



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

**Monografía: Previo a la Obtención del Título de
Tecnólogo en: Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Autor: Moreira Rodríguez, Xavier Iván
director: Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián**

**Latacunga
2021**





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Chequeo operacional del sistema de comunicación y navegación mediante el uso del manual de mantenimiento ATA 23 y ATA 34, en el simulador de vuelo Boeing 737-800 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”



Objetivos

Objetivo General

- Realizar el chequeo operacional de los sistemas de comunicación y navegación que se encuentran en el simulador de vuelo Boeing 737-800 para comprobar su funcionamiento mediante la utilización de los procedimientos recomendados por el Manual de mantenimiento para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.



Objetivos

Objetivos Específicos

- Analizar la información recibida y transmitida desde los sistemas de comunicación y navegación.
- Realizar pruebas cualitativas en los sistemas para comprobar que se encuentren funcionando de manera adecuada.
- Ejecutar los procedimientos que se indica en los manuales para la comprobación de estos sistemas.



Resumen

El presente documento contiene información acerca de los simuladores de vuelo y la elaboración de estos mediante la utilización de nuevas tecnologías para el desarrollo académico tanto en el ámbito civil como militar, buscando que los estudiantes se desenvuelvan con mayor facilidad en la adquisición de conocimientos en las aeronaves sin necesidad de disponer de una.



SIMULADOR DE VUELO

- Los simuladores de vuelo o también conocidos como dispositivos para entrenamiento de vuelo son utilizados generalmente para el entrenamiento de pilotos ya sea para aeronaves ligeras o de gran envergadura en el ámbito civil como también lo puede ser para el ámbito militar. De los simuladores de vuelo hay de distintos tipos por lo que se los categoriza de tres formas según la FAA (Federal Aviation Administration):
 - **Simuladores de vuelo completo (FFS)**
 - **Dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD)**
 - **Dispositivos de formación de la aviación (ATD):**



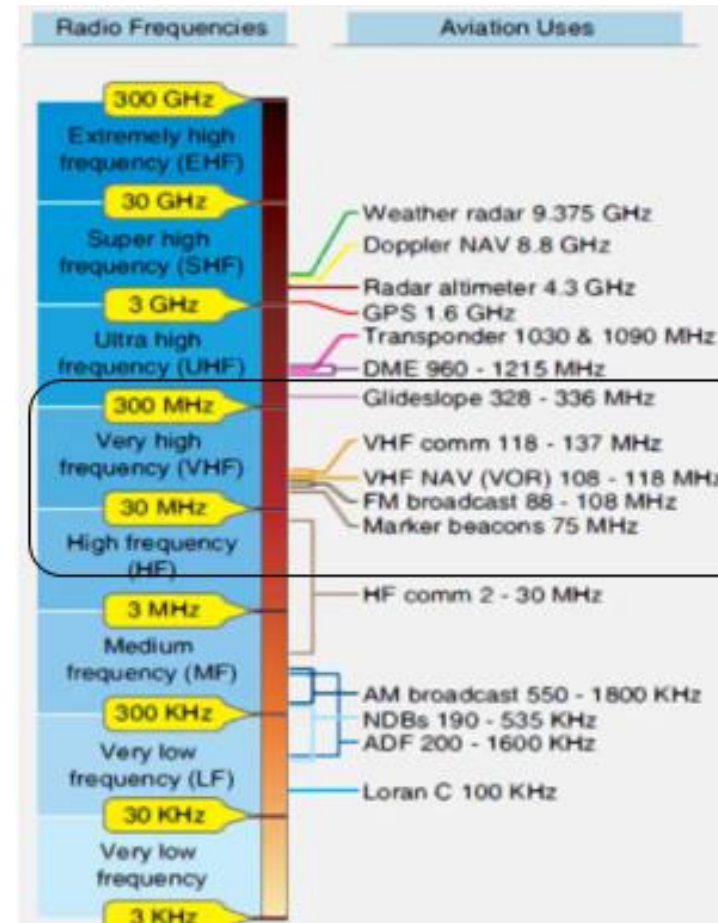
AERONAVE BOEING 737

La aeronave Boeing 737 es un avión a reacción de pasajeros fabricado por la compañía estadounidense Boeing Commercial Airplanes y la más vendida de la historia. La versión 737 se desarrolló a partir de 1964 esta derivada a las versiones 707 y 727, de menor costo, tamaño y es bimotores. La aeronave Boeing 737 realizó el primer vuelo en 1967 desde entonces ha sido fabricada continuamente y entró en servicio el 7 de Febrero de 1968 con la aerolínea alemana Lufthansa. (EnEIAire, 2019)



Frecuencias HF y VHF

- Las frecuencias utilizadas por los equipos tanto de comunicación como navegación en aviación son VHF (Very High Frequency) la cual opera en un rango de frecuencia que va desde los 30MHz hasta los 300MHz o HF (High Frequency) la cual ocupa un rango de frecuencia menor que la anterior y va desde los 3MHz hasta los 30MHz.



Frecuencia HF

Es la banda de frecuencia cuya transmisión es reflejada en la ionosfera donde los fenómenos de la ionosfera se refractan en ondas de radio de alta frecuencia y media frecuencia lo que permite utilizarlas en este rango. También en la banda base para realizar comunicación. En condiciones óptimas esta banda permite realizar comunicación con cobertura mundial mientras que en condiciones desfavorables solo hay propagación por ondas de superficie. En esta banda hay sub-bandas que son:

- Bandas altas o diurnas
- Bandas bajas o nocturnas
- Bandas intermedias



Las frecuencias VHF pertenecen a la banda del espectro electromagnético que ocupa un rango de frecuencia que va desde los 30MHz hasta los 300 MHz. Para las comunicaciones aeronáuticas a corta distancia entre los controladores de tránsito aéreo ubicados en los aeropuertos y las aeronaves usan la banda que va desde los 118 y 137 MHz con las siguientes excepciones:

- 121.50 MHz: Utilización mundial para emergencia.
- 123.10 MHz: Para auxiliar SAR (Gestión de operaciones de búsqueda y salvamento)
- 123.45 MHz: Utilización mundial para comunicación aire-aire

Mientras que las frecuencias VHF utilizadas por las estaciones VOR y el ILS instaladas según el plan CAR/SAM va en el rango de los 108.00 MHz a 117.90MHz. (ICAO, 2012)



Frecuencias ILS y VOR

Los sistemas de navegación VOR y el sistema de navegación por instrumentos (ILS) operan en un rango de frecuencia similar aunque ambos sistemas son totalmente independiente y tienen un principio de trabajo totalmente diferente, a pesar de compartir un receptor similar.

- Las frecuencias ILS se asignan cada dos incrementos de 0.05 MHz de la siguiente forma: 109.10MHz – 109.15MHz, luego pasa a 130.00 MHz- 109.35 MHz y de esta manera sucesivamente.
- Las frecuencias VOR se asignan por un incremento de 0.20MHz de la siguiente forma: 109.00MHz – 109.20MHz – 109.40 MHz y de esta manera sucesivamente.

