



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

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

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AUTOR: CALASANZ VÁSQUEZ, JHON BRANDON**

**DIRECTOR: ING. BAUTISTA ZURITA, RODRIGO CRISTOBAL**

**LATACUNGA  
2021**



**TEMA: “CHEQUEO OPERACIONAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO A, B,  
Y STANDBY ACORDE AL AMM 29-15-00, PARA EL SIMULADOR DE  
VUELO BOEING 737-500 PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE  
LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”**



# Objetivos

## General

Realizar un chequeo operacional del sistema hidráulico A, B, y Standby en el simulador de vuelo de la aeronave Boeing 737-500 conforme establece el manual de mantenimiento ATA 29-15-00 para la comprobación de su funcionamiento.

## Específicos

- Recopilar información de la aeronave Boeing 737-500 con respecto al ATA 29.
- Ejecutar una inspección técnica del sistema hidráulico en la cabina de vuelo del simulador de entrenamiento Boeing 737-500.
- Realizar el chequeo operacional del sistema hidráulico del simulador de la aeronave Boeing 737-500.



# Planteamiento del problema

Los simuladores de vuelo que han sido considerados como una herramienta de entrenamiento e instrucción aeronáutica, puede llegar a ser un procedimiento práctico muy valioso para la enseñanza siempre y cuando los mismos cumplan y sean evaluados a través de regulaciones y requerimientos mínimos establecidos para un entrenamiento en simuladores de vuelo. (Rolfe & Caro, 1982).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para sus carreras vinculadas al campo aeronáutico cuenta con un simulador de vuelo en condiciones mínimas, que ha sido utilizado con fines de instrucción práctica para los estudiantes.

Un simulador en condiciones mínimas de uso, no podrá ser considerado una herramienta valiosa y de aporte para los estudiantes. Sistemas como: el eléctrico, de presurización, incluyendo el sistema hidráulico y entre otros más, no se encuentran habilitados en las condiciones de operación adecuadas en el simulador con el que cuenta la universidad. Existiendo este por menor, los estudiantes no complementan su entrenamiento teórico adquirido en las aulas con una interacción más real como lo es en la simulación de una cabina de vuelo de una aeronave comercial.



# Alcance

El desarrollo del proyecto se centra en proporcionar un entrenamiento práctico del sistema hidráulico A, B, y Standby de la aeronave Boeing 737- 500, mediante un simulador de vuelo operacional de una versión actualizada para los estudiantes de la carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.



# Fundamentación teórica

## Introducción

- La palabra referente a “Hidráulica” proviene de la derivación de la palabra griega “agua”
- Un fluido hidráulico es utilizado principalmente para una transmisión y distribución de fuerzas.
- El sistema hidráulico será un medio que proporciona fuerza o desplazamiento a varios de los componentes de una aeronave.
- Para mantener un adecuado desempeño sin correr riesgos de daños del sistema hidráulico se debe elegir el correcto tipo de fluido específico para su sistema.
- Actualmente existen tres categorías principales para líquidos hidráulicos, los cuales son: Minerales, Polialfaolefinas, Ésteres de fosfato.

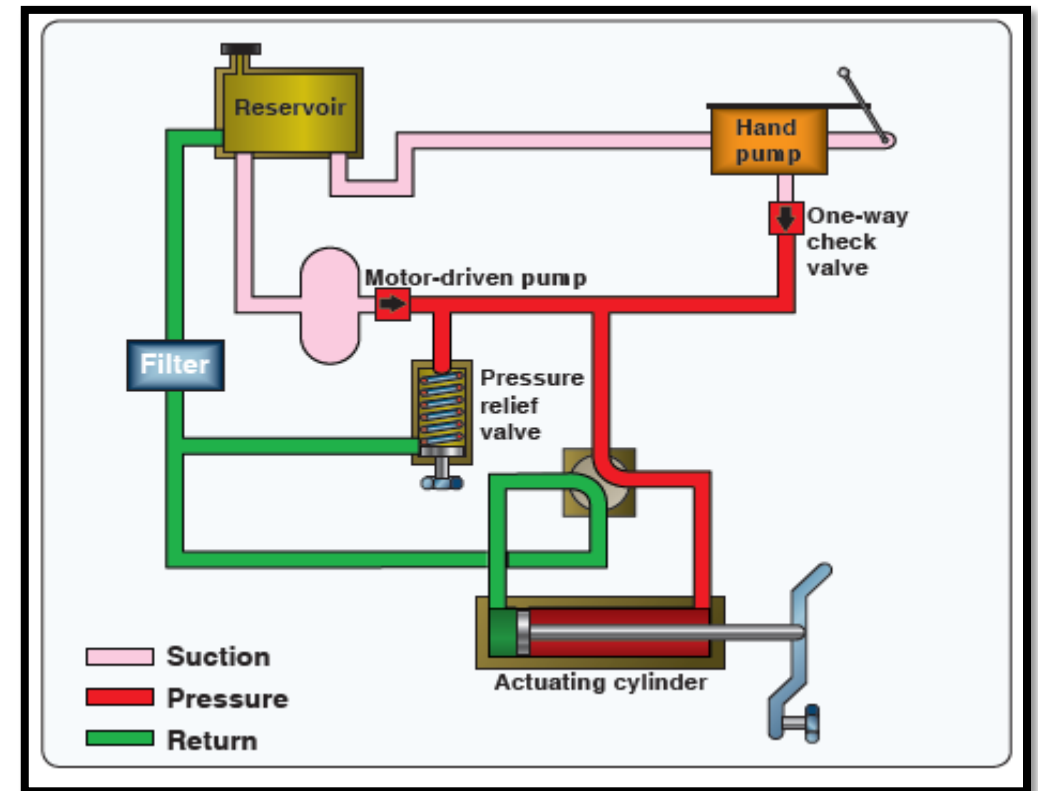


# Fundamentación teórica

## Sistema hidráulico básico

Independientemente del diseño de un sistema hidráulico y de los medios de cómo es llevado y transmitido su fluido, se considera que habrá componentes básicos mínimos que serán común. Estos son:

- Bombas
- Reservorio
- Válvulas de alivio, presión, selectora
- Válvula check
- Actuadores
- Filtros





# Fundamentación teórica

## Componentes de un sistema hidráulico

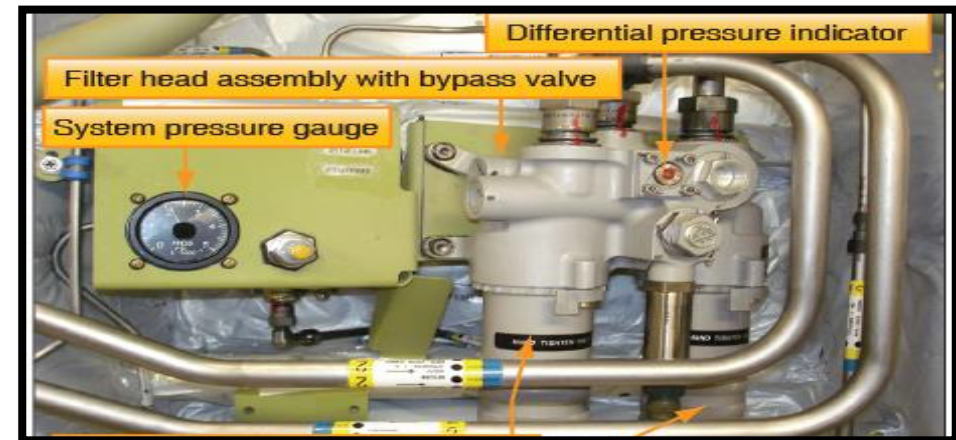
### Reservorio

- Lugar de almacenamiento del fluido.



### Filtros

- Dispositivos de filtración que tienen como fin principal en su sistema remover las impurezas, materiales extraños o contaminación de sustancias.



