



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CARGAS ESTATICAS Y DINAMICAS PARA MANDOS PRIMARIOS DE UN ENTRENADOR DE VUELO.

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PRESENTA:
C. MARIA JAZMIN RAMIREZ ALDUCIN

DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
ING. MIGUEL ANGEL RAMIREZ REBOLLEDO

HUATUSCO, VER.

Noviembre de 2022

*A mis profesores, amigos y familia.....
Infinitas gracias.*

Contenido

Índice de imágenes.	5
Índice de tablas.	8
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.	16
1.1 Federal Aviation Administration (FAA).	16
1.2 Aviones.	43
1.2.1 Composición de la cabina de un avión.	43
1.3 Simuladores.	44
1.3.1 Tipos de simuladores.	45
1.3.2 Simuladores de vuelo.	45
1.3.3 Certificación.	46
CAPITULO II. CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROTOTIPO.	101
2.1 Momento y par de elementos mecánicos.	103
CAPITULO III. DISEÑO.	120
3.1 Diseño del mando.	120
3.2 Simulaciones dinámicas y estáticas.	124
3.2.1 Implementación de SolidWorks.	124
Descripción.	130
Simulación de Servomotor prueba.	130
Tabla de contenidos.	130
Suposiciones.	130
Información de modelo.	131
Propiedades de material.	132
Simulación de Análisis de columna.	136
Tabla de contenidos.	136
Suposiciones.	136
Información de malla.	140
Resultados del estudio.	141
Simulación de Análisis de eje inferior de columna.	144
Tabla de contenidos.	144
Suposiciones.	144
Resultados del estudio.	149
Conclusión.	151
Descripción.	152
Simulación de Copple servo-yoke.	152

Tabla de contenidos	152
Resultados del estudio	158
Simulación de cuerno Yoke	161
Tabla de contenidos	161
Suposiciones	161
Información de modelo	162
Propiedades de material	162
Información de malla	164
Resultados del estudio	165
Anexos.....	181

Índice de imágenes.

Ilustración A Visualización de ventana "Mostrar Datos" con selección del parámetro "77 Control forces".	7
Ilustración B Escudo de la institución	32
Ilustración C Fachada exterior del Instituto	32
Ilustración D Logo del Laboratorio de Visión por Computadora	34
Ilustración E Vista satelital de INAOE	35
Ilustración F Croquis del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica	36
Ilustración G Vista satelital del Laboratorio de Visión por Computadora	38
Ilustración H Organigrama INAOE	39
Ilustración I Organigrama LVC	40
Ilustración J Isologo FAA: Federal Aviation Administration	43
Ilustración K Fases de Diagnostico	58
Ilustración L Cabina de un B-737	70
Ilustración M Cabina de simulación avión Airbus	72
Ilustración N Isologo FlighGear	78
Ilustración O Logotipo Microsoft Fligh Simulator	78
Ilustración P Isologo X-Plane 11	79
Ilustración Q Ventana de inicio X-Plane 11	80
Ilustración R Versión y actualizaciones. Plane Maker 11.00r1	81
Ilustración S Ventana Airfloid AOA-20	82
Ilustración T Ventana Airfloid AOA-180	83
Ilustración U Ventana Airfloid Wing L/D	84
Ilustración V Menú de la ventana Estándar	85
Ilustración W Ventana Autor: Descripción de la nave CASA C-295M	85
Ilustración X Ventana Límites>Redondo	86
Ilustración Y Ventana Límites>Digital	87
Ilustración Z Ventana Motores>Descripción: muestra los datos generales con los que se diseñaron los motores principales del avión	88
Ilustración AA Ventana Motores> Ubicación: muestra la distribución con la que contarán los motores	89
Ilustración BB Ventana motores> SFC/sonido: Consumo específico de combustible motores alternativos o turbo. Combustible específico del motor del avión reacción	90
Ilustración CC Ventana Motores>Spoolup/Boost	90
Ilustración DD Ventana Motores> Transmisión	90
Ilustración EE Ventana Motores> Jet Curves	91
Ilustración FF Ventana Motores>Prop Geo	91
Ilustración GG Ventana Sistemas> General 1	93
Ilustración HH Ventana Sistemas> Advertencias	94
Ilustración II Ventana Sistemas>General 2	94
Ilustración JJ Ventana Sistemas> Eléctrico	96
Ilustración KK Ventana Geometría del control>Desfasaje	97
Ilustración LL Ventana Geometría del control>Controles	97
Ilustración MM Ventana Geometría de control>Fuerzas de control	98

Ilustración NN Ventana Geometría del control> Compensación/Velocidad.....	98
Ilustración OO Visualización de la cabina interior para panel tipo pedestal y mandos primarios.	101
Ilustración PP Visualización de la cabina interior para panel de mando frontal.....	101
Ilustración QQ Menú de aviones en X-Plane 11	102
Ilustración RR Continuación de menú de aviones en X-Plane 11	103
Ilustración SS Listado de selección de aeronaves por los Estudios.....	104
Ilustración TT Listado de selección de aeronaves por el Fabricante.....	104
Ilustración UU Listado de selección de aeronaves por los tipos de motor	104
Ilustración VV Listado de selección de naves por su clase.....	104
Ilustración WW Simulador FTD en funcionamiento con X-Plane 11.....	105
Ilustración XX Cabina AFTD de un C-295 en funcionamiento	105
Ilustración YY Avión CASA C-295 matrícula 3208.....	106
Ilustración ZZ Fotografía C-295 en pista de despegue.	107
Ilustración AAA Escuadrón de Aéreo 301 con aviones C-295M y C-295W.	108
Ilustración BBB Menú de fallos del Aircraft.	109
Ilustración CCC Fallos Mundo	109
Ilustración DDD Menú de fallos en la Flight Configuration	109
Ilustración EEE Fallos Aircraft Piloto auto	110
Ilustración FFF Fallos Aircraft Luces.	110
Ilustración GGG Fallos Aircraft Eléctrico	110
Ilustración HHH Fallos Aircraft Tren de aterrizaje.....	111
Ilustración III Fallos Aircraft Controles.	111
Ilustración JJJ Fallos Aircraft Equipos.	112
Ilustración KKK Fallos Aircraft Anti Hielo	112
Ilustración LLL Menú fallos Instrumentos.	113
Ilustración MMM Fallos Instrumentos Sensor.....	113
Ilustración NNN Fallos Instrumentos Primario	114
Ilustración OOO Fallos Instrumentos Navegación	114
Ilustración PPP Fallos Instrumentos Motor.	115
Ilustración QQQ Fallos Instrumentos G1000	115
Ilustración RRR Fallos Instrumentos G430.....	115
Ilustración SSS Fallos Motores Combustible/Aire.	116
Ilustración TTT Fallos Motores.....	116
Ilustración UUU Menú Motores.	116
Ilustración VVV Fallos Motores Reverse.	117
Ilustración WWW Fallos Motores Accesorios.....	117
Ilustración XXX Fallos Motores Hélice.....	117
Ilustración YYY Fallos Motores Arranque.....	117
Ilustración ZZZ Selección de DataRefs en X-Plane 11	120
Ilustración AAAA DataRefs con referencia de carga.	120
Ilustración BBBB Visualización del "Gráfico de Salida de Datos" en la pantalla del instructor.	121
Ilustración CCCC Datos en formato .txt provenientes de X-Plane 11	121
Ilustración DDDD Reacción del Timón de dirección accionado por los pedales.	124

Ilustración EEEE Reacción del Timón de profundidad con accionamiento del timón de profundidad.	125
Ilustración FFFF Interior de cabina del AFTD con colocación de mandos primarios.....	128
Ilustración GGGG Fotografía de Columnas de C-295.....	129
Ilustración HHHH Regla de la mano derecha, electromagnetismo.....	132
Ilustración IIII Lenguaje ladder	137
Ilustración JJJJ Lenguaje de bloques.	138
Ilustración KKKK DIAGRAMAS DE ESTADO.....	138
Ilustración 3.LLLL Logotipo AutoCad de Autodesk.....	147
Ilustración MMMM Superior de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Vista alámbrica. Creación del autor.....	148
Ilustración NNNN Frontal de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Creación del autor.	148
Ilustración QQQQ Superior de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Vista realista. Creación del autor	149
Ilustración PPPP Cuernos con acoplamiento de servomotor. Vista isométrica SO. Creación del autor.	149
Ilustración OOOO Cuerno con acoplamiento a servomotor. Vista superior alámbrica. Creación del autor.	149
Ilustración RRRR Punto de pivote con acoplamiento a servomotor. Vista isométrica SO. Creación del autor.	150
Ilustración SSSS Punto de pivote inferior en mandos de alerones y profundidad. Vista isométrica SO. Creación del autor.	150
Ilustración TTTT Visualización de Yoke con asignación de materiales.....	151
Ilustración UUUU Visualización de Yoke.....	152
Ilustración VVVV Representación de fuerzas en Yoke	153
Ilustración WWWW Asignación de carga a Yoke en C.G.	153
Ilustración XXXX Diferentes vistas del cuerno componente del Yoke	154
Ilustración YYYY Diferentes vistas de la columna	154
Ilustración ZZZZ Diferentes vistas de cople superior	155
Ilustración AAAAA Diferentes vistas del eje de servomotor inferior.	155
Ilustración BBBBB Diferentes vistas de eje inferior ensamblado en zona pivote	156
Ilustración CCCCC Código Arduino para incrementos de angulación	203
Ilustración DDDDD Conexión a servomotor mediante Arduino MEGA.	203
Ilustración EEEEE Conexión de servomotor a Arduino MEGA en software de simulación PROTEUS 8.1.....	204

Índice de tablas.

Tabla 1 Descripción de componentes del Yoke.	9
Tabla 2 Especificaciones técnicas del servomotor ET-CGM95F	11
Tabla 3 Especificaciones técnicas del servomotor ET-FGM119M.....	12
Tabla 4 Ventana "Mostrar Datos" en "Salida General de Datos".	118
Tabla 5 Datos de carga en formato .txt y UDP para X-Plane 11.....	118
Tabla 6 Indicadores DataRef	119
Tabla 7 Cambio en datos .txt de los alerones por parte del yoke en el Casa C-295	122
Tabla 8 Cambio de variable en datos .txt del elevador en el Casa C-295	122
Tabla 9 Cambio en datos .txt del rudder por parte del yoke en el Casa C-295	122
Tabla 10 Especificaciones técnicas de los componentes del Yoke.	130
Tabla 11 Descripción de servomotor ET-CGM95A.....	196

Introducción

La siguiente investigación se basó en el estudio para el diseño e implementación de un sistema de cargas estáticas y dinámicas para los mandos primarios de un entrenador de vuelo, específicamente se estudió la interfaz del simulador X-Plane 11 para una aeronave CASA C-295M.

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Visión por Computadora (LVC) en el área de Simuladores, en conjunto con el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) ubicados en Santa María Tonantzintla, San Andrés Cholula; Puebla-México.

La investigación fue dividida en un total de cuatro capítulos en los que se tratan el *Marco teórico* en el que se abarcan temas referentes a las regulaciones federales establecidas por la *FAA*, los tipos de simuladores de vuelo existentes y su clasificación haciendo énfasis en los tipos FTD y AFTD siendo estos los objetos del estudio principal, el funcionamiento de X-Plane como software de simulación de vuelo, entre otros; *Cálculo y diseño* los cuales abarcan las especificaciones de la *FAA* para la selección de los materiales a ocupar para la implementación del sistema de cargas y el cómo se llegó a esa selección, terminando con la *Implementación del prototipo* en donde se hace.. énfasis en las limitantes generales del proyecto, además de mostrar los alcances reales de este.

Planteamiento del problema.

Actualmente los entrenadores de vuelo Flight Training Deviced (FTD) y Advanced Flight Training Deviced (AFTD) cuentan con un sistema de cargas estáticas que demandan un constante mantenimiento correctivo; además de no contar con un mecanismo para la representación de fuerzas dinámicas de simulación, lo cual no permite una representación real de los datos generados por X-Plane 11.

Justificación.

Actualmente el Laboratorio de Visión por Computadora cuenta con un total de dos simuladores de aviación, en los cuales se maneja la interfaz de X-Plane11, siendo una de las interfaces certificadas por la Federal Aviation Administration (FAA).

Sin embargo, ambas unidades carecen de un sistema de sincronización efectivo para su propósito y un mecanismo de simulación de fuerzas. Por lo que es necesaria el diseño y la implementación de los sistemas faltantes, mejorando así la experiencia de los usuarios en la simulación de vuelo.

Hipótesis.

De acuerdo a la investigación del diseño de cargas estáticas y dinámicas con base en las regulaciones citadas en la *Federal Aviation Administration* (FAA) se realizaron propuestas para la implementación de cargas dinámicas, favoreciendo la futura certificación de los simuladores AFTD y FTD pertenecientes al laboratorio de visión por computadora (LVC) localizados en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

Con lo siguiente se espera obtener mayor precisión con respecto a las variables y su influencia al momento de simulación, así como perfeccionar la calidad de los materiales de ensamble tomando en cuenta las regulaciones descritas en la e-CFR.

Tomando todo lo anteriormente mencionado se puntualizará la examinación de las condiciones para simulaciones estáticas en cada uno de los principales componentes.

Objetivo general.

Realizar el diseño e implementación de un sistema de cargas estáticas y dinámicas para mandos primarios de un entrenador de vuelo.

Objetivos específicos.

- Investigar temas a fin del proyecto planteado.
- Elaborar un protocolo de pruebas.
- Diseñar en AutoCAD los componentes de los mandos primarios de vuelo.
- Simular las fuerzas dinámicas a través de los controles de mandos primarios de vuelo; en el software SolidWorks.

Alcances y limitaciones:

Para la elaboración de la siguiente investigación se contempla un total de 500 horas en un tiempo comprendido de 6 meses, donde las diversas propuestas serán planteadas y diseñadas para los simuladores FTD y AFTD existentes en el Laboratorio de Visión por Computadora LVC, donde se realizará con respecto a las variables comprendidas en el software X-Plane 11, teniendo como limitante la información pública relacionada con el tema en cuestión.

Se aclara que solo se estudiarán 2 de las 135 variables arrojadas por el software X-Plane 11, que comprenden los datos de cargas estáticas y dinámicas en simulación de vuelo.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.

1.1 Federal Aviation Administration (FAA).

Según la Federal Aviation Administration (FAA), los simuladores de vuelo son categorizados de tres formas: simuladores de vuelo (FS), dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD o FSTD) y dispositivos de formación de la aviación (ATD) (Bernard, 2012; Aeronáutica Civil, 2015).

La clasificación dada por la FAA a los FFS nivel A: son sistemas de movimiento, se requiere con al menos tres grados de libertad



*Ilustración J Isologo FAA:
Federal Aviation
Administration*

(aviones solamente). Los de nivel B: requiere de tres ejes de movimiento y un modelo aerodinámico de mayor fidelidad que hace nivel A (avión y helicóptero). El nivel C: requiere una plataforma de movimiento con los seis grados de libertad, retardo de transporte inferior (latencia) sobre los niveles A y B, su sistema visual debe tener un campo horizontal fuera de la vista de al menos 75 grados para cada piloto. El nivel D: es el nivel más alto de cualificación, los requisitos son los mismos que el nivel C, con adiciones, el sistema visual debe tener un campo horizontal fuera del mundo de vista de por lo menos 150 grados, se requieren sonidos realistas en la cabina del piloto, así como un número de movimiento especial y efectos visuales (Federal Aviation Administration, 2014; Lawn, The enhancement of a flight simulator system with teaching and reserarch applications, 1998).

La siguiente es la clasificación dada por la FAA a los FTD de nivel 4: este nivel no requiere de un modelo aerodinámico, pero se requiere del modelado de los sistemas precisos. El nivel 5: requiere la programación aerodinámica y el modelado de sistemas. El nivel 6: tiene programación aerodinámica, es para aviones de modelos específicos, tiene control de movimiento y se requiere cabina física. Nivel 7: es para un modelo específico (helicóptero solamente), tiene la aerodinámica, controles de vuelo y sistemas modelados, sistemas de vibración y tiene un sistema visual (Federal Aviation Administration, 2014; Lawn, The enhancement of a flight simulator system with teaching and reserarch applications, 1998).

Cita de la Circular de Asesoramiento.

Este AC proporciona información y orientación para los fabricantes de dispositivos de entrenamiento de aviación (ATD) que buscan la aprobación de la Administración Federal de Aviación (FAA) de un dispositivo de entrenamiento de aviación básico (BATD) o dispositivo de entrenamiento de aviación avanzado (AATD) bajo el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR) parte 61, § 61.4 (c). Este AC también proporciona información y orientación para aquellas personas que tengan la intención de usar un BATD o AATD para actividades que involucren entrenamiento y experiencia de pilotos, que no sean para pruebas prácticas, entrenamiento específico del tipo de aeronave o una habilitación de tipo de aeronave. Este AC contiene procedimientos específicos con respecto a la evaluación, aprobación y uso de un ATD bajo 14 CFR partes 61 y 141. La FAA utiliza los criterios especificados en este AC para determinar si un ATD está calificado para aprobación como BATD o AATD. Estas pautas se han desarrollado a partir de una amplia experiencia de la FAA y de la industria en la determinación de métodos de cumplimiento con las regulaciones pertinentes de 14 CFR. Las regulaciones aplicables se mencionan solo como referencia. Este AC no cambia los requisitos reglamentarios; por lo tanto, las disposiciones de la regulación actual siempre controlan. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60.

Requerimientos de FAA

Esta base de datos es un repositorio de cierto Código de Regulaciones Federales (CFR) y Regulaciones Federales Especiales de Aviación (SFAR) de 14 CFR en su versión actual, así como versiones históricas. Los CFR y SFAR actuales se refieren a los documentos vigentes en la actualidad. Los CFR y SFAR históricos representan cada sección de la Parte CFR del original (desde la nueva codificación del Reglamento Civil Civil). El CFR incluye el documento activo como resultado de la enmienda más reciente. Al mirar los CFR y SFAR históricos, la marca de verificación indica la sección Parte CFR o Parte SFAR que está más actualizada.

El material de preámbulo se puede encontrar en la base de datos de "Reglas finales de CFR".

Dentro de la Parte 1: "Definition and abbreviations" en la sección 1.1 "General definitions" se encuentran descritas las acciones de regla final descritas por la FAA donde ubica la regla final de CFR donde explica la información reglamentaria del "Federal Register" detallando la "Regulatory relief: Aviation Training Devices; Pilot Certification, Training, and Pilot Schools; and other Provisions" especificando en la sección A las regulaciones acerca de los dispositivos de entrenamiento de aviación.

Resumen de las disposiciones propuestas y los cambios de NPRM				
Provisión.	Resumen de la provisión de NPRM.	Cambios significativos de NPRM.	14 CFR afectados.	Resumen de costos/beneficios.
Dispositivos de entrenamiento de aviación.				
Requisitos del instructor cuando se utiliza un FFS, FTD o ATD para completar la antigüedad del instrumento.	Elimine el requisito de tener un instructor presente cuando cumpla con los requisitos de experiencia de vuelo para instrumentos recientes en un FFS, FTD o ATD aprobado por la FAA.	Ya no describe los dispositivos de entrenamiento como "aprobados".	61,51(g)	2016 \$ - \$ 12.5M.PV= valor presente. PV-3%-\$ 11.4M.PV-7%-\$10.3M
Requisitos de experiencia de instrumentos recientes.	Reduzca la frecuencia de la experiencia de vuelo de actualidad del instrumento realizada exclusivamente en ATD de cada dos meses a cada seis meses. Reduzca el número de tareas y elimine el requisito de	Permite que cualquier combinación de aeronave, FFS, FTD o ATD satisfaga los requisitos de antigüedad del instrumento. Ya no describe los dispositivos de entrenamiento como "aprobados".	67,57 (c).	2016 \$-83.1M.PV-3%-\$76.1M.PV-7%-68.2M.

	tiempo de vuelo de tres horas al lograr la experiencia de vuelo de antigüedad del instrumento en ATD.			
Certificación Piloto, Capacitación y Escuela Piloto.				
Segundo al mando para operaciones de la parte 135.	Permita que un piloto registre el tiempo de vuelo de SIC en un avión multimotor en una operación de la parte 135 que no quiere una SIC.	Agrega la opción de usar un avión con motor de turbinas monomotor en un SIC PDP aprobado. Ya no requiere que el PIC sea un instructor de vuelo parte 135. Agrega requisitos de emparejamiento de la tripulación para garantizar que el PIC este calificado y haya completado la capacitación de mentoría. Permite aun piloto registrar el tiempo de SIC obtenido en las operaciones de la parte 91 realizadas de acuerdo con la OpSpec del titular del certificado. Permite a los pilotos acreditar el tiempo SIC registrado bajo un	61,1; 61,39 (a); 61,51 (e), (f); 61,159; 61.161 (c), (d), (e); 135,99 (c), (d)	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.

		SIC PDP hacia los requisitos específicos de tiempo de vuelo para la certificación ATP.		
Experiencia de experiencia en instrumentos para SIC que sirven en operaciones de la parte 135.	Elimine la referencia a la parte 61 en § 135.245(a) y agregue a los requisitos actuales de experiencia del instrumentos en § 61.57 (c) (1) y (2) al nuevo § 135.245 (c).	Permite que cualquier combinación de aeronave y FSTD satisfaga los requisitos de experiencia reciente del instrumento SIC Incluye una opción para que los SIC de la parte 135 restablezcan la antigüedad del instrumento.	135,245.	Ahorro mínimo d costos: no cuantificado.
Finalización de la capacitación y prueba de pilotos comerciales en aviones técnicamente avanzados (TAA)	Permita que TAA se use para cumplir con algunas o todas las 10 horas de capacitación requeridas actualmente que deben completarse en un avión complejo o con turbina para obtener el certificado de piloto comercial de un solo motor. TAA podría usarse en combinación con, o en lugar de, un avión complejo o propulsado por turbina para cumplir con el requisito de	Incluye una definición general de TAA en § 61.1, y reubica los requisitos de TAA de la definición propuesta a la nueva § 61.129 (j) Revisa los requisitos propuestos para TAA para acomodar la tecnología existente y nueva Permite a una persona usar cualquier combinación de turbinas, Aviones complejos o técnicamente avanzados para satisfacer el	61,1; 61.129 (a) (3) (ii), (j); apéndice D a la parte 141 61.31 (e) y (f).	2016 \$ - \$ 3.1M. PV-3% - \$ 2.8M. PV-7% - \$ 2.6M.

	experiencia aeronáutica y podría usarse para completar la prueba práctica	requisito de entrenamiento. Aclara que la opción de usar un TAA se aplica a todos los solicitantes de pilotos comerciales para una calificación de clase de un solo motor (tierra y mar). Agrega una excepción a § 61.31 (e) y (f) para permitir una verificación de competencia bajo la parte 135 para cumplir con los requisitos de entrenamiento en aviones complejos o de alto rendimiento que facilitan las operaciones de PIC. En el Aviso N 8900.463, Uso de un avión complejo durante una prueba práctica de piloto comercial o instructor de vuelo, la FAA implementó un cambio de política que permite que cualquier avión de un solo motor se use para las		
--	--	---	--	--

		pruebas prácticas de piloto comercial e instructor de vuelo.		
Instructores de vuelo con clasificaciones de instrumentos solamente.	Elimine el requisito de que los instructores de solo instrumentos tengan calificaciones de categoría y clase en sus certificados de instructor de vuelo para proporcionar capacitación de instrumentos.	Requiere que un instructor con un solo instrumento posea una calificación de clase de multimotor de categoría de avión en su certificado de instructor de vuelo cuando proporcione capacitación de instrumentos en un avión multimotor.	61.195 (b), (c)	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.
Privilegio de entrenamiento de instructor de vuelo de piloto deportivo.	Permitir que un solo instructor de piloto deportivo brinde capacitación sobre control y maniobras únicamente por referencia a los instrumentos de vuelo (solo para estudiantes de piloto deportivo).	Permite que los instructores de pilotos deportivos reciban el entrenamiento requerido por § 61.412 en un ATD. Permite que solo los instructores de instrumentos brinden el entrenamiento y el respaldo requerido por § 61.412 a instructores de pilotos deportivos	61,412; 61,415 (h); 91.109 (c).	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.
Crédito por entrenamiento obtenido como piloto deportivo.	Permitir que una parte del entrenamiento de piloto deportivo se acredite por ciertos requisitos de experiencia aeronáutica para obtener un certificado o	Permite que toda la capacitación recibida de un instructor de piloto deportivo se acredite a un certificado o calificación más alta. Permite la capacitación recibida de un	61,99; 61,109 (l)	2016 \$ - \$ 14.0M. PV-3% - \$ 13.3M. PV-7% - \$ 12.3M.

	calificación más alta.	instructor de piloto deportivo sobre el control y la maniobra de una aeronave únicamente por referencia a los instrumentos que se acreditarán a un certificado de piloto privado, siempre que el instructor piloto deportivo cumple con § 61.412.		
Incluir cursos curriculares especiales en la renovación del certificado de escuela piloto.	Permitir que las escuelas piloto de la parte 141 cuenten las finalizaciones de cursos de “currículos especiales” aprobados por la FAA (graduados de estos cursos) hacia los requisitos de renovación de certificados.	Sin cambios.	141,5 (d)	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.
Otras provisiones.				
Validación temporal de los certificados de los miembros de la tripulación de vuelo.	Permitir un documento de confirmación emitido por un titular del certificado de la parte 19 autorizado para realizar operaciones bajo la parte 121 o 135 para que sirva como verificación temporal del certificado de la	Agrega lenguaje para permitir también que la parte 91, los gerentes de programa de la sub-parte K emitan documentos de verificación temporales.	61,3; 63,3; 63,16; 91,1015 (h); 121,383; 135,95	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.

	parte 119 autorizado para realizar operaciones bajo la parte 121 o 135 para que sirva como verificación temporal del certificado de aviador y/o certificado médico durante las operaciones dentro de los Estados Unidos por hasta 72 horas.			
Competencia militar para instructores de vuelo.	Permitir la adición de una calificación de instructor de vuelo basada en la competencia militar para “calificar simultáneamente” para el restablecimiento de un certificado de instructor de vuelo de la FAA vencido.	Revisa los requisitos de reincorporación para reflejar con precisión el proceso de mediante el cual un piloto de instructor militar adquiere una calificación adicional de habilitación de aeronave. Proporciona a los pilotos de instructores militares dos opciones de reincorporación, de acuerdo con los requisitos de reincorporación para los titulares civiles de certificados de instructor de vuelo.	61,197; 61,199	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.

Categoría restringida Tipo de aeronave entrenamiento y permisos de prueba.	Permitir que un operador solicite y obtenga una carta de autoridad de desviación para realizar capacitación y pruebas y otras actividades directamente relacionadas para que los empleados obtengan una habilitación de un tipo en una aeronave de categoría restringida.	Elimina el requisito propuesto de que el personal que recibe la capacitación de los miembros de la tripulación de vuelo en operaciones de propósito especial sea empleado por el operador que brinda la capacitación, especifica que los vuelos de reubicación incluyen vuelos de entrega y reposicionamiento.	91,531	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.
Operaciones de piloto único de antiguos aviones militares y otros aviones con certificados especiales de aeronavegabilidad.	Permitir a los pilotos operar ciertos aviones grandes y propulsados por turborreactores (especificamente antiguos aviones militares algunos aviones no certificados en la categoría) sin un piloto designado como SIC.	Revisado para acomodar los nuevos niveles de certificación de avión adoptados en la regla final de la parte 23.	91,531	Ahorro mínimo de costos: no cuantificado.

Dentro de la Parte 1: “Definition and abbreviations” en la sección 1.1 “General definitions” se encuentran descritas las acciones de regla final detalladas por la FAA donde ubica la regla final de CFR en el que explica la información reglamentaria del “Federal Register” detallando la “Regulatory relief: Aviation Training Devices; Pilot Certification, Training, and Pilot Schools; and other Provisions” especificando en la sección A las regulaciones acerca de los dispositivos de entrenamiento de aviación.

Esta sección establece lo siguiente:

A. Dispositivos de entrenamiento de aviación

Esta regla final modifica las regulaciones que rigen el uso de dispositivos de entrenamiento de aviación (ATD). Como se indica en el NPRM, la FAA aprueba los ATD para su uso en la capacitación de certificación piloto bajo la autoridad proporcionada en 14 CFR 61.4 (c). El Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR), parte 60, regula la calificación de los dispositivos de entrenamiento de simulación de vuelo (FSTD), que incluyen los simuladores de vuelo completo (FFS) niveles A a D y los dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) niveles 4 a 7. Como se discute en las siguientes secciones, la FAA es: (1) Agregar una definición de ATD en § 61.1; (2) eliminar el requisito de un impreso al instructor impreso para que esté presente cuando un piloto logre su experiencia en instrumentos en un FFS, FTD o ATD; y (3) enmendar las regulaciones para permitir a los pilotos lograr experiencia de experiencia reciente en ATD en el mismo intervalo permitido para FFS y FTD.

Part 21- CERTIFICATION PROCEDURES FOR PRODUCTS AND ARTICLES.

Subpart A—General Sec. 21.1 **Applicability and definitions.**

**Enlace al Código Electrónico de Regulaciones Federales (e-CFR)*

(a) A excepción de las aeronaves sujetas a las disposiciones de la parte 107 de este capítulo, esta parte prescribe:

(1) Requisitos de procedimiento para emitir y cambiar:

- (i) Aprobaciones de diseño;
- (ii) Aprobaciones de producción;
- (iii) Certificados de aeronavegabilidad; y
- (iv) Aprobaciones de aeronavegabilidad;

(2) Reglas que rigen a los solicitantes y titulares de cualquier aprobación o certificado especificado en el párrafo (a) (1) de esta sección; y

(3) Requisitos de procedimiento para la aprobación de artículos.

