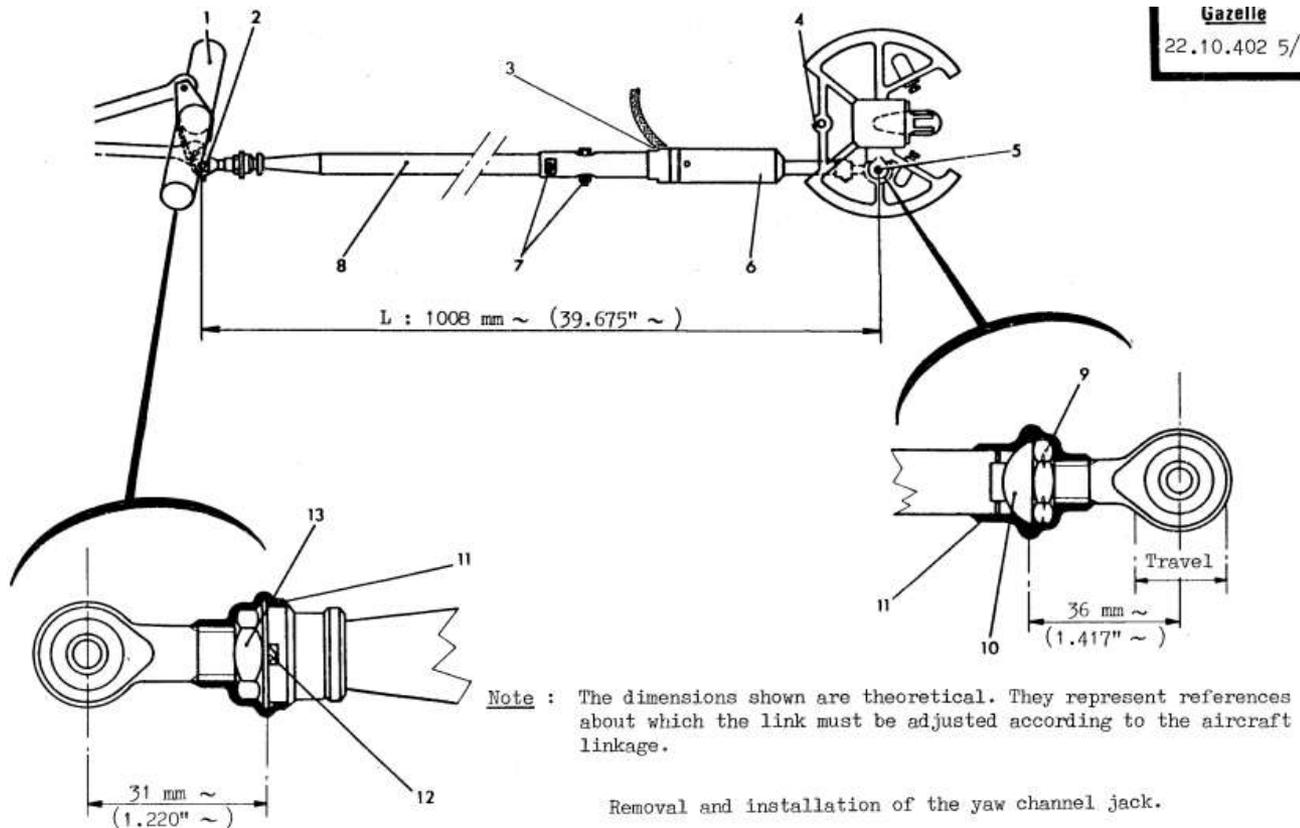
$$\frac{L1 - L2}{2} = 8 \pm 0.25 \text{ mm } (0.3149 \text{ in } \pm 0.0098 \text{ in})$$