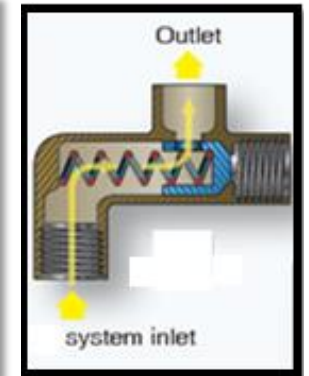
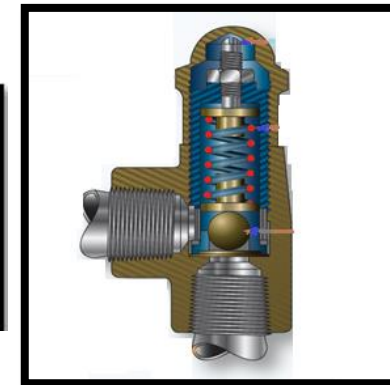
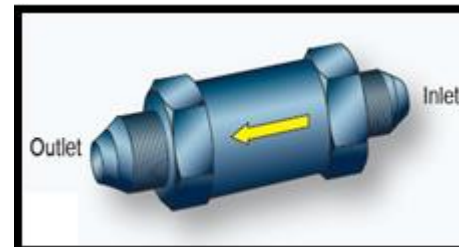
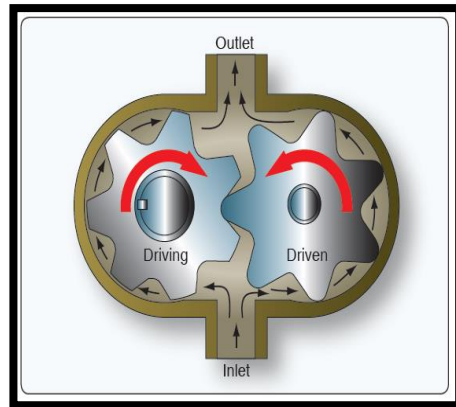
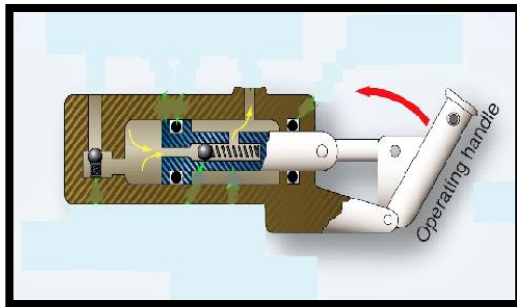


# Fundamentación teórica

## Componentes de un sistema hidráulico

### Bombas

- Bombas manuales
- Bombas de motor



### Válvulas

- Válvulas de control de flujo
- Válvulas de control de presión
- Válvulas de doble efecto

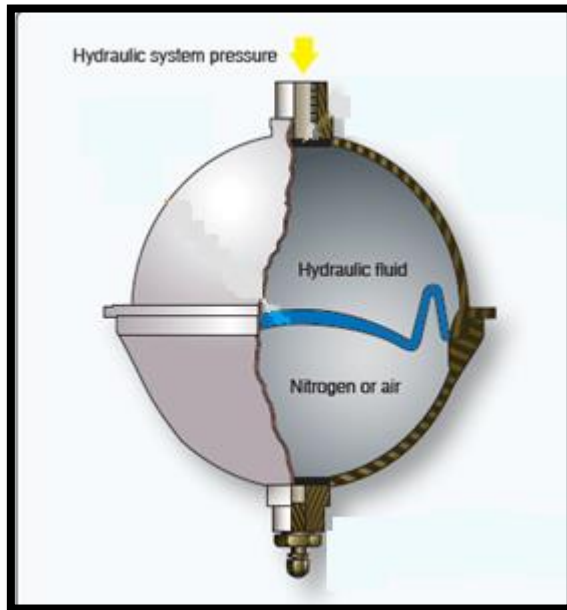


# Fundamentación teórica

## Componentes de un sistema hidráulico

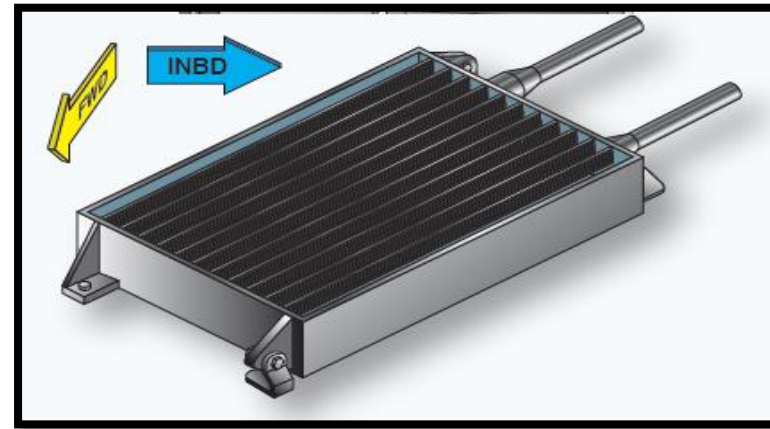
### Acumuladores

- Esfera de acero dividida en dos secciones o cámaras dentro de ella.



### Intercambiadores de calor

- Es usado como una manera muy eficiente para enfriar el fluido.

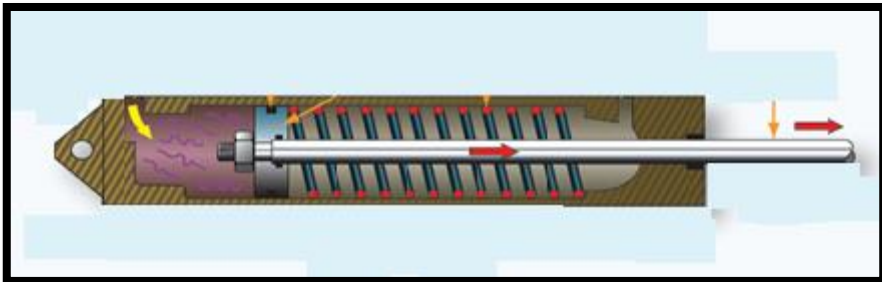


# Fundamentación teórica

## Componentes de un sistema hidráulico

### Actuadores

- Componentes que pueden transformar la energía que se encuentra en forma de fluido presurizado a una forma mecánica.



### Selladores

- Controlan el paso del fluido.



# Fundamentación teórica

## Sistema hidráulico de una aeronave categoría transporte (Boeing 737-500)

### Introducción

- Está conformado por tres sistemas separados e independientes que proporcionan la energía o potencia para el movimiento de los controles de vuelo de la aeronave, el tren de aterrizaje, y su sistema de empuje de reversa (thrust reverse).
- Estos tres sistemas hidráulicos son: A, B, y Standby, principalmente, los sistemas A y B son los que trabajan a tiempo completo en un vuelo.
- El sistema standby entra en funcionamiento específicamente solo cuando se requiera de una alta demanda de fluido.
- Tanto el sistema A y B cuentan con una bomba de motor (EDP) y una bomba de motor eléctrica (EMDP) cada uno de ellos. En cambio, el sistema Standby solo cuenta con una bomba de motor eléctrica. (EMDP).