(b) A los fines de esta parte:

(1) Aprobación de aeronavegabilidad significa un documento, emitido por la FAA para una aeronave, motor de aeronave, hélice o artículo, que certifica que la aeronave, motor de aeronave, hélice o artículo cumple con su diseño aprobado y está en condiciones de seguridad operación, a menos que se especifique lo contrario;

(2) Artículo significa un material, parte, componente, proceso o aparato;

(3) Parte comercial significa un artículo que figura en una Lista de piezas comerciales aprobada por la FAA incluida en las Instrucciones del titular de la aprobación de diseño para la Aeronavegabilidad Continua requerida por §21.50;

(4) Aprobación de diseño significa un certificado de tipo (incluidos los certificados de tipo complementarios y enmendados) o el diseño aprobado bajo un PMA, autorización de TSO, carta de aprobación de diseño de TSO u otro diseño aprobado;

(5) Componente de interfaz significa un artículo que sirve como interfaz funcional entre un avión y un motor de avión, un motor de avión y una hélice, o un avión y una hélice. El titular del certificado de tipo o el certificado de tipo suplementario designa un componente de interfaz que controla los datos de diseño aprobados para ese artículo;

(6) Producto significa una aeronave, motor de aeronave o hélice;

(7) Aprobación de producción significa un documento emitido por la FAA a una persona que permite la producción de un producto o artículo de acuerdo con su diseño aprobado y sistema de calidad aprobado, y puede tomar la forma de un certificado de producción, un PMA o una Autorización de TSO;

(8) Estado de diseño significa el país o jurisdicción que tiene autoridad reguladora sobre la organización responsable del diseño y la aeronavegabilidad continua de un producto o artículo aeronáutico civil;

(9) Estado de fabricación significa el país o jurisdicción que tiene autoridad reguladora sobre la organización responsable de la producción y aeronavegabilidad de un producto o artículo aeronáutico civil.

(10) Proveedor significa una persona en cualquier nivel de la cadena de suministro que proporciona un producto, artículo o servicio que se usa o consume en el diseño o fabricación de un producto o artículo o que se instala en él.

Part 23 - AIRWORTHINESS STANDARDS: NORMAL, UTILITY, ACROBATIC, AND COMMUTER CATEGORY AIRPLANES.

La parte 23 describe parte de la instrumentación y especificaciones que se deben seguir para la comunicación, comprendiendo desde la cabina de voz hasta las instrucciones para la aeronavegabilidad continuada, en un total de 69 secciones.

**Su contenido se explica en el siguiente enlace:
http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgFAR.nsf/MainFrame?OpenFrameSet
donde se muestra todo el código de regulaciones federales descritas por la FAA.*

Parte 60 - FLIGHT SIMULATION TRAINING DEVICE INITIAL AND CONTINUING QUALIFICATION AND USE.

Segundo. 60.1 Aplicabilidad.

(a) Esta parte prescribe las reglas que rigen la calificación inicial y continua y el uso de todos los dispositivos de entrenamiento de simulación de vuelo (FSTD) utilizados para cumplir con los requisitos de entrenamiento, evaluación o experiencia de vuelo de este capítulo para la certificación o calificación de los miembros de la tripulación de vuelo.

(b) Las reglas de esta parte se aplican a cada persona que use o solicite usar un FSTD para cumplir con cualquier requisito de este capítulo.

(c) Los requisitos de §60.33 con respecto a la falsificación de aplicaciones, registros o informes también se aplican a cada persona que usa un FSTD para entrenamiento, evaluación u obtención de la experiencia de vuelo requerida para la certificación o calificación de los miembros de la tripulación de vuelo en este capítulo.

Part 61- CERTIFICATION: PILOTS, FLIGHT INSTRUCTORS, AND GROUND INSTRUCTORS.

Subparte B - Calificaciones de aeronaves y autorizaciones de piloto.

Segundo. 61.64 Uso de un simulador de vuelo y un dispositivo de entrenamiento de vuelo.

Segundo. 61.65 Requisitos de calificación del instrumento.

En el inciso (h) de esta parte, se especifica que:

(h) Uso de simuladores de vuelo completos o dispositivos de entrenamiento de vuelo. Si el tiempo del instrumento fue proporcionado por un instructor autorizado en un simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo:

- (1) Se puede realizar un máximo de 30 horas en ese simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo si el tiempo del instrumento se completó de acuerdo con la parte 142 de este capítulo; o
- (2) Se puede realizar un máximo de 20 horas en ese simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo si el tiempo del instrumento no se completó de acuerdo con la parte 142 de este capítulo.

**Donde la parte 142 prescribe los requisitos que rigen la certificación y el funcionamiento de los centros de capacitación. Salvo lo dispuesto en el párrafo (b) de esta sección, esta parte proporciona un medio alternativo para lograr la capacitación requerida por las partes 61, 63, 65, 91, 121, 125, 135 o 137 de este capítulo.*

(i) Uso de un dispositivo de entrenamiento de aviación. Se puede acreditar un máximo de 10 horas de tiempo de instrumento recibido en un dispositivo básico de entrenamiento de aviación o un máximo de 20 horas de tiempo de instrumento recibido en un dispositivo de entrenamiento avanzado de aviación para los requisitos de tiempo de instrumento de esta sección si:

- (1) El dispositivo está aprobado y autorizado por la FAA;
- (2) Un instructor autorizado proporciona el tiempo del instrumento en el dispositivo; y
- (3) La FAA aprobó la capacitación del instrumento y las tareas del instrumento realizadas en el dispositivo.

(j) Salvo lo dispuesto en el párrafo (h) (1) de esta sección, una persona no puede acreditar más de 20 horas totales de tiempo de instrumentos en un simulador de vuelo completo, dispositivo de entrenamiento de vuelo, dispositivo de entrenamiento de aviación o una combinación para el Requisitos de tiempo del instrumento de esta sección.

Segundo. 61.45 ***Pruebas prácticas: aeronaves y equipos necesarios.***

14.1.3. Requisitos Técnicos Administrativos.

Los requisitos que se deberán presentar son los siguientes:

- Solicitud de Aprobación Tipo.

· Para poder obtener la Aprobación Tipo del simulador de vuelo/entrenador sintético de vuelo, se requiere presentar una solicitud ante la Dirección General de Aeronáutica Civil con las siguientes características:

- Escrito elaborado con formato libre.
- Indicar la razón social y/o logotipo de la escuela o propietario.
- Domicilio de la escuela o propietario.
- Nombre y firma del propietario o representante legal.
- Redactar la intención de la instalación de un simulador de vuelo/entrenador sintético de vuelo para efectos de formación capacitación y/o adiestramiento del personal técnico aeronáutico, indicando las características generales del mismo y en su caso hacer referencia a los anexos requeridos en la Ley, Reglamentos y Normas aplicables. Indicar que se cuentan con los recursos materiales y humanos para el desempeño de las actividades que se pretenden y en su caso relacionarlo con cada anexo al escrito.

Part 63 - CERTIFICATION: FLIGHT CREWMEMBERS OTHER THAN PILOTS.

Subparte A – General

Segundo. 63.1 Aplicabilidad.

Esta parte prescribe los requisitos para emitir certificados de ingeniero de vuelo y navegante de vuelo y las reglas generales de operación para los titulares de esos certificados.

Part 93- SPECIAL AIR TRAFFIC RULES

Subparte A – General

Segundo. 93.1 Aplicabilidad.

Esta parte prescribe reglas especiales de tránsito aéreo para operar aeronaves en ciertas áreas descritas en esta parte, a menos que el control de tránsito aéreo autorice lo contrario.

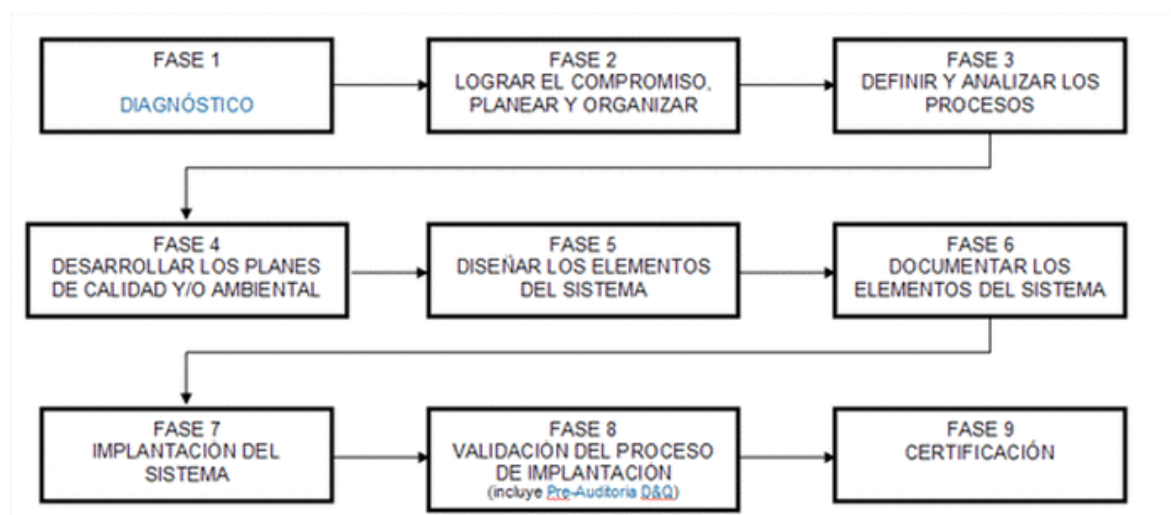


Ilustración K Fases de Diagnostico

Parte 21 Segundo. 21.1 - **PROCEDIMIENTOS DE CERTIFICACIÓN PARA PRODUCTOS Y ARTÍCULOS**

Parte 23 - Normas de aeronavegabilidad: aviones normales, utilitarios, acrobáticos y de categoría de comunicación

Segundo. 61.64 **Uso de un simulador de vuelo y un dispositivo de entrenamiento de vuelo.**

(a) Uso de un simulador de vuelo o dispositivo de entrenamiento de vuelo. Si un solicitante de un certificado o habilitación utiliza un simulador de vuelo o dispositivo

de entrenamiento de vuelo para entrenamiento o cualquier parte de la prueba práctica, el simulador de vuelo y el dispositivo de entrenamiento de vuelo:

(1) Debe representar la categoría, clase y tipo (si es aplicable una habilitación de tipo) para la habilitación solicitada; y

(2) Debe estar calificado y aprobado por el Administrador y debe usarse de acuerdo con un curso de capacitación aprobado según la parte 141 o la parte 142 de este capítulo; o según la parte 121 o la parte 135 de este capítulo, siempre que el solicitante sea un empleado piloto de ese operador de la compañía aérea.

(b) Salvo lo dispuesto en el párrafo (f) de esta sección, si un avión no se usa durante la prueba práctica para una habilitación de tipo para un avión turborreactor (excepto para la inspección previa al vuelo), el solicitante debe realizar la prueba práctica completa en un Simulador de vuelo de nivel C o superior y el solicitante debe:

(1) Tener una habilitación de tipo en un avión turborreactor de la misma clase de avión para la cual se busca la habilitación de tipo, y esa habilitación de tipo puede no contener una limitación de experiencia de operación supervisada;

(2) Tener 1,000 horas de tiempo de vuelo en dos aviones turborreactores diferentes de la misma clase de avión para los cuales se solicita la habilitación de tipo;

(3) Haber sido designado por las Fuerzas Armadas de los EE. UU. Como piloto al mando en un avión turborreactor de la misma clase de avión para el que se solicita la habilitación de tipo;

(4) Tener 500 horas de vuelo en el mismo tipo de avión para el que se solicita la habilitación de tipo; o

(5) Haber registrado al menos 2.000 horas de tiempo de vuelo, de las cuales 500 horas fueron en aviones propulsados por turbina de la misma clase de avión para los que se solicita la habilitación de tipo.

(c) Salvo lo dispuesto en el párrafo (f) de esta sección, si un avión no se utiliza durante la prueba práctica para una habilitación de tipo para un avión turbohélice (excepto para la inspección previa al vuelo), el solicitante debe realizar la prueba práctica completa en un simulador de vuelo de nivel C o superior y el solicitante debe:

- (1) Tener una habilitación de tipo en un avión turbohélice de la misma clase de avión para la cual se busca la habilitación de tipo, y esa habilitación de tipo puede no contener una limitación de experiencia de operación supervisada;
- (2) Tener 1,000 horas de tiempo de vuelo en dos aviones turbohélice diferentes de la misma clase de avión para los cuales se solicita la habilitación de tipo;
- (3) Haber sido designado por las Fuerzas Armadas de los EE. UU. Como piloto al mando en un avión turbohélice de la misma clase de avión para el cual se solicita la habilitación de tipo;
- (4) Tener 500 horas de vuelo en el mismo tipo de avión para el que se solicita la habilitación de tipo; o
- (5) Haber registrado al menos 2.000 horas de tiempo de vuelo, de las cuales 500 horas fueron en aviones propulsados por turbina de la misma clase de avión para los que se solicita la habilitación de tipo.

(d) Salvo lo dispuesto en el párrafo (f) de esta sección, si no se utiliza un helicóptero durante la prueba práctica para una habilitación de tipo en un helicóptero (excepto para la inspección previa al vuelo), el solicitante debe realizar la prueba práctica completa en un Nivel Simulador de vuelo C o superior y el solicitante debe cumplir uno de los siguientes requisitos:

- (1) Tener una habilitación de tipo en un helicóptero y esa habilitación de tipo puede no contener la limitación de experiencia de operación supervisada;
- (2) Haber sido designado por las Fuerzas Armadas de los EE. UU. Como piloto al mando de un helicóptero;
- (3) Tener 500 horas de vuelo en el tipo de helicóptero; o
- (4) Tener 1,000 horas de vuelo en dos tipos diferentes de helicópteros.

(e) Excepto por lo dispuesto en el párrafo (f) de esta sección, si no se utiliza un elevador motorizado durante la prueba práctica para una habilitación de tipo en un elevador motorizado (excepto para la inspección previa al vuelo), el solicitante debe cumplir toda la práctica prueba en un simulador de vuelo de nivel C o superior y el solicitante debe cumplir uno de los siguientes requisitos:

- (1) Tener una habilitación de tipo en un elevador motorizado sin una limitación de experiencia operativa supervisada;

(2) Haber sido designado por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos como piloto al mando de un elevador motorizado;

(3) Tener 500 horas de tiempo de vuelo en el tipo de elevador motorizado para el cual se solicita la habilitación; o

(4) Tener 1,000 horas de tiempo de vuelo en dos tipos diferentes de elevadores motorizados.

(f) Si el solicitante no cumple con uno de los requisitos de experiencia de los párrafos (b) (1) a (5), (c) (1) a (5), (d) (1) a (4) o (e) (1) a (4) de esta sección, según corresponda a la habilitación de tipo buscada, entonces:

(1) El solicitante debe completar las siguientes tareas en la prueba práctica en una aeronave apropiada para la categoría, clase y tipo para la calificación buscada: inspección previa al vuelo, despegue normal, aproximación del sistema de aterrizaje por instrumentos normal, aproximación frustrada y aterrizaje normal; o

(2) El certificado de piloto del solicitante se emitirá con una limitación que establece: "El [nombre de la habilitación de tipo adicional] está sujeto a las limitaciones del piloto al mando", y el solicitante tiene restringido el servicio como piloto al mando en una aeronave de ese tipo.

(g) La limitación descrita en el párrafo (f) (2) de esta sección puede eliminarse del certificado piloto si el solicitante cumple con lo siguiente:

(1) Realiza 25 horas de tiempo de vuelo en una aeronave de la categoría, clase y tipo para la cual la limitación se aplica bajo la observación directa del piloto al mando que posee una habilitación de categoría, clase y tipo, sin limitaciones, para la aeronave;

(2) Registra cada vuelo y el piloto al mando que observó el vuelo atestigua por escrito a cada vuelo;

(3) Obtiene el tiempo de vuelo mientras realiza las tareas del piloto al mando; y

(4) Presenta evidencia de la experiencia operativa supervisada a cualquier examinador u oficina de distrito de normas de vuelo de la FAA para que se elimine la limitación.

Amdt. 61-129; Eff 16/12/2011

Segundo. 61.65 **Requisitos de calificación del instrumento.**

(a) Un general. Una persona que solicita una calificación de instrumento debe:

(1) Tener al menos un certificado de piloto privado actual, o solicitar concurrentemente un certificado de piloto privado, con un avión, helicóptero o habilitación de elevador motorizado apropiado para la habilitación del instrumento buscado;

(2) Poder leer, hablar, escribir y comprender el idioma inglés. Si el solicitante no puede cumplir alguno de estos requisitos debido a una afección médica, el Administrador puede colocar las limitaciones operativas en el certificado de piloto del solicitante que sean necesarias para la operación segura de la aeronave;

(3) Recibir y registrar la capacitación en tierra de un instructor autorizado o realizar un curso de capacitación de estudio en el hogar sobre las áreas de conocimiento aeronáutico del párrafo (b) de esta sección que se aplican a la calificación del instrumento buscado;

(4) Recibir un libro de registro o el respaldo del registro de capacitación de un instructor autorizado que certifique que la persona está preparada para tomar la prueba de conocimiento requerida;

(5) Recibir y registrar entrenamiento en las áreas de operación del párrafo (c) de esta sección de un instructor autorizado en una aeronave, simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo que represente un avión, helicóptero o elevador eléctrico apropiado para la calificación del instrumento buscado;

(6) Recibir un libro de registro o el respaldo del registro de capacitación de un instructor autorizado que certifique que la persona está preparada para tomar el examen práctico requerido;

(7) Aprobar la prueba de conocimiento requerida en las áreas de conocimiento aeronáutico del párrafo (b) de esta sección; sin embargo, un solicitante no está obligado a tomar otra prueba de conocimiento cuando esa persona ya posee una calificación de instrumento; y

(8) Aprobar la prueba práctica requerida en las áreas de operación en el párrafo (c) de esta sección en:

(i) Un avión, helicóptero o elevador motorizado, apropiado para la habilitación solicitada; o

(ii) Un simulador de vuelo completo o un dispositivo de entrenamiento de vuelo apropiado para la habilitación solicitada y aprobada para la maniobra o

procedimiento específico realizado. Si se usa un dispositivo de entrenamiento de vuelo para la prueba práctica, los procedimientos de aproximación por instrumentos realizados en ese dispositivo de entrenamiento de vuelo se limitan a un enfoque de precisión y uno de no precisión, siempre que el dispositivo de entrenamiento de vuelo esté aprobado para el procedimiento realizado.

(b) Conocimiento aeronáutico. Una persona que solicita una habilitación de instrumentos debe haber recibido y registrado capacitación en tierra de un instructor autorizado o haber realizado un curso de estudio en el hogar en las siguientes áreas de conocimiento aeronáutico que se aplican a la habilitación de instrumentos solicitada:

- (1) Regulaciones Federales de Aviación de este capítulo que se aplican a las operaciones de vuelo bajo IFR;
- (2) Información apropiada que se aplica a las operaciones de vuelo bajo IFR en el "Manual de información aeronáutica";
- (3) Sistema de control de tránsito aéreo y procedimientos para operaciones de vuelo por instrumentos;
- (4) Navegación IFR y enfoques mediante el uso de sistemas de navegación;
- (5) Uso de IFR en ruta y cuadros de procedimientos de aproximación por instrumentos;
- (6) Adquisición y uso de informes y pronósticos meteorológicos de aviación y los elementos de pronóstico de tendencias climáticas basadas en esa información y observación personal de las condiciones climáticas;
- (7) Operación segura y eficiente de la aeronave bajo las reglas y condiciones de vuelo por instrumentos;
- (8) Reconocimiento de situaciones climáticas críticas y evitación del viento;
- (9) toma de decisiones aeronáuticas y juicio; y
- (10) Gestión de recursos de la tripulación, incluida la comunicación y coordinación de la tripulación.

(c) Competencia de vuelo. Una persona que solicita una habilitación de instrumentos debe recibir y registrar la capacitación de un instructor autorizado en

una aeronave, o en un simulador de vuelo completo o dispositivo de capacitación de vuelo, de acuerdo con el párrafo (g) de esta sección, que incluye las siguientes áreas de operación:

- (1) preparación previa al vuelo;
- (2) procedimientos previos al vuelo;
- (3) Autorizaciones y procedimientos de control de tránsito aéreo;
- (4) Vuelo por referencia a instrumentos;
- (5) sistemas de navegación;
- (6) procedimientos de aproximación por instrumentos;
- (7) operaciones de emergencia; y
- (8) Procedimientos posteriores al vuelo.

(d) Experiencia aeronáutica para la habilitación de avión por instrumentos. Una persona que solicita una habilitación de avión instrumental debe haber registrado:

(1) Excepto por lo dispuesto en el párrafo (g) de esta sección, 50 horas de vuelo a campo traviesa como piloto al mando, de las cuales 10 horas deben haber estado en un avión; y

(2) Cuarenta horas de tiempo real o simulado de instrumentos en las áreas de operación enumeradas en el párrafo (c) de esta sección, de las cuales 15 horas deben haber sido recibidas de un instructor autorizado que tenga una habilitación de avión de instrumentos, y el tiempo de instrumentos incluye:

(i) Tres horas de entrenamiento de vuelo por instrumentos de un instructor autorizado en un avión que sea apropiado para la habilitación de avión por instrumentos dentro de los 2 meses calendario anteriores a la fecha de la prueba práctica; y

(ii) Entrenamiento de vuelo por instrumentos sobre procedimientos de vuelo a campo traviesa, incluido un vuelo a campo traviesa en un avión con un instructor autorizado, que se realiza bajo las reglas de vuelo por instrumentos, cuando se ha archivado un plan de vuelo en una instalación de control de tráfico aéreo, y que involucra:

(A) Un vuelo de 250 millas náuticas a lo largo de las vías aéreas o por rutas directas desde una instalación de control de tráfico aéreo;

(B) Una aproximación por instrumentos en cada aeropuerto; y

(C) Tres tipos diferentes de enfoques con el uso de sistemas de navegación.

(e) Experiencia aeronáutica para la habilitación de instrumentos y helicópteros. Una persona que solicita una habilitación de helicóptero por instrumentos debe haber registrado:

(1) Salvo lo dispuesto en el párrafo (g) de esta sección, 50 horas de vuelo a campo traviesa como piloto al mando, de las cuales 10 horas deben haber sido en helicóptero; y

(2) Cuarenta horas de tiempo real o simulado del instrumento en las áreas de operación enumeradas en el párrafo (c) de esta sección, de las cuales 15 horas deben haber sido con un instructor autorizado que tenga una calificación de instrumento-helicóptero, y el tiempo del instrumento incluye:

(i) Tres horas de entrenamiento de vuelo por instrumentos de un instructor autorizado en un helicóptero que sea apropiado para la calificación de helicóptero por instrumentos dentro de los 2 meses calendario anteriores a la fecha de la prueba práctica; y

(ii) Entrenamiento de vuelo por instrumentos en procedimientos de vuelo a campo traviesa, incluido un vuelo a campo traviesa en un helicóptero con un instructor autorizado que se realiza bajo las reglas de vuelo por instrumentos y se ha archivado un plan de vuelo en una instalación de control de tráfico aéreo, e implica:

(A) Un vuelo de 100 millas náuticas a lo largo de las vías aéreas o por rutas directas desde una instalación de control de tráfico aéreo;

(B) Una aproximación por instrumentos en cada aeropuerto; y

(C) Tres tipos diferentes de enfoques con el uso de sistemas de navegación.

(f) Experiencia aeronáutica para la calificación de levantamiento impulsado por instrumentos. Una persona que solicita una calificación de levantamiento impulsado por instrumentos debe haber registrado:

(1) Salvo lo dispuesto en el párrafo (g) de esta sección, 50 horas de vuelo a campo traviesa como piloto al mando, de las cuales 10 horas deben haber sido en un elevador motorizado; y

(2) Cuarenta horas de tiempo real o simulado del instrumento en las áreas de operación enumeradas en el párrafo (c) de esta sección, de las cuales 15 horas deben haber sido recibidas de un instructor autorizado que tenga una calificación de levantamiento impulsado por instrumento, y el tiempo del instrumento incluye:

(i) Tres horas de entrenamiento de vuelo por instrumentos de un instructor autorizado en un levantamiento motorizado que sea apropiado para la clasificación de levantamiento motorizado por instrumentos dentro de 2 meses calendario antes de la fecha de la prueba práctica; y

(ii) Entrenamiento de vuelo por instrumentos sobre procedimientos de vuelo a campo traviesa, incluido un vuelo a campo traviesa en un elevador motorizado con un instructor autorizado que se realiza bajo las reglas de vuelo por instrumentos, cuando se ha archivado un plan de vuelo en una instalación de control de tráfico aéreo, que involucra:

(A) Un vuelo de 250 millas náuticas a lo largo de las vías aéreas o por rutas directas desde una instalación de control de tráfico aéreo;

(B) Una aproximación por instrumentos en cada aeropuerto; y

(C) Tres tipos diferentes de enfoques con el uso de sistemas de navegación.

(g) Un solicitante de un certificado de piloto privado combinado con una habilitación de instrumentos puede satisfacer los requisitos de tiempo de vuelo a través del país de esta sección al acreditar:

(1) Para una habilitación de avión de instrumentos o una habilitación de elevador impulsado por instrumentos, hasta 45 horas de tiempo de vuelo a través del país realizando las tareas del piloto al mando con un instructor autorizado; o

(2) Para una habilitación de helicóptero por instrumentos, hasta 47 horas de tiempo de vuelo a través del país realizando las tareas del piloto al mando con un instructor autorizado.

(h) Uso de simuladores de vuelo completos o dispositivos de entrenamiento de vuelo. Si el tiempo del instrumento fue proporcionado por un instructor autorizado en un simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo:

(1) Se puede realizar un máximo de 30 horas en ese simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo si el tiempo del instrumento se completó de acuerdo con la parte 142 de este capítulo; o

(2) Se puede realizar un máximo de 20 horas en ese simulador de vuelo completo o dispositivo de entrenamiento de vuelo si el tiempo del instrumento no se completó de acuerdo con la parte 142 de este capítulo.

(i) Uso de un dispositivo de entrenamiento de aviación. Se puede acreditar un máximo de 10 horas de tiempo de instrumento recibido en un dispositivo básico de entrenamiento de aviación o un máximo de 20 horas de tiempo de instrumento recibido en un dispositivo de entrenamiento avanzado de aviación para los requisitos de tiempo de instrumento de esta sección si:

(1) El dispositivo está aprobado y autorizado por la FAA;

(2) Un instructor autorizado proporciona el tiempo del instrumento en el dispositivo;
y

(3) La FAA aprobó la capacitación del instrumento y las tareas del instrumento realizadas en el dispositivo.

(j) Salvo lo dispuesto en el párrafo (h) (1) de esta sección, una persona no puede acreditar más de 20 horas totales de tiempo de instrumentos en un simulador de vuelo completo, dispositivo de entrenamiento de vuelo, dispositivo de entrenamiento de aviación o una combinación para el Requisitos de tiempo del instrumento de esta sección.

Amdt. 61-136, Eff. 12/05/2016

Segundo. 61.45 ***Pruebas prácticas: aeronaves y equipos necesarios.***

(a) Un general. Salvo lo dispuesto en el párrafo (a) (2) de esta sección o cuando se le permita realizar el incremento de vuelo completo de la prueba práctica en un simulador de vuelo o un dispositivo de entrenamiento de vuelo, el solicitante de un certificado o habilitación emitido bajo esta parte debe presentar:

(1) Una aeronave de registro de los EE. UU. Para cada prueba requerida que:

(i) Es de la categoría, clase y tipo, si corresponde, para la cual el solicitante solicita un certificado o habilitación; y

[(ii) Tiene un certificado de aeronavegabilidad estándar o un certificado de aeronavegabilidad especial en la categoría limitada, primaria o deportiva ligera.]

(2) A discreción del examinador que administra la prueba práctica, el solicitante puede presentar:

[(I) Una aeronave que tenga un certificado de aeronavegabilidad que no sea un certificado de aeronavegabilidad estándar o un certificado de aeronavegabilidad especial en el limitado, primario o ligero -categoría deportiva, pero que de otro modo cumple con los requisitos del párrafo (a) (1) de esta sección;]

(ii) Una aeronave de la misma categoría, clase y tipo, si corresponde, de registro extranjero debidamente certificada por el país de registro; o

[(iii) Una aeronave militar de la misma categoría, clase y tipo, si la clase y el tipo de aeronave son apropiados, para los cuales el solicitante solicita un certificado o habilitación, y siempre que:

(A) La aeronave está bajo el control operativo directo de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos;

(B) La aeronave está en condiciones de aeronavegabilidad bajo los estándares de mantenimiento de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos; y

(C) El solicitante tiene una carta de su oficial al mando autorizando el uso de la aeronave para la prueba práctica.]

(b) Equipo requerido (que no sean controles).

(1) Salvo lo dispuesto en el párrafo (b) (2) de esta sección, una aeronave utilizada para una prueba práctica debe tener:

(i) El equipo para cada área de operación requerida para la prueba práctica;

(ii) No hay limitaciones operativas prescritas que prohíban su uso en cualquiera de las áreas de operación requeridas para la prueba práctica;

(iii) Salvo lo dispuesto en los párrafos (e) y (f) de esta sección, al menos dos estaciones piloto con visibilidad adecuada para que cada persona opere la aeronave de manera segura; y

(iv) Cabina y visibilidad exterior adecuada para evaluar el desempeño del solicitante cuando se proporciona un asiento adicional para el examinador.

(2) El solicitante de un certificado o habilitación puede usar una aeronave con características operativas que le impidan realizar todas las tareas requeridas para la prueba práctica. Sin embargo, el certificado o calificación del solicitante, según corresponda, se emitirá con una limitación apropiada.

[(c) Controles requeridos. A excepción de las aeronaves más ligeras que el aire, y un planeador sin motor, una aeronave utilizada para una prueba práctica debe tener controles de potencia del motor y controles de vuelo que sean fácilmente accesibles y operables de manera convencional por ambos pilotos, a menos que el Examinador determine que La prueba práctica se puede realizar de forma segura en la aeronave sin los controles fácilmente accesibles por el examinador.]