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL DE YAW

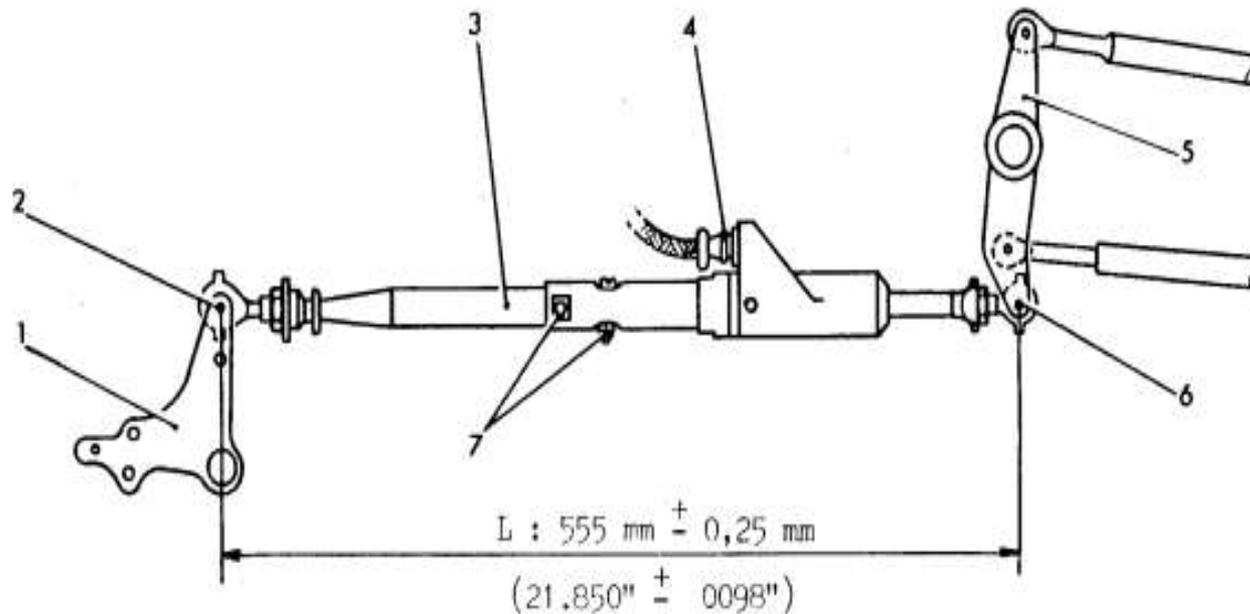
**Instalación:** Se instaló la tuerca (9) con un torque de 2.2 m.daN (195 lbf.in) y la tuerca (13) con un torque de 2.3 a 2.5 m.daN (203 a 221 lbf.in), y se colocó las arandelas de seguridad (10) y (12).



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL CÍCLICO

**Remoción:** Se desconectó el enchufe eléctrico (4) y retirando la tuerca del perno (2) que sujeta el conjunto del jack y la tuerca del perno (6) que fija el conjunto del jack.

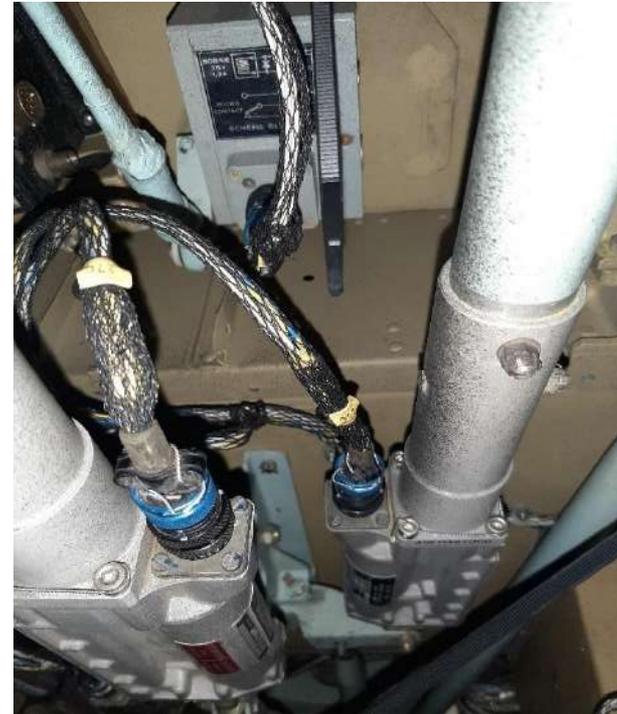


# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL CÍCLICO

**Chequeo:** La aguja del indicador "Position Verin" (Posición del jack) no indicará cero, si el jack no está en la posición neutral. Se comprobó la dirección del puntero, con las siguientes instrucciones:

- Si está en el área "Moins" (menos), colocar el interruptor S2 en la posición "Plus Rentree" (IN).
- Si está en el área "Plus" (más), colocar el interruptor S2 en la posición "Moins Sortie" (OUT).



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL CÍCLICO

**Chequeo:** Se midió el rango de movimiento colocando el jack en la posición neutral y se calculó midiendo las longitudes “L1” y “L2”.

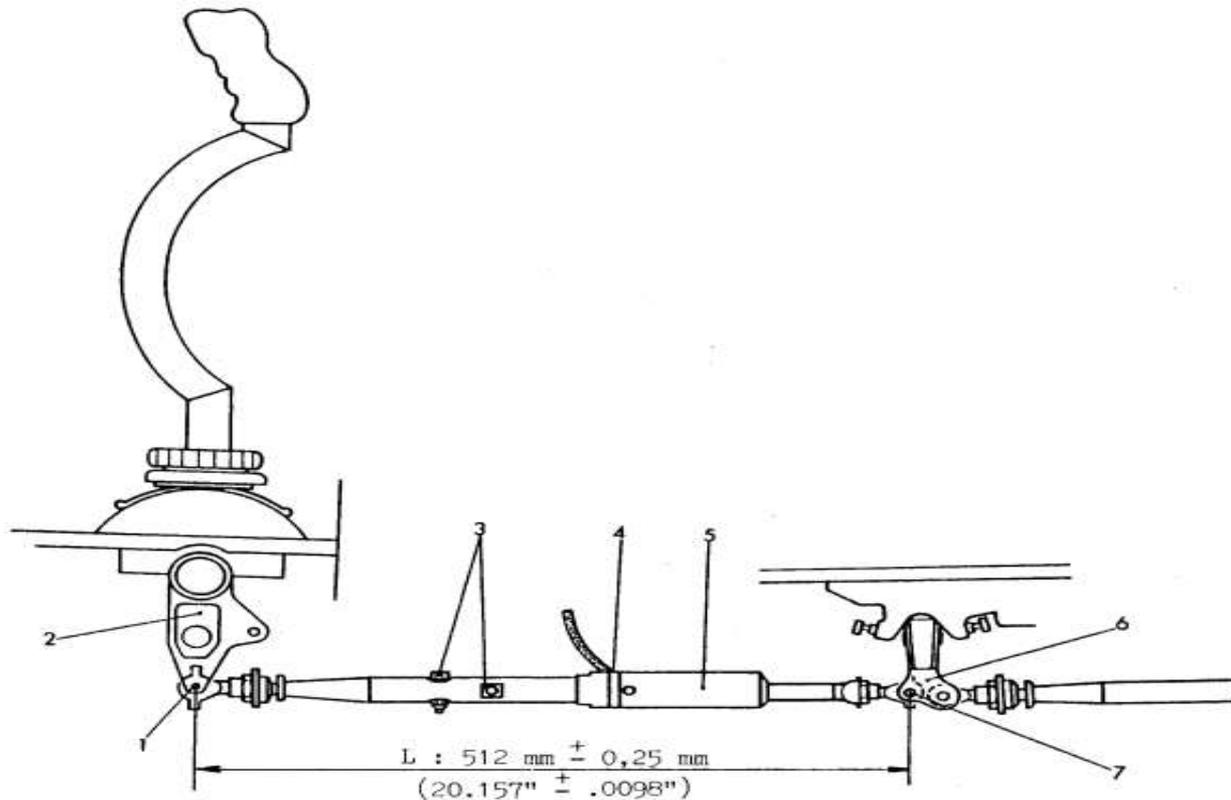
- En el canal de Roll  $\frac{L1-L2}{2} = 4.5 \pm 0.25 \text{ mm} (0.1771 \text{ in} \pm 0.0098 \text{ in})$ .
- En el canal de Pitch  $\frac{L1-L2}{2} = 3.5 \pm 0.25 \text{ mm} (0.1377 \text{ in} \pm 0.0098 \text{ in})$ .