Frecuencias ILS	Frecuencias VOR
	109.00MHZ
109.10MHz	
109.05MHZ	
	109.20MHZ
109.30MHZ	
109.35MHZ	
	109.40HZ
109.50MHZ	
109.55MHZ	
	109.60MHZ
109.70MHZ	
109.75MHZ	
	109.80MHZ
109.90MHZ	
109.95MHZ	



ANTENAS

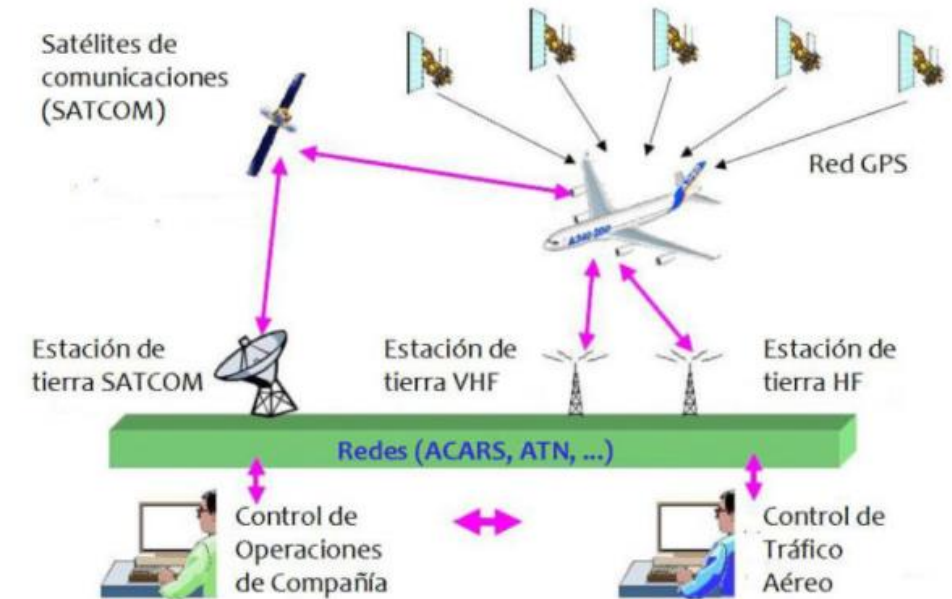
Las antenas en una aeronave realizan una gran cantidad de funciones que van desde transmitir audios desde el avión a la torre de control o a otras aeronaves hasta transmitir su ubicación mediante la red GPS. Las antenas que podemos encontrar en una aeronave son:

- LAN/TWLU: Terminal de red local inalámbrica(LAN)
- ATC/TCAS: Control de tráfico aéreo/Sistema de tráfico y anticollisión.
- DME: Equipo medidor de distancia
- RA: Radio altímetro
- GPS: Sistema de posicionamiento global
- ADF: Localizador automático de direcciones
- HF: Radio de alta frecuencia
- VOR: Radar de rango omni-direccional
- VHF: Radio de muy alta frecuencia
- GPWS: Sistema de alerta de aproximación



Sistemas de comunicación

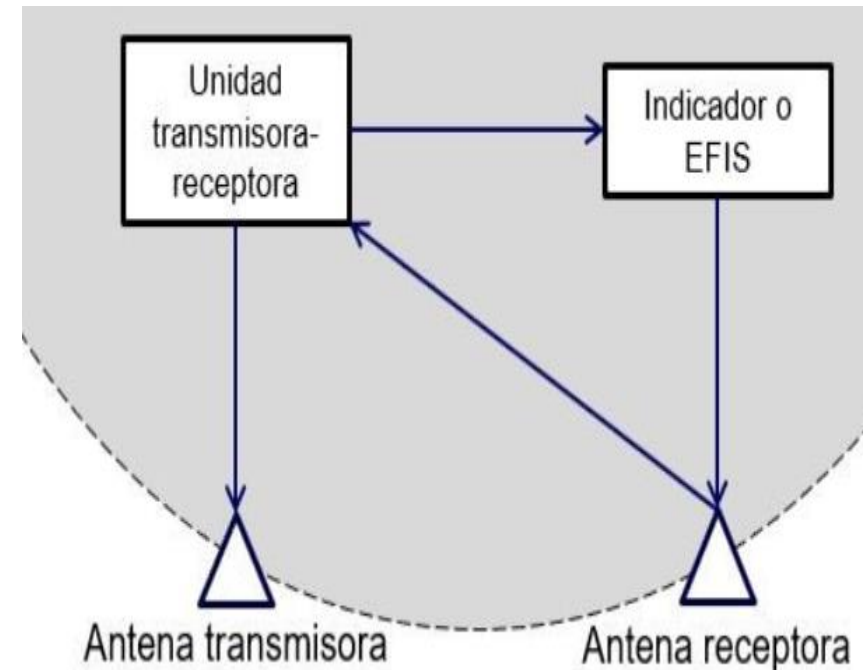
Los sistemas de comunicación permiten proporcionar información de vuelo de la aeronave y una navegación precisa durante el vuelo desde su despegue hasta el aterrizaje en su destino. Las aeronaves Boeing poseen sistemas para una correcta comunicación con todos los medios de recepción y transmisión aérea como lo pueden ser la torre de control de tráfico aéreo, el control de operaciones de la compañía donde pertenece la aeronave, entre otros.



Sistemas de Navegación

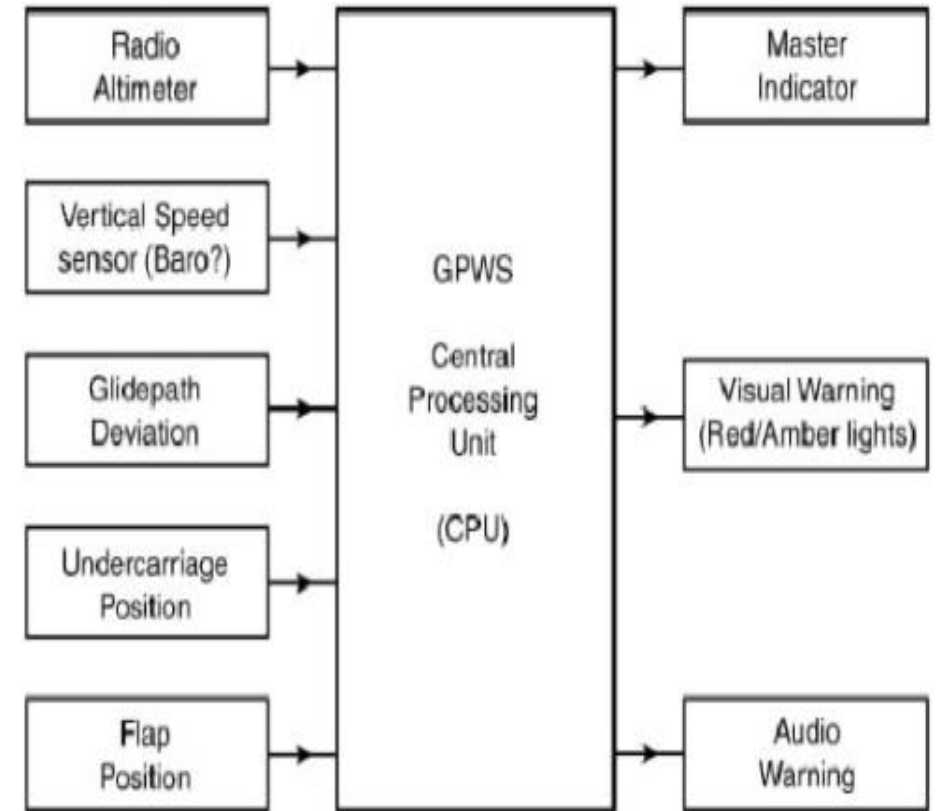
Los sistemas de aviónica para navegación componen un enorme conjunto de componentes tecnológicos muy diversos que se podrían clasificar según el grado de autonomía respecto a una estación en tierra. Como lo pueden ser:

- Radio altímetro
- GPWS
- EGPWS
- ILS



Sistemas GPWS

Los sistemas de aproximación al suelo tienen como función prevenir accidentes ya que estos fueron elaborados en los años 60 por la gran cantidad de colisiones que habían en las aeronaves al chocar con el terreno estos sistemas se conocen como GPWS y su mejora EGPWS, los cuales se encarga de enviar un aviso al piloto en caso de que exista algún peligro de colisión contra el suelo por parte de la aeronave y esto a su vez permite que el avión pueda volar cerca del suelo, por lo tanto llevar así aterrizajes más precisos y seguros.