(d) Equipo de vuelo por instrumentos simulado. El solicitante de una prueba práctica que implique maniobrar una aeronave únicamente por referencia a los instrumentos debe proporcionar:

(1) Equipo a bordo de la aeronave que le permita pasar las áreas de operación que se aplican a la habilitación solicitada; y

(2) Un dispositivo que evita que el solicitante tenga una referencia visual fuera de la aeronave, pero no impide que el examinador tenga una referencia visual fuera de la aeronave, y de lo contrario es aceptable para el Administrador.

(e) Aeronaves con controles individuales. Se puede realizar una prueba práctica en una aeronave que tenga un solo conjunto de controles, siempre que:

(1) el examinador acepte realizar la prueba;

(2) La prueba no implica una demostración de habilidades instrumentales; y

(3) La competencia del solicitante puede ser observada por un examinador que esté en condiciones de observar al solicitante.

(f) Aviones deportivos ligeros con un solo asiento. Se puede realizar una prueba práctica para un certificado de piloto deportivo en un avión deportivo ligero que tenga un solo asiento, siempre que el

- (1) examinador acepte realizar la prueba;
- (2) El examinador está en condiciones de observar la operación de la aeronave y evaluar la competencia del solicitante; y
- (3) el certificado de piloto de un solicitante que aprueba con éxito la prueba se le expide un certificado de piloto con la limitación "No se permite el transporte y vuelo de pasajeros en un avión deportivo ligero de un solo asiento".

Amdt. 61-124, Eff. 20/10/09.

1.2 Aviones.

Actualmente los sistemas de una aeronave incluyen sistemas eléctricos, hidráulicos, de combustible, de aviónica, de control de vuelo y de propulsión. En simulación todos los sistemas se localizan en el diseño de la aeronave, estos además de influir en el modelo de vuelo según corresponda, se pueden configurar para fallar en X-Plane, lo que permite a los pilotos practicar el manejo de contingencias y diferentes maniobras.

1.2.1 Composición de la cabina de un avión.

La cabina de vuelo o cabina de pilotaje es un área o habitáculo que la tripulación técnica de una aeronave o de una nave espacial (piloto y copiloto, principalmente) utiliza para controlar y dirigir el vehículo.

La cabina de una aeronave contiene el instrumental y los controles que permiten al piloto hacer volar, dirigir y aterrizar el aparato. En la mayoría de las aeronaves comerciales, una puerta separa la cabina de vuelo de la cabina de pasajeros. Después de los Atentados del 11 de septiembre de 2001, las principales aerolíneas han tomado medidas para fortificar la cabina con el objetivo de evitar cualquier posible secuestro.

La mayoría de las cabinas de vuelo tienen vidrios protectores de los rayos de sol y una o más ventanillas que pueden ser abiertas mientras el avión está en tierra.



Ilustración 1 Cabina de un B-737.

1.3 Simuladores.

Se puede definir a un simulador como un sistema que intenta replicar o representar el comportamiento de una maquina en diversas condiciones a las que podría estar sometida en condiciones de uso. Los hay de diversos tipos, donde los más comunes actualmente son usados como videojuegos hasta representaciones a escala real del sistema a simular, montados en plataformas móviles totalmente automatizados para una mejora de la experiencia al momento de la simulación.

Una definición más completa de lo que es un simulador de vuelo la propone (SRVOP, 2018) se define como:

“Una réplica exacta a escala de la cabina de pilotaje de un tipo particular de aeronave que incluye: el ensamblaje del equipo y los programas informáticos necesarios para representar la operación de la aeronave en tierra y en vuelo, un sistema visual que provee visión exterior desde la cabina de pilotaje y un sistema de movimiento que simula las fuerzas de la aeronave. Este debe satisfacer los requisitos mínimos para la calificación del simulador de vuelo.”

Donde;

“Los simuladores de vuelo son extensamente utilizados en investigación en diversas áreas aeroespaciales, particularmente en la dinámica de vuelo y en la interacción hombre-máquina. Tanto simuladores estándar como específicamente contruidos para investigación se utilizan para este propósito” (Bonilla & Reyes, 2008).

Actualmente los simuladores de vuelo se pueden clasificar de acuerdo a su funcionamiento de operación (EHEST component of ESSI, 2015).

“Los diferentes tipos de Dispositivos de Simulación en Vuelo para Entrenamiento (FSTD) se definen en la Especificación de la Certificación de EASA para Los Dispositivos de Formación en Vuelo (CS FSTD (H)). Para ser reconocido como tal, un FSTD debe estar formalmente cualificado por las Autoridades Nacionales de Aviación (NAA).

La CS-FSTD (H) define los niveles siguientes de cualificación de FSTD:

- FNPT (Entrenador de Procedimientos de Navegación y Vuelo).
- FTD (Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo).
- FFS (Simulador de Vuelo).

1.3.1Tipos de simuladores.

Para un mejor entendimiento del funcionamiento de los simuladores de vuelo es necesario conocer los tipos de simuladores existentes. Para fines prácticos de la investigación, solo se colocaron los simuladores establecidos en la clasificación escrita por la FAA.

1.3.2Simuladores de vuelo.

Los simuladores de vuelo son dispositivos que recrean ambientes de vuelo, ya sean con movimiento o no. Generalmente son diseñados a partir de aeronaves que repiten acciones como los sonidos, movimientos, controles de vuelo y reacciones de factores externos (turbulencia, vientos, tormentas, nubosidades entre otros), estos son usados para formación, diseños u otras aplicaciones (FAA, s.f.).

Según la Federal Aviation Administration (FAA), los simuladores de vuelo son categorizados de tres formas: simuladores de vuelo (FS), dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD o FSTD) y dispositivos de formación de la aviación (ATD).



Ilustración M Cabina de simulación avión Airbus

1.3.3Certificación.

En la Administración Federal de Aviación (FAA por sus siglas en ingles) en las Regulaciones y políticas dentro de las Circulares de Asesoramiento en el apartado AC 61-136B – Aprobación de la FAA de dispositivos de entrenamiento de aviación y su uso para entrenamiento y experiencia, informa que;

Este AC proporciona información y orientación para los fabricantes de dispositivos de entrenamiento de aviación (ATD) que buscan la aprobación de la Administración Federal de Aviación (FAA) de un dispositivo de entrenamiento de aviación básico (BATD) o dispositivo de entrenamiento de aviación avanzado (AATD) bajo el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR) parte 61, § 61.4 (c). Este AC también proporciona información y orientación para aquellas personas que tengan la intención de usar un BATD o AATD para actividades que involucren entrenamiento y experiencia de pilotos, que no sean para pruebas prácticas, entrenamiento específico del tipo de aeronave o una habilitación de tipo de aeronave. Este AC contiene procedimientos específicos con respecto a la evaluación, aprobación y uso de un ATD bajo 14 CFR partes 61 y 141. La FAA utiliza los criterios especificados en este AC para determinar si un ATD está calificado para aprobación como BATD o AATD. Estas pautas se han desarrollado a partir de una amplia experiencia de la FAA y de la industria en la determinación de métodos de cumplimiento con las regulaciones pertinentes de 14 CFR. Las regulaciones aplicables se mencionan solo como referencia. Este AC no cambia los requisitos reglamentarios; por lo tanto, las disposiciones de la regulación actual siempre controlan. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60. Este AC solo se aplica a la evaluación y uso de BATD y AATD. Este aviso no se aplica a los simuladores de vuelo completo (FFS) y dispositivos de entrenamiento de vuelo (FTD) que están regulados bajo 14 CFR parte 60 (AFS-800, 2018).

Catalogando las especificaciones de evaluación en:

Apéndice A. Información general.

Descripción general de los simuladores BATD y AATD, tomando en cuenta los apéndices siguientes.

Apéndice B. requisitos del dispositivo básico de entrenamiento de aviación (BATD).

Describe en el párrafo B.3 los criterios de diseño y funcionalidad para un BATD.

Apéndice C. requisitos del dispositivo de entrenamiento de aviación avanzada AATD.

Describe en el párrafo C.3 los criterios de diseño y funcionalidad para un AATD.

Apéndice D. contenido de capacitación y disposiciones de registro.

Apéndice E. evaluación y criterios de prueba subjetiva.

1.3.4 Simuladores de uso nacional.

Dentro de los servicios con los que cuenta el Laboratorio de Visión por Computadora el departamento de Desarrollo tecnológico cuenta con una serie de proyectos enfocados a la innovación en la formación de la SEMAR, entre los cuales se encuentran:

Simulador estratégico-operacional.

El desarrollo del proyecto denominado “simulador estratégico operacional” estuvo al diseño y desarrollo de un sistema de simulación que permitiera simular operaciones a nivel estratégico y operacional., integrando unidades de superficie, aéreas, anfibas y terrestres con las que cuenta la SEMAR, de manera combinada, así como también que integre información geográfica del terreno y condiciones meteorológicas.

Simulador de vuelo para aeronaves CASA C-295M.

En la SEMAR, la capacitación y adiestramiento de los operadores es de vital importancia para la correcta ejecución de las misiones asignadas. Actualmente dichas actividades se realizan en muchos de los casos, directamente sobre las aeronaves, lo que ocasiona un desgaste en horas de vuelo de las mismas, consumos de combustible y altos costos de operación.

Sistema de entrenamiento de misión de los aviones CASAC-212E.

El proyecto de modernización y actualización de los aviones CASA C-212-CE, ha generado la necesidad de capacitar y entrenar a los pilotos y operadores en las aeronaves, generando un desgaste en horas de vuelo de las mismas, consumos de combustible y costos de operación. El proyecto denominado Sistema de entrenamiento de Misión de los aviones CASA C-212-CE está enfocado al diseño y desarrollo de un sistema de simulación interactivo, para adiestrar y capacitar al personal de misión de los aviones

CASA C-212-CE. Lo anterior con la finalidad de reducir tiempos y costos de operación en la capacitación y certificación de los pilotos.

Sistema de entrenamiento de Misión de los aviones CASA C-235.

La Secretaría de Marina –Armada de México, como parte de su proyecto actual de seguridad para las costas y mares nacionales ha adquirido unidades aeronavales patrulla marítima de ala fija CASA-C-235. La adquisición de nuevas unidades trae consigo la necesidad de implementar mecanismos de capacitación para la operación de dichas unidades. El desarrollo del proyecto Simulador de Entrenamiento de Misión de aeronaves CASA-C-235 tiene por objetivo el diseño y desarrollo de un Simulador de Entrenamiento de Misión que emule al Sistema táctico de misión de las aeronaves CASA-C-235.

Centro de mando y control aerotransportado.

La Secretaría de la Defensa Nacional a través de la CMC.SIVA.EMDN. Lleva a cabo operaciones de vigilancia del espacio aéreo nacional, para tal efecto cuenta con plataformas aéreas dotadas de sensores de uso militar los cuales se encargan de captar información del espacio aéreo mexicano; dichas plataformas hacen uso extensivo de un Centro de Mando y control aerotransportado en el objeto de cumplir con las misiones encomendadas. Basado en lo anterior de la Secretaría de la Defensa Nacional y el INAOE firmaron un convenio para la generación del primer prototipo mexicano de este tipo de sistemas. Realizando el análisis, diseño, implementación y validación de un sistema de información geográfica (GIS) de redacción, administración, transmisión y visualización e datos aerotransportados provenientes de: Radar, GPS, Cámara electro-óptica, Señales de voz, aviónica y acciones de los operadores.

Sistema de Anaveaje.

El proyecto denominado Sistema de Anaveaje tiene por objetivo la construcción y puesta en servicio de sistemas de Anaveaje modular para embarcaciones de la SEMAR; se pretende desarrollar y poner en operación sistemas que cuenten con:

- Sistema de iluminación.
- Sistema de referencia de horizonte estabilizado.

Propuesta de desarrollo Pagina 2.

- Sistema de orientación instrumental.
- Sistema de senda planeo.

Durante el desarrollo de este proyecto se cubrirán los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar y construir un sistema de Anaveaje modular que permita su operación parcial o total de acuerdo a la situación táctica.
- Diseñar y construir un sistema de acuerdo a las normatividades nacionales e internacionales que regulan el desarrollo de este tipo de sistemas.
- Implementar tecnologías incandescentes y LED compatible con sistemas de visión nocturna.
- Proporcionar los elementos necesarios para realizar operaciones de control de cielo en condiciones diurnas, crepusculares y nocturnas.
- Integrar como elementos del sistema de Anaveaje al sistema de referencia de horizontes estabilizado.
- Implementar tableros de distribución y potencia con fuentes de 60Hz y 110V.

La información anteriormente descrita fue recopilada de (INAOE, 2019).

1.4 Interfaz de simulación.

Entre los componentes del simulador de vuelo FTD y AFTD, una parte esencial es la adquisición de un software de simulación de vuelo que cumpla con las regulaciones de la FAA. Para esto existen diversos softwares de simulación tales como:

X-Plane.

X-Plane es un simulador de vuelo producido por Laminar Research y creado por Austin Meyer. Una versión de escritorio está disponible para macOS, Microsoft Windows y Linux, mientras que una versión móvil está disponible para Android, iOS y webOS. El 25 de noviembre de 2016 Laminar Research lanzó la primera versión beta pública de X-Plane 11 para el público en general. El lanzamiento oficial completo de X-Plane 11 se lanzó el 30 de marzo de 2017.

Es uno de los principales simuladores de vuelo que compiten contra Microsoft Flight Simulator. De acuerdo con su desarrollador, se trata de un simulador extremadamente preciso, basado en el cálculo del efecto del flujo de aire sobre las superficies de los aviones simulados.

El propósito de este simulador es ofrecer una experiencia de vuelo lo más realista posible. Para ello, cuenta con una gama de aviones simulados, desde los más sencillos hasta los grandes reactores de línea y, además, una recreación del planeta tierra con sus accidentes geográficos y alrededor de 18.000 aeropuertos, aeródromos y helipuertos, así como portaaviones en los que realizar sus prácticas de vuelo.

La clave del realismo de la física de vuelo de X-Plane es la creación de un túnel de viento virtual alrededor del avión, consiguiendo así efectos parecidos a los reales.

Además, este simulador ofrece unos potentes editores para editar e incluso crear cualquier tipo de aeronaves (cazas, helicópteros, avionetas, etc.) además de perfiles alares. En versiones anteriores a la 8 también se incluía un editor de escenarios, aunque actualmente existe una herramienta de terceros para llevar a cabo dicha tarea.

Al igual que otros simuladores de esta categoría, X-Plane permite la conexión a internet y el vuelo en redes gratuitas en las que se prestan servicios de control de tráfico aéreo. Las dos redes más populares son VATSIM e IVAO.

Asimismo, X-Plane cuenta con una extensa comunidad de usuarios en todo el mundo, que aportan, generalmente de manera gratuita, aviones, escenarios y otros añadidos para la mejora del simulador y la experiencia de vuelo.

X-Plane 9 está disponible para Windows, Mac OS X y Linux.

Tradicionalmente, X-Plane ha sido distribuido en España por Friendware, pero en el año 2006, con la versión 8 en el mercado, FX Interactive publicó una reedición de X-Plane 71 que salió en la colección de videojuegos MVM (Los mejores videojuegos del mundo), distribuida con el diario El Mundo y posteriormente en la línea económica de la compañía, llamada FX Premium, que logró el raro éxito de mantenerse en venta hasta septiembre de 2011, momento en el que la misma compañía publicó una reedición de X-Plane 8,2 también en su línea económica.

FlighGear.

FlightGear es un simulador de vuelo multiplataforma y libre. Actualmente es una alternativa importante frente a los simuladores de vuelo comerciales. Es probablemente el único programa de este tipo cuyo código es libre y sin intención de esconder cómo funciona internamente, lo que lo hace muy extensible. Si bien hay jugadores que consideran que no consigue superar el nivel gráfico de los mejores productos comerciales, el modelo físico del vuelo y el realismo de los controles está al mismo o mayor nivel



*Ilustración N Isologo
FlightGear*

que los mejores simuladores. Esto se debe a que FlightGear fue desarrollado desde un comienzo con un alto perfil técnico y científico. Se apoya en OpenGL y requiere hardware de aceleración 3D.

La idea de FlightGear nació de la insatisfacción de un grupo de personas con los simuladores de vuelo comerciales existentes para PC en su momento. Un gran problema con estos simuladores es el hecho de que al ser privativos no pueden ser modificados como desee el usuario y carecen de extensibilidad y flexibilidad.

Microsoft Flight Simulator.

Microsoft Flight Simulator (también conocido como Flight Simulator 2020, abreviado FS2020) es un próximo simulador de vuelo desarrollado por Asobo Studio y programado para ser publicado por Xbox Game Studios para el sistema operativo Windows 10 en algún momento de 2020, con un lanzamiento previsto para Xbox One en una fecha posterior. Es la



Ilustración O Logotipo Microsoft Flight Simulator.

undécima entrada de la serie, precedida por Microsoft Flight Simulator X. El juego simulará toda la Tierra utilizando texturas y datos topográficos de Bing Maps. Las representaciones tridimensionales de las características del mundo, con el terreno,

los árboles, los edificios y el agua se generan utilizando la tecnología de Microsoft Azur.

Flight Simulator se anunció en el E3 2019 el 9 de junio. Es la primera entrada importante en la serie desde Microsoft Flight Simulator X de 2006, luego de un largo periodo de incertidumbre sobre el futuro de la serie después del cierre de Aces Game Studio en 2009. Está siendo desarrollado por el estudio francés Asobo Studio.

1.5 Software X-Plane.

De entre los softwares de simulación anteriormente descritos X-Plane se caracteriza por ser...

“...uno de los principales simuladores de vuelo que compiten contra Microsoft Flight Simulator. De acuerdo con su desarrollador, se trata de un simulador extremadamente preciso, basado en el cálculo del efecto del flujo de aire sobre las superficies de los aviones simulados.



Ilustración P Isologo X-Plane 11

La Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos de América ha autorizado su uso, con hardware específico, para el entrenamiento de pilotos de vuelo instrumental.

El propósito de este simulador es ofrecer una experiencia de vuelo lo más realista posible. Para ello, cuenta con una gama de aviones simulados, desde los más sencillos hasta los grandes reactores de línea y, además, una recreación del planeta tierra con sus accidentes geográficos y alrededor de 18.000 aeropuertos, aeródromos y helipuertos, así como portaaviones en los que realizar sus prácticas de vuelo.

La clave del realismo de la física de vuelo de X-Plane es la creación de un túnel de viento virtual alrededor del avión, consiguiendo así efectos parecidos a los reales” (X-Plane, 2019).

Actualmente cuenta con su versión número 11.

1.5.1 X-Plane 11.

El movimiento del avión es calculado con respecto a 6 ejes analógicos de 10 bits, tradicionalmente utilizados para:

Alerón.	Propeller pitch.
Ascensor.	Mezcla de combustible.
Acelerador.	Timón.

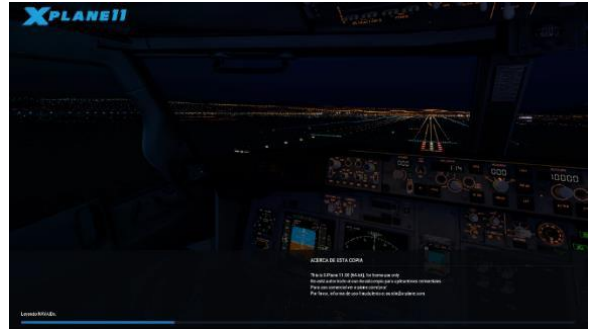


Ilustración Q Ventana de inicio X-Plane 11

Estos en condiciones óptimas favorecen la simulación de la aerodinámica del avión. Los parámetros de diseño de los ejes son establecidos a través del software de diseño integrado en X-Plane, *Plane Maker*.

Plane Maker.

Plane Maker es un software de diseño y construcción de dispositivos de vuelo integrado en paquetería de software de X-Plane.

En la descripción otorgada por el diseñador del software en el apartado de *Versión y actualizaciones* escribe los diferentes sistemas con los que cuenta y quienes fueron en su momento los diseñadores de dichos aditamentos.

La ventana principal de Plane Maker cuenta con un menú distribuido en 6 ventanas:

- Acerca de
- Archivo
- Estándar
- Fondo
- Especial.

Las ventanas son distribuidas en el panel superior del panel de navegación principal.

Descripción de las ventanas en Plane Maker.

Acerca de

Es un apartado en el que se escriben las versiones y actualizaciones del software, además de especificar algunas de las características con la que cuenta Plane Maker, tales como escenarios y otros algoritmos, elevación del terreno y Tandclass, texturas de escenario y bosque, entre otros; además de especificar quienes fueron en su momento los diseñadores de dichas funciones.

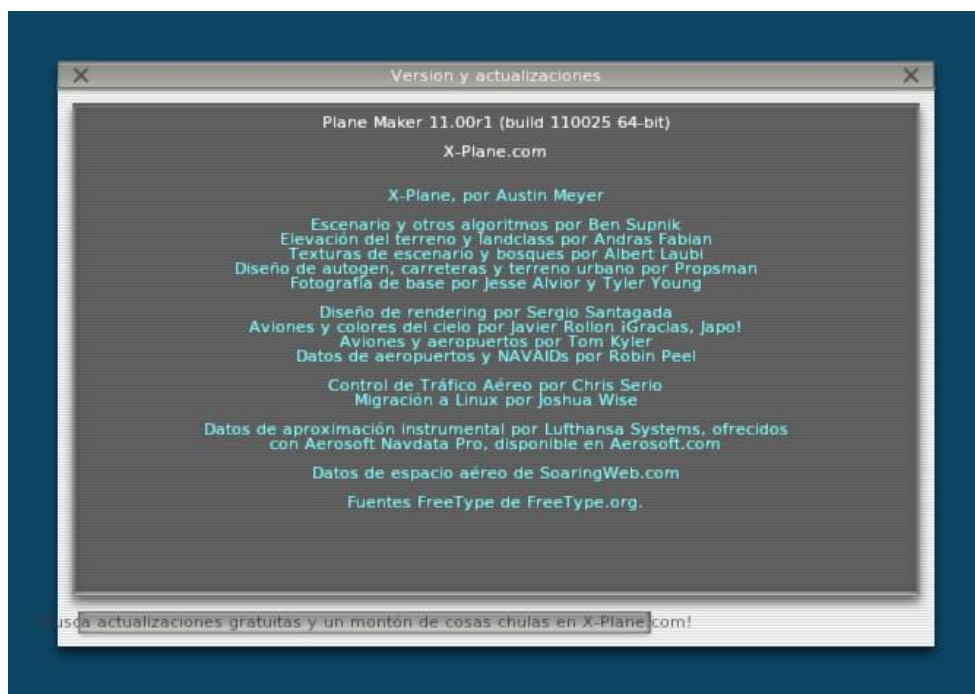


Ilustración R Versión y actualizaciones. Plane Maker 11.00r1

Archivo

Muestra una serie de gráficos correspondientes al diseño del avión, marcando en una tabulación cifras de diseño.

En la imagen anterior se puede apreciar el comportamiento de los parámetros establecidos en las fuerzas aplicadas en AOA-20.

Re: 04.5 (meg) **thickness:** 0.100 (ratio) **drag div. Mach:** 0.750 (at zero lift).

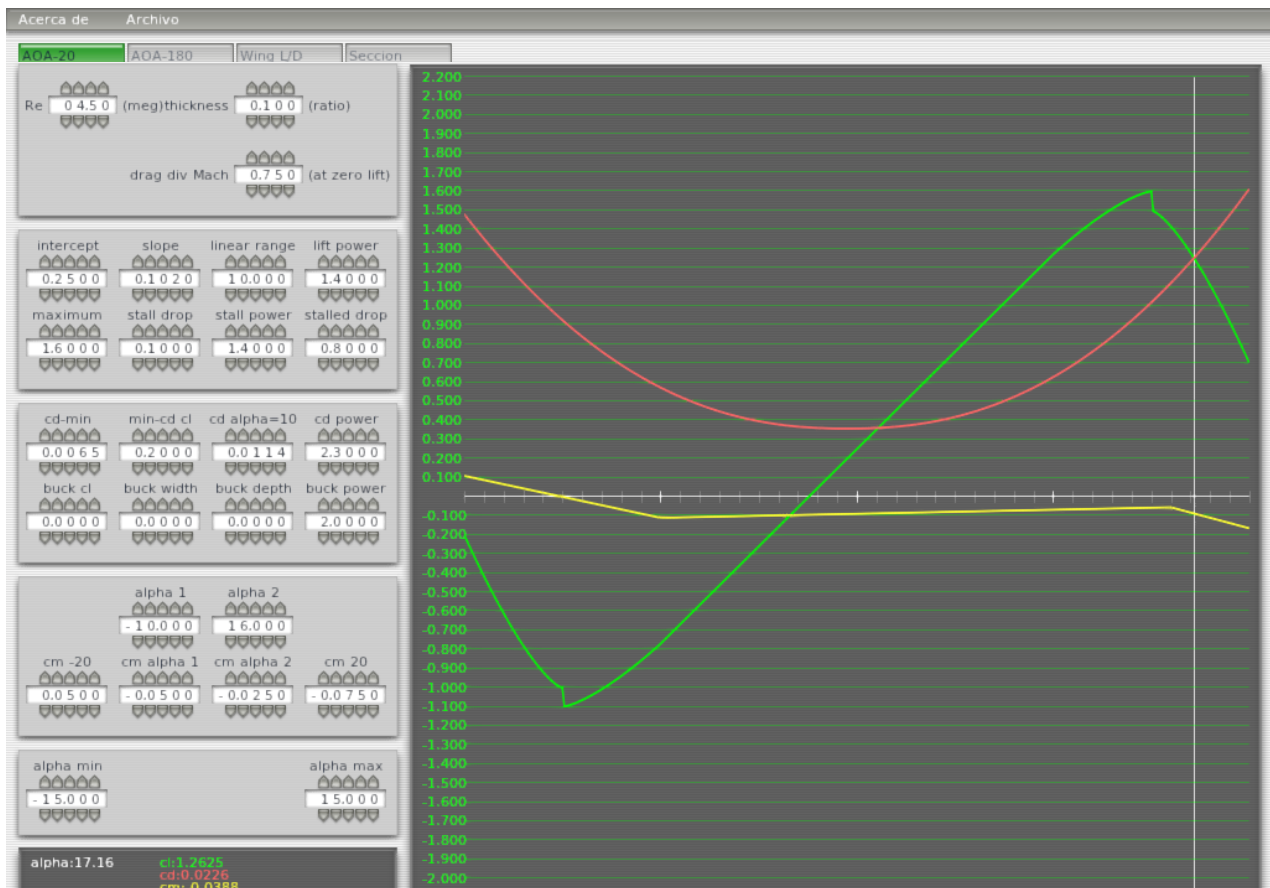


Ilustración 5 Ventana Airfloid AOA-20.

Siendo las curvaturas que se presentan comportamientos con datos promedio de:

alpha: 17.16

cl: 1.2625

cd: 0.0226

cm:-0.0388

La imagen se presenta en la ventana AOA-120 con datos de diseño principales de:

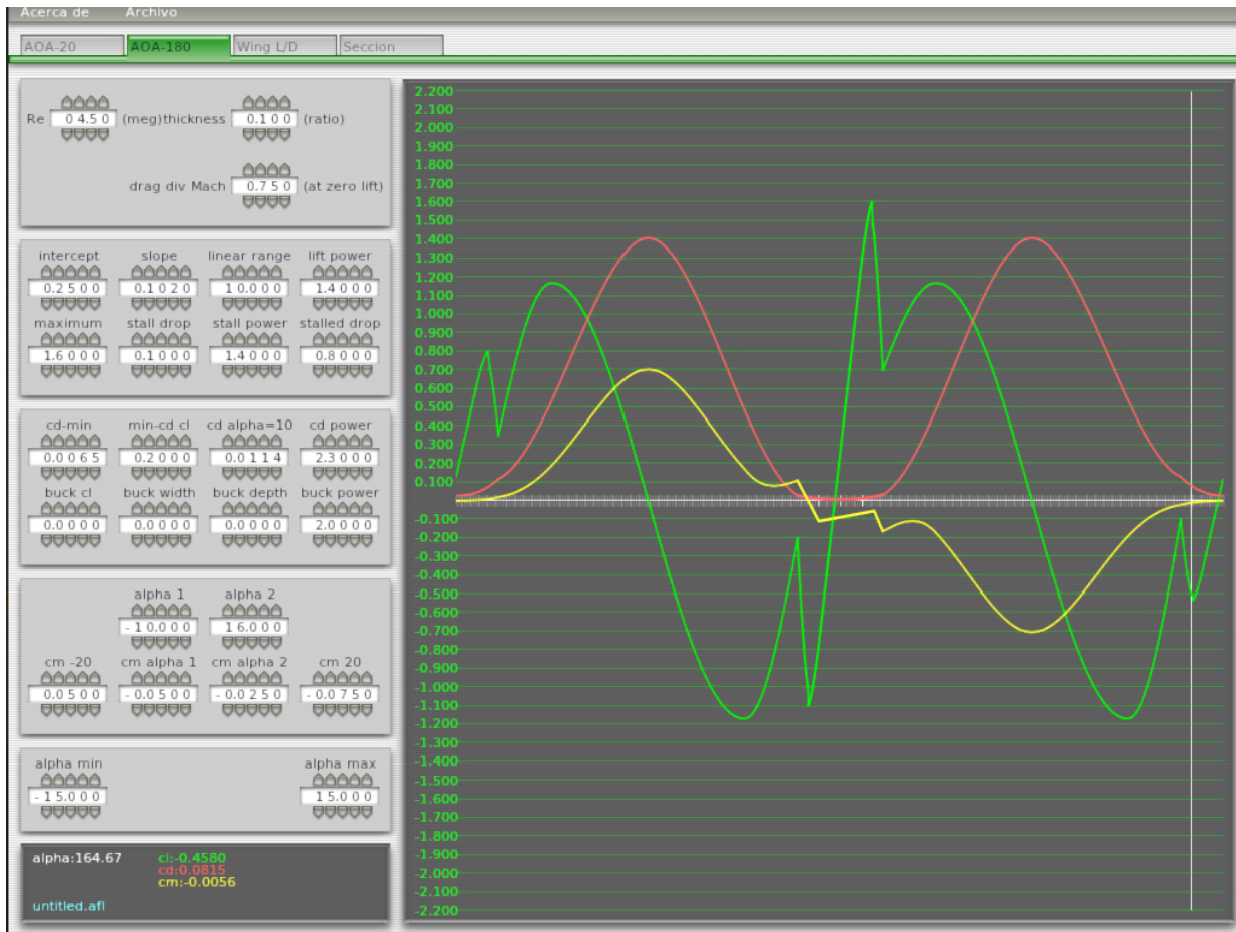


Ilustración T Ventana Airfloid AOA-180.