Sistema A

Sistema Standby

Sistema B



# Fundamentación teórica

## Sistema A

- Trenes de aterrizaje
- Dirección de la rueda de nariz
- El empuje de reversa izquierda (thrust reverse)
- Alerones
- Elevadores
- Rudder
- Spoilers de vuelo 3 y 6
- Spoilers de tierra
- Frenos alternos
- Unidad de Transferencia de Poder (PTU)

## Sistema Standby

- Operación alternativa para el Rudder
- Extensión de los Flaps y Slats del borde de ataque del ala
- Los dos sistemas de empuje de reversa izquierdo y derecho

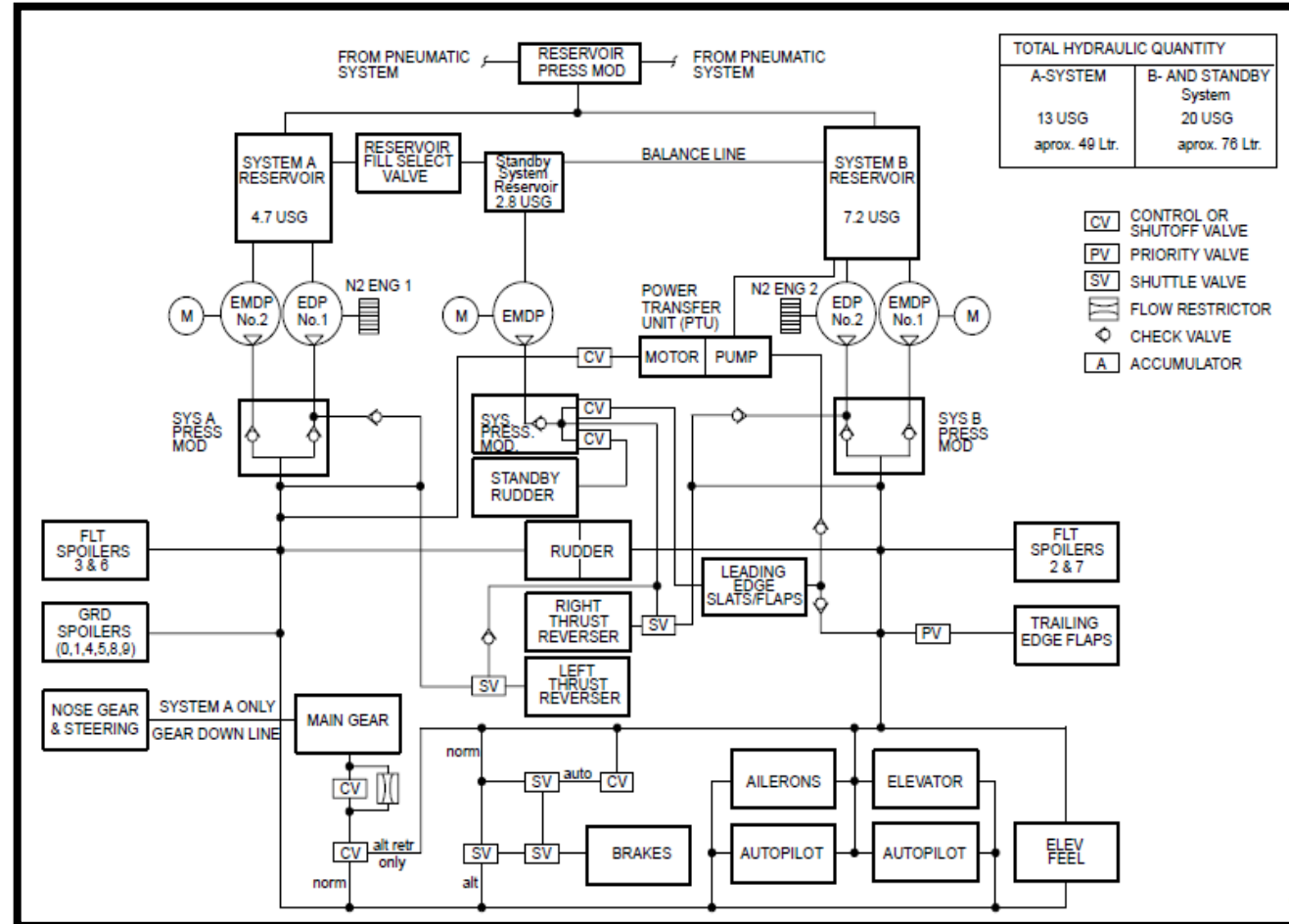
## Sistema B

- Los frenos de las ruedas principales
- El empuje de reversa derecho
- Alerones
- Elevadores
- Rudder
- Spoilers de vuelo 2 y 7
- Flaps del borde de salida del ala
- Flaps y Slats del borde de ataque del ala
- Retracción alternativa de los trenes de aterrizaje
- Dirección alternativa de la rueda de nariz



# Fundamentación teórica

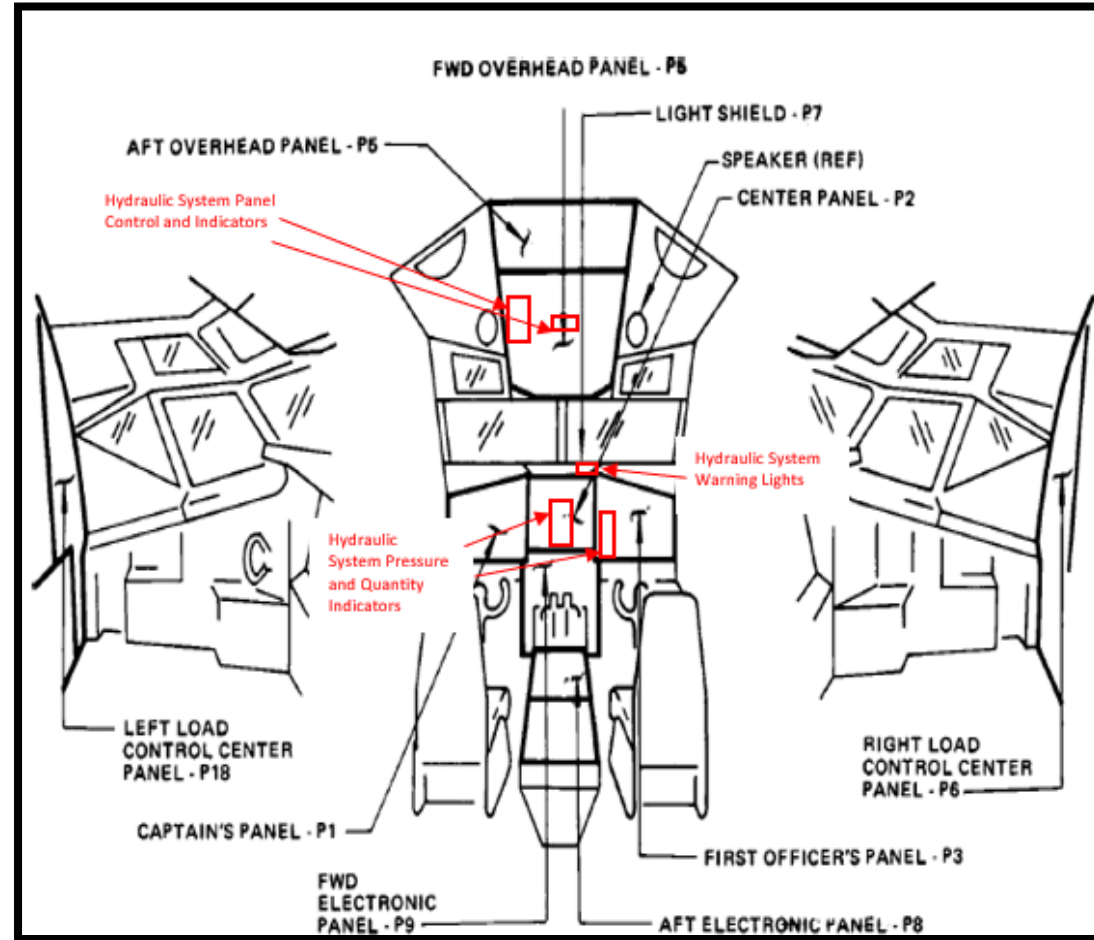
Distribución del sistema  
hidráulico  
B737 – 500