Sistemas IRS

El sistema de referencial inercial es parte del sistema de navegación inercial el cual está compuesto a su vez por varios componentes el sistema de posicionamiento global (GPS), el sistema de referencia inercial de datos aéreos (ADIRS), los sistemas de radionavegación ADF, DME, ILS, balizas de señalización y VOR; el transpondedor y el radar meteorológico.



Software HCSCI

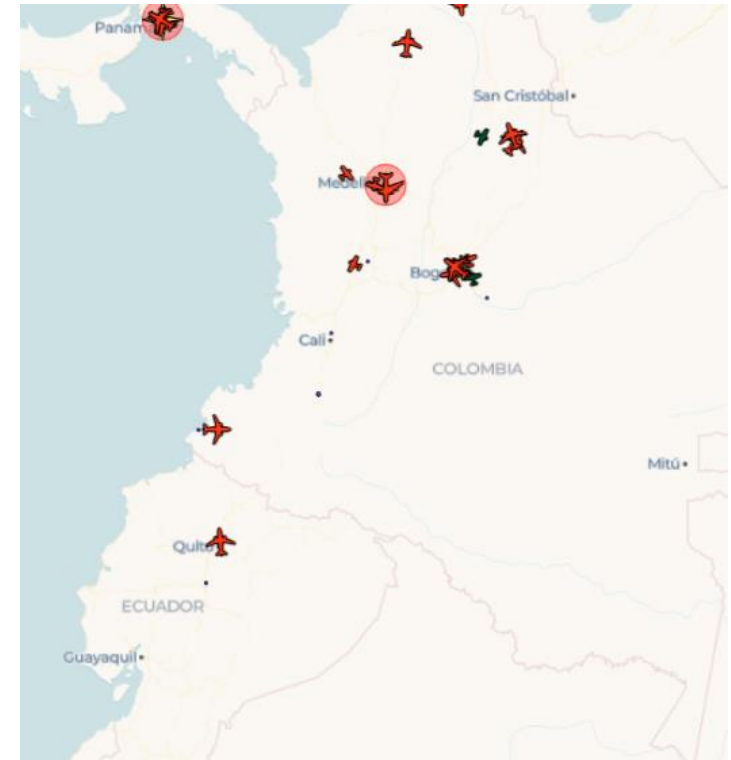
El software de interfaz de control de cabina casero o HCSCI por sus siglas en ingles es un software que se encuentra en constante actualización y permite la utilización de una interfaz muy amigable para el usuario para vincular los distintos componentes electrónicos y mecánicos de una cabina de aeronave al software de simulador de vuelo tomando en cuenta que este solo se puede realizar con el software X-Plane cuyo propósito programar directamente los distintos dispositivo de entradas y salidas como swtichs o leds de una manera más sencilla.

The screenshot displays the HCSCI website interface. At the top, there is a navigation bar with the HCSCI logo, links for 'B58 Sim', 'TERMS Of Use', 'Q&A', and a 'patreon' logo. The main header includes 'Home Cockpit Simulator Control Interface Software'. Below this is a secondary navigation bar with 'START / CONFIG', 'INPUT', 'OUTPUT', 'TECH GUIDES', 'HCSCI Functions', and 'Instrument PANELS'. A breadcrumb trail shows 'START--> Introduction -> Software -> Hardware -> How It Works -> Configurator', with 'Configurator' highlighted. A 'Conversion' button is also present. The main content area features a 'DOWNLOAD HCSCI' button and a 'HCSCI Configurator' section with tabs for 'Config GUIDE', 'HCSCI Config', 'Brightness/Power', and 'Additional Keywords'. The configurator is organized into several columns of buttons: 'RADIOS' (XPDR ATC, DME Radios, COM / NAV, ADF Radios, COMBO Radio, AUDIO / MKR), 'AUTOPILOT' (AUTOPILOT, A/P Types, FMS / GPS, G1000/GCU4xx, IRS/ADIRS), 'CONTROLS' (Flight Controls, Other Controls, Engine Control, Ignition/FADEC, Engine START), 'SYSTEMS' (ELECTRIC, HYDRAULICS, FUEL System, BLEED AIR, ANTI-ICE, FIRE Protect), 'COCKPIT' (Warnings / Sw, Pressure / Oxy, Conditioning, - LIGHTS -, Misc Functions, Circuit Breakers), and 'INSTRUMENTS' (Flight Instr, Engine Instr, Eng Monitoring, NAV Instr, Clock/Timer, EFIS Control). A 'Mapping Examples (planes)' section on the right lists buttons for Cessna 172, King Air, Diamond, CL 300, Boeing 737x, and Airbus 320.



Software IVAO

La organización de aviación virtual internacional es un software el cual está conformado por una red de aficionados bastante extendida tanto en Europa como en Latinoamérica mediante el cual se puede conectar al simulador de vuelo a una red (IvAp) que permite convertirse bien sea en pilotos o controladores de tránsito aéreo. El objetivo de este software es permitir llevar a cabo una simulación mucho más realista mediante una comunicación por voz entre Piloto/ATC y también ayudar a los usuarios que se estén formando como pilotos o controladores de tránsito aéreo a mejorar su técnica y tener mayor experiencia al momento de realizar distintos procedimientos en los cuales intervenga utilizar los datos o coordenadas que se dan desde torre.



Rehabilitación de estructura

El proceso de rehabilitación de la estructura del simulador es el proceso de mejoramiento a través de procesos de remoción e instalación de componentes y a su vez un proceso de pintado que permita cuidar la integridad del simulador ante las distintas condiciones climáticas.