Re: 04.5 (meg) **thickness:** 0.100 (ratio) **drag div. Mach:** 0.750 (at zero lift).

Las lecturas de las curvaturas se dan en:

alpha: 164.67

cl: -0.4580

cd: 0.0815

cm: -0.0056

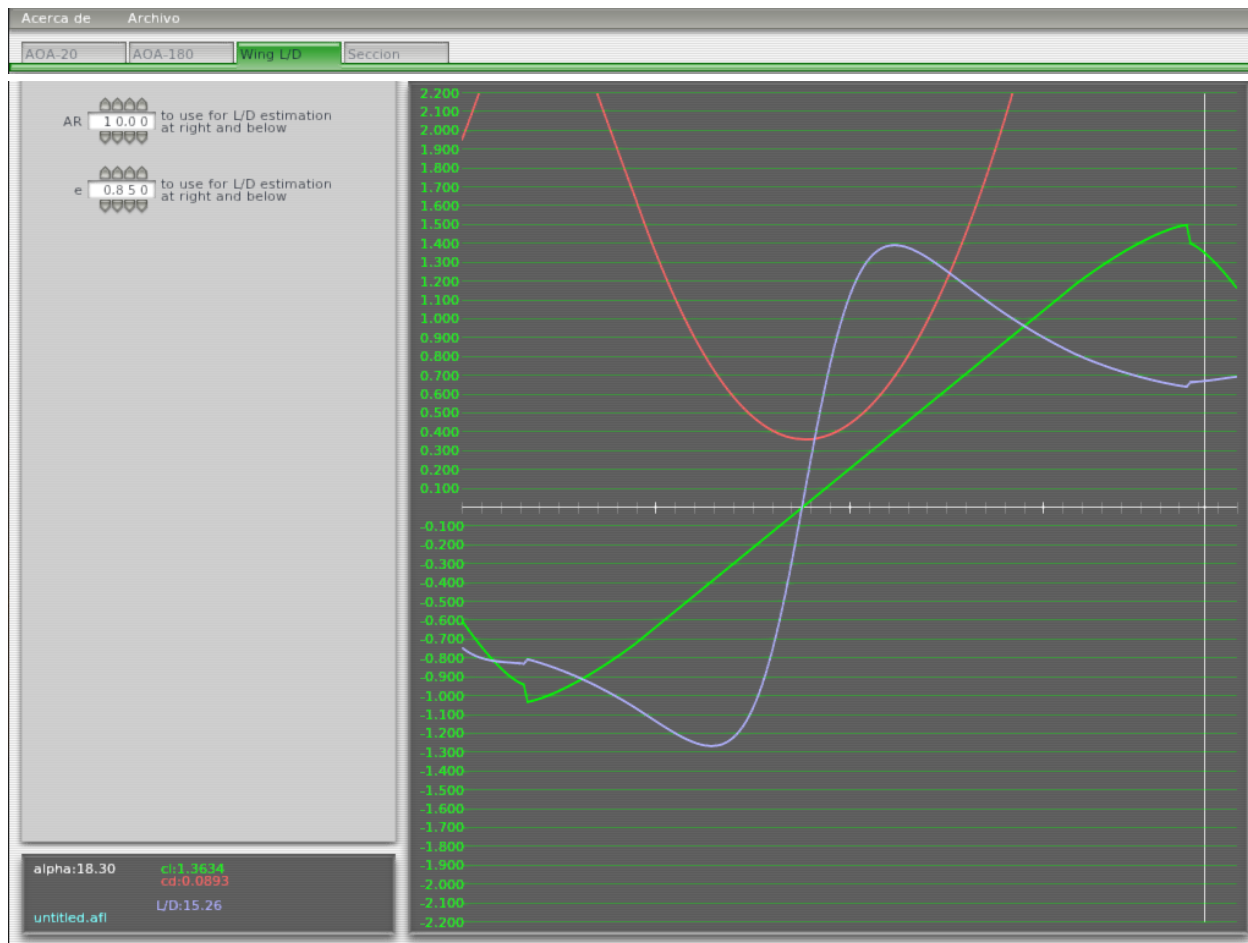


Ilustración U Ventana Airfloid Wing L/D

Parámetros aplicados en Wing L/D para:

AR: 10.00 to use for L/D estimation at right and below.

e: 0.850 to use for L/D estimation at right and below.

Con una interpretación en curvaturas de:

alpha: 18.30

cl: 1.3634

cd: 0.0893

L/D: 15.26

Estándar

Cuenta con 18 sub-apartados.

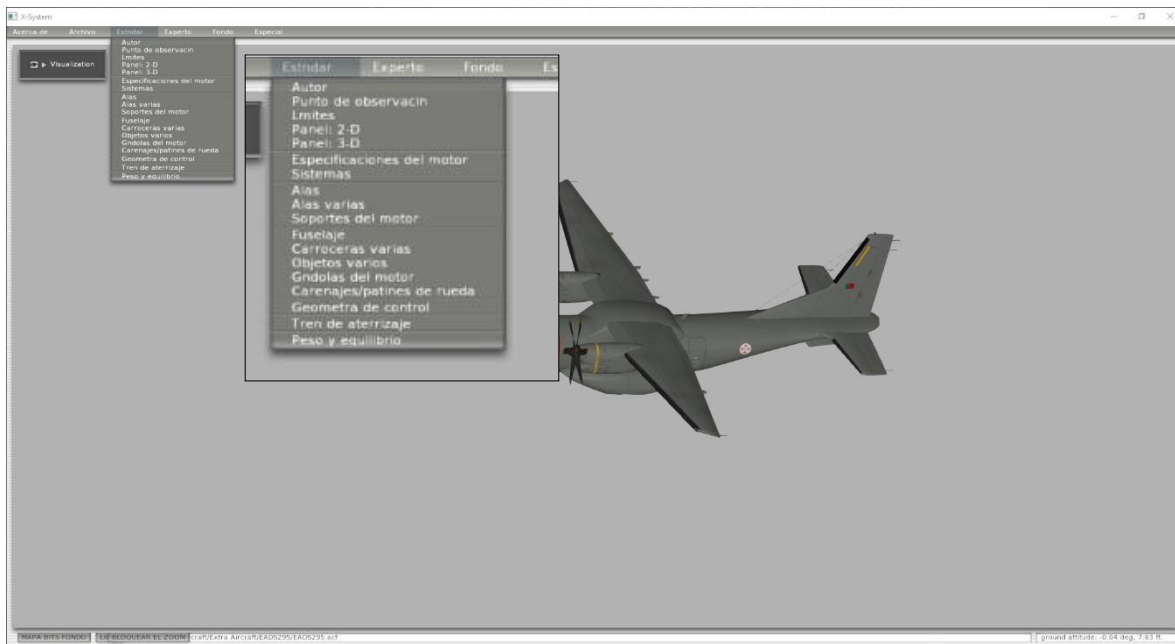


Ilustración V Menú de la ventana Estándar.

Cuenta con especificaciones generales del avión proporcionadas por el autor, tales como lo son el nombre de la aeronave, ICAO code for ATC, descripción del avión, entre otros.

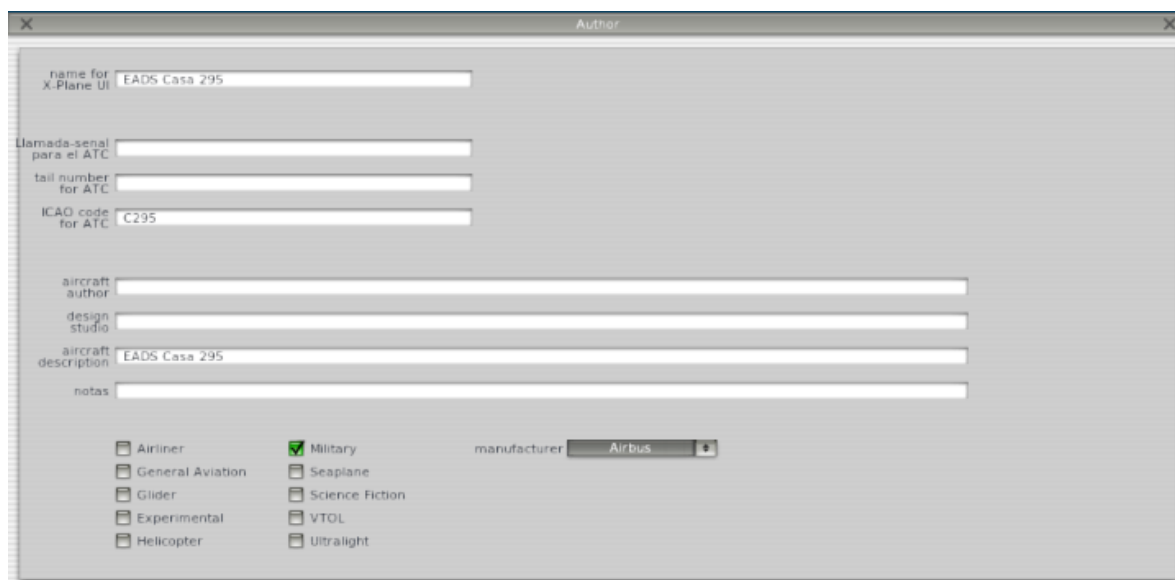


Ilustración W Ventana Autor: Descripción de la nave CASA C-295M

Límites del instrumento

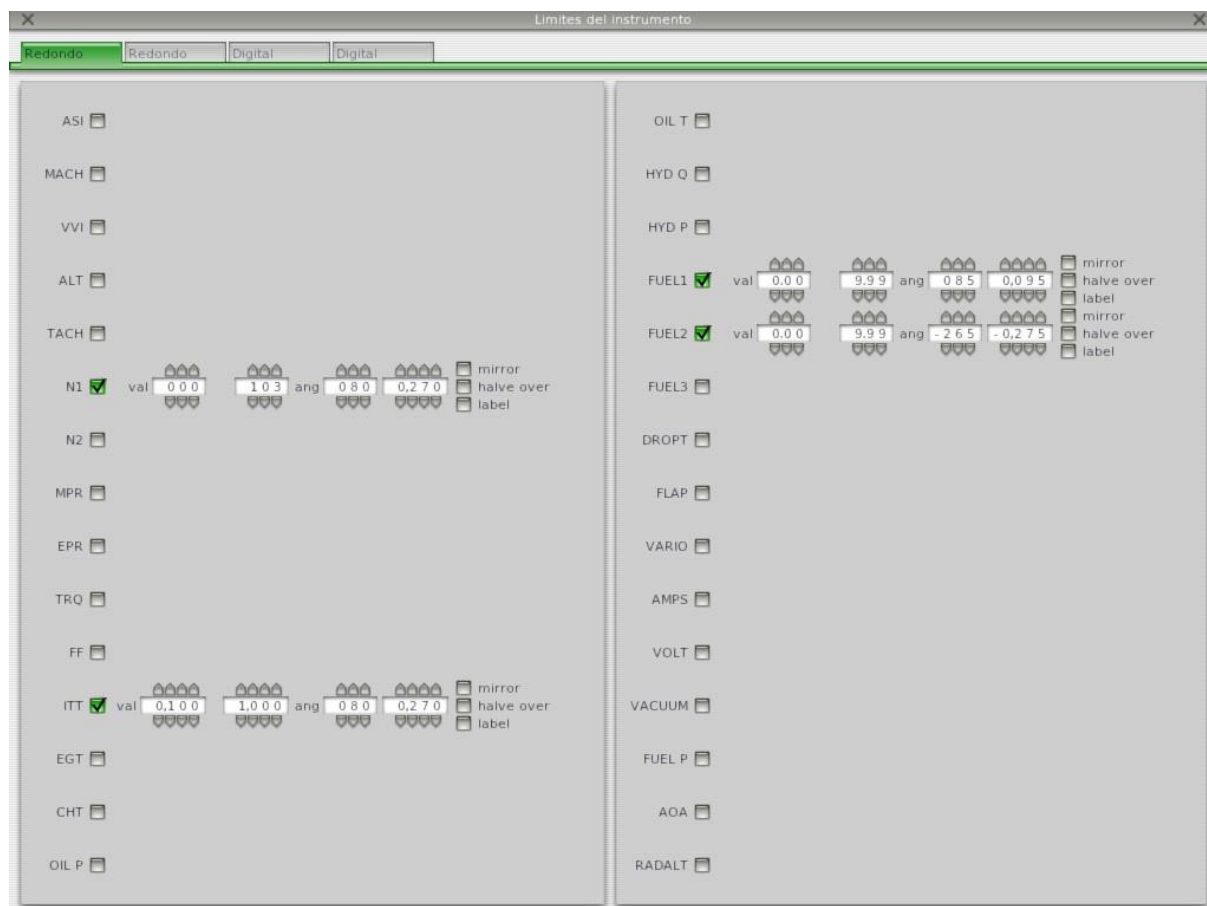


Ilustración X Ventana Límites>Redondo

En la anterior ilustración se muestran limitantes con respecto a angulaciones marcados en N1, ITT, FUEL1 y FUEL2 con valores de:

N1: val: 000 103 ang 080 0,270

ITT: val: 0.100 1.000 ang 080 0,270

FUEL1: val: 0.00 9,99 ang 085 0,095

FUEL1: val: 0.00 9,99 ang -265 -0,275

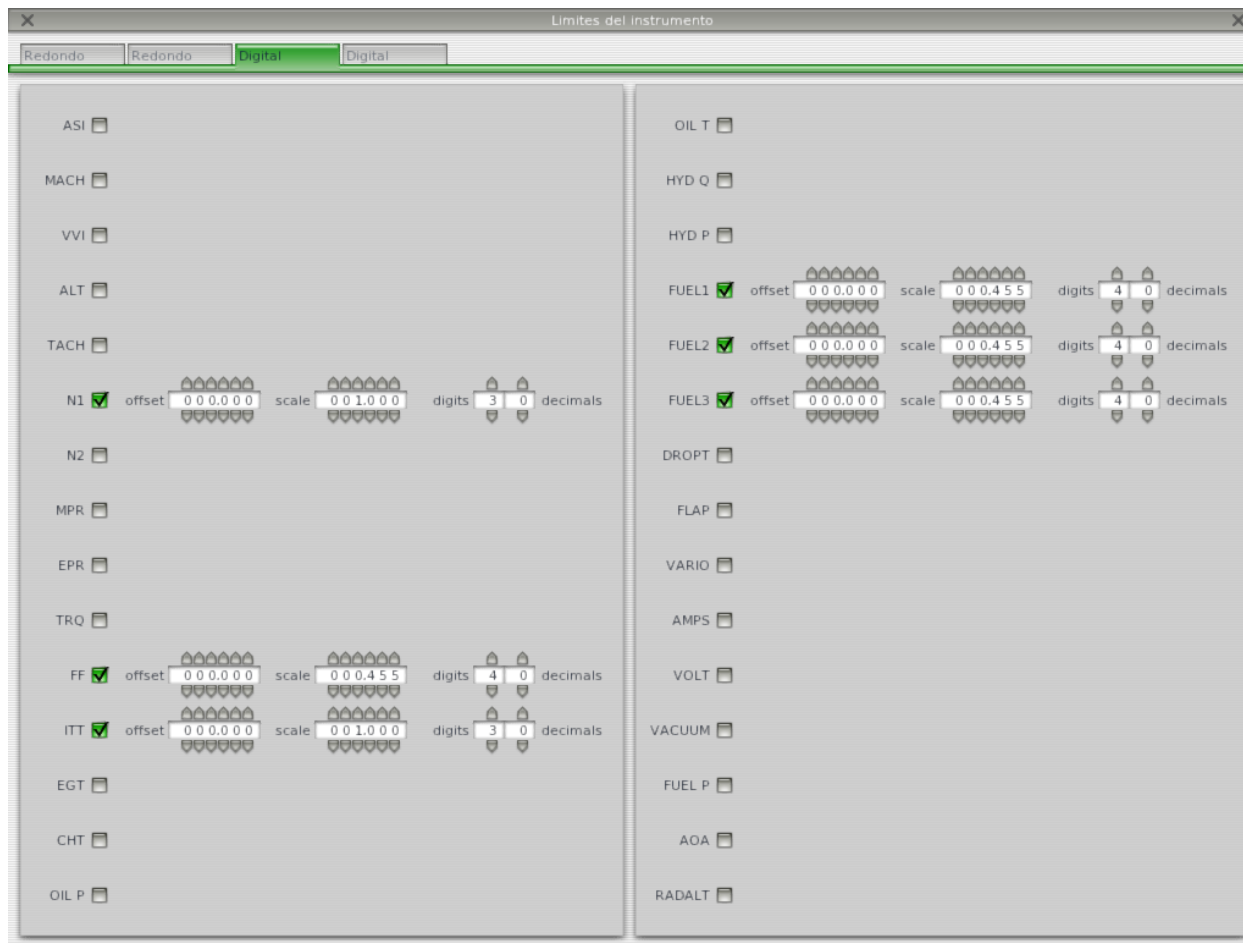


Ilustración Y Ventana Límites>Digital

En la anterior ilustración se muestran limitantes con respecto a angulaciones marcados en N1, FF, ITT, FUEL1, FUEL2 y FUEL3 con valores de:

N1: offset: 000,000 scale: 001,000 digits: 3 0 decimals

FF: offset: 000,000 scale: 000,455 digits: 4 0 decimals

ITT: offset: 000,000 scale: 001,000 digits: 3 0 decimals

FUEL1: offset: 000,000 scale: 000,455 digits: 4 0 decimals

FUEL2: offset: 000,000 scale: 000,455 digits: 4 0 decimals

FUEL3: offset: 000,000 scale: 000,455 digits: 4 0 decimals

Especificaciones del motor

Esta ventana contiene las especificaciones de los motores utilizados en el avión a simular, siendo que dependerá del avión el tipo de motor ensamblado y el número de motores que se añadirán al diseño.

The screenshot shows the 'Motores' window with the 'Descripción' tab selected. It is divided into three main sections:

- ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MOTOR** (General Engine Specifications):
 - critical altitude: 25,000 (max altitude at which full power avail at zero speed)
 - ☒ FADEC automatically keeps engines from exceeding max allowable power or thrust
 - throttle available at max lever, one engine failed: 1.00 (throttle)
 - throttle available at max lever, all engines running: 1.00 (throttle)
 - hi idle fuel adjustment: 0.68 (fuel ratio)
 - lo idle fuel adjustment: 0.51 (fuel ratio)
 - go to 50% afterburner above this throttle: 0.00
 - go to BETA PITCH below this throttle lever position: 0.00 ☐ beta available
 - go to REVERSE below this throttle lever position: 0.00 ☒ reverse available
 - throttle available at max reverse lever position: 0.60 (throttle)
 - ☐ auto-set RPM and throttle based on power lever
- ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA HELICE** (General Propeller Specifications):
 - maximum power: 02,650.00 (hp)
 - feathered pitch of prop, blue knob pulled aft: 70.0 (deg)
 - RAM-inlet pressure recovery: 0.00 (fraction)
 - coarse pitch of prop, governor in alpha mode: 45.0 (deg)
 - fine pitch of prop, governor in alpha mode: 00.0 (deg)
 - beta pitch of prop, black knob at idle: 00.0 (deg)
 - reverse pitch of prop, black knob full aft: -25.0 (deg)
 - prop mass ratio to solid aluminum: 0.80
 - tip mach at 50% power (for constant-mach props): 0.00
 - tip mach at 100% power (for constant-mach props): 0.00
 - redline: 01,200 (engine RPM)
 - top of green arc: 01,200 (engine RPM)
 - bottom of green arc: 00,800 (engine RPM)
 - minimum prop governor RPM: 00,000 (engine RPM)
 - idle: 00,800 (engine RPM)
 - tip weights on ROTORS, pounds, each: 000
- ESPECIFICACIONES DEL MOTOR DEL AVION DE REACCION** (Jet Engine Specifications):
 - maximum allowable thrust: 000,000.00 (lb)
 - afterburner thrust increase: 000,000.00 (lb)
 - compressor area: 000,000.00 (square feet)
 - reverser area: 000,000.00 (square feet)
 - thrust power curves with N1: 2.00 3.00 (at N1 of 0%, 100%)
 - fan RPM at 100% N1: 000,000.00 (rpm)
- ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA AERONAVE a nivel del mar, altitud optima y vacio** (General Aircraft Specifications at sea level, optimum altitude, and vacuum):
 - thrust: 000,000.00 000,000.00 000,000.00 (lb)
 - optimum altitude: 00,000.00 (feet)
 - nozzle exit area: 000.00 (square feet)
 - SFC: 00.00 (/hr)

Ilustración Z Ventana Motores>Descripción: muestra los datos generales con los que se diseñaron los motores principales del avión.

Motores

Description **Ubicación** Transmission Spoolup/Boost SFC/Sonido Prop Geo Jet Curves

ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MOTOR

enpr 2 turboprop (free) turboprop (free)

prop 2 fijo fijo

number blades 0 6 CSH 0 6 SH

☐ vectors
☐ ENGINE clutched
☐ PROP clutched
☐ PROP ducted

long arm 0 2 3 3 0 0 2 3 3 0 (pies)

lat arm - 0 1 1 6 5 - 0 1 1 6 5 (pies)

vert arm 0 0 6 7 0 0 0 6 7 0 (pies)

vert cant - 0 0 1 0 - 0 0 1 0 (deg)

side cant 0 0 0 0 0 0 0 0 (deg)

prop radius 0 0 6 0 0 0 0 6 0 0 (pies)

root and tip chord 1 1 0 0 1 7 1 1 0 0 1 7 (inches)

fine and coarse pitch 0 0 0 4 5 0 0 0 0 4 5 0 (deg)

design propeller RPM 0 1 2 0 0 0 1 2 0 0 (RPM)

design airspeed thru prop disc 4 0 0 4 0 0 (kt)

engine 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 gear ratio

Ilustración AA Ventana Motores> Ubicación: muestra la distribución con la que contarán los motores.

La ventana mostrada anteriormente describe parte de las especificaciones generales del motor, donde se hace mención del tipo de motor, su montaje y fijación.

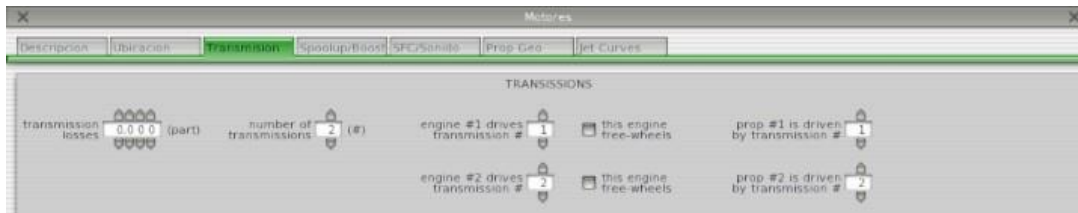


Ilustración DD Ventana Motores> Transmisión

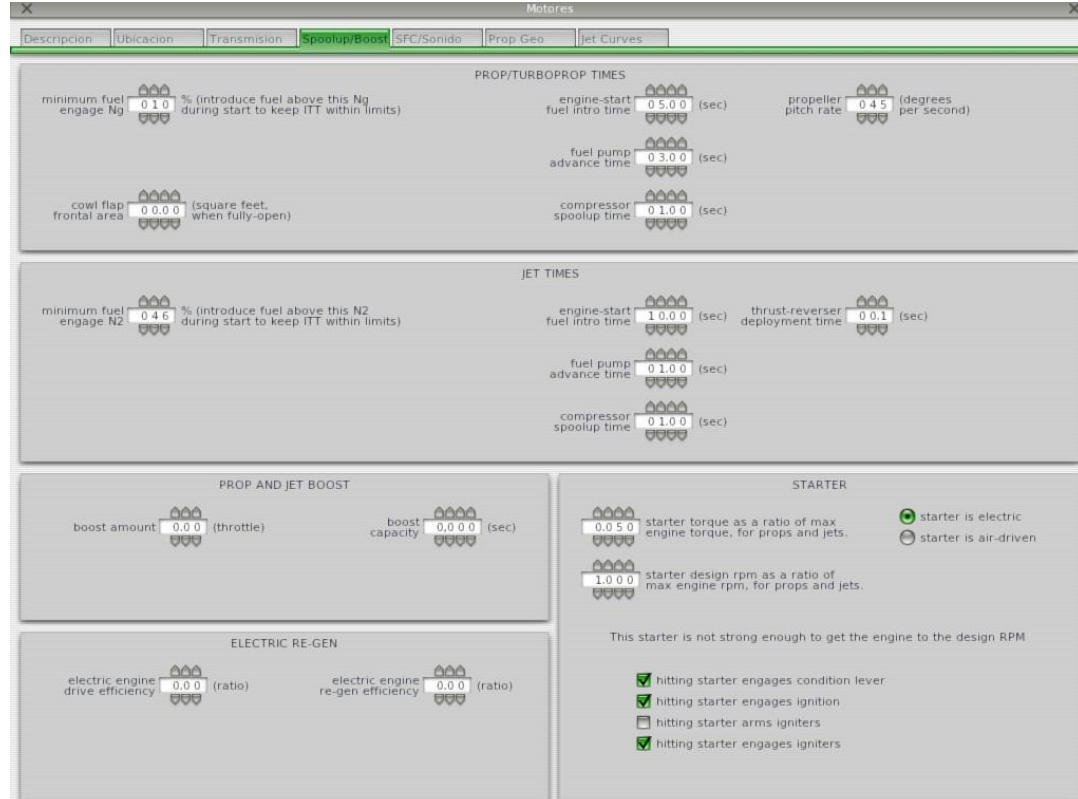


Ilustración CC Ventana Motores>Spoolup/Boost

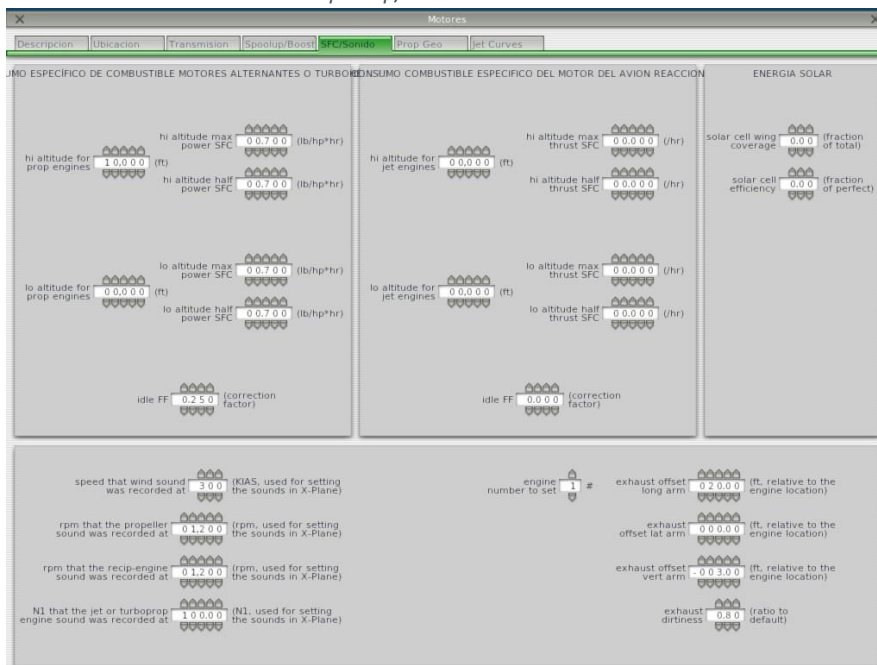


Ilustración BB Ventana motores> SFC/sonido: Consumo específico de combustible motores alternativos o turbo. Combustible específico del motor del avión reacción.