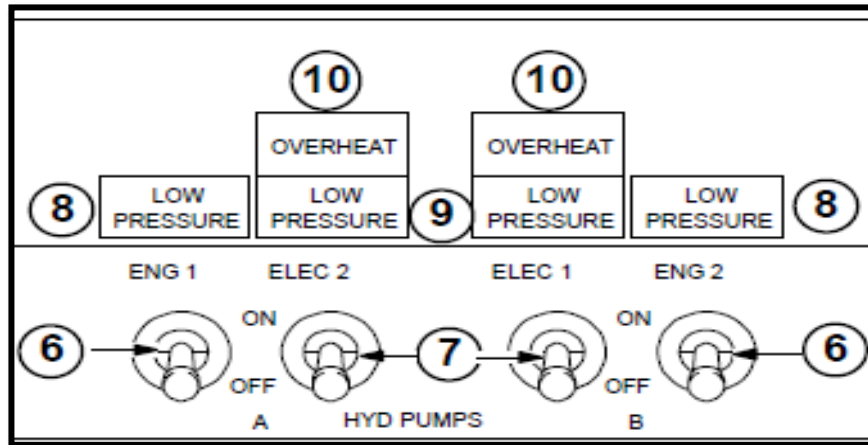
# Fundamentación teórica

Paneles de control del sistema hidráulico  
B737 – 500

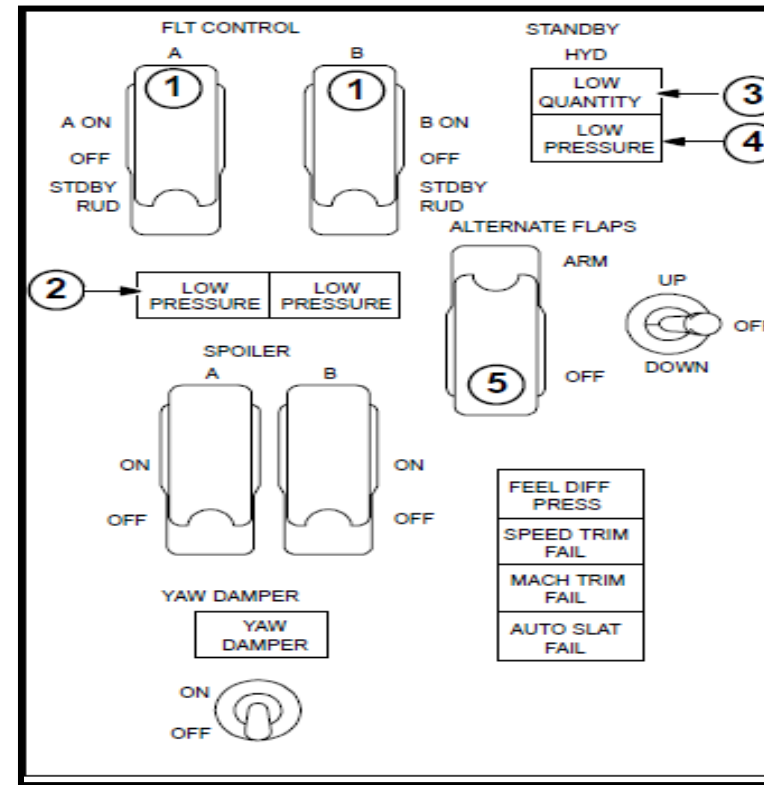


# Fundamentación teórica

## Hydraulic control panel

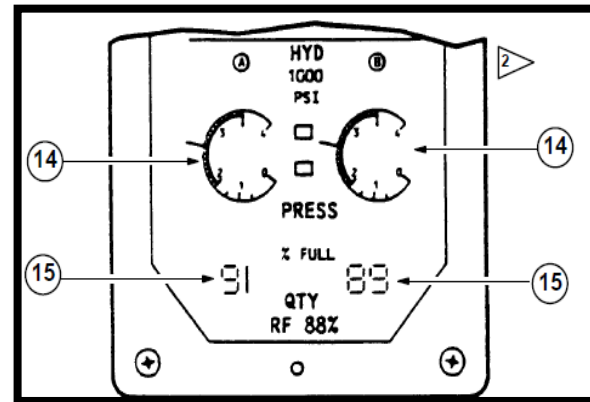
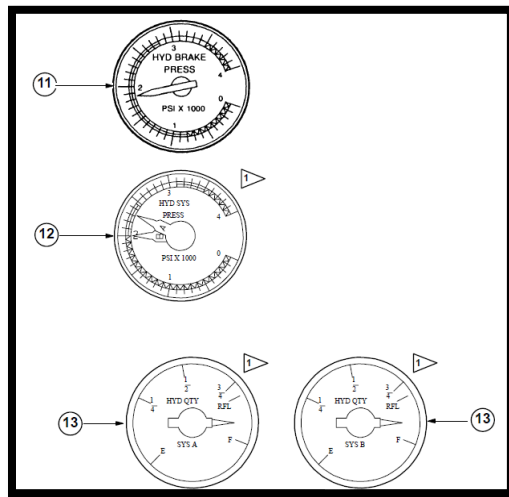


## Flight control panel

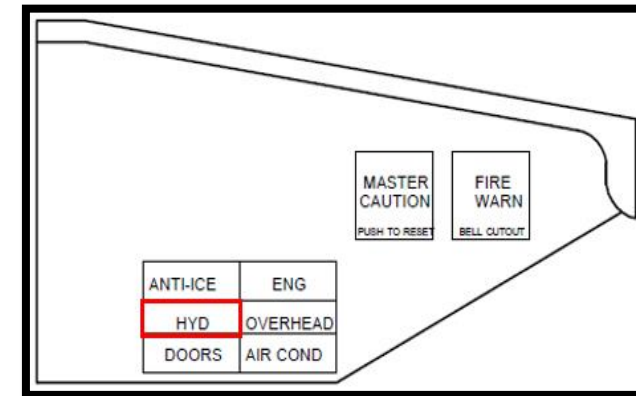


# Fundamentación teórica

## Indicadores de cantidad y presión hidráulica



## Luces de advertencia del sistema hidráulico (Right light Shield Panel)



# Fundamentación teórica

## Simuladores de Vuelo

- Un simulador de aeronave hace referencia a un modelo o réplica exacta de la cabina de vuelo de una aeronave o serie. Cuenta con su propio sistema de movimiento de tres ángulos libres.
- Los niveles de calificación determinados dentro de simuladores de aeronaves son: Nivel A, B, C, D.
- Un FSTD (dispositivo de entrenamiento y simulación de vuelo) es una réplica a escala de la cabina de vuelo de una aeronave. Este tipo de dispositivo de entrenamiento y simulación no requiere de ningún tipo de fuerza o movimiento que acompañe su desempeño.
- Los niveles de calificación determinados dentro de los FSTD son: Nivel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.





# Desarrollo del tema

Traslado de la cabina de vuelo Boeing 737  
– 500 al nuevo campus de la Universidad



Proceso estructural:  
Reparaciones estructurales



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

# Desarrollo del tema

Proceso estructural:  
Decapado



Proceso estructural:  
Preparación previa al proceso  
de pintura



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



# Desarrollo del tema

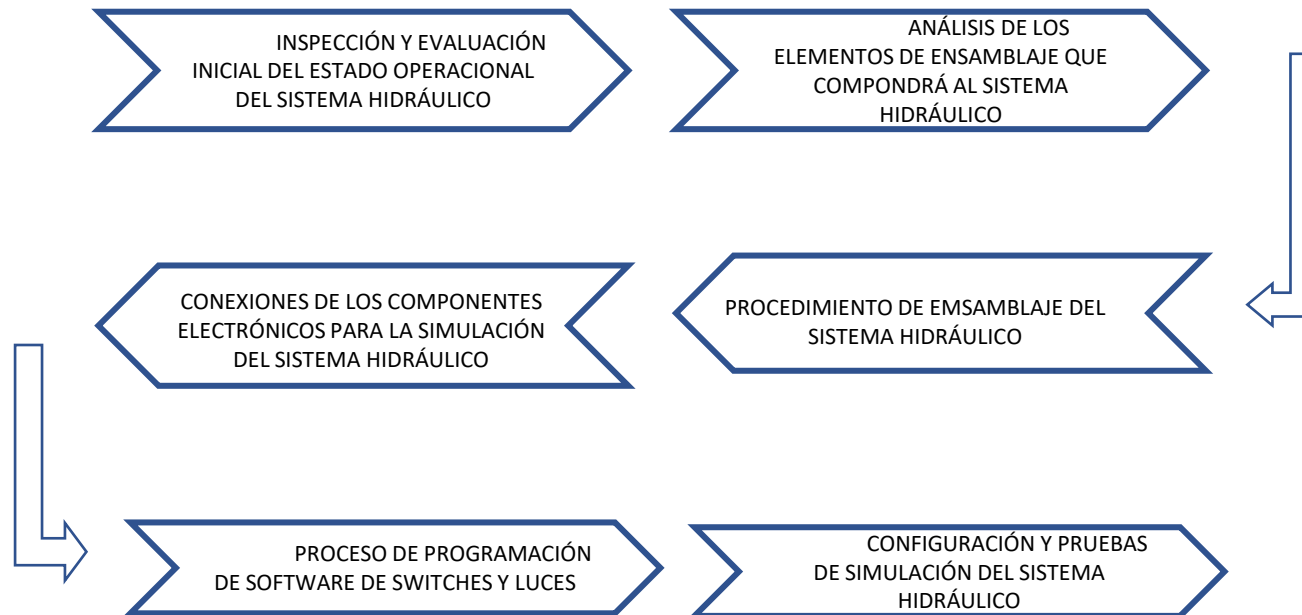
Proceso estructural:  
Procedimiento final de pintura