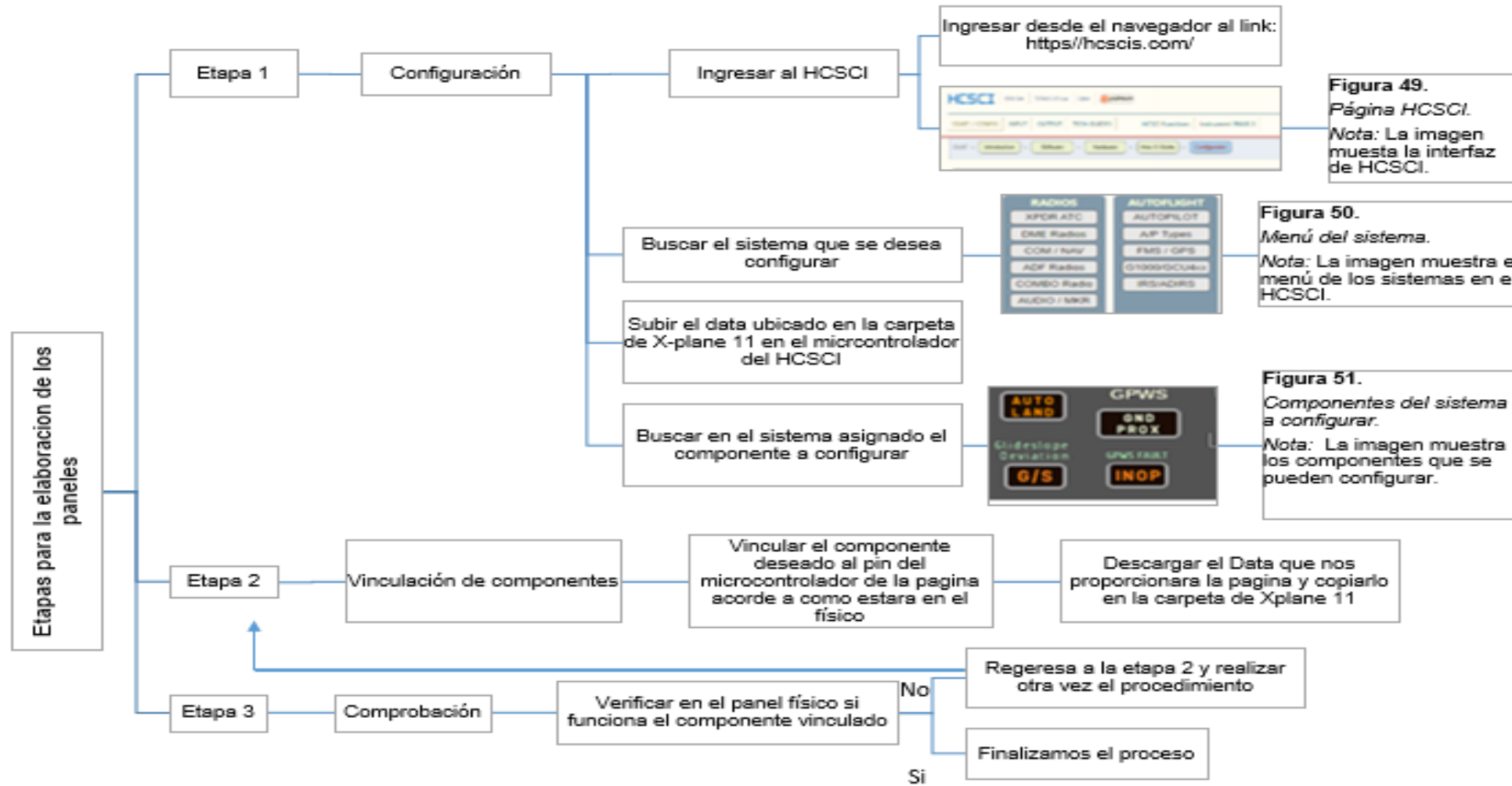
Instalación de los paneles

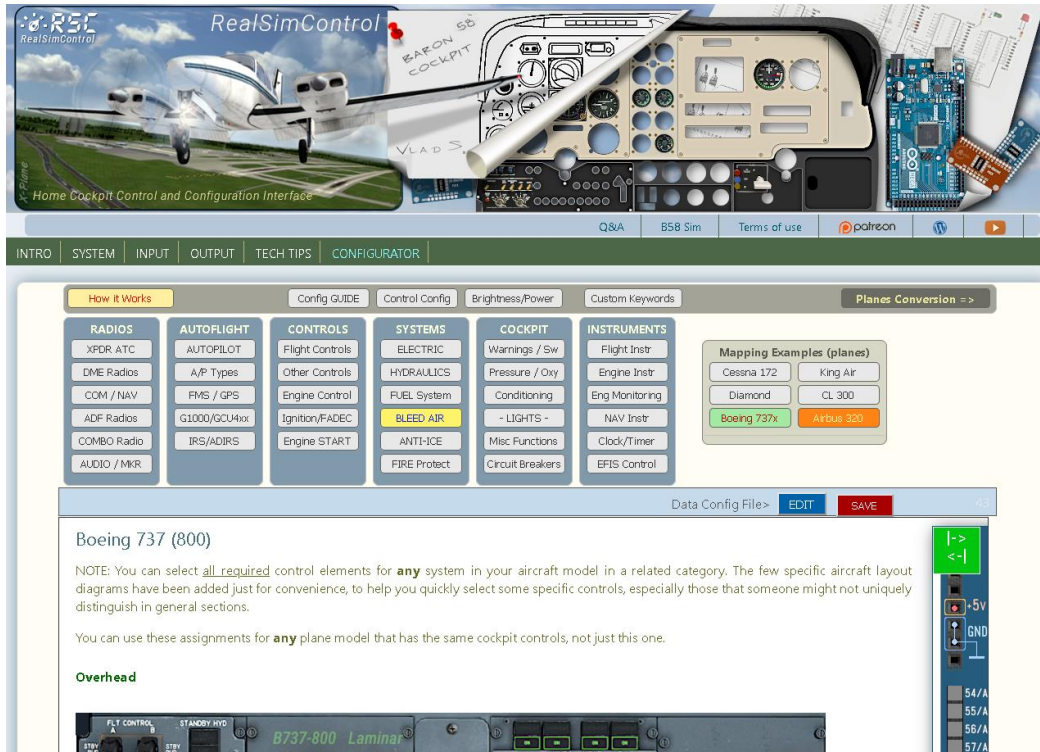
- Se realizaron los debidos marcos donde irían instalados los paneles dentro de la cabina tomando en cuentas las dimensiones tanto de los paneles que se instalaron como las dimensiones del lugar donde irían ubicados.



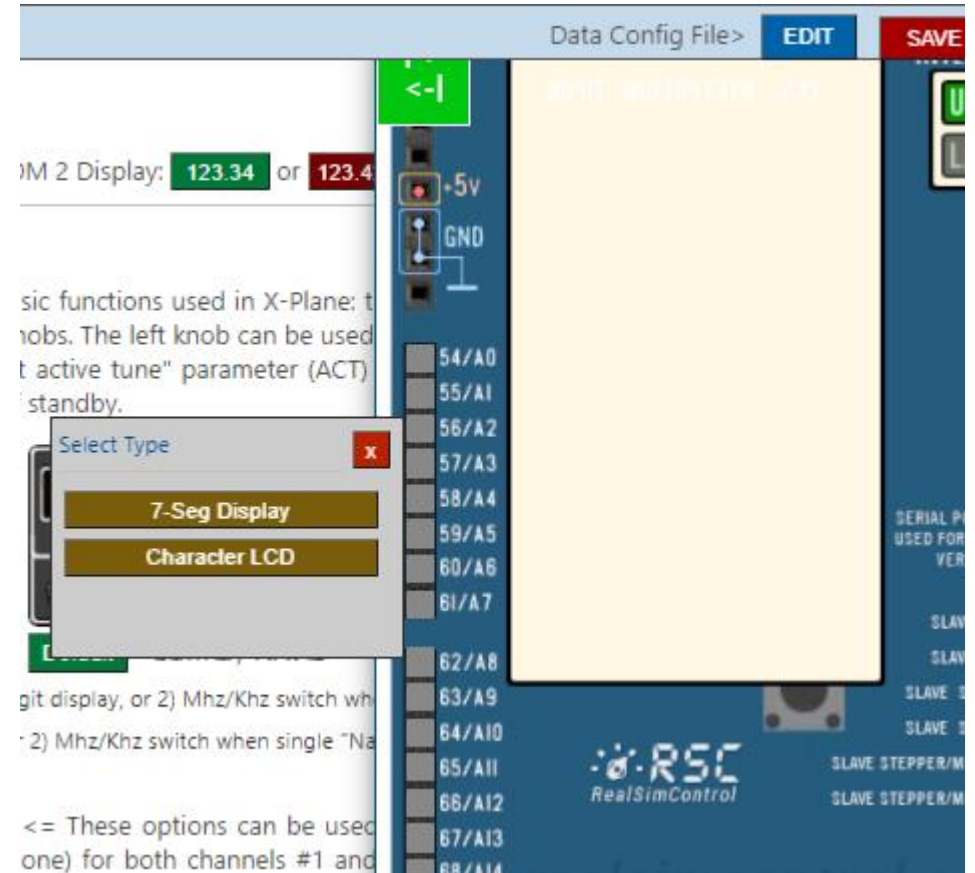
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN, CHEQUEO OPERACIONAL