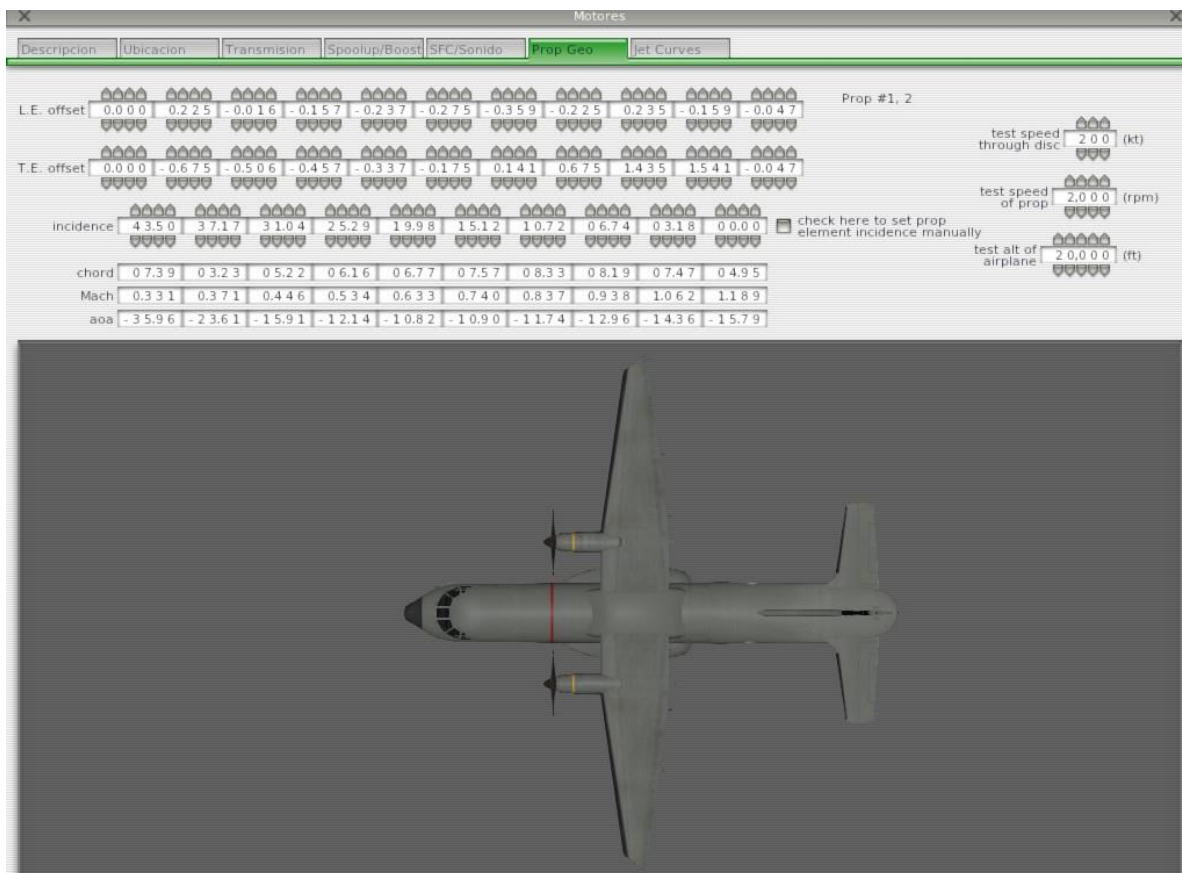


Ilustración FF Ventana Motores>Prop Geo

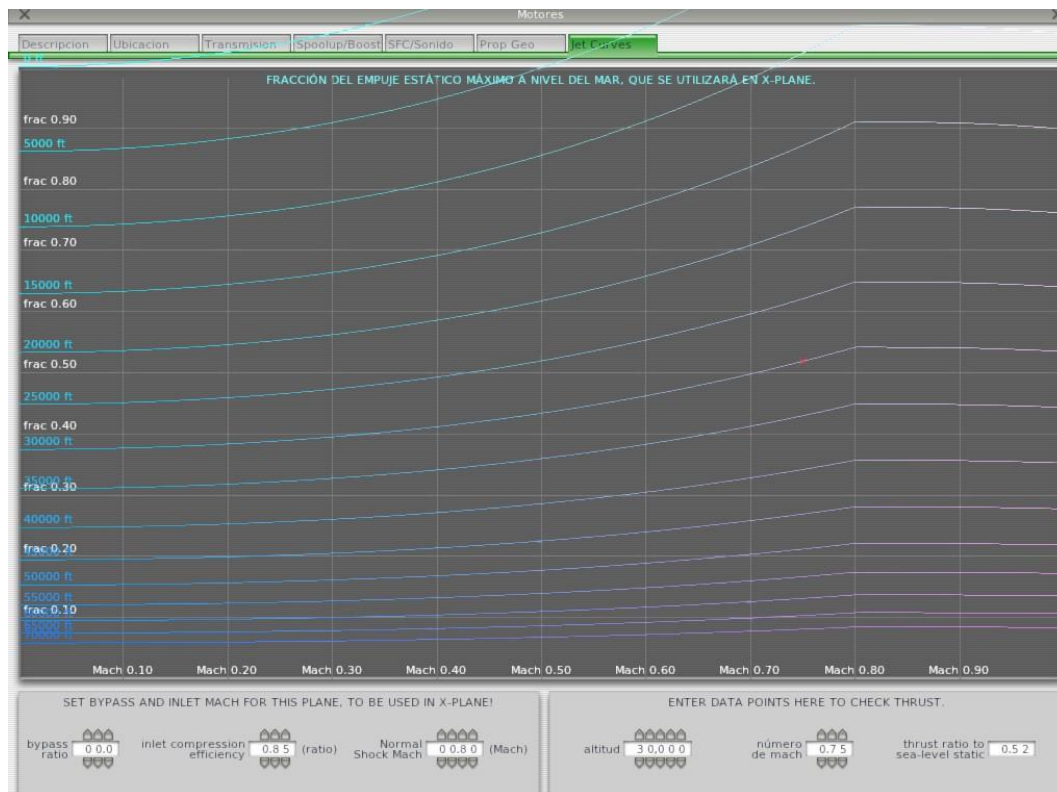


Ilustración EE Ventana Motores>Jet Curves

Los máximos y mínimos marcados en el parámetro “77 *Control forces*” vienen dados en su mayoría por las medidas establecidas en las especificaciones de los motores, ya que estos estarán sujetos a restricciones de potencia en simulación, otorgando fuerzas de dinámicas a los mandos primarios.

En la ilustración *T* se muestran las *Jet curves* las cuales representan la *Fracción del empuje estático máximo a nivel del mar que se utilizara en X-Plane* con límites de:

0 a 70,000 ft $\frac{0.10}{1}$ a $\frac{0.90}{1}$ ubicados en Y.

Mientras que en plano X se tienen los parámetros en Mach siendo de:

Mach 0.10 a mach 0.90

Todo lo anterior con datos en:

SET BYPASS AND INLET MACH FOR THIS PLANE, TO BE USED IN X-PLANE! (set bypass e inlet mach para este plano, para ser utilizado en X-Plane!)

<i>Bypass ratio:</i> 00.0	<i>Inlet compression</i> <i>efficiency:</i> 0.85 (ratio)	<i>Normal shock Mach:</i> 00.80 (mach)
---------------------------	--	---

ENTER DATA POITS HERE TO CHECK THRUS (entrada a los puntos de datos para comprobación).

<i>Altitud:</i> 30,000	<i>Numero de mach:</i> 0.75	<i>Thrust ratio sea-level</i> <i>static:</i> 0.52
------------------------	-----------------------------	--

Sistemas

Este apartado cuenta con una clasificación de 11 ventanas, las cuales comprenden:

- General 1.
- General 2.
- Advertencias.
- Eléctrico.
- Bus 1.
- Bus 2.
- Limites 1.
- Limites 2.
- Rebotan.
- Deslizadores.
- Arc Colors.

A continuación, se muestran algunas de las ventanas anteriormente mencionadas, cabe destacar que solo se mostraran las más significativas con respecto al tema de investigación.

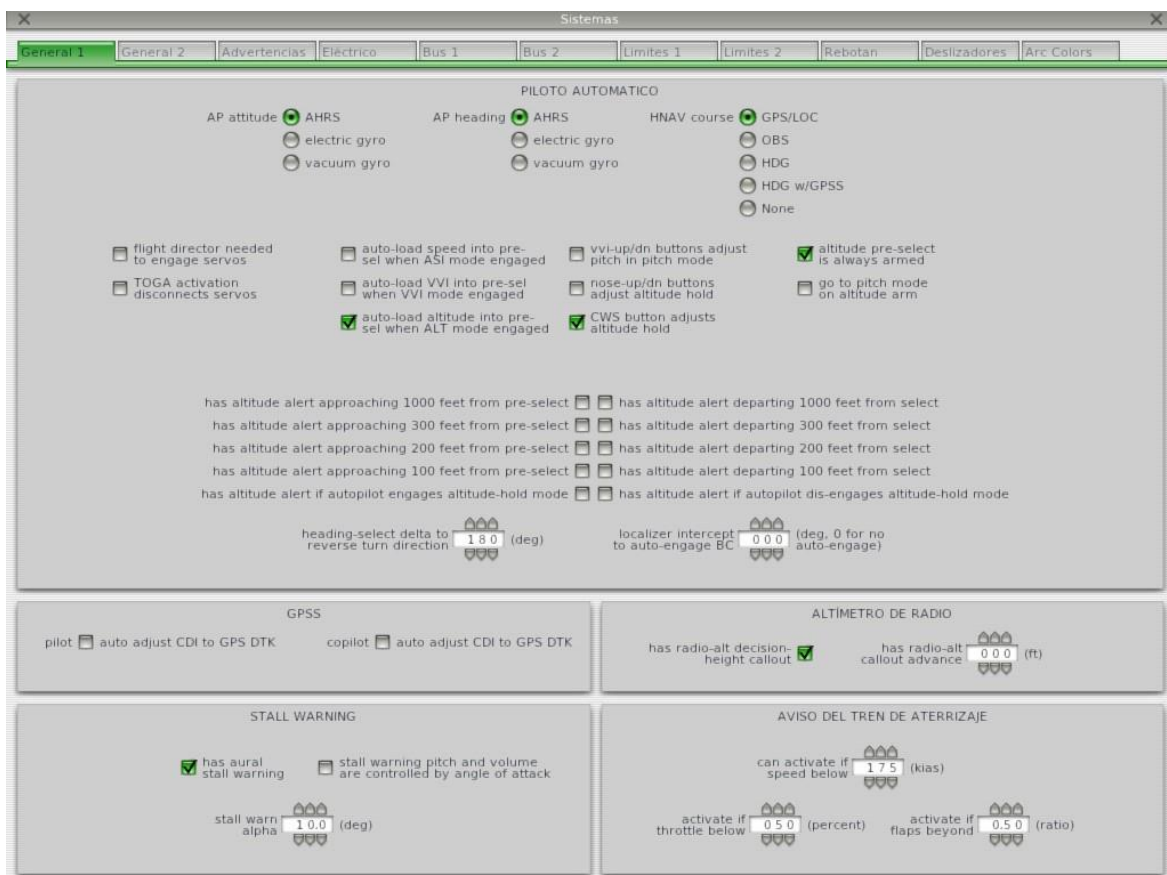


Ilustración GG Ventana Sistemas> General 1

La imagen anterior describe la programación dada al *Piloto automático* que comandara el avión. Además de contar con las especificaciones en *GPSS*, *Altímetro de radio*, *Stall warning* y *Aviso del tren de aterrizaje*.

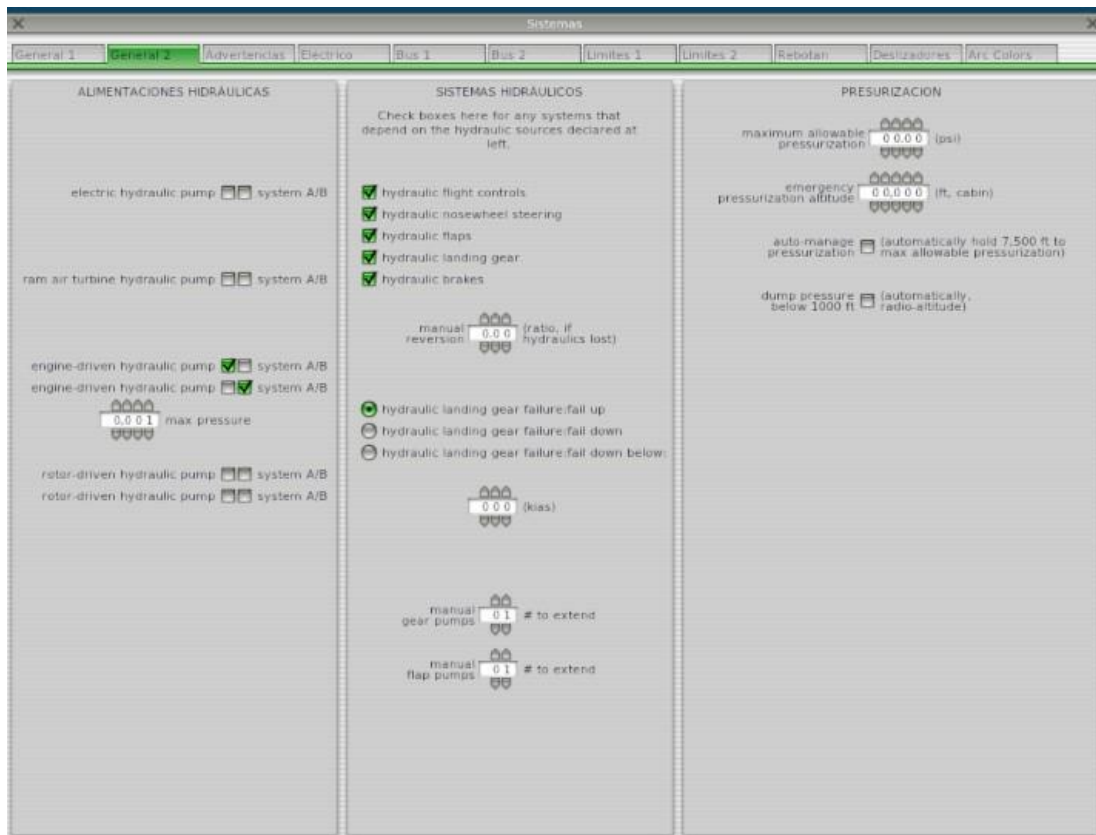


Ilustración II Ventana Sistemas>General 2

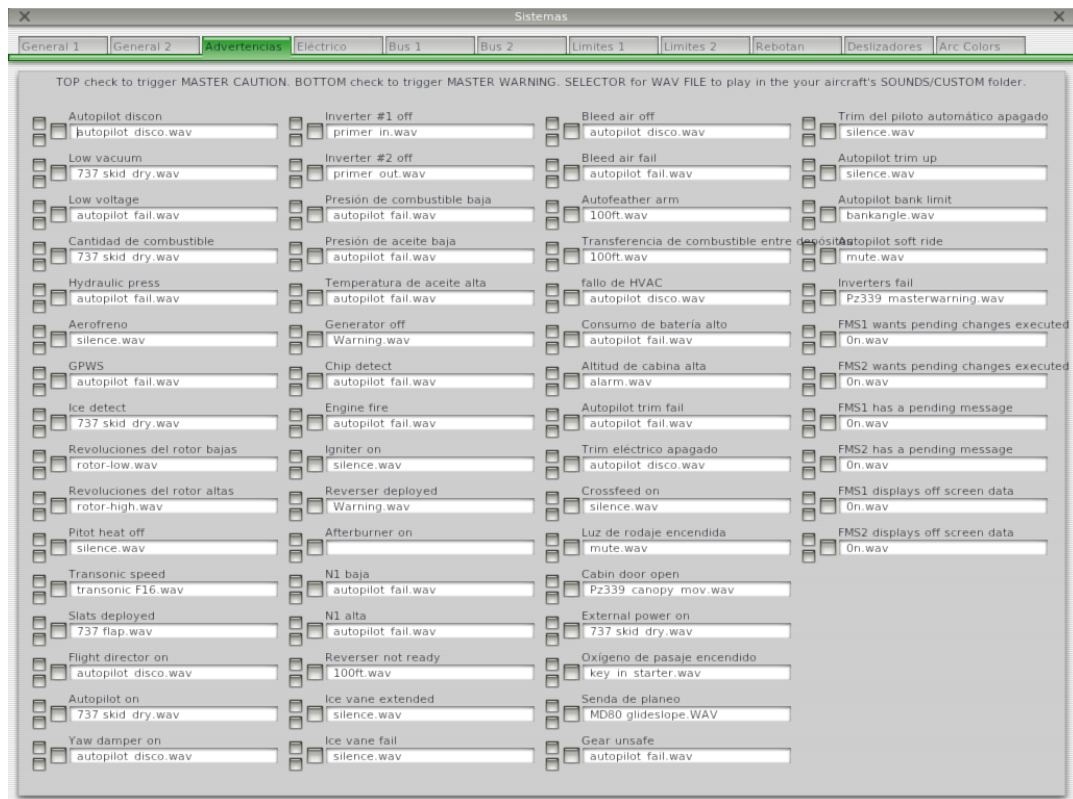


Ilustración HH Ventana Sistemas> Advertencias

Las imágenes anteriores son visualización del apartado de Sistemas, específicamente en General2 y Advertencias.

El apartado de General 2 abarca especificaciones en los sistemas hidráulicos, concretamente:

Alimentaciones hidráulicas.

Que lleva un control de **max pressure**: 0.001

Sistemas hidráulicos, con relación a los controles de vuelo.

Y sistemas de presurización, donde en este punto no se tiene selección alguna de límites.

TOP check to trigger MASTER CAUTION. BOTTOM check to trigger MASTER WARNING. SELECTOR for WAV FILE to play in the your aircraft's SOUNDS/CUSTOM folder (verifique la TOP para activar el CUIDADO MASTER. PRECAUCION INFERIOR para activar WARNING MASTER. SELECTOR para FILE WAV para reproducir en la carpeta SOUNDS/CUSTOM de su aeronave.

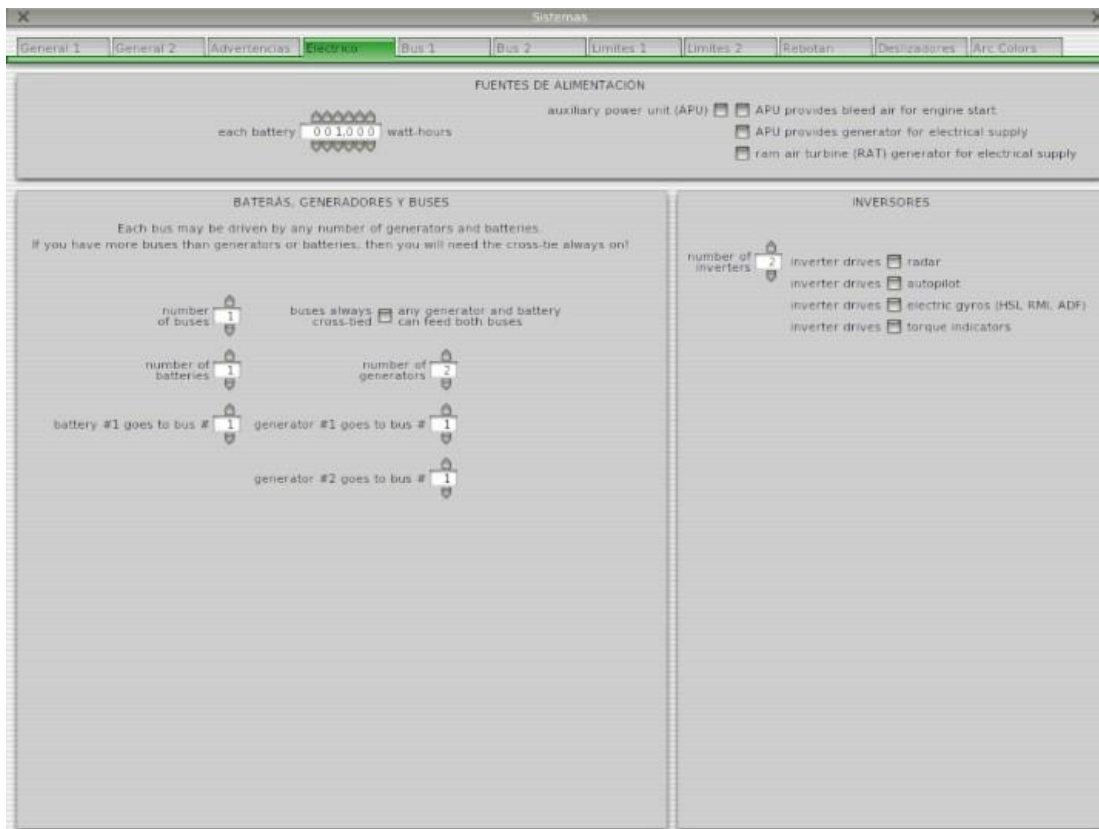
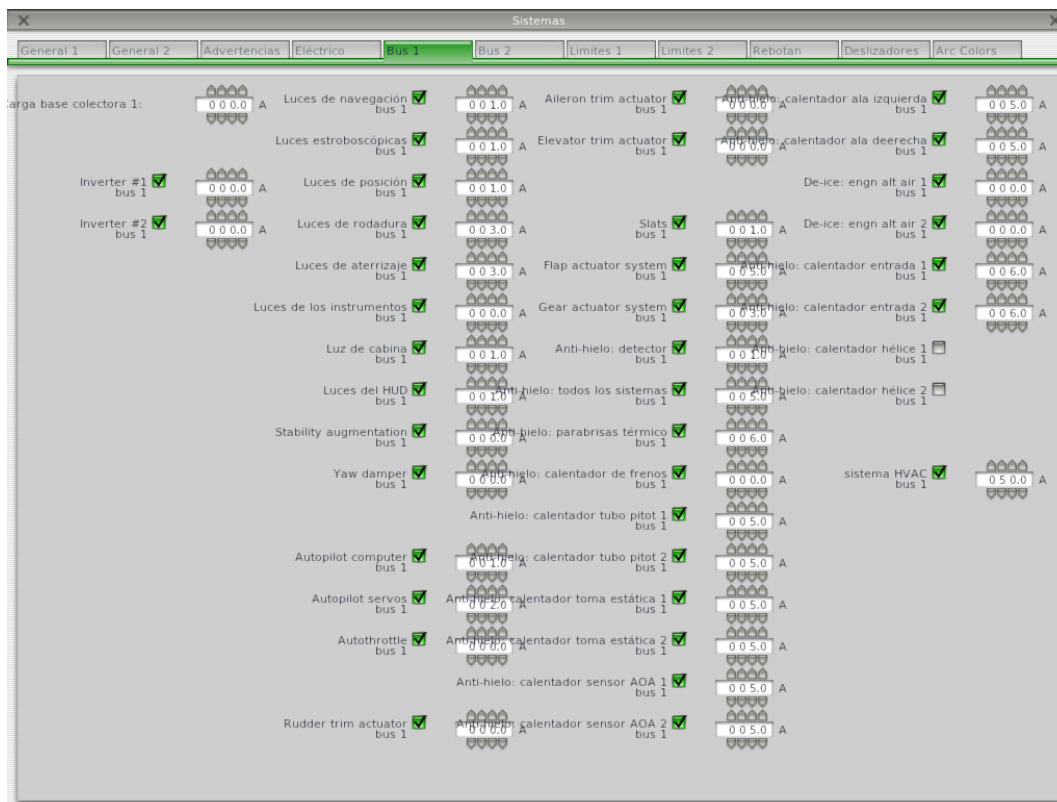


Ilustración JJ Ventana Sistemas> Eléctrico



Geometría del control

Geometría de control

Controles Desfasaje Compens./Vel. Flaps desacele. Fuerzas de control

TAMANOS DE LOS CONTROLES

aileron 1 chord ratio	0.2 2	0.2 2	2.0 0	2.0 0	control surface down then up
aileron 2 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	control surface down then up
elevator 1 chord ratio	0.3 3	0.3 3	1.5 0	1.5 0	control surface down then up
elevator 2 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	control surface down then up
rudder 1 chord ratio	0.3 2	0.3 2	2.0 0	2.0 0	control surface left then right
rudder 2 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	control surface left then right
roll spoiler 1 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	roll input spoiler up to engage (ratio)
roll spoiler 2 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	roll input spoiler up to engage (ratio)
drag rudder chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	drag rudder def
speedbrake 1 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	speedbrake FLIGHT def
speedbrake 2 chord ratio	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	speedbrake FLIGHT def
control surface type	lisa sin espacios				

ESPECIFICACIONES DE LOS FLAPS

slat type **flap o slat krueger** increase in stall angle from L.E.D. deployment 0.0 (deg)

slat type **flap o slat krueger** increase in stall angle from L.E.D. deployment 0.0 (deg)

flap 1 **flap curvatura** flap root chord ratio 0.2 2 flap tip chord ratio 0.2 2

flap 2 **flap curvatura** flap root chord ratio 0.0 0 flap tip chord ratio 0.0 0

flap Cl 0.3 3 6 flap Cd 0.0 8 8 flap Cm -0.1 5 7

flap Cl 0.0 0 0 flap Cd 0.0 0 0 flap Cm 0.0 0 0

☐ flaps are infinitely-adjustable between detents

flap def time 0.0 1 (sec)

flap detents 4

Los flaps de curvatura son el tipo mas simple de flap. Simplemente es una superficie de control que gira hacia abajo y produce algo de sustentacion adicional y un poco de resistencia aerodinamica.

flap 1 0.0 1.0 1.5 2.0 2.5

flap 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

slat 1 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0

slat 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Ilustración LL Ventana Geometría del control>Controles

Geometría de control

Controles Desfasaje Compens./Vel. Flaps desacele. Fuerzas de control

ALERON 1: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
ALERON 2: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
TIMON PROF 1: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
TIMON PROF 2: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
TIMON DE DIRECCION 1: vel. extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
TIMON DE DIRECCION 2: vel. extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
DEFLECTOR 1: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
DEFLECTOR 2: velocidad del extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)
FRENO DE GUINADA: vel. extremo bajo (kias)	0.0 0	1.0 0	low-end control travel (ratio)	Vel. extr. elevado (kias)	9.9 9	1.0 0	hi-end control travel (ratio)

Ilustración KK Ventana Geometría del control>Desfasaje

Geometría de control

Controles Desfasaje **Compens./Vel** Flaps desaceler. Fuerzas de control

Límites, velocidades y flaps de compensación

el compensador estabilizador (degrees surface deflection elevator or stabilizer) 0.0 0.0

superficie del compensador del (degrees surface deflection) 0.5 0.5

el compensador del timón de (degrees surface deflection elevator) 0.75 0.75

le del compensador del timon (degrees surface deflection) 0.5 0.5

ador cíclico hacia la izquierda (fraction of total cyclic travel, following trim deflection times shown above for roll) 0.25 0.25

mpensador cíclico hacia abajo (fraction of total cyclic travel, following trim deflection times shown above for pitch) 0.5 0.5

ensador de RPM del rotor del (rpm difference from nominal rotor trim full-deflection time) 0.0 0.0

aileron trim full-deflection time 0.5 (sec, from center to either extreme) 0.0 0.0 aileron trim tab adjust

elevator trim full-deflection time 1.0 (sec, from center to either extreme) 0.0 0.0 elevator trim tab adjust takeoff trim 0.0 (ratio to max trim)

rudder trim full-deflection time 0.5 (sec, from center to either extreme) 0.0 0.0 rudder trim tab adjust

Velocidades y límites de deflexión de control

minimum elevator deflection time 0.0 seconds speedbrake time to extend 0.1 (sec)

minimum aileron deflection time 0.0 seconds speedbrake time to retract 0.1 (sec)

minimum rudder deflection time 0.0 seconds

Ilustración NN Ventana Geometría del control> Compensación/Velocidad

Geometría de control

Controles Desfasaje **Compens./Vel** Flaps desaceler. **Fuerzas de control**

Muelle y amortiguación

reference speed for pitch force 0.0 (kias) force for full-up-elevator 0.0 (lb) pitch damping 0.0 (lb/(deflections/sec))

reference speed for roll force 0.0 (kias) force for full-right aileron 0.0 (lb) roll damping 0.0 (lb/(deflections/sec))

reference speed for yaw force 0.0 (kias) force for full-right rudder 0.0 (lb) yaw damping 0.0 (lb/(deflections/sec))

force for maximum brakes 0.0 (lb) brake damping 0.0 (lb/(deflections/sec))

Perdida y Agitador

☐ stick-shaker (this is to shake the stick before the stall, and does not matter for helos)

aero stall force frequency 0.0 (/sec) stick-shaker force frequency 0.0 (/sec)

aero stall force 0.0 (lb) stick-shaker force 0.0 (lb)

Aumento de la fuerza hidráulica

force multiplier for flight controls on hydraulic failure 0.0 1.0 (ratio)

force multiplier for brakes on hydraulic failure 0.0 1.0 (ratio)

Máximos de fuerza

max allowable pitch force 0.0 (lb)

max allowable roll force 0.0 (lb)

max allowable yaw force 0.0 (lb)

max allowable braking force 0.0 (lb)

Ilustración MM Ventana Geometría de control>Fuerzas de control

En esta ventana se detallan las fuerzas de simulación en los controles primarios, simplificando de forma rudimentaria las fuerzas dinámicas y estáticas que se encuentran en los mandos durante la simulación; estableciendo límites máximos y mínimos de dichas fuerzas.

Dentro del apartado de *Geometría de control*, la pestaña de *Fuerzas de control* especifica los parámetros anteriormente mencionados siendo:

Muelle y amortiguación.

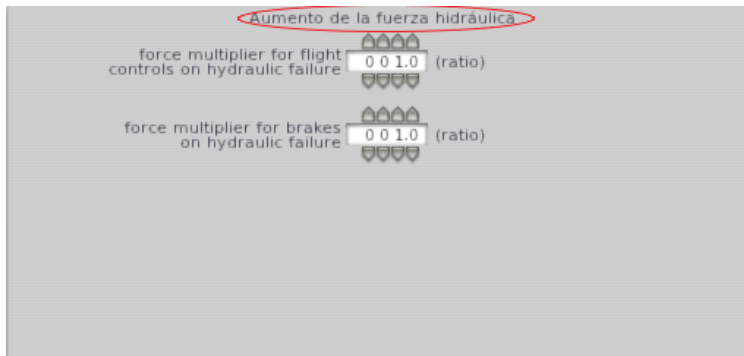
Señala los parámetros de diseño para los sistemas de amortiguamiento, en los controles de pitch, yaw (guiñada), elevador, alerones, rudder (timón), brakes (frenos), pitch (cabecceo), roll (giro), yaw damping (amortiguación), brake damping (amortiguador del freno). Estas fuerzas de control están en parámetros de *kias* las cuales son medidas de velocidad en dispositivos de vuelo, *lb* (libras) como unidad de peso y *lb/deflections/sec* como unidades de flujo.

Pérdida y agitador.

**Palo agitador (esto es para sacudir el palo antes de la parada, y no importa para las ayudas).*

Esta sección es referida a la implementación de un palo agitador o “*shaker*” siendo unidades de tiempo y peso la que definen la fuerza con la que son aplicadas y la frecuencia con la que se aplican.

Aumento de la fuerza hidráulica



El aumento de la fuerza hidráulica será dado en dos partes:

Multiplicador de fuerza para controles de vuelo en fallo hidráulico.