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

# Desarrollo del tema

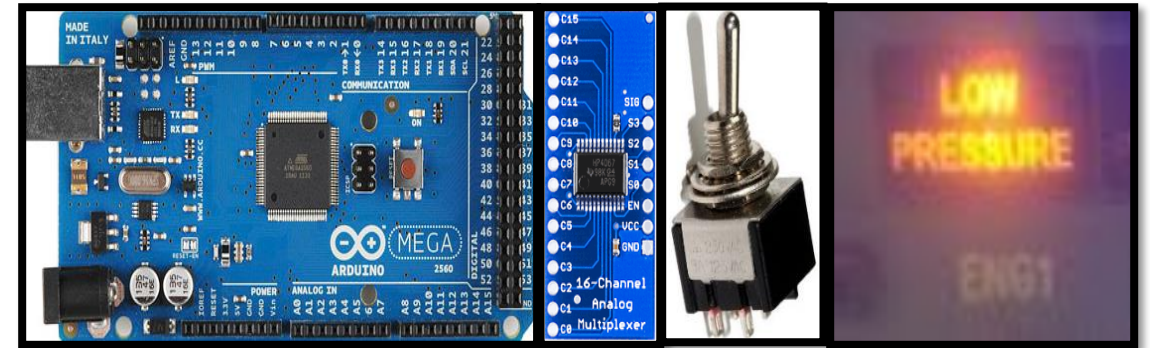
## Proceso de reacondicionamiento interno de la cabina de vuelo Boeing 737 - 500



# Desarrollo del tema

Inspección y evaluación inicial del estado operacional del sistema hidráulico

Análisis de los elementos de ensamblaje que compondrán al sistema hidráulico





# Desarrollo del tema

Procedimiento de ensamblaje del sistema hidráulico

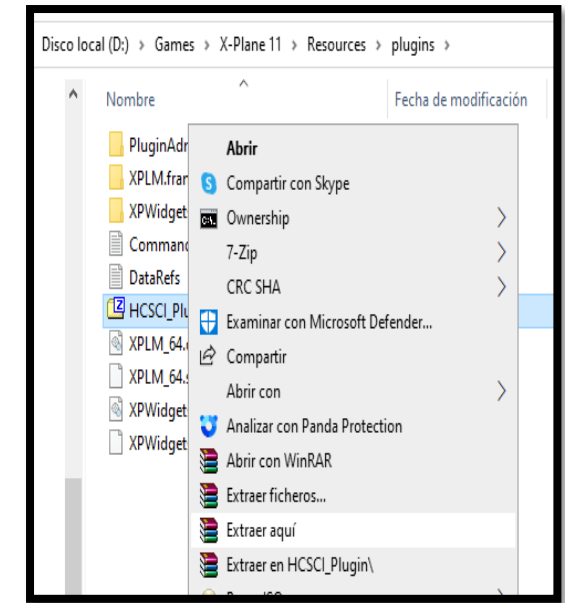
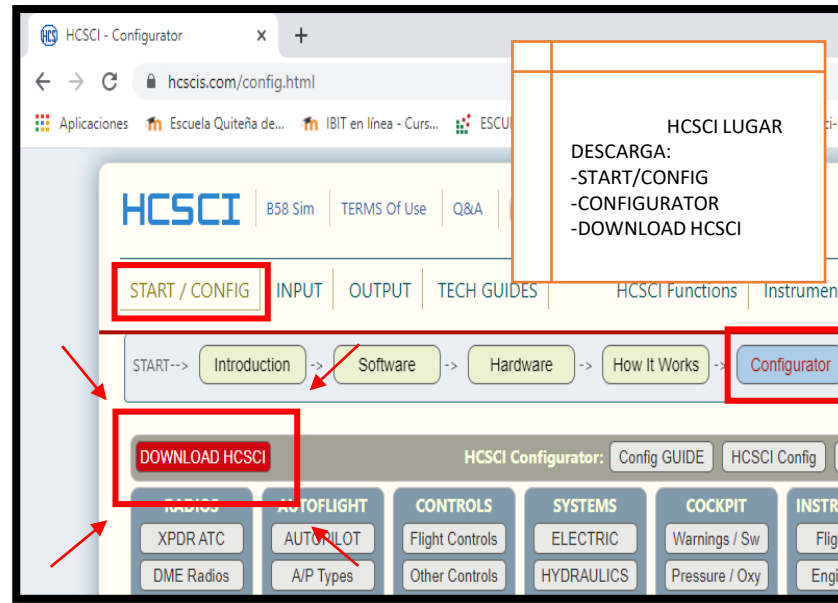
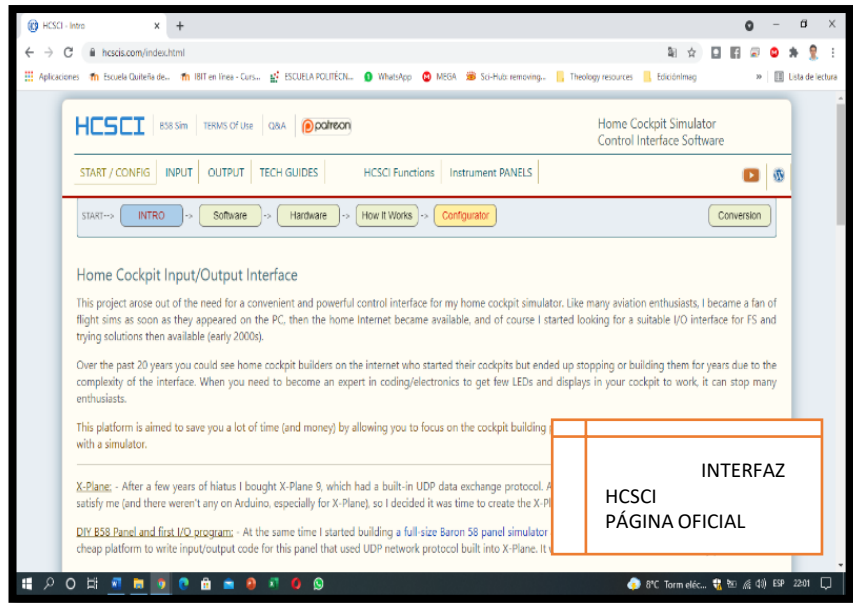
Conexiones de los componentes electrónicos para la simulación del sistema hidráulico