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## SERVO-UNIDAD DEL CANAL CÍCLICO

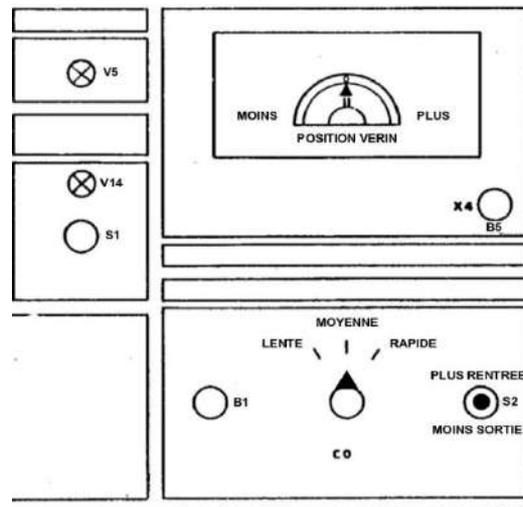
**Instalación:** Se aseguró la palanca acodada de control lateral delantero (2), colocando el jack en posición neutra mediante el kit de pruebas y con el conector girado hacia el lado derecho de la aeronave. Se conectó el conjunto del jack a la palanca acodada de control longitudinal (6) con el perno (7), colocando la arandela y la tuerca; además, se dio un torque de 0.5 a 0.65 m.daN (44.2 a 57.5 lbf.in).



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## FRENOS MAGNÉTICOS

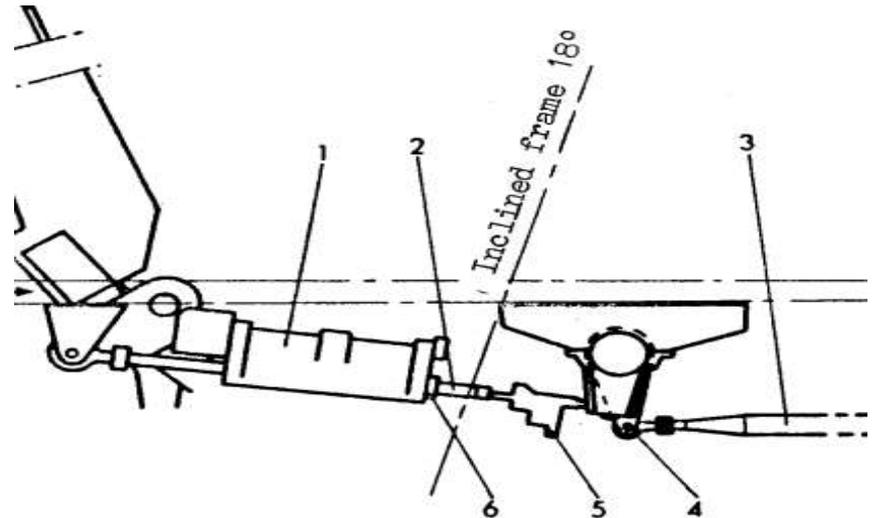
- **Remoción:** Se retiró el panel inferior delantero y el panel inferior central. Luego, se desatornilló y retiró la tuerca del tornillo de la biela del freno magnético, para sacar el perno y la arandela.
- **Chequeo:** Se colocó el interruptor de desembraque de los frenos magnéticos en la posición (OFF) y se colocó el interruptor S1 del kit de prueba en la posición “Debraye” para desconectar los frenos magnéticos; en este caso, la luz indicadora V14 se encendió.
- **Instalación:** El valor de torque que debemos aplicar es de 0.4 a 0.5 mdaN (35 a 44 lbf·in).