Multiplicador de fuerza para los frenos en fallo hidráulico.

Ambas a razón de la reacción de la relación de los controles de vuelo y las fallas en el sistema hidráulico.

Máximos de fuerza

Estos están desglosados en cuatro límites de *Fuerza permisible máxima*, cada una especificando un control de mando diferente, en cuyo caso son:



Pitch, Roll, Yaw y Braking.

Siendo fuerzas limites en unidades de libras (lb).

Se debe aclarar que cada uno de los casos anteriormente descritos y o mencionados son datos provenientes del software Plane Maker de X-Plane 11, software instalado en el simulador *FTD* ubicado en el *Laboratorio de Visión por Computadora*. Dado las condiciones del diseño obtenido se debe aclarar que los rubros de fuerzas dinámicas para la simulación se encuentran vacíos, por lo cual se denota que los valores en el momento de simulación no existen.

Haciendo imposible la toma de datos de tipo *UDP* o *DataRef* directamente de la interfaz de *X-Plane 11*.

Esto se comenta y explica con mayor detalle en los siguientes apartados.

Diseño y visualización de la interfaz de *X-Plane 11*.

X-Plane se caracteriza de entre los demás no solo por la certificación obtenida por la FAA sino también, por la calidad de los gráficos de diseño en los diferentes escenarios que contiene.

Los paneles interiores de la aeronave, en este caso una aeronave CASA C-295M, cuentan con un diseño equivalente al diseño original de la aeronave física.

Teniendo completo control sobre todos y cada uno de los elementos *cockpit* de la cabina.

Visualización de paneles de control.



Ilustración PP Visualización de la cabina interior para panel de mando frontal.



Ilustración OO Visualización de la cabina interior para panel tipo pedestal y mandos primarios.

El diseño interior de la cabina cuenta con escalas de todos los elementos que componen el avión original. En la segunda ilustración se puede ver con un poco más de detalle la disposición de los mandos primarios. Siendo 2 elementos que integran el Roll, Pitch, Handling y Brakes.

La selección de la aeronave se hace a través de la ventana de visualización del menú principal siendo:

Menú principal >

Flight Configuration >

Aircraft.

A continuación, se selecciona la aeronave, estas son clasificadas en cuatro segmentos distintos: clase, modelo, fabricante y estudio. La disponibilidad de las aeronaves, dependerá de la adquisición del usuario o de la disponibilidad de esta.

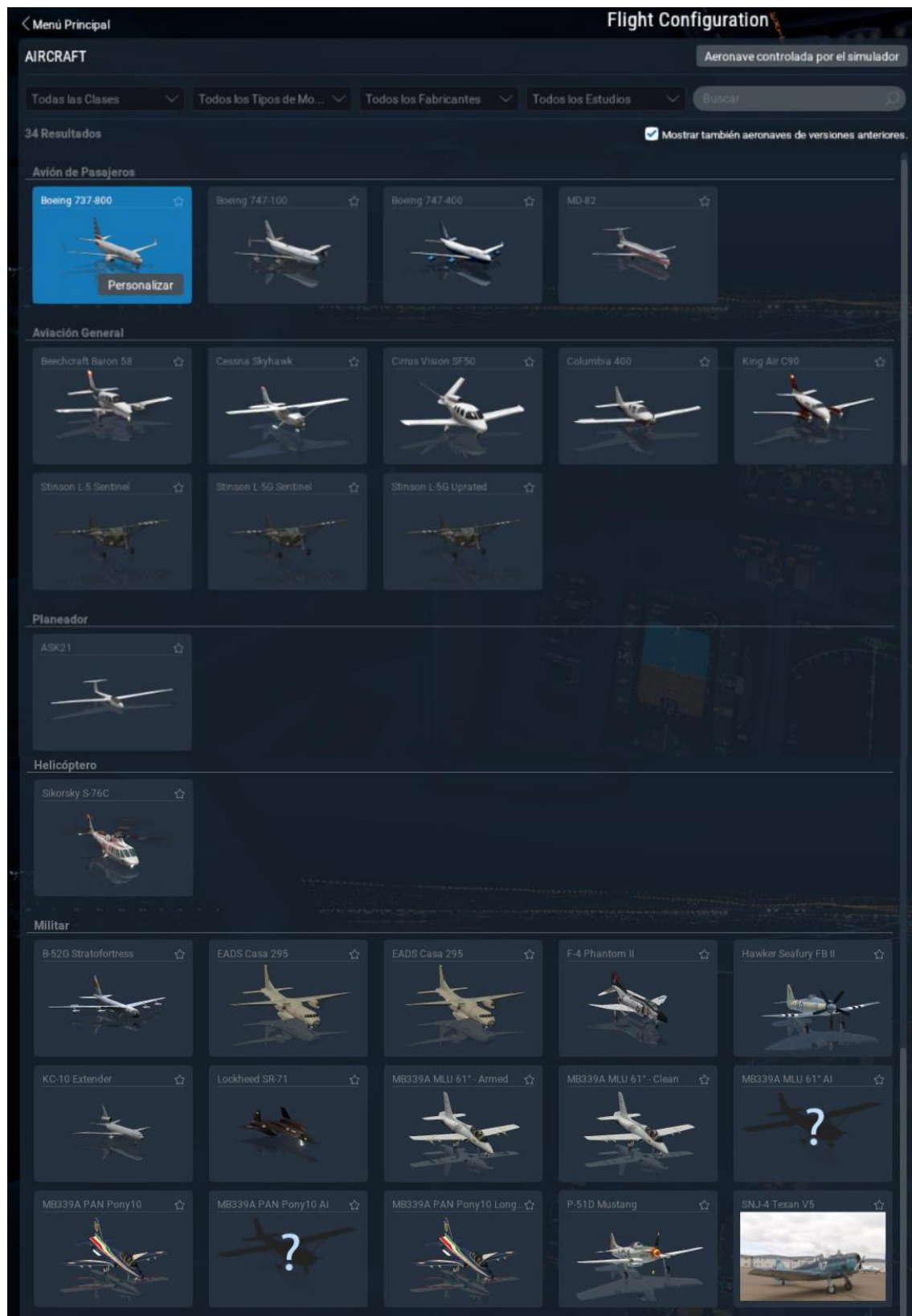


Ilustración QQ Menú de aviones en X-Plane 11

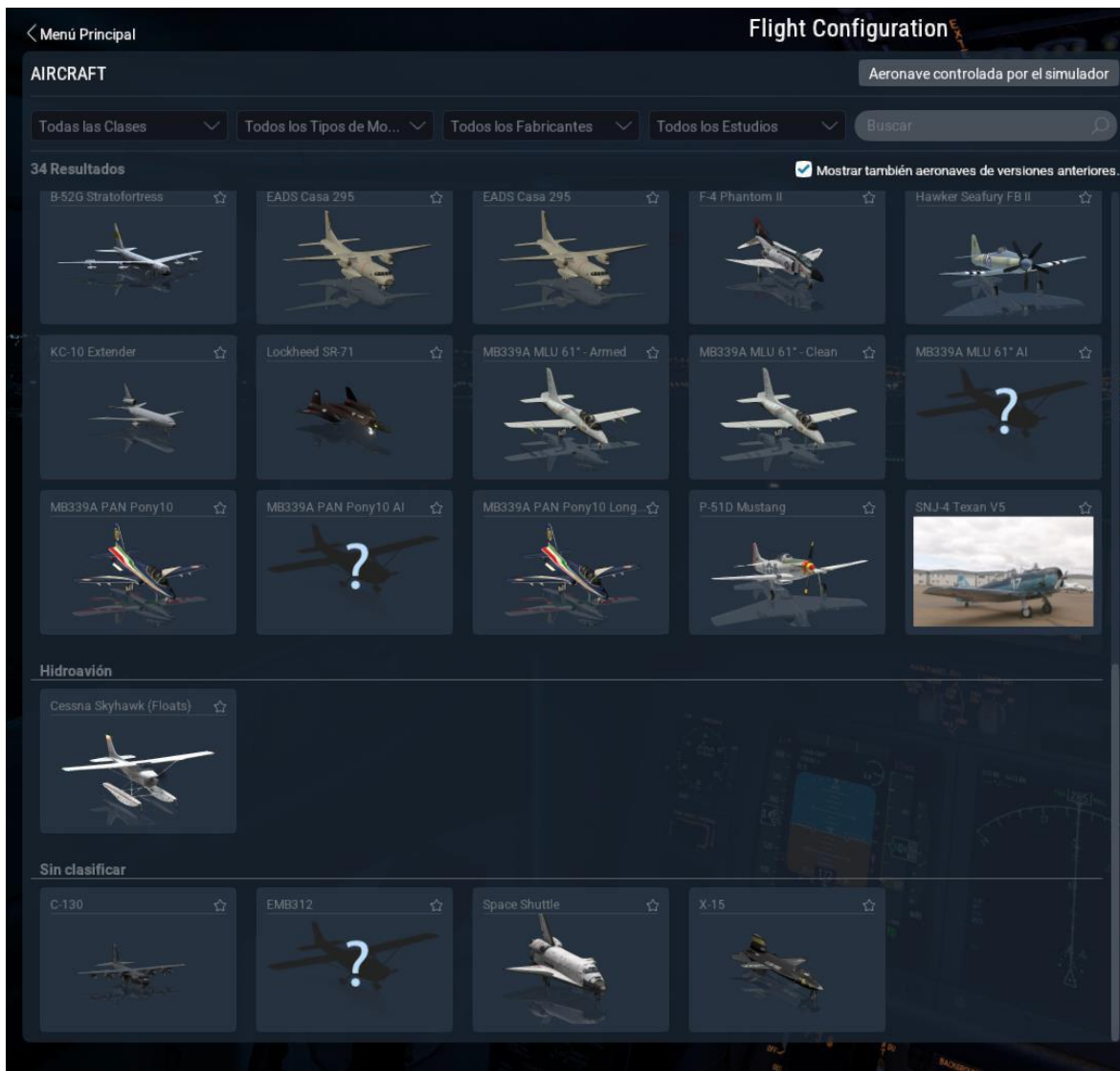


Ilustración RR Continuación de menú de aviones en X-Plane 11

X-Plane 11 cuenta con una serie de listados, los cuales cuentan con amplio repertorio ya que al ser un simulador de categoría mundial cuenta con un registro de la mayoría de los aeropuertos disponibles a nivel mundo, además de contar con simulaciones que varían con respecto al tiempo, clima y estado de los sistemas de una aeronave.

En las siguientes imágenes se muestran los listados para la selección de aeronaves.

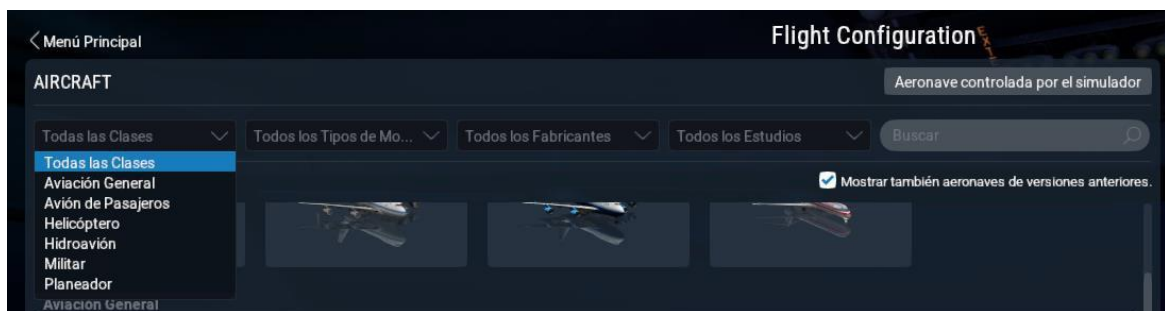


Ilustración VV Listado de selección de naves por su clase

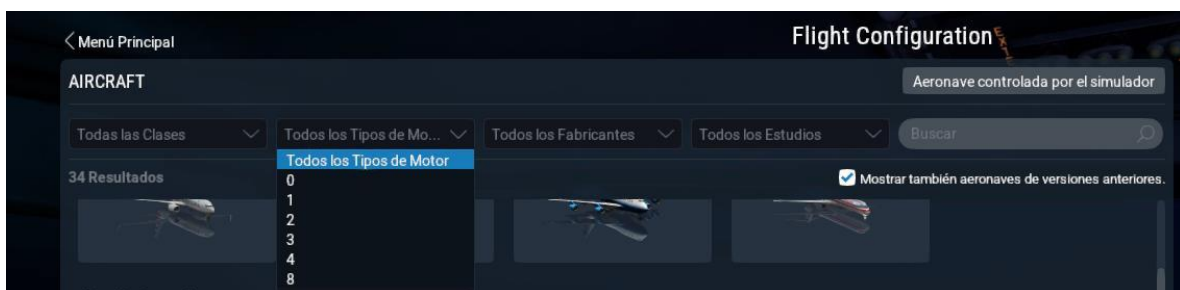


Ilustración UU Listado de selección de aeronaves por los tipos de motor

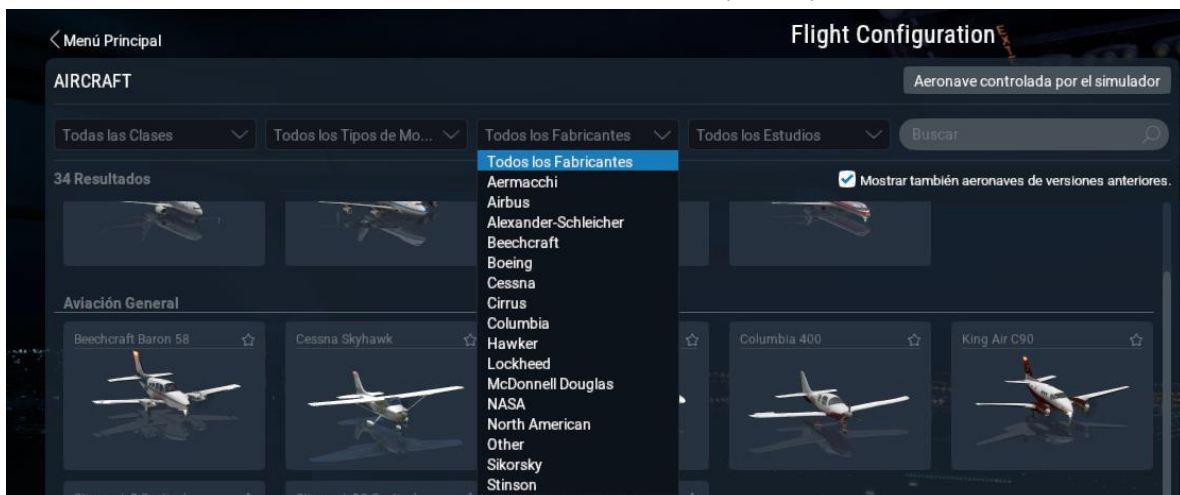


Ilustración TT Listado de selección de aeronaves por el Fabricante

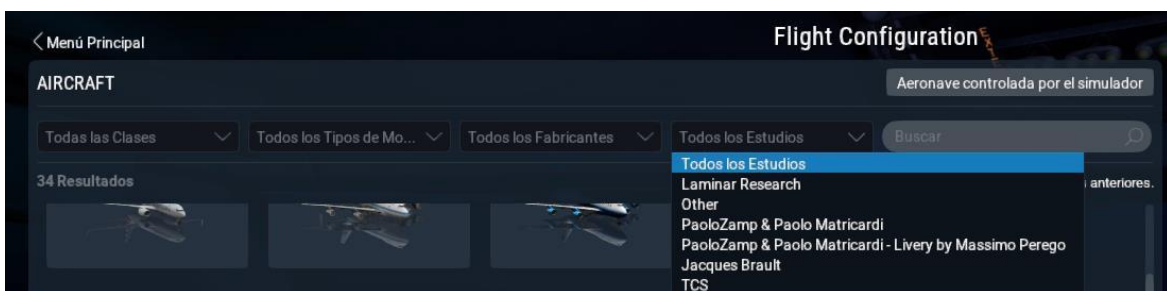


Ilustración SS Listado de selección de aeronaves por los Estudios.

La visualización del simulador en la distribución al AFTD es la siguiente.

Este actualmente cuenta con pantallas táctiles para la visualización y control de los paneles y una pantalla cóncava para la visualización del ambiente. Al igual que el simulador AFTD el FTD cuenta con pantallas para la visualización de la simulación, siendo de tipo táctil para la apariencia del Cockpit.



Ilustración XX Cabina AFTD de un C-295 en funcionamiento.



Ilustración WW Simulador FTD en funcionamiento con X-Plane 11.

CASA C-295.

El Airbus Military C-295 en la Fuerza Aérea Mexicana.

En el 2009, la Fuerza Aérea Mexicana (FAM) contaba con aviones IAI Arava AN-32B como transportes medianos, estos se encuadraban en el Escuadrón Aéreo 301 de Ala de Reconocimiento y Transporte con alrededor de 10 ejemplares del Arava y un solo AN-32B que había sido enviado a Ucrania para su reparación y actualización.

Desafortunadamente el último Antonov AN-32B modernizado se perdió en un accidente en noviembre de 2010 en el aeropuerto de la ciudad de Monterrey en el norte de México, con lo que se dio por terminada la operación de aeronaves de ala fija, de fabricación rusa en la FAM. Por diversos motivos la operación de la flota de AN-32B no dio los rendimientos necesarios ya que su operación abarco solo unos cuantos años ya que se adquirieron en el año 2000 y hacia 2006 solo se encontraban en operación solo dos de estas máquinas para el 2010 solo una, que continuaba en operación, debido a su reciente modernización.

El tiempo de uso y desgaste de estos aviones, obligaron a buscar una nueva aeronave que pudiera cubrir las necesidades de transporte y carga dentro del rango de las nueve toneladas recayendo a la decisión en la aeronave de Airbus Military, C-295M, por lo que se iniciaron las gestaciones para adquirir cinco de estas nuevas aeronaves de transporte militar y su equipamiento respectivo mediante un contrato



Foto: JAQC
Ilustración YY Avión CASA C-295 matricula 3208.

de arrendamiento financiero por 20 años. Con BANOBRAS (Banco del Gobierno de México).

Los dos primeros C-295M, con matrículas de 3201 y 32020, fueron presentados el 16 de agosto del 2010, antes de la entrega de los nuevos aviones, estos realizaron sus primeros vuelos con la asesoría de técnicos españoles, además de que los pilotos mexicanos realizaron la capacitación en Sevilla España, donde se encuentra el centro el centro de adiestramiento de estas aeronaves. Los C-295M son acciones confiables y eficientes que apoyan las operaciones aéreas, brindando una capacidad de respuesta oportuna, que permitan la eficiencia operativa de la Fuerza Aérea a lo largo de todo México en auxilio de la población así como otros países de Latinoamérica.



Ilustración ZZ Fotografía C-295 en pista de despegue.

Para el día 27 de enero de 2011 causaron alta otras dos aeronaves matriculadas 3203 y 3204 integrándose el quinto avión matrícula 3205 el 14 de marzo de 2011, posteriormente se integraría un sexto con matrícula 3206. Los aviones cuentan con tecnología de vanguardia, están pintados en un color gris claro con las insignias de la institución en baja visibilidad y han participado ya en diversas misiones de transporte en todo el país. Se emplean principalmente para labores de auxilio a la población, así como para operaciones logísticas y de transporte. Puede operar desde pistas no preparadas con superficie irregular. La cabina básica de carga se puede configurar para misiones de evacuación médica, pudiendo llevar 24 camillas divididas en 8 estaciones de 3 camillas cada una y 4 asientos disponibles para

personal médico. Las aeronaves se integraron para su operación al Escuadrón Aéreo 301 del Ala de Transporte y Reconocimiento.

La operación de los C-295M, llevo a la adquisición de más aeronaves de este tipo, así que para diciembre de 2014 se anunciaba la incorporación de dos aviones más. Estos llegarían a partir de agosto del 2015 y serian de la versión W la más reciente, fácilmente reconocible por sus winglets. Estos aviones llevan las matriculas 3207 y 3208, portan un esquema en color gris oscuro con insignias en alta visibilidad. Con estos dos equipos, sumen ya ocho de estos cargueros, militares medianos europeos (seis C-295M y dos C-295W) matriculados 3201 a 3208 y operados por el Escuadrón Aéreo 301 que opera en la Base Aérea Militar 1.



Ilustración AAA Escuadrón de Aéreo 301 con aviones C-295M y C-295W.

Las características principales de esta aeronave son:

Tipo: Avión

Designación del fabricante: C-295

Designación del Ejército del Aire: 320N (Siendo *N* el número designado por la FAM en orden de 0 a 8).

Misión: Transporte

Primer vuelo: enero de 1997

Fabricante: EADS CASA actualmente Airbus.

Visualización de menú de fallas.

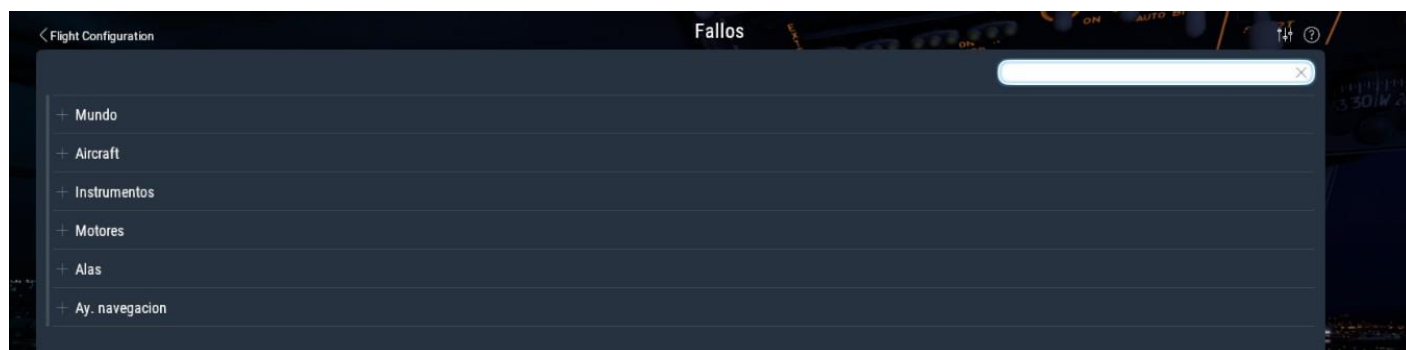


Ilustración DDD Menú de fallos en la Flight Configuration

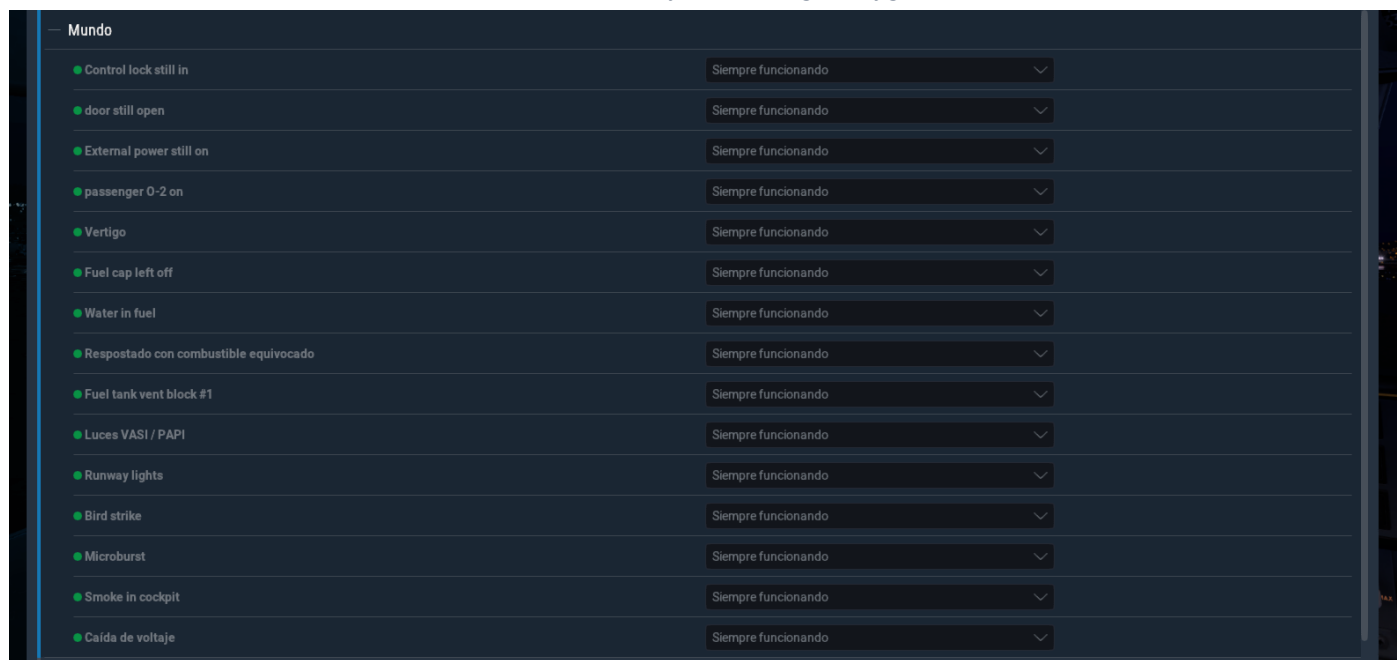


Ilustración CCC Fallos Mundo

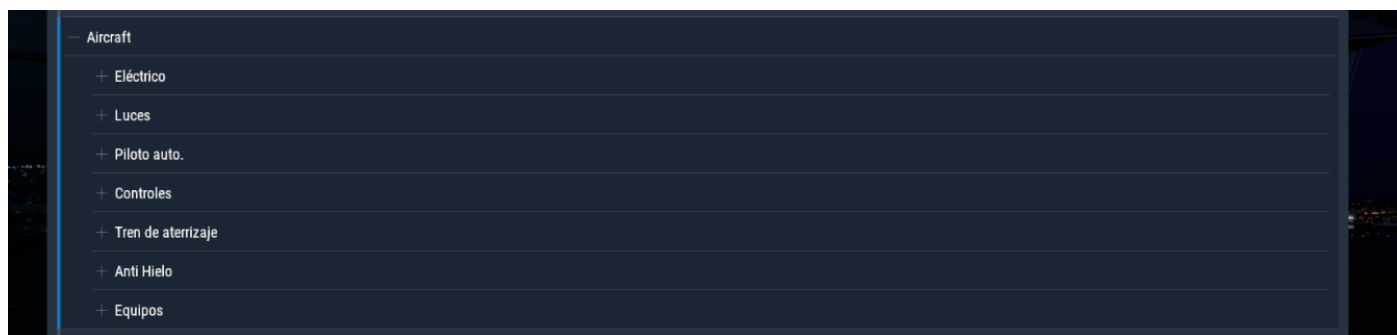


Ilustración BBB Menú de fallos del Aircraft.

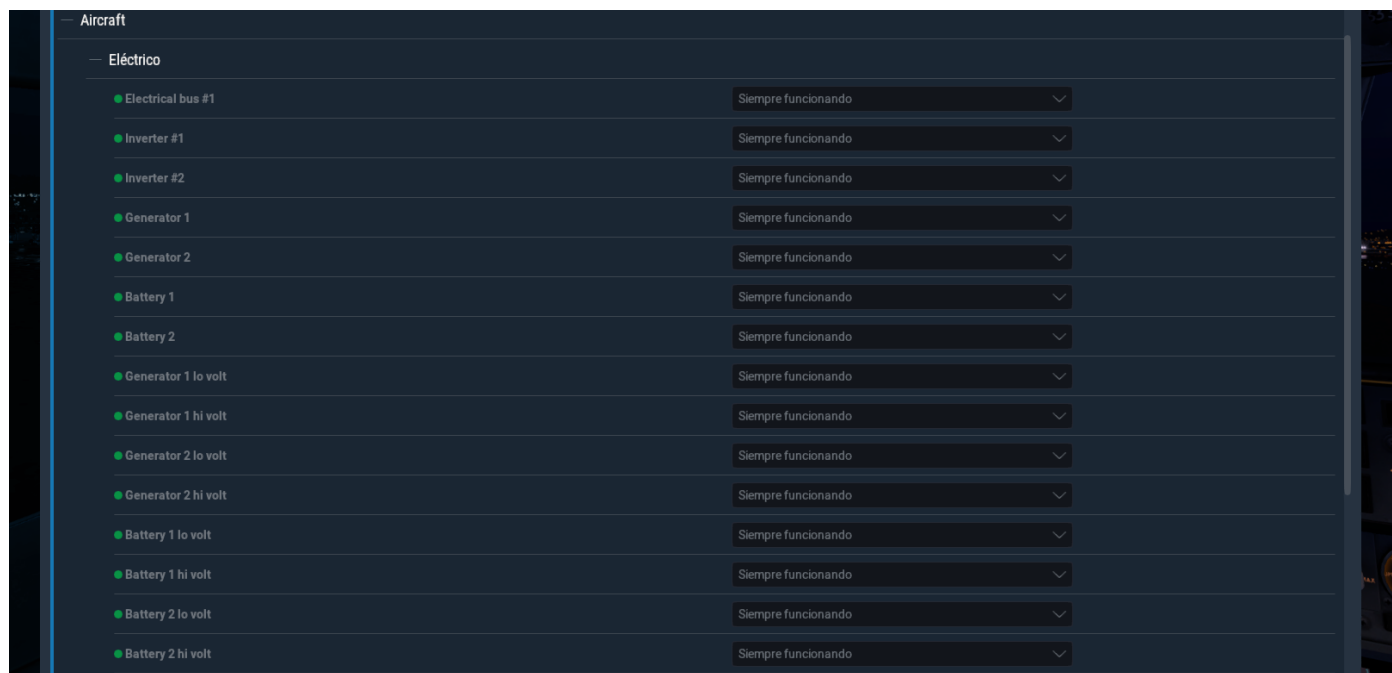


Ilustración GGG Fallos Aircraft Eléctrico.