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

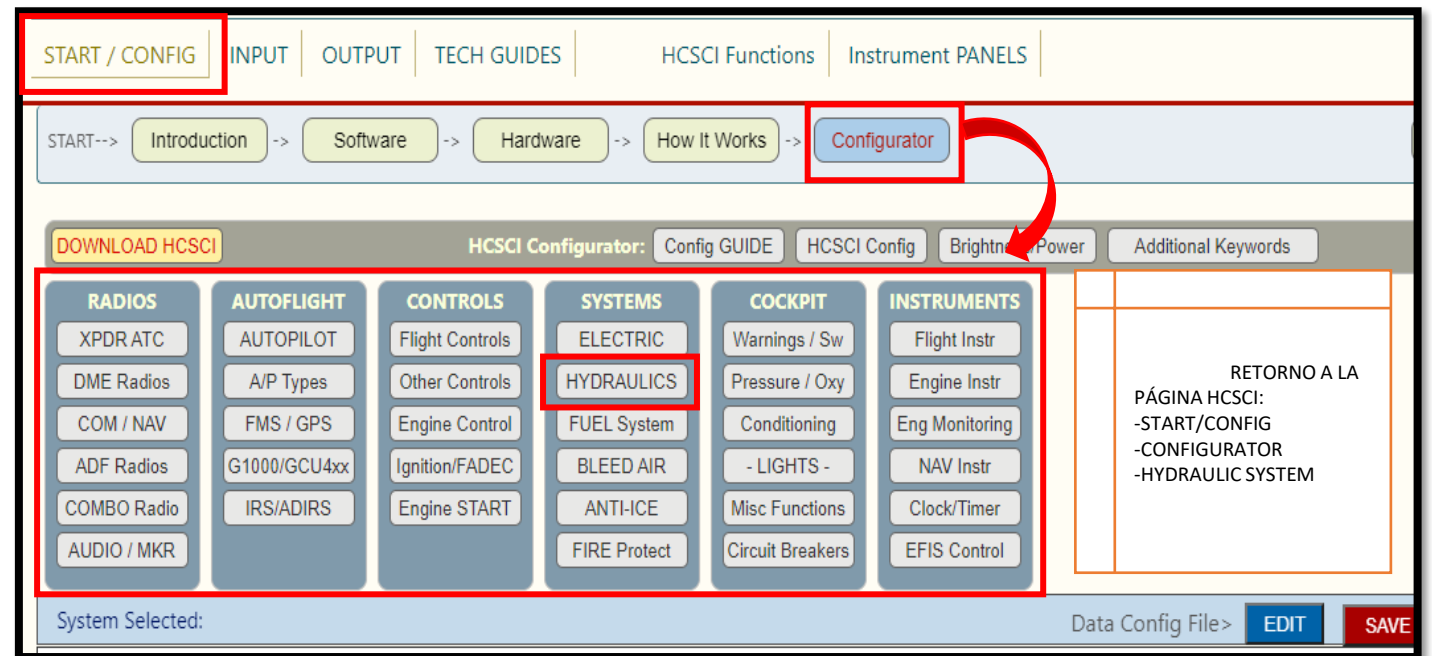
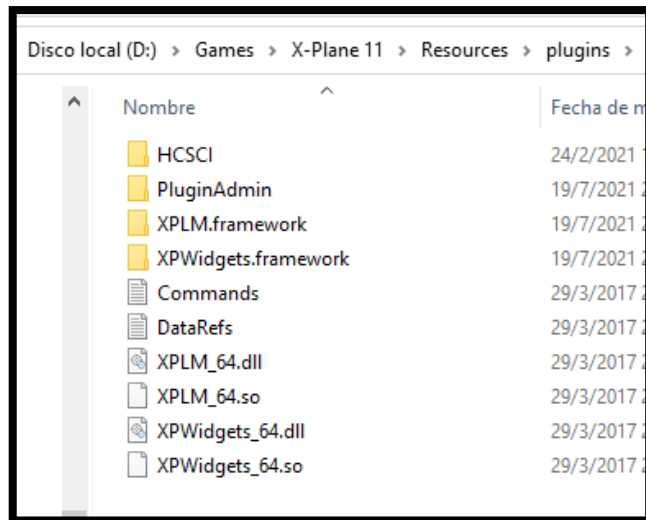
# Desarrollo del tema

## Proceso de programación y configuración de software de switches y luces



# Desarrollo del tema

Proceso de programación y configuración de software de switches y luces





# Desarrollo del tema

## Proceso de programación y configuración de software de switches y luces

SELECCIONAR SWITCH DE ACCIONAMIENTO O LUZ INDICADORA DEL PANEL DEL SISTEMA PARA INICIAR CON SU PROGRAMACIÓN Y ABRIR PESTAÑA DE PLACA DE ARDUINO MEGA (I-> SÍMBOLO VERDE<-I)

Each separate system always has one main engine-driven pump for normal power, and electrical backup pump for supplementary power. Also, additional hydraulic system may be used for RAT driven backup pump.



So the main components that can be controlled from the cockpit are: Engine driven and electrical backup pump (which can be turned OFF), all system parameters can be monitored as indicators.

NOTE: the [FAULT] annunciators can be named as [LOW PRESSURE].

*Additional Options:*

The hydraulic pressure and fluid quantity indicators, low quantity and elec pump overheat...



SELECCIONAR EL MISMO PIN ASIGNADO (#50) PARA DICHO SWITCH DENTRO DE LAS CONEXIONES DE HARDWARE EN LA PLACA DE ARDUINO MEGA, APLICAR UN CLICK SOBRE EL MISMO PIN DE ENTRADA SELECCIONADO (#50) Y ABRIR EL MULTIPLEXOR DE ASIGNADO EN DICHO PIN PARA SU CORRESPONDIENTE PROGRAMACIÓN

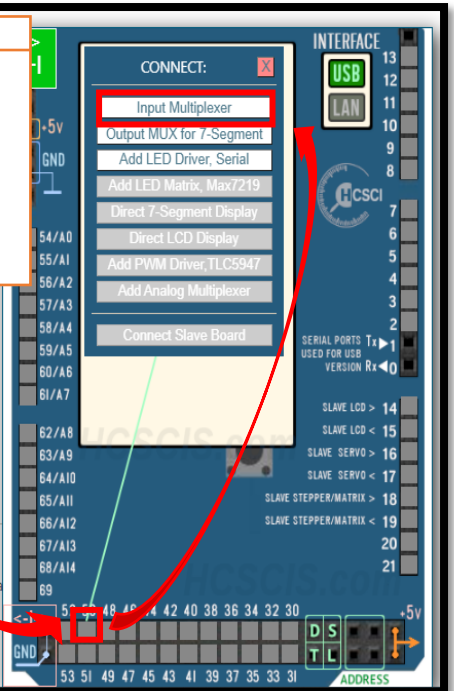


So the main components that can be controlled from the cockpit are: Engine driven and electrical backup pump (which can be turned OFF), all system parameters can be monitored as indicators.

NOTE: the [FAULT] annunciators can be named as [LOW PRESSURE].

*Additional Options:*

The hydraulic pressure and fluid quantity indicators, low quantity and elec pump overheat...



# Desarrollo del tema

## Proceso de programación y configuración de software de switches y luces

DENTRO DEL MULTIPLEXOR ASIGNADO EN EL PIN SELECCIONADO (#50) SE DA UN CLICK SOBRE EL SWITCH QUE SE DESEA PROGRAMAR SU ACCIONAMIENTO Y SE VUELVE A DAR UN CLICK AHORA EN EL CAMPO DESPLEGADO DEL MULTIPLEXOR CON NÚMEROS DEL 0 AL 15 Y SELECCINAR EL MISMO NÚMERO DE ENTRADA CON EL QUE HA SIDO ASIGANADO EN SUS CONEXIONES DE HARDWARE PARA QUE CUMPLA EL ACCIONAMIENTO CORRESPONDIENTE A DICHO SWITCH

X	Input MUX #50	Delete
0		
1	Hyd_2_EPump	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

So the main components that can be controlled from the cockpit are: Engine driven and but can be turned OFF, all system parameters can be monitored as indicators.

NOTE: the [FAULT] annunciators can be named as [LOW PRESSURE].