- The Pull (Push) functions for COM: 1) Khz step change for 6-digit display, or 2) Mhz/Khz switch when single "Com Mhz" knob is pushed
- Pull (Push) functions for NAV: 1) Display the "Radial" course, or 2) Mhz/Khz switch when single "Nav Mhz" knob is pushed



specific functions used in X-Plane: the left knob can be used to "active tune" parameter (ACT) to standby.

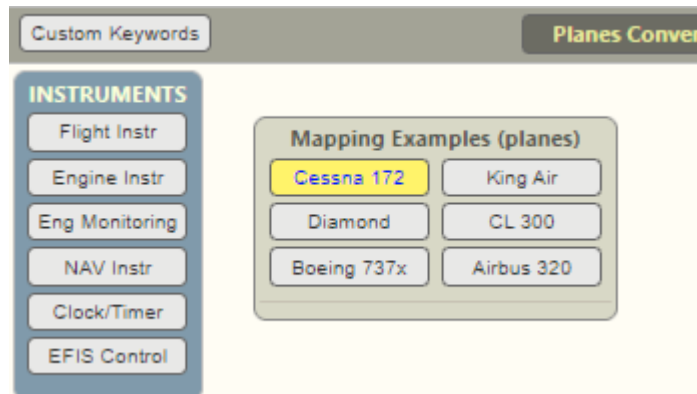
1) Mhz/Khz switch when single "Nav Mhz" knob is pushed

<= These options can be used for both channels #1 and #2



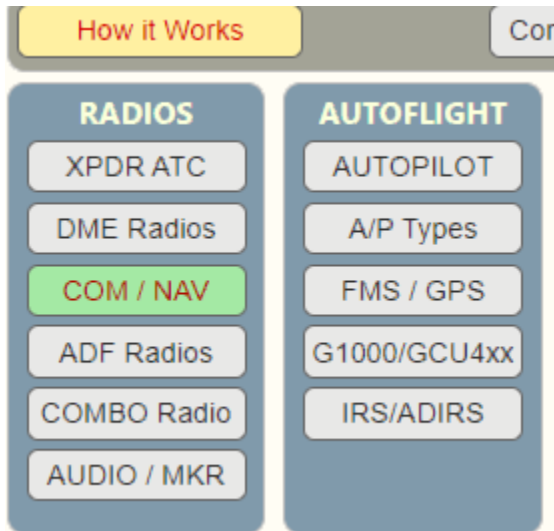
CONFIGURACIÓN DE LCD

En el buscador debemos colocar la palabra “HCSCI”, entonces se nos abre la pagina y vamos a la interfaz de configuración, nos dirigimos a la y escogemos el sistema de la aeronave en nuestro caso será **Boeing 737x**.



CONFIGURACIÓN DE LCD

En la barra principal de configuración se nos desplegara el menú de sistema para configurar y seleccionaremos el sistema deseado para que nos aparezca el dispositivo que deseemos.



Default - COM 1 / NAV 1

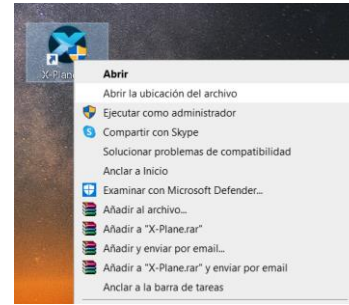
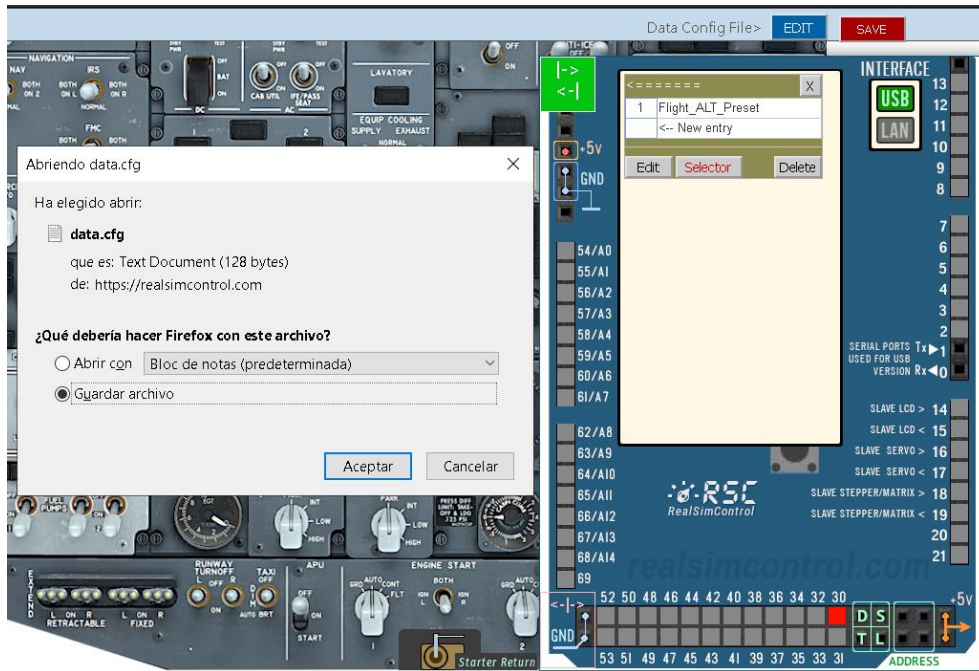
Default - COM 2 / NAV 2

- o The Pull (Push) functions for COM: 1) Khz step change for 6-digit display, or 2) Mhz/Khz switch when single "Com Mhz" knob is assigned.
- o Pull (Push) functions for NAV: 1) Display the "Radial" course, or 2) Mhz/Khz switch when single "Nav Mhz" knob is assigned



<= These options can be used if you want to have a single COM device (the left one) for both channels #1 and #2. Use the related knob to switch the device mode between com/nav #1 and #2. The radial knobs and Xfer buttons assigned above will affect the currently selected radio (1 or 2). Additional power and test switches can be assigned separately Com and Nav.