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

## CANAL DE FUERZA DE YAW

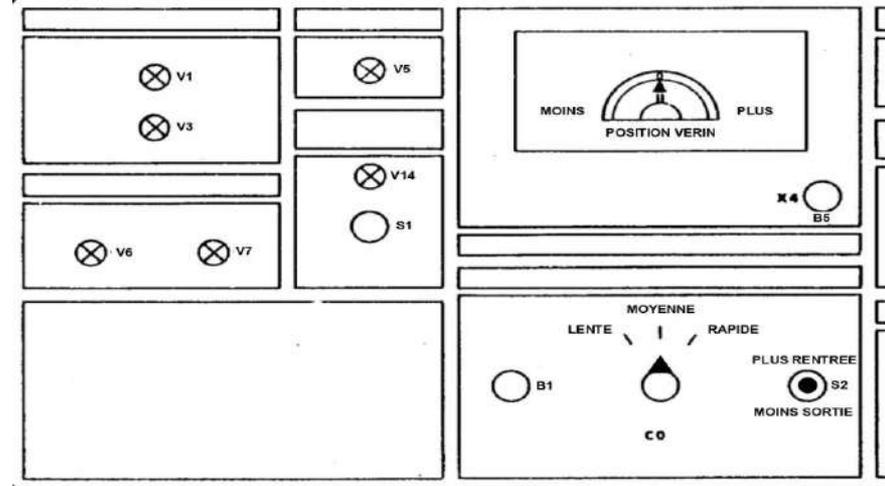
- **Remoción e instalación:** El conjunto de enlace del canal de yaw es semifijo, por lo que se aseguró al final de todas las pruebas del sistema. Luego, se instaló la tuerca con un torque de 2.2 mdaN (195 lbf·in), y se colocó las arandelas de seguridad.
- **Chequeo:** Colocar los pedales de control del rotor de cola aproximadamente en posición neutral. Luz indicadora V5 apagada. Mover los pedales de control del rotor de cola con pequeños movimientos sucesivos en el pedal derecho. Luz indicadora V5 encendida (soltar el pedal apagará la luz indicadora V5).