*Additional Options:*

The hydraulic pressure and fluid quantity indicators, low quantity and elec pump overhe

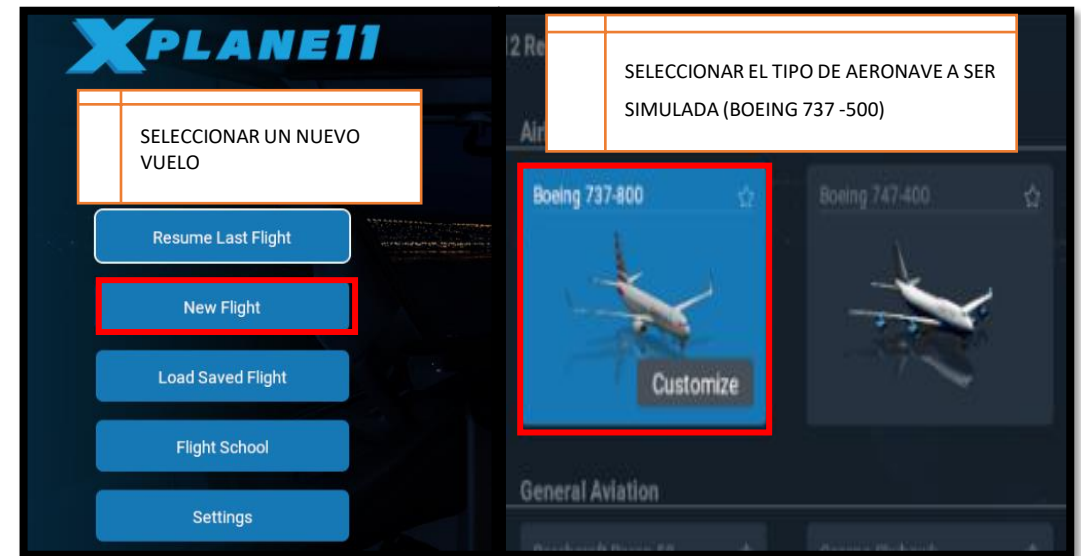
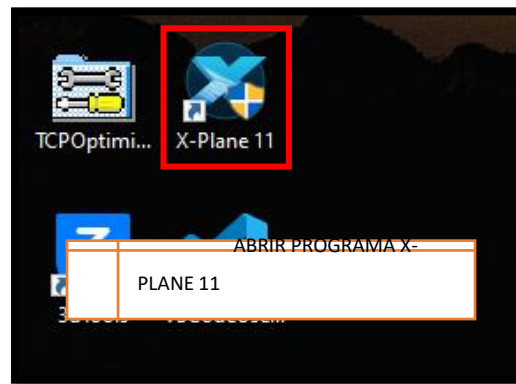
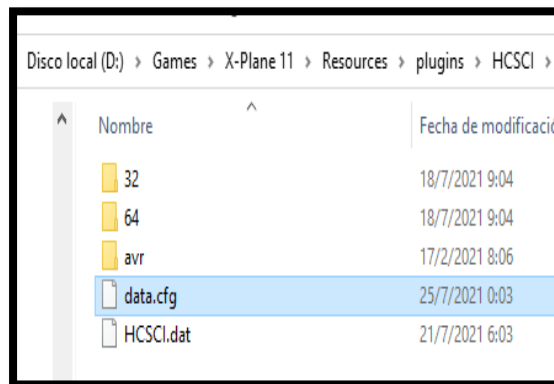
0	
1	Hyd_2_EPump
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

GUARDAR Y DESCARGAR EL DATA QUE LLEVARÁ LA CONFIGURACIÓN DE PROGRAMACIÓN QUE HA SIDO ASIGNADA PARA EL SISTEMA



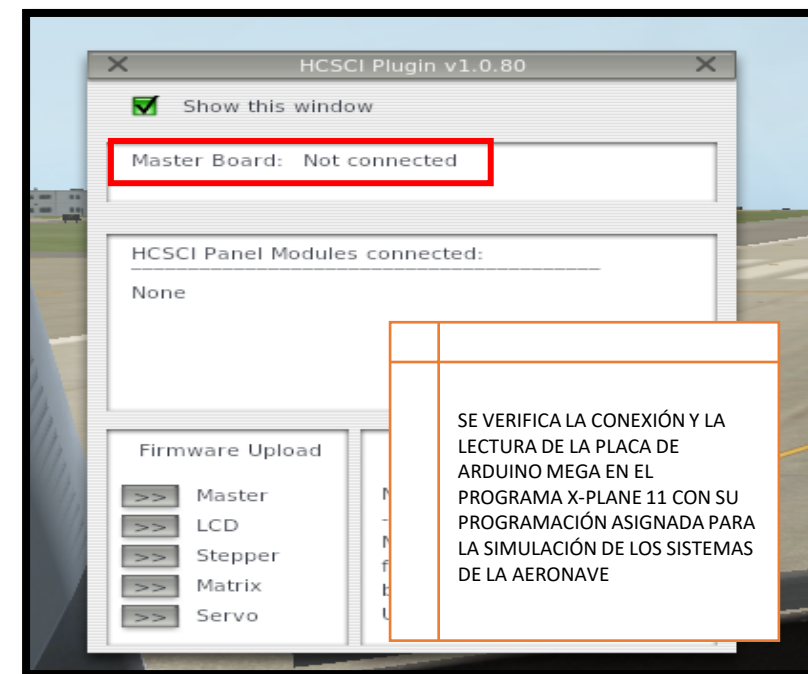
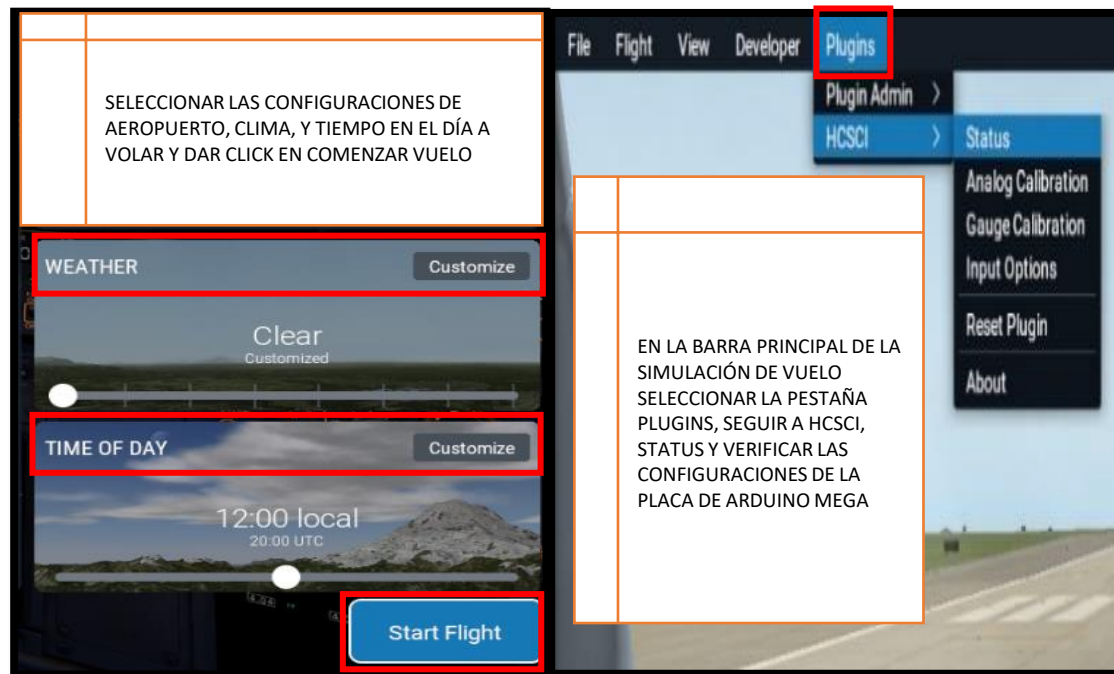
# Desarrollo del tema