CONFIGURACIÓN DE LCD



te equipo > RECUPERACION (D:) > Games > X-Plane 11 > Resources >

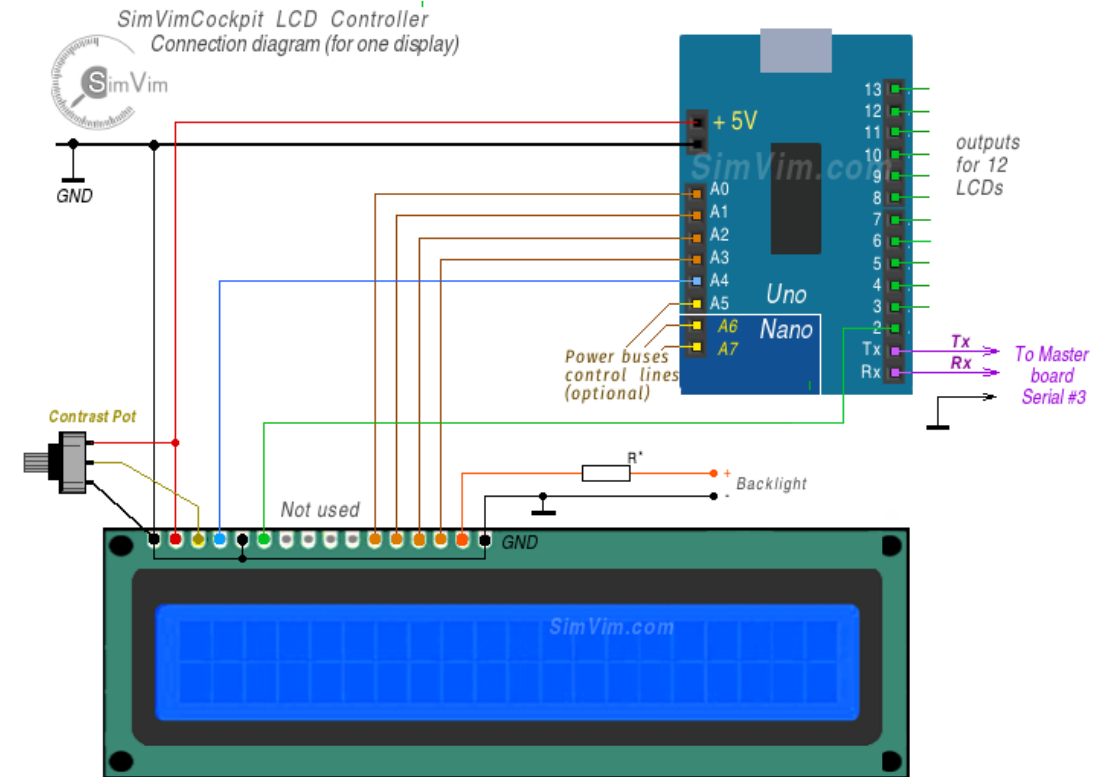
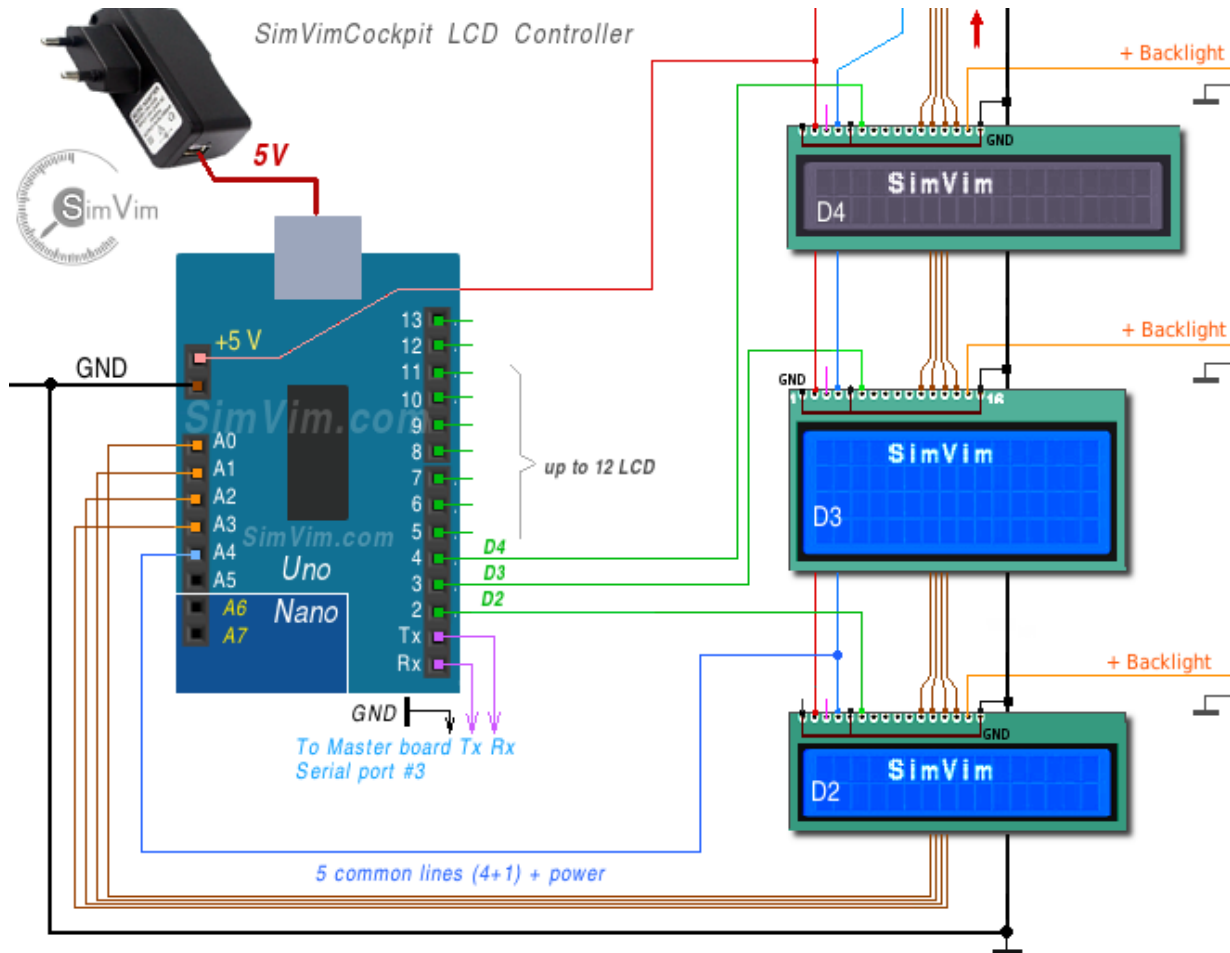
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
bitmaps	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
certificates	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
default data	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
default scenery	15/06/2021 8:08	Carpeta de archivos	
dlis	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
effects	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
fonts	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
joystick configs	15/06/2021 8:12	Carpeta de archivos	
keyboard presets	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
manipulators	09/06/2021 21:16	Carpeta de archivos	
map data	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
menus	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
plugins	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
shaders	09/06/2021 19:16	Carpeta de archivos	
sounds	Tamaño: 1,78 MB	Carpeta de archivos	
text	Carpetas: PluginAdmin, XPLM.framework, XPWidgets.framework	Carpeta de archivos	
textures	Archivos: Commands, DataRefs, XPLM_64.dll, XPLM_64.so, ...	Carpeta de archivos	