# PROCESO DE INSPECCIÓN DEL SAS

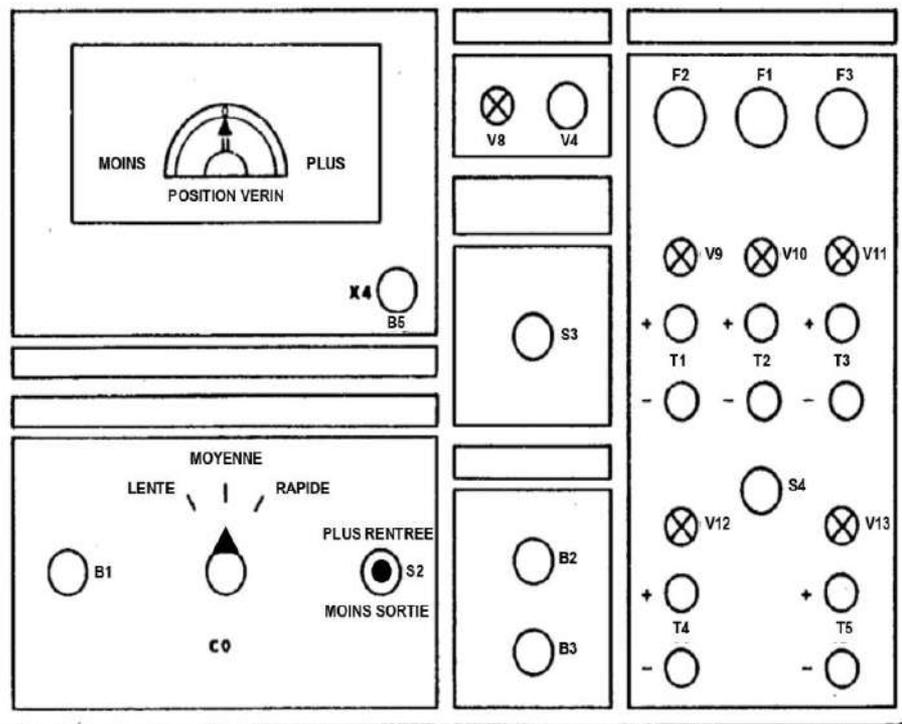
## UNIDAD DE CONTROL

- **Remoción e instalación de las computadoras del SAS:** Para esta operación fue necesario la ayuda de otra persona; uno dentro de la cabina sujetando las cabezas de los tornillos y el otro bajo el suelo de la cabina, quitando o colocando las arandelas y tuercas.
- **Chequeo:** Se preparó el kit de pruebas y se colocó el interruptor ENGAGEMENT en la posición OFF y los interruptores SERVO POWER en la posición (ON). En el kit de pruebas, las luces indicadoras V1 y V3 permanecieron apagadas.



# INSPECCIÓN FINAL DEL SAS

Utilizando el banco de pruebas neumático, se empezó a presurizar progresivamente el sistema hasta que la presión corresponda a una velocidad no inferior a 90 km/h (50 kts).



# INSPECCIÓN FINAL DEL SAS

ANTES



DESPUÉS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONCLUSIONES

- Se identificó las características que presenta el SAS, con base al análisis de los manuales de mantenimiento, donde se encontraron los procedimientos adecuados para cumplir satisfactoriamente con las tareas de inspección de los componentes del sistema. Además, el manual ofrece información sobre el funcionamiento de los componentes, que es de mucha ayuda para el cumplimiento de las tareas requeridas.
- Se ha encontrado que en los manuales de mantenimiento se describen varios procedimientos para realizar la inspección del sistema. Por lo tanto, se ha determinado que cada procedimiento se debe realizar conforme a lo establecido en los manuales de mantenimiento. Con el fin de, procurar la seguridad del componente y del mecánico que realiza las tareas de inspección.
- Asimismo, los trabajos realizados demuestran que el SAS no cumple con los requisitos de aeronavegabilidad; ya que, el sistema no cuenta con los componentes necesarios para su funcionamiento. Además, por ser un helicóptero fuera de servicio se dificulta encontrar repuestos o componentes para realizar algunos trabajos de mantenimiento.
- Finalmente se concluye que el Sistema de Aumento de Estabilidad del helicóptero Gazelle SA 341L, no cumple con los requisitos de aeronavegabilidad. Sin embargo, el propósito del proyecto es inspeccionar el sistema y prepararlo para trasladarlo a la Institución, donde será utilizado como herramienta didáctica para impartir clases a los estudiantes de la carrera.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la documentación técnica aplicable, para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en el Sistema de Aumento de Estabilidad, con el fin de garantizar que los procedimientos se realicen de manera adecuada y segura.
- También, se sugiere realizar inspecciones periódicamente para asegurar el estado de los componentes que se encuentran en el helicóptero y se emplearán en el refuerzo de los conocimientos de los estudiantes de la universidad.
- De igual manera, se aconseja contar con las herramientas adecuadas para realizar cualquier trabajo de mantenimiento del sistema, para evitar comprometer el estado de los componentes. Además, de contar con el equipo de protección personal que se requieren para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento.
- Finalmente, una vez que el helicóptero se encuentre en las instalaciones de la universidad, se recomienda brindar todas las facilidades a docentes y estudiantes para su uso. Además, se debe fomentar prácticas de mantenimiento en helicópteros, que complementen la formación académica de los estudiantes.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# *GRACIAS POR SU ATENCIÓN*

**Autor:** León Güilcazo Miquel Joel

**Tutor:** Ing. Coello Tapia Luis Ángel