Proceso de programación y configuración de software de switches y luces



# Desarrollo del tema

## Proceso de programación y configuración de software de switches y luces





# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

Sistema A y B



HYDRAULIC		
	A	B
QTY %	84	84
PRESS	2840	2810



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

# Desarrollo del tema

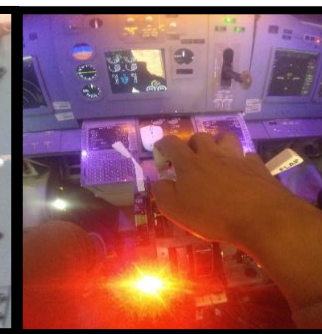
Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29





# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

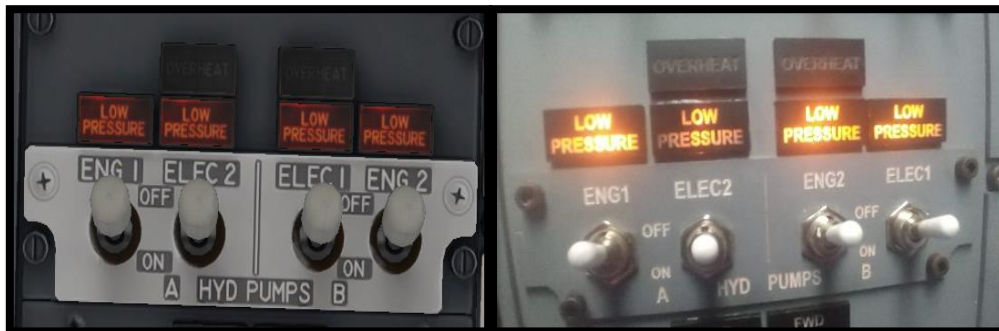


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

HYDRAULIC		
	A	B
QTY %	84	84
PRESS	2840	2810



# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

Sistema Standby



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



# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29



# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29





# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

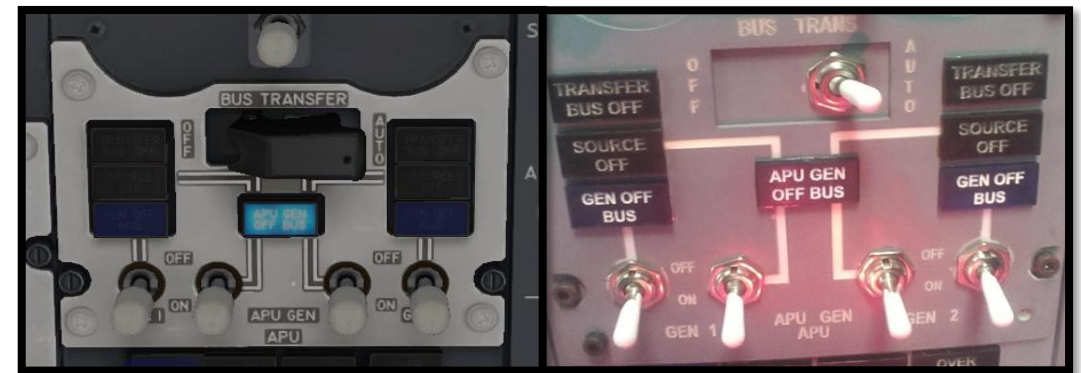


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

Bombas de motor eléctrico de sistemas A y B



# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

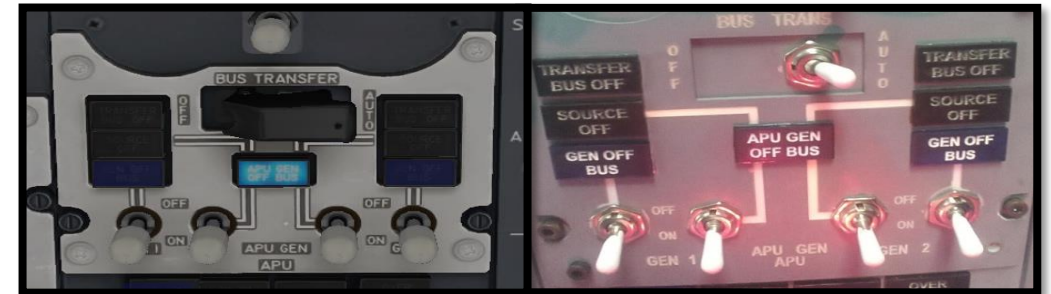




# Desarrollo del tema

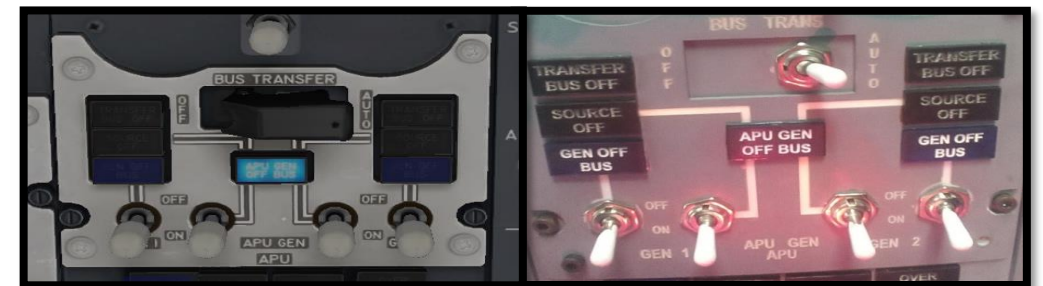
Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29

HYDRAULIC		
	A	B
QTY %	84	84
PRESS	2840	2810



# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29





# Desarrollo del tema

Chequeo operacional al sistema hidráulico del simulador de vuelo Boeing 737-500 según su manual de mantenimiento ATA 29



# Conclusiones

- La información técnica y académica recopilada para desarrollar un chequeo operacional en el sistema hidráulico A, B, y Standby se seleccionó del manual de mantenimiento de la aeronave Boeing 737-500 - ATA 29 Sistema Hidráulico - Bloque de página (1-99) Descripción y Operación, manual de entrenamiento Lufthansa and LAN 2005 – Sistema Hidráulico, y libros de estudio publicados por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos de América.
- La inspección realizada al simulador de vuelo Boeing 737-500 permitió determinar los parámetros regulatorios del estado y desempeño de un sistema hidráulico acorde a lo establecido por su manual de mantenimiento en las que cumpla con características tales como: switches de tres posiciones de accionamiento para bombas de motor y bombas de motor eléctricas de sus sistemas A, B, y Standby, luces visuales indicadoras de baja presión y baja cantidad para las advertencias del mismo, entre otras.
- Se realizó un chequeo operacional en el simulador de vuelo de la aeronave Boeing 737-500 acorde al manual de mantenimiento ATA 29 – Sistema Hidráulico – Bloque de página (501-599) Ajuste y Prueba, se desarrolla este chequeo operacional avalando el estado y funcionamiento de operación de la simulación de este sistema, que cumpla con parámetros regulatorios acorde a estándares técnicos establecidos.



# Recomendaciones

- Dentro del armado para la simulación del modelo de aeronave Boeing 737 – 500, es importante tomar en cuenta la calidad del acabado de micro soldadura necesaria en los puntos de uniones de los circuitos eléctricos tanto para los cables de conexiones a tierra como para los cables de conexiones a positivos dirigidos a placa de arduino mega o a multiplexores.
- Es importante tomar en cuenta dentro del ensamblaje de la estructura de cabina de simulación de vuelo, las correctas dimensiones para cada uno de sus paneles acorde a su modelo de aeronave que está siendo simulado y con esas referencias ensamblar el interior de su cabina dando las mismas impresiones de mandos y configuraciones internas que las de la aeronave real de su modelo de simulación.
- También dentro de la programación de los sistemas de la aeronave mediante su interfaz de HCSCI y una vez que ha sido descargada su data de configuración y programación de accionamientos y de luces indicadoras de los sistemas, se recomienda realizar una copia de respaldo de este data en el ordenador.



**Muchas Gracias.**



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