Este equipo > RECUPERACION (D:) > Games > X-Plane 11 > Resources > plugins >

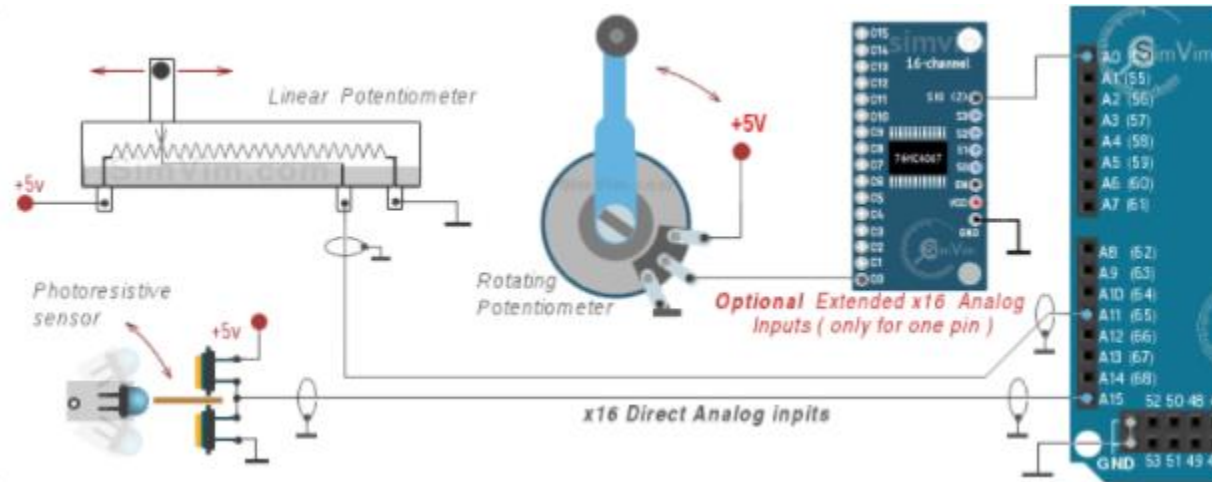
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
PluginAdmin	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
XPLM.framework	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
XPWidgets.framework	30/03/2017 0:33	Carpeta de archivos	
Commands	29/03/2017 23:33	Documento de tex...	134 KB
data.cfg	16/08/2021 13:39	Archivo CFG	1 KB
DataRefs	29/03/2017 23:33	Documento de tex...	395 KB
XPLM_64.dll	29/03/2017 23:33	Extensión de la ap...	531 KB
XPLM_64.so	29/03/2017 23:33	Archivo SO	186 KB
XPWidgets_64.dll	29/03/2017 23:33	Extensión de la ap...	114 KB
XPWidgets_64.so	29/03/2017 23:33	Archivo SO	91 KB



CONFIGURACIÓN DE LCD



CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA



...plane model that has the same cockpit controls, not just this one.



Pruebas de funcionamiento sistema de navegación

Se realizó la prueba de funcionamiento del sistema de Navegación mediante la tarea de mantenimiento ATA 34 sección 42-01-735-015



Prueba de funcionamiento

Sistema IRS

Nos aseguramos que los selectores del MSU del panel IRS se encontraran en la posición NAV



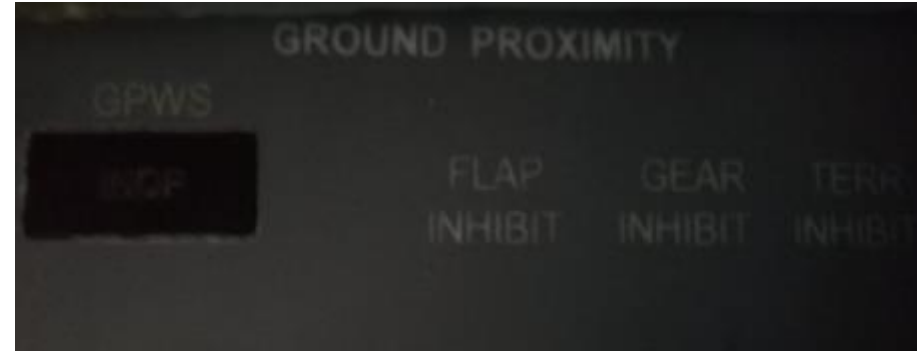
Pruebas de funcionamiento

Xavier I. Moreira R.

Comprobamos que los interruptores del GPWS se encontraban en la posición NORM



Comprobamos que la luz INOP se encontrara apagada



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

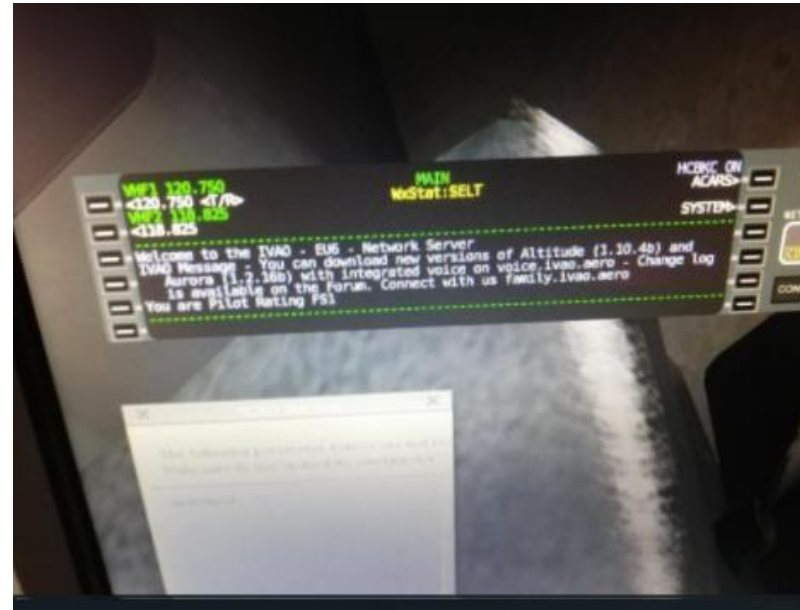
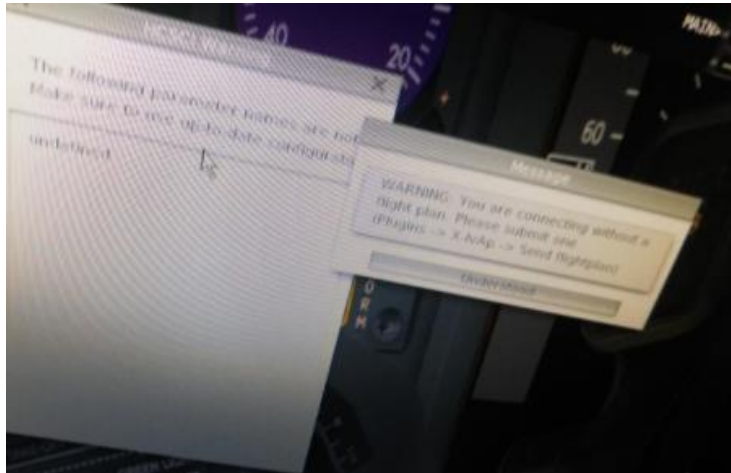
Pruebas de funcionamiento