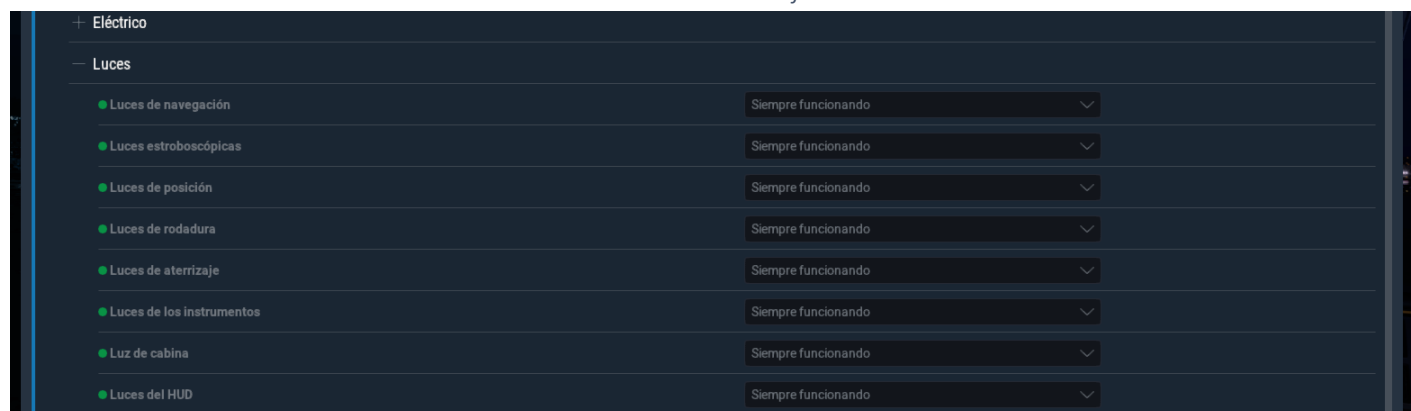


Ilustración FFF Fallos Aircraft Luces.

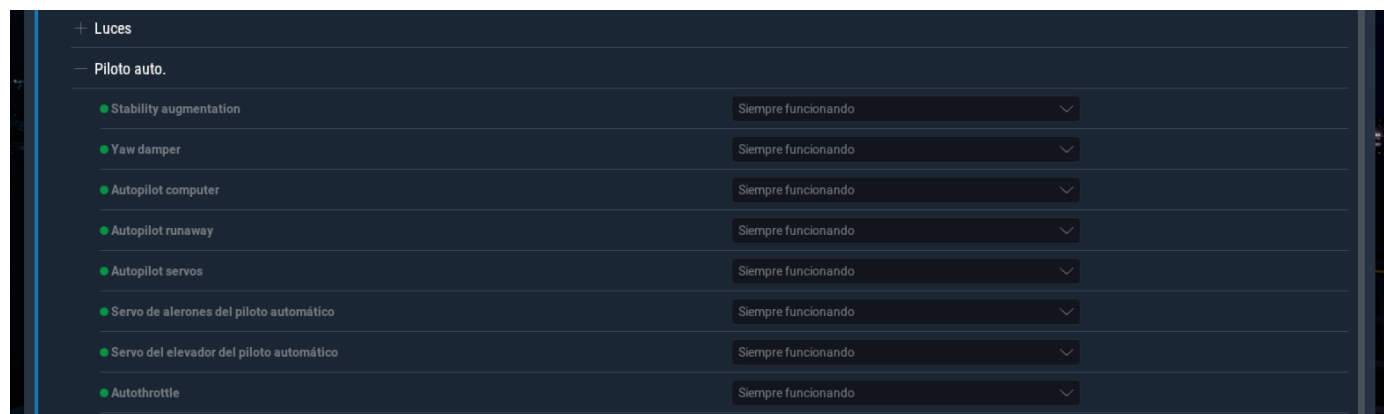


Ilustración EEE Fallos Aircraft Piloto auto.

Controles		
● Yaw control left	Siempre funcionando	▼
● Yaw control right	Siempre funcionando	▼
● Roll control left	Siempre funcionando	▼
● Roll control right	Siempre funcionando	▼
● Pitch control up	Siempre funcionando	▼
● Pitch control down	Siempre funcionando	▼
● Rudder trim actuador	Siempre funcionando	▼
● Aileron trim actuador	Siempre funcionando	▼
● Elevator trim actuador	Siempre funcionando	▼
● Rudder trim runaway	Siempre funcionando	▼
● Aileron trim runaway	Siempre funcionando	▼
● Elevator trim runaway	Siempre funcionando	▼
● Slats	Siempre funcionando	▼
● Flap actuador system	Siempre funcionando	▼
● Left flap activate	Siempre funcionando	▼
● Right flap activate	Siempre funcionando	▼
● Left flap remove	Siempre funcionando	▼

Ilustración III Fallos Aircraft Controles.

Tren de aterrizaje		
● Gear actuador system	Siempre funcionando	▼
● Gear indicator system	Siempre funcionando	▼
● Left brakes	Siempre funcionando	▼
● Right brakes	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador atascado	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador atascado	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador atascado	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador atascado	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador atascado	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Actuador roto	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Neumático	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Neumático	Siempre funcionando	▼
● Landing gear Neumático	Siempre funcionando	▼

Ilustración HHH Fallos Aircraft Tren de aterrizaje.

Anti Hielo	
● Anti-hielo: detector	Siempre funcionando
● Anti-hielo: todos los sistemas	Siempre funcionando
● Anti-hielo: parabrisas térmico	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador de frenos	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador tubo pitot 1	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador tubo pitot 2	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador toma estática 1	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador toma estática 2	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador sensor AOA 1	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador sensor AOA 2	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador ala izquierda	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador ala derecha	Siempre funcionando
● De-ice: engn alt air 1	Siempre funcionando
● De-ice: engn alt air 2	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador entrada 1	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador entrada 2	Siempre funcionando
● Anti-hielo: calentador hélice 1	Siempre funcionando

Ilustración KKK Fallos Aircraft Anti Hielo.

Equipos	
● sistema HVAC	Siempre funcionando
● Bleed air: left engine	Siempre funcionando
● Bleed air: right engine	Siempre funcionando
● Bleed-air: APU	Siempre funcionando
● Slow depressurization	Siempre funcionando
● Rapid depressurization	Siempre funcionando
● Elec hydraulic pump	Siempre funcionando
● Engine-driven hydraulic pump #1	Siempre funcionando
● Engine-driven hydraulic pump #2	Siempre funcionando
● Leak hydraulic system #1	Siempre funcionando
● Leak hydraulic system #2	Siempre funcionando
● Overpressure hydraulic system #1	Siempre funcionando
● Overpressure hydraulic system #2	Siempre funcionando
● Throttle jam at idle	Siempre funcionando
● Throttle jam at max	Siempre funcionando
● Throttle jam at current	Siempre funcionando
● Prop sync	Siempre funcionando

Ilustración JJJ Fallos Aircraft Equipos.

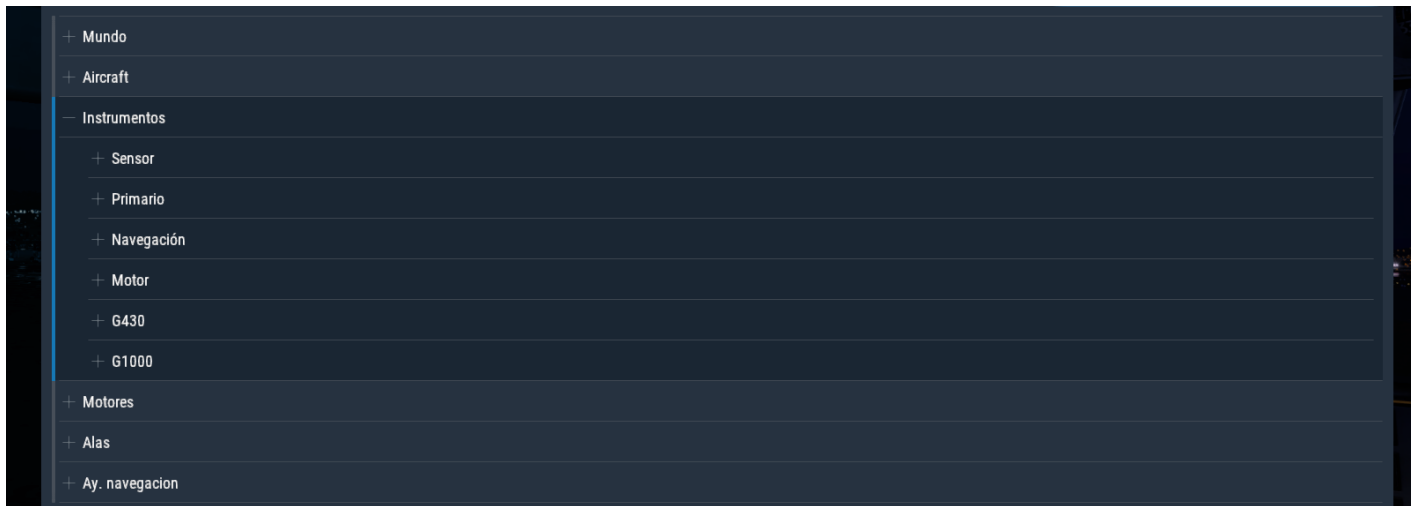


Ilustración LLL Menú fallos Instrumentos.

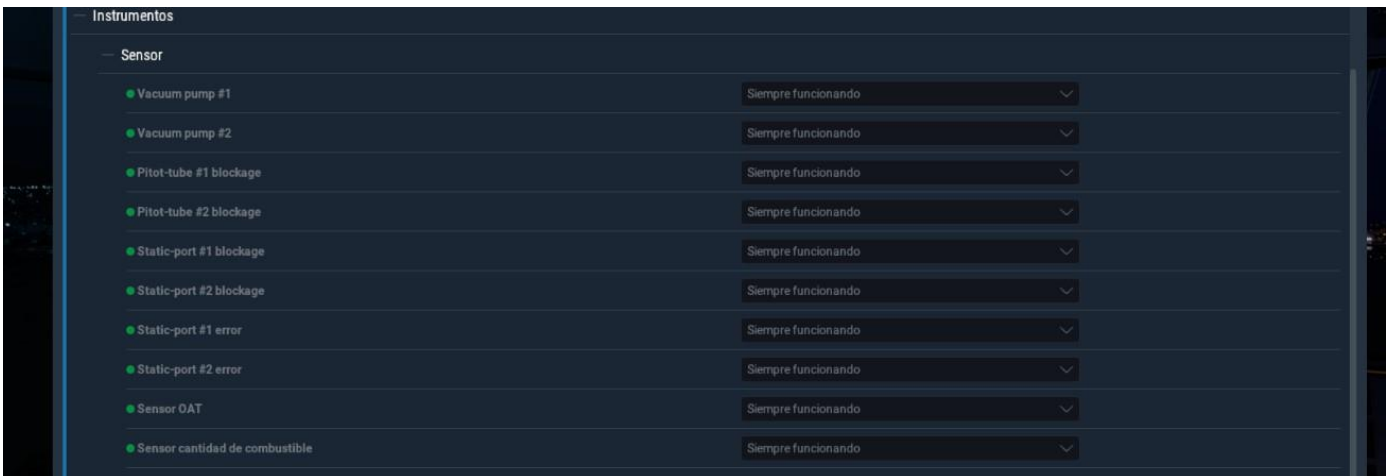


Ilustración MMM Fallos Instrumentos Sensor.

Primario		
● Pilot airspeed indicator	Siempre funcionando	▼
● Pilot artificial horizon	Siempre funcionando	▼
● Pilot altimeter	Siempre funcionando	▼
● Pilot turn indicator	Siempre funcionando	▼
● Pilot heading indicator	Siempre funcionando	▼
● Pilot vertical velocity	Siempre funcionando	▼
● coPilot airspeed indicator	Siempre funcionando	▼
● CoPilot artificial horizon	Siempre funcionando	▼
● coPilot altimeter	Siempre funcionando	▼
● coPilot turn indicator	Siempre funcionando	▼
● coPilot heading indicator	Siempre funcionando	▼
● coPilot vertical velocity	Siempre funcionando	▼
● EFIS PFD	Siempre funcionando	▼
● EFIS MFD	Siempre funcionando	▼
● Indicador de ADA	Siempre funcionando	▼
● Stall warning system	Siempre funcionando	▼
● Gear warning system	Siempre funcionando	▼

Ilustración NNN Fallos Instrumentos Primario

Navegación		
● nav/Com-1 radio	Siempre funcionando	▼
● Nav/Com-2 radio	Siempre funcionando	▼
● Radio Nav-1	Siempre funcionando	▼
● Radio Nav-2	Siempre funcionando	▼
● Radio Com-1	Siempre funcionando	▼
● Radio Com-2	Siempre funcionando	▼
● ADF 1	Siempre funcionando	▼
● ADF 2	Siempre funcionando	▼
● GPS 1	Siempre funcionando	▼
● GPS 2	Siempre funcionando	▼
● DME	Siempre funcionando	▼
● Localizer antennae	Siempre funcionando	▼
● Glideslope antennae	Siempre funcionando	▼
● receptor de WAAS GP	Siempre funcionando	▼
● Transponder	Siempre funcionando	▼
● Marker beacons	Siempre funcionando	▼

Ilustración OOO Fallos Instrumentos Navegación.

— G430	
● Receptor GPS en Garmin 430 #1	Siempre funcionando ▼
● Receptor GPS en Garmin 430 #2	Siempre funcionando ▼
● Nav/com en Garmin 430 #1	Siempre funcionando ▼
● Nav/com en Garmin 430 #2	Siempre funcionando ▼

Ilustración RRR Fallos Instrumentos G430

— G1000	
● GIA 1	Siempre funcionando ▼
● GIA 2	Siempre funcionando ▼
● GEA	Siempre funcionando ▼
● ADC	Siempre funcionando ▼
● AHRS	Siempre funcionando ▼
● Velocidad aerodinámica G1000	Siempre funcionando ▼
● Altimetro G1000	Siempre funcionando ▼
● Magnetómetro G1000	Siempre funcionando ▼
● Velocidad vertical G1000	Siempre funcionando ▼
● Generator 1 amp indication	Siempre funcionando ▼
● Generator 2 amp indication	Siempre funcionando ▼
● Battery 1 amp indication	Siempre funcionando ▼
● Battery 2 amp indication	Siempre funcionando ▼
● Bus 1 volt indication	Siempre funcionando ▼
● Bus 2 volt indication	Siempre funcionando ▼

Ilustración QQQ Fallos Instrumentos G1000.

— Motor	
● RPM 1	Siempre funcionando ▼
● RPM 2	Siempre funcionando ▼
● N1 1	Siempre funcionando ▼
● N1 2	Siempre funcionando ▼
● N2 1	Siempre funcionando ▼
● N2 2	Siempre funcionando ▼
● Torque 1	Siempre funcionando ▼
● Torque 2	Siempre funcionando ▼
● ITT 1	Siempre funcionando ▼
● ITT 2	Siempre funcionando ▼
● Fuel flow 1	Siempre funcionando ▼
● Fuel flow 2	Siempre funcionando ▼
● Fuel pressure 1	Siempre funcionando ▼
● Fuel pressure 2	Siempre funcionando ▼
● Oil pressure 1	Siempre funcionando ▼
● Oil pressure 2	Siempre funcionando ▼
● Oil temp 1	Siempre funcionando ▼

Ilustración PPP Fallos Instrumentos Motor.

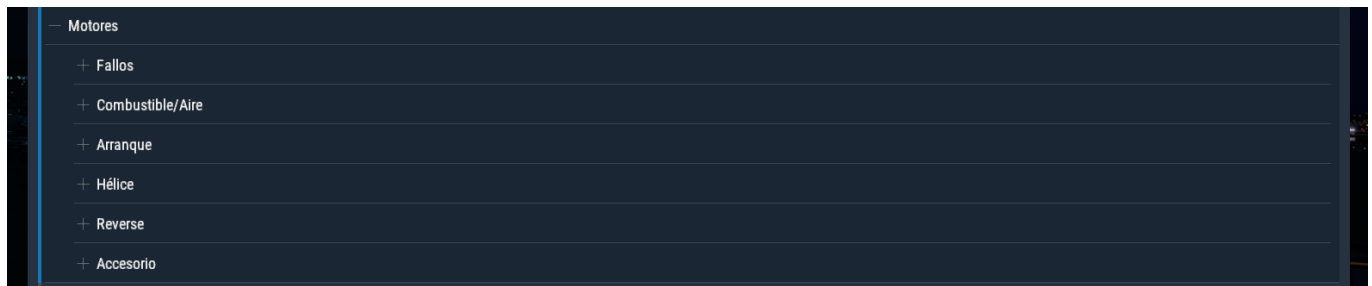


Ilustración UUU Menú Motores.

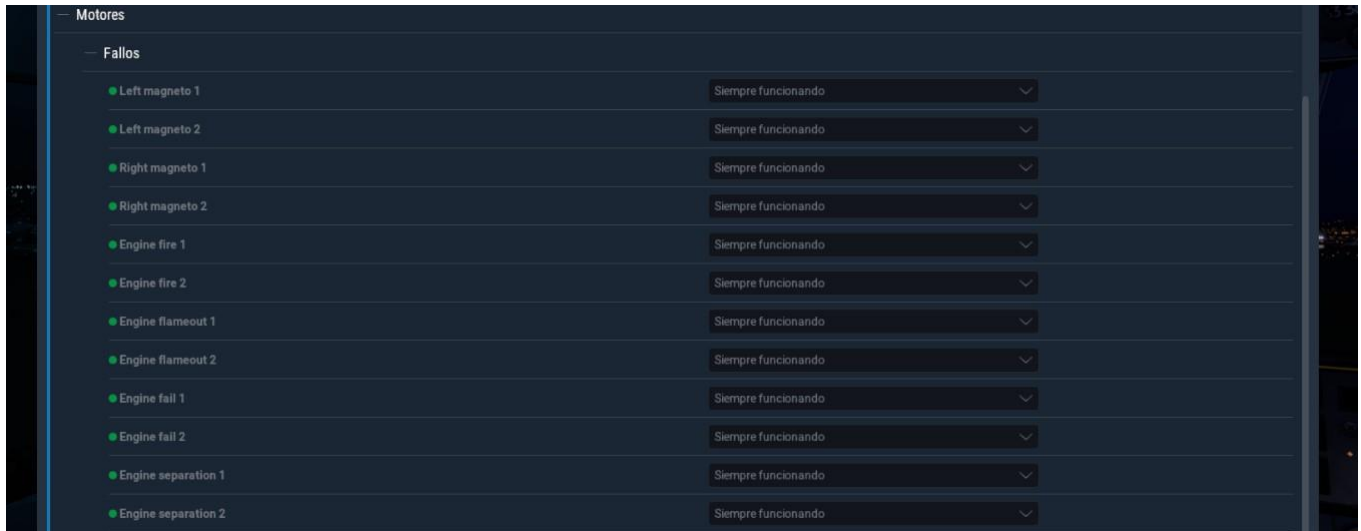


Ilustración TTT Fallos Motores.

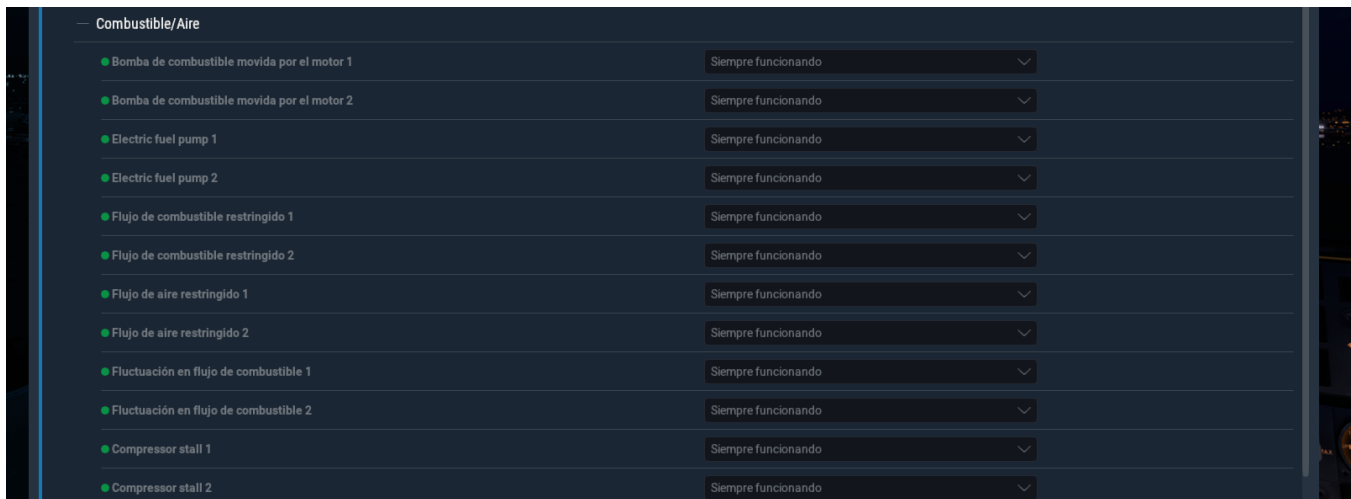


Ilustración SSS Fallos Motores Combustible/Aire.

— Arranque	
● Starter 1	Siempre funcionando
● Starter 2	Siempre funcionando
● Igniter 1	Siempre funcionando
● Igniter 2	Siempre funcionando
● Arranque incompleto (arrancador débil) 1	Siempre funcionando
● Arranque incompleto (arrancador débil) 2	Siempre funcionando
● Arranque incompleto (inyectores atascados) 1	Siempre funcionando
● Arranque incompleto (inyectores atascados) 2	Siempre funcionando
● Arranque en caliente (exceso de combustible) 1	Siempre funcionando
● Arranque en caliente (exceso de combustible) 2	Siempre funcionando
● ITT fuera de límites (flujo de aire escaso) 1	Siempre funcionando
● ITT fuera de límites (flujo de aire escaso) 2	Siempre funcionando

Ilustración YYY Fallos Motores Arranque.

— Hélice	
● Prop governor fail-to-fine 1	Siempre funcionando
● Prop governor fail-to-fine 2	Siempre funcionando
● Prop governor fail-to-coarse 1	Siempre funcionando
● Prop governor fail-to-coarse 2	Siempre funcionando
● Engine drive shaft 1	Siempre funcionando
● Engine drive shaft 2	Siempre funcionando
● Engine seize 1	Siempre funcionando
● Engine seize 2	Siempre funcionando

Ilustración XXX Fallos Motores Hélice.

— Reverse	
● Retraer reversa 1	Siempre funcionando
● Retraer reversa 2	Siempre funcionando
● Reverser deploy 1	Siempre funcionando
● Reverser deploy 2	Siempre funcionando
● Reversa enclavada 1	Siempre funcionando
● Reversa enclavada 2	Siempre funcionando
● Afterburner 1	Siempre funcionando
● Afterburner 2	Siempre funcionando

Ilustración VVV Fallos Motores Reverse.

— Accesorio	
● Throttle governor 1	Siempre funcionando
● Throttle governor 2	Siempre funcionando
● FADEC del motor 1	Siempre funcionando
● FADEC del motor 2	Siempre funcionando
● Bomba de aceite 1	Siempre funcionando
● Bomba de aceite 2	Siempre funcionando
● Chip detect 1	Siempre funcionando
● Chip detect 2	Siempre funcionando

Ilustración WWW Fallos Motores Accesorios.

1.6 Identificación de variables.

X-Plane 11 cuenta con un total de 135 variables, las cuales se enlistan en la página de X-Plane donde la autora (Roberts, 2019) escribe que:

“...cada grupo de campos de datos esta etiquetado como lo estaría en la ventana Entrada y salida de datos (Salida de datos en general)”.

Entre el listado de la ventana “Mostrar datos” la variable numero 77 *Control forces* describe las fuerzas aplicadas en los mandos, por lo consiguiente se selecciona el método de transferencia de datos siendo las opciones: “Mostrar en Cabina”, “Ventana de Grafico de D.”, “Disco (archivo data txt.)” y “UDP vía red”.

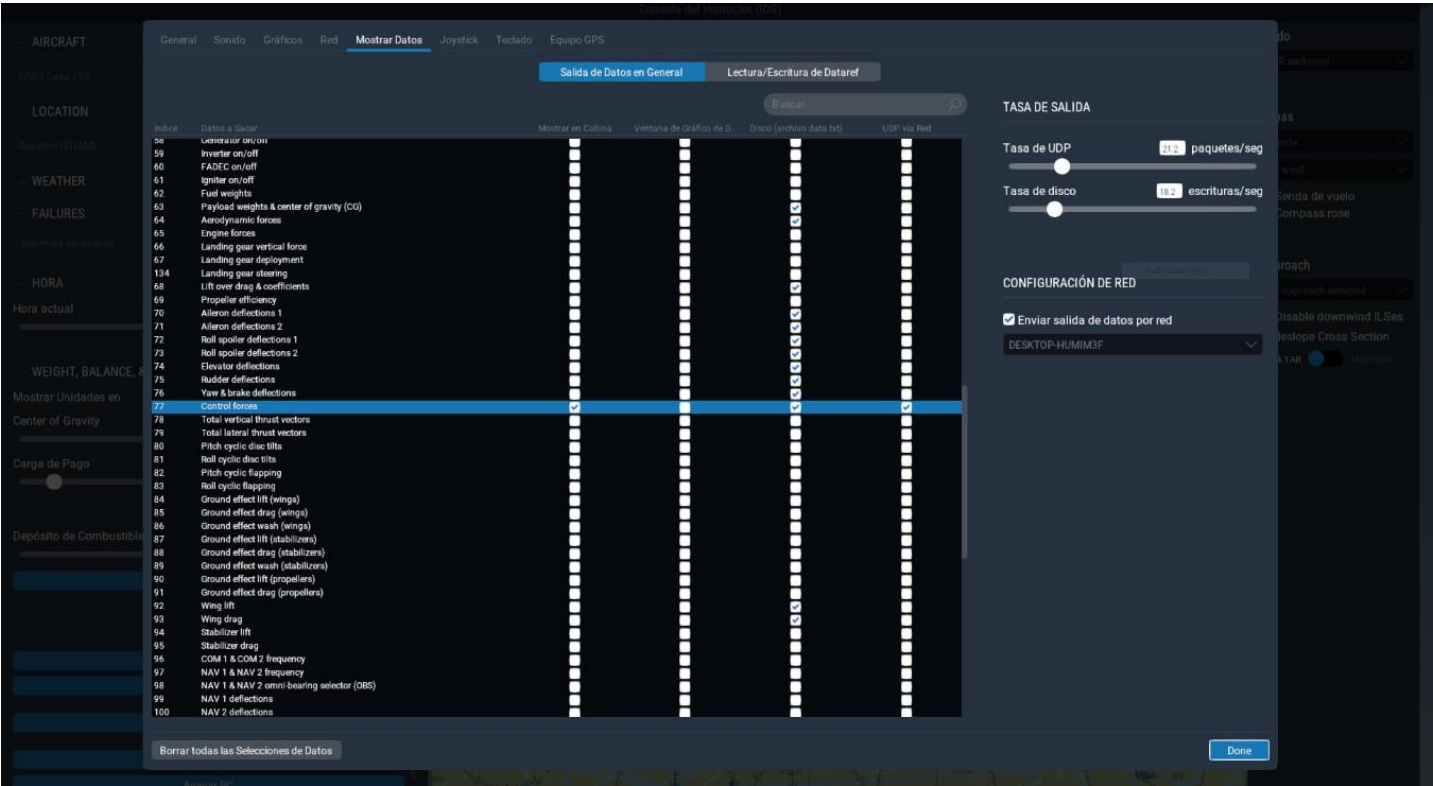


Tabla 4 Ventana "Mostrar Datos" en "Salida General de Datos".

Tabla 5 Datos de carga en formato .txt y UDP para X-Plane 11.

Índice.	Datos a sacar.		Especificación.
3	Speeds	Velocidades.	
4	Mach, VVI, g-load	Velocidad de la aeronave Mach, velocidad vertical y cargas g.	
6	Atmosphere: Weather		
7	System pressures		
15	Angular moments		
16	Angular velocities		
20	Lat, log, altitude.	Latitud, longitud y altitud	

34	Engine power	Potencia del motor	
62	Fuel weights		
63	Payload weighths and CG	Pesos de carga útil y centro de gravedad	
67	Aerodynamics forces	Fuerzas aerodinámicas, en ejes de viento.	
68	Lift over drag coeffs.	Relación de elevación a arrastre y coeficientes.	
77	Control forces.	Ton, lb	Las fuerzas de cabeceo actúan sobre los controles en las manos del piloto.
		Roll, lb	Las fuerzas de balanceo que actúan sobre los controles.
		Handing, lb	Las fuerzas de rumbo a actúan sobre los controles en los mandos de piloto.
		Left brake, lb	Las fuerzas de freno izquierdo actúan sobre los controles a los pies del piloto.
		Right brake. lb	Las fuerzas de frenado correctas actúan sobre los controles a los pies del piloto.

Para una mayor amplitud en cuanto a la transferencia de archivos la opción de la transferencia por medio de DataRefs se activa, siendo las siguientes opciones las que eligen.