Se presionó el interruptor SYS
TEST en el panel del GPWS
durante 10 segundos y
comprobamos que las alertas
visuales y auditivas se activaran



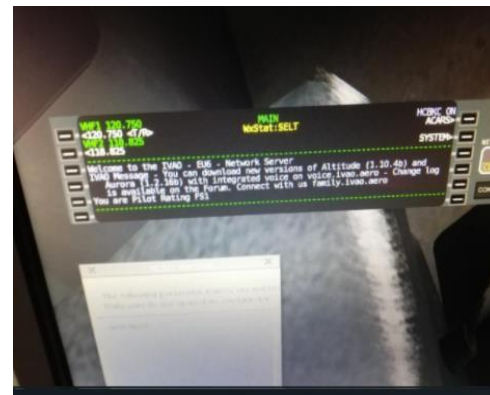
Pruebas de funcionamiento sistema de comunicación

Para esta prueba se verificó primero tener conexión a internet y conectarnos a IVAO mediante el plugin instalado en X-Plane 11



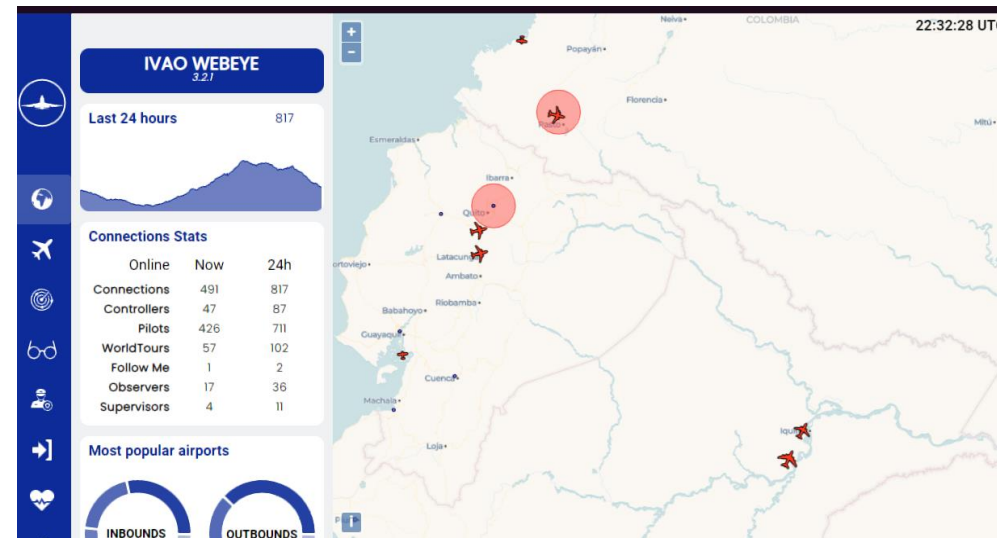
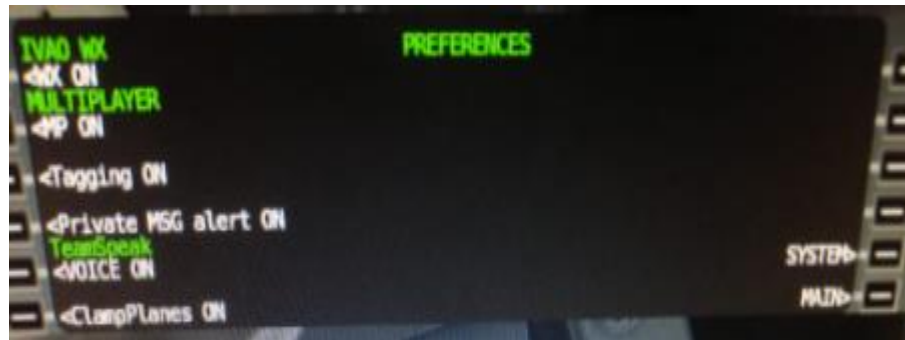
Pruebas de funcionamiento sistema de comunicación

Se comprobó que las pantallas LCD estuvieran encendidas y posterior a eso mostraran la frecuencia seleccionada en el software y en IVAO



Pruebas de funcionamiento sistema de comunicación

Se buscó en webeye un usuario ATC que estuviera operando y se selecciono su frecuencia teniendo en cuenta que estuviera conectado el audio por voz.



CONCLUSIONES

- Mediante la información técnica de la Regulación de Aviación Civil (RDAC) parte 060 Apéndice 1 la cual establece los requisitos de calificación de dispositivos de instrucción para simulación de vuelo, se ha logrado comprender y analizar la composición.
- Implementación de equipos tecnológicos, el simulador de vuelo contiene arduinos, interruptores, luces led, pantallas lcds, displays de 7 segmentos, encoders, pulsadores, multiplexores y servomotores.
- Para la interfaz de comunicación se utilizó el Software online HCSCI (RealSimControl) este permite la comunicación de las placas arduino y el software XPLANE-11, se comprobó que la tarea de mantenimiento se pudo realizar con éxito en el simulador de vuelo Boeing 737-500, ya servirá para estudiantes y docentes dentro de la institución, se verifico el funcionamiento del sistema de presurización.



CONCLUSIONES

- Por medio de la implementación de componentes electrónicos como lo fueron pantallas LCD, pulsadores, interruptores, selectores, luces led, micrófonos, parlantes, potenciómetros y otros elementos para el funcionamiento de los distintos paneles pertenecientes al sistema de comunicación y navegación del simulador de vuelo a través de la comunicación con las placas arduino y el software HCSCI se pudo comprobar que las tareas de mantenimiento realizadas para verificar el funcionamiento de los mismos fueron cumplidas con éxito y servirán para el aprendizaje de los estudiantes durante su formación.



RECOMENDACIONES

- Comprobar que los dispositivos de conectividad a internet pertenecientes al simulador se encuentren conectados antes de realizar cualquier proceso de comunicación ya que de no haber conexión de internet el plugin para realizar el proceso antes mencionado con la torre de control no se conectara a la red de IVAO y será imposible realizar cualquier tipo de procedimiento transmisión y recepción de datos, tener en cuenta a su vez todos los componente electrónicos se encuentren ubicados en los pines correspondientes al arduino o a cada demultiplexor donde vaya asignado y comprobar que estos no estén desoldados.



RECOMENDACIONES

- Realizar la revisión de los plugin añadidos al software X-Plane 11 como IVAO y HCSCI ya que estos se encuentran en constantes actualizaciones que permiten facilitar su utilización para el usuario, tener en cuenta que IVAO pronto tendrá una versión mejorada la cual será ALTITUDE que brinda una mejor interfaz más amigable para su utilización y con mayor número de usuarios para realizar cualquier tipo de comunicación



- Se recomienda darle los permisos necesarios de internet al simulador de vuelo para que pueda funcionar sin restricciones ya que ciertos plugins del software X-Plane 11 funcionan con conexión a internet y al ser considerado como un juego por la red de la universidad este no puede realizar la conexión correctamente y se requiere conectarlo a través de datos de navegación a través de un dispositivo celular o algún otro medio lo que implica complicaciones al momento de realizar algún tipo de práctica en el mismo.





1922
ECUADOR