Tabla 6 Indicadores DataRef

Sim/cockpit/motor/indicadores/					
MPR_in_hg	Float [engeene]	900+	No	inhg	Presión múltiple inHg.
Torque_n_mtr	Float [engeene]	900+	No	NM	Torque NM.
	Float [engeene]	900+	No	NM	Empaque del motor en NM.
Sim/flight model/motor/					
ENG_TRQ	Float [8]	660+	Si	NM	Par del motor.
POIT_driv_TRQ	Float [8]	1030+	No	NM	Par para este accesorio después de las transmisiones.
POINT_max_TRQ	Float [8]	1030+	No	NM	Par máximo que obtendrá este accesorio después de las transmisiones.
Sim/forcesmodel/forces/					
Sim/flightmodel2/gear/					

Name	Type	Writable	Units	Description
Search matched 4283 datarefs. Found in 0.016 seconds				
sim/flightmodel/failures/lo_rotor_warning	int	y	???	Lo Rotor Warning
sim/flightmodel/forces/fside_aero	float	n	Newtons	Aerodynamic forces - sideways - ACF X
sim/flightmodel/forces/fnm1_aero	float	n	Newtons	Aerodynamic forces - upward - ACF Y
sim/flightmodel/forces/faxil_aero	float	n	Newtons	Aerodynamic forces - backward - ACF Z
sim/flightmodel/forces/fside_prop	float	y	Newtons	force sideways by all engines on the ACF. Override with override_engines
sim/flightmodel/forces/fnm1_prop	float	y	Newtons	force upward by all engines on the ACF. Override with override_engines Writable in v10 only
sim/flightmodel/forces/faxil_prop	float	y	Newtons	force backward by all engines on the ACF (usually this is a negative number). Override with override_engines
sim/flightmodel/forces/fside_gear	float	n	Newtons	Gear/ground forces - sideways - ACF X
sim/flightmodel/forces/fnm1_gear	float	n	Newtons	Gear/ground forces - upward - ACF Y
sim/flightmodel/forces/faxil_gear	float	n	Newtons	Gear/ground forces - backward - ACF Z
sim/flightmodel/forces/fside_total	float	y	Newtons	total/ground forces - ACF X axis. Override with override_forces
sim/flightmodel/forces/fnm1_total	float	y	Newtons	Total/ground forces - ACF Y axis. Override with override_forces
sim/flightmodel/forces/faxil_total	float	y	Newtons	total/ground forces - ACF Z axis. Override with override_forces
sim/flightmodel/forces/L_aero	float	n	NM	The roll moment due to aerodynamic forces - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_aero	float	n	NM	The pitch moment due to aerodynamic forces - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_aero	float	n	NM	The yaw moment due to aerodynamic forces - positive = yaw right/clockwise.
sim/flightmodel/forces/L_prop	float	y	NM	The roll moment due to prop forces. Override with override_engines - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_prop	float	y	NM	The pitch moment due to prop forces. Override with override_engines - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_prop	float	y	NM	The yaw moment due to prop forces. Override with override_engines - positive = yaw right/clockwise.
sim/flightmodel/forces/L_gear	float	n	NM	The roll moment due to gear forces - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_gear	float	n	NM	The pitch moment due to gear forces - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_gear	float	n	NM	The yaw moment due to gear forces positive = yaw right/clockwise.
sim/flightmodel/forces/L_mass	float	n	NM	The roll moment due to asymmetric loading - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_mass	float	n	NM	The pitch moment due to asymmetric loading - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_mass	float	n	NM	The yaw moment due to asymmetric loading - positive = yaw right/clockwise.
sim/flightmodel/forces/L_total	float	y	NM	The roll moment total. Override with override_force - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_total	float	y	NM	The pitch moment total. Override with override_force - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_total	float	y	NM	The yaw moment total. Override with override_forces - positive = yaw right/clockwise.
sim/flightmodel/forces/fside_plug_acf	float	y	Newtons	Extra plugin-provided sideways force (ACF X axis, positive pushes airplane to the right). ADD to this dataref to apply extra force.
sim/flightmodel/forces/fnm1_plug_acf	float	y	Newtons	Extra plugin-provided upward force (ACF Y axis, positive pushes airplane up). ADD to this dataref to apply extra force.
sim/flightmodel/forces/faxil_plug_acf	float	y	Newtons	Extra plugin-provided forward force. (ACF Z axis, positive pushes airplane backward). ADD to this dataref to apply extra force.
sim/flightmodel/forces/L_plug_acf	float	y	NM	Extra plugin-provided roll moment - ADD to this dataref to apply extra force - positive = right roll.
sim/flightmodel/forces/M_plug_acf	float	y	NM	Extra plugin-provided pitch moment - ADD to this dataref to apply extra force - positive = pitch up.
sim/flightmodel/forces/N_plug_acf	float	y	NM	Extra plugin-provided yaw moment - ADD to this dataref to apply extra force - positive = yaw right/clockwise.

Ilustración AAAA DataRefs con referencia de carga.

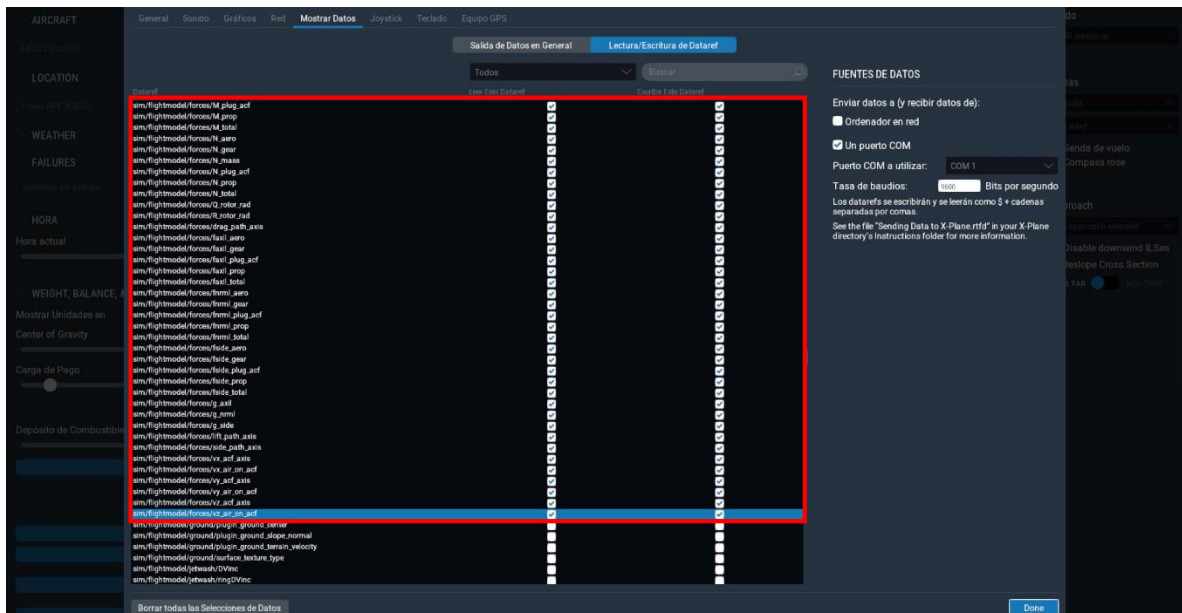
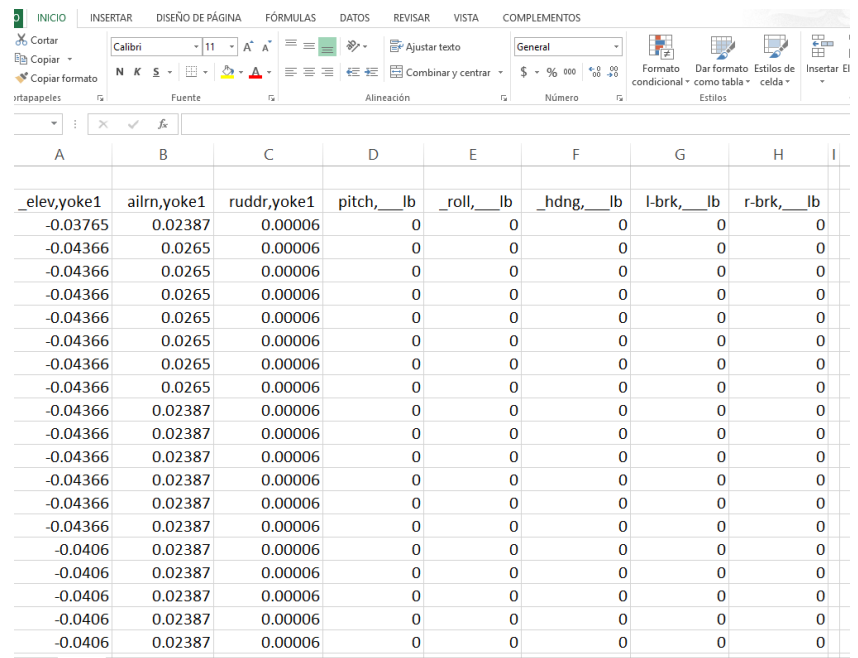


Ilustración ZZZ Selección de DataRefs en X-Plane 11.

1.7 Registro y control de variables.

El análisis de los datos para su transferencia y almacenamiento en X-Plane 11 se da a través de diversos medios, tales como su escritura en formatos .txt, UDP y/o DataRefs. Su registro puede ser llevado mediante la escritura secuencial de los cambios momentaneos en la salida de datos tal como se muestra en las siguientes ilustraciones, donde se visualizan los cambios de los datos de salida seleccionados de forma escrita en .txt y en forma de gráfico, haciendo notar sus variantes con respecto al tiempo.



A	B	C	D	E	F	G	H	I
elev,yoke1	ailrn,yoke1	ruddr,yoke1	pitch,_lb	_roll,_lb	_hdng,_lb	l-brk,_lb	r-brk,_lb	
-0.03765	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.0265	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.04366	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.0406	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.0406	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.0406	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.0406	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	
-0.0406	0.02387	0.00006	0	0	0	0	0	

Ilustración CCCC Datos en formato .txt provenientes de X-Plane 11.

En forma de gráfico, haciendo notar sus variantes con respecto al tiempo.

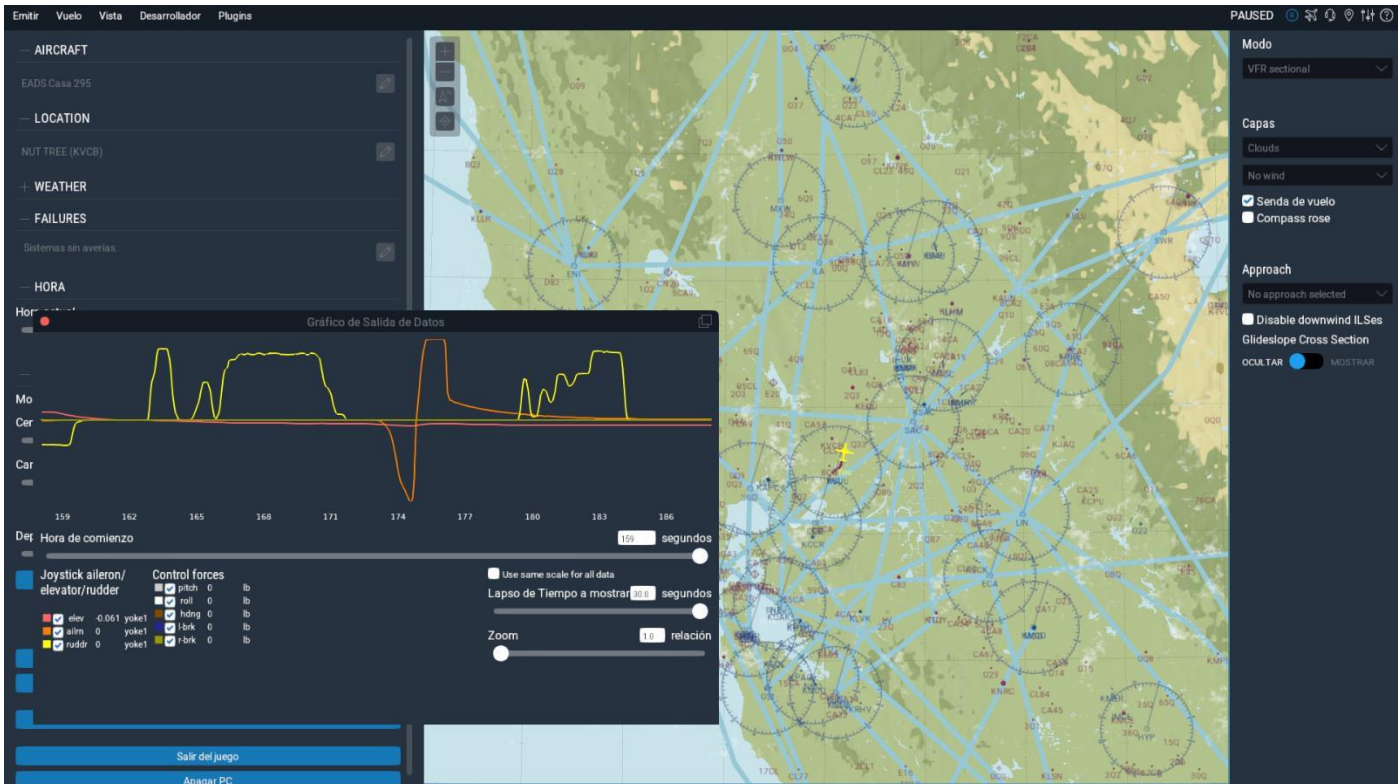


Ilustración BBBB Visualización del "Gráfico de Salida de Datos" en la pantalla del instructor.

Visualización grafica de los cambios en la escritura de la salida de datos proveniente de X-Plane, tomando en cuenta solo datos de fuerza.

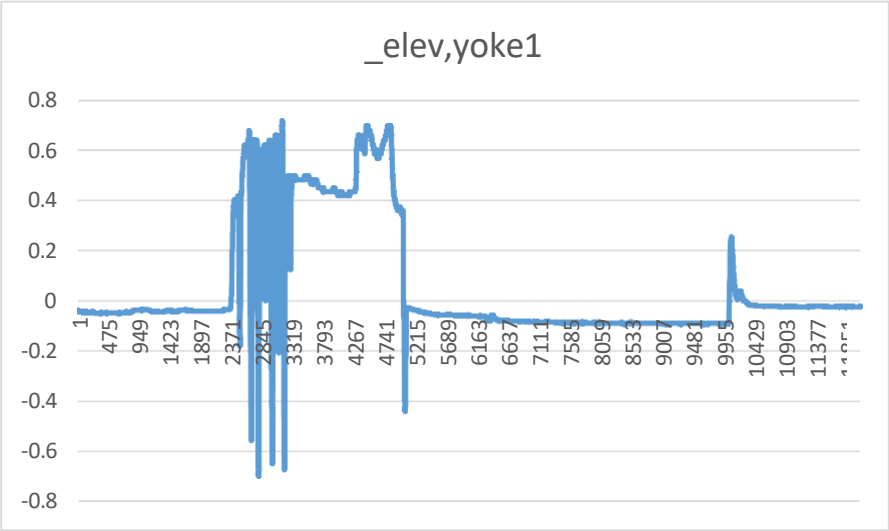


Tabla 7 Cambio en datos .txt de los alerones por parte del yoke en el Casa C-295.

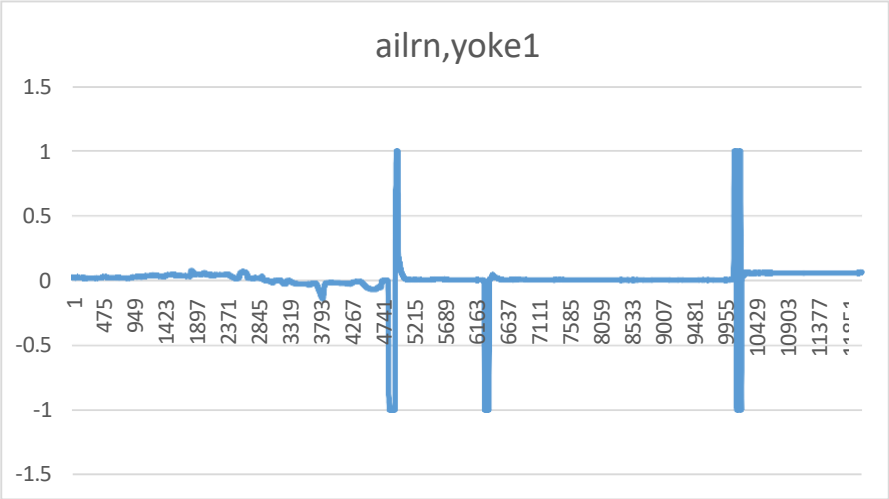


Tabla 8 Cambio de variable en datos .txt del elevador en el Casa C-295.

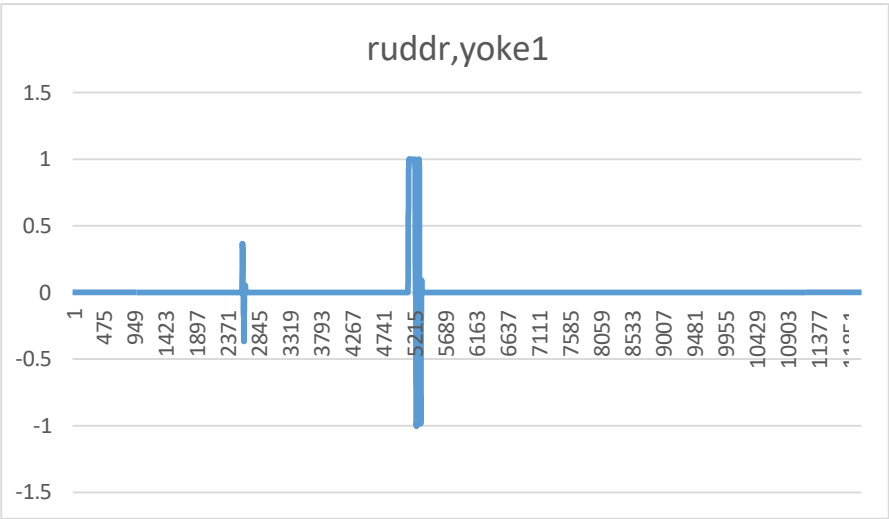


Tabla 9 Cambio en datos .txt del rudder por parte del yoke en el Casa C-295.

1.7.1 Arduino.

Actualmente el control es un tema de vital importancia en la rama de la automatización, para esto existen diversos sistemas y formas de control, así como lenguajes de programación. Arduino es considerada un medio de programación a través de un lenguaje basado en C, donde este consiste en una placa de diseño abierto.

Actualmente Arduino cuenta con diferentes versiones en tarjetas lógicas, siendo su principal diferencia el micro controlador que los rige.

1.7.1.1. Uso de Arduino como interfaz de comunicación.

Los datos enviados mediante UDP se envían en forma de una cadena de bytes, llamados datagramas. X-Plane tiene muchas opciones para el envío de estos datos, clasificándolos con el tipo de datos que envía y con qué frecuencia se envían.

Para cada elemento de datos se puede seleccionar el enviarlo a través de UDP, puede enviar los datos a un archivo de texto (Data.txt), que es muy útil para el desarrollo del software C #.

Funcionamiento.

En una máquina Windows que ejecuta X-Plane, una aplicación de consola C # lee los paquetes UDP enviados por el simulador, analiza e interpreta esos datagramas y luego envía el mensaje para que se muestre en el puerto serie donde está conectado el Arduino.

X-Plane se une al puerto 49000 para recibir datos, 49001 para enviar y 49002 para dispositivos iPad. Para recibir cualquier dato en la aplicación C #, es necesario usar un puerto distinto de esos, como 49003.

La compresión del formato de oraciones UDP de X-Planes es muy importante.

Todos los datos se envían como bytes:

- Hay 41 bytes por oración.
- Los primeros 5 bytes son el encabezado del mensaje o "prologue"
- Los primeros 4 de los 5 bytes de "prologue" son el tipo de mensaje, como "DATOS"
- El quinto byte de "prologue" es un byte de "uso interno"
- Los siguientes 36 bytes son el mensaje
- Los primeros 4 bytes del mensaje indican el número de índice de un elemento de datos, como se muestra en la pantalla Salida de datos en X-Plane

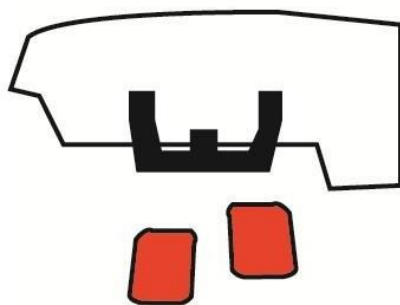
- Los últimos 32 bytes son los datos, hasta 8 números de coma flotante de precisión simple.

Ejemplo de una cadena de datos sin procesar enviada desde X-Plane:

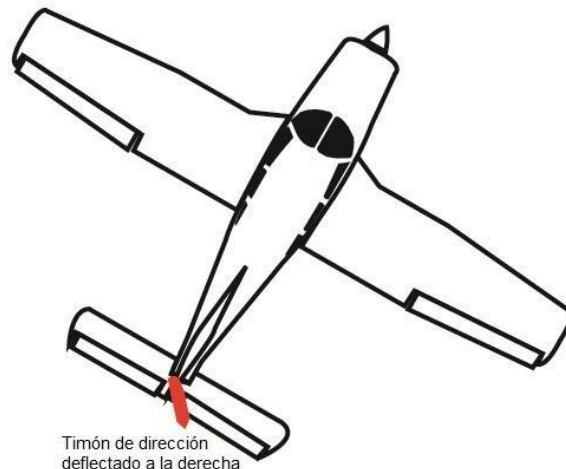
```
68 65 84 65 60 18 0 0 0 171 103 81 191 187 243 46 190 103 246 45 67 156 246 26
67 47 231 26 67 0 192 121 196 0 192 121 196 85 254 151 193
```

1.8 Controles primarios de mando.

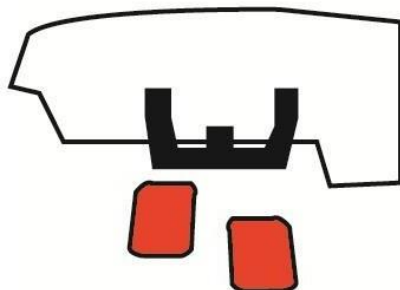
Para entender mejor el manejo de los mandos primarios de vuelo, es necesaria la comprensión de las fuerzas que actúan en un avión. Estas son divididas en 4 fuerzas principales, sustentación, peso, empuje y resistencia.



Moviendo los pedales a la derecha, el avión gira a la derecha sobre su eje vertical.



Timón de dirección deflectado a la derecha



Moviendo los pedales a la izquierda, el avión gira a la izquierda sobre su eje vertical.

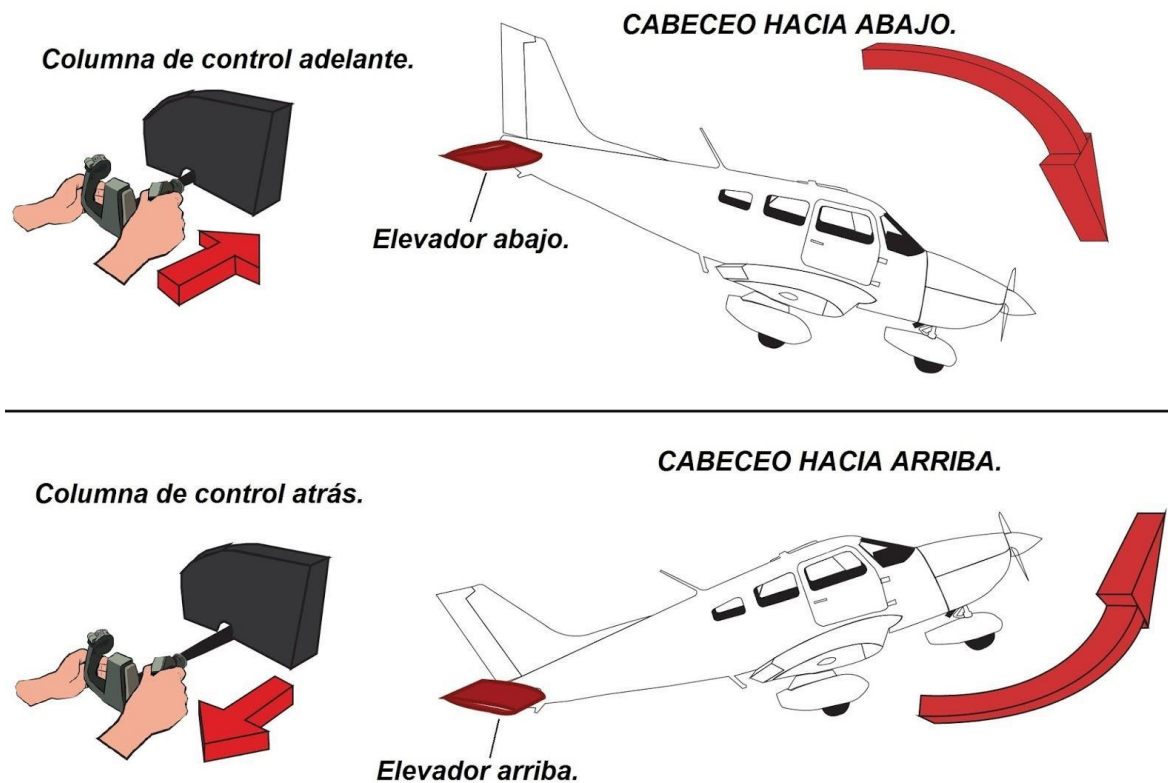


Timón de dirección deflectado a la izquierda

www.sesentanudos.blogspot.com

Ilustración DDDD Reacción del Timón de dirección accionado por los pedales.

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas superficies



WWW.SESANTANUDOS.BLOGSPOT.COM

Ilustración EEEE Reacción del Timón de profundidad con accionamiento del timón de profundidad.

1.8.1 Mandos primarios de vuelo.

Alerones.

Su accionamiento provoca el movimiento de alabeo ("roll") del avión sobre su eje longitudinal. Cuentan con un movimiento limitado y relativamente corto, aproximadamente de 20°-25° hacia arriba y de 12°-15° hacia abajo.

Los alerones tienen un movimiento asimétrico. Al girar el volante hacia un lado, el alerón del ala de ese lado sube y el del ala contraria baja, ambos en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro dado al volante o movimiento izquierda-derecha de la palanca de control. El alerón arriba en el ala hacia donde se mueve el volante/palanca implica menor curvatura en esa parte del ala y por lo tanto menos sustentación, lo cual provoca que esa ala baje; el alerón abajo del ala contraria supone mayor curvatura y sustentación lo que hace que el ala suba. Esta

combinación de efectos contrarios es lo que produce el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende y con ello el viraje del avión de ese lado.

Timón de profundidad.

Su accionamiento provoca el movimiento de cabeceo (“*pitch*”) del avión (morro abajo o morro arriba) sobre su eje transversal. Obviamente el movimiento de cabeceo del avión provoca la modificación del ángulo de ataque; es decir que el mando de control del timón de profundidad controla en ángulo de ataque.

Lo mismo que los alerones esta superficie está conectada al volante/palanca de control mediante una serie de cadenas y poleas de modo que es accionado por el piloto empujando o tirando del volante/palanca de control, y suele tener una deflexión máxima de 40° hacia arriba y 20° hacia abajo.

Al tirar hacia atrás el volante/palanca de control, esta superficie sube mientras que empujarlo baja –en algunos aviones se mueve la totalidad del empenaje horizontal. El timón arriba produce menos sustentación en la cola, esta sube y por tanto el morro baja (menor ángulo de ataque). De esta manera se produce el movimiento de cabeceo del avión y por extensión la modificación del ángulo de ataque.

Timón de dirección.

Su movimiento provoca el movimiento de guiñada (“*yaw*”) del avión sobre su eje vertical. Sin embargo, ellos no hacen virar el aparato, sino que suele utilizar para equilibrar las fuerzas en los virajes o para centrar el avión en la trayectoria deseada. Suele tener una deflexión máxima de 30° a cada lado.

Al pisar el pedal derecho, el timón de dirección gira hacia la derecha, provocando una reacción aerodinámica en la cola que hace que esta gire a la izquierda, y por tanto el morro del avión gire (guiñada) hacia la derecha. Al pasar el pedal izquierdo, sucede lo contrario: timón a la izquierda, cola a la derecha y morro a la izquierda.

El manejo de los mandos primarios de control se puede resumir en:

- Alabeo a la derecha $\Rightarrow$ volante a la derecha.
- Alabeo a la izquierda $\Rightarrow$ volante a la izquierda.
- Morro abajo (menor ángulo de ataque) $\Rightarrow$ empujar el volante.
- Morro arriba (mayor ángulo de ataque) $\Rightarrow$ tirar del volante.
- Guiñada a la derecha $\Rightarrow$ pedal derecho.
- Guiñada a la izquierda $\Rightarrow$ pedal izquierdo.

Resumen de movimientos de las superficies de control.			
Superficie.	Movimiento.	Eje de rotación.	Estabilidad.
Alerón.	Alabeo.	Longitudinal (x).	Lateral.
Timón de profundidad.	Cabeceo.	Transversal (y).	Longitudinal.
Timón de dirección.	Guiñada.	Vertical (Z)	Direccional.

CAPITULO II. CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROTOTIPO.

Actualmente el LVC cuenta con dos simuladores de tipo FTD y AFTD, donde ambos carecen de la representación de fuerzas dinámicas por medio de la instalación en forma de mecanismos.

Previo a los estudios de cálculo y diseño se analizaron las estructuras existentes en LVC.



Ilustración FFFF Interior de cabina del AFTD con colocación de mandos primarios.



En las imágenes anteriores se visualiza la estructura que posee el Laboratorio de Visión por Computadora, donde se muestra la colocación de los mandos primarios de vuelo, siendo estos las columnas y los pedales. Estos son los objetos principales del estudio, por lo que los diseños son basados sus medidas, con precisión milimétrica teniendo un error de $\pm 0.2\text{mm}$.

Para su medición, se requirió su des-ensamblaje. En la siguiente imagen, se visualizan los mandos de forma general.



Ilustración GGGG Fotografía de Columnas de C-295.

Estos cuentan con un sistema de sincronización en columnas generado por una barra metálica localizada en la parte inferior de las columnas, además de contar con un sistema de sincronización por medio de poleas que van de Yoke a Yoke, sin embargo, cabe destacar que este no es eficiente ya que su utilidad es la mínima.

2.1 Momento y par de elementos mecánicos.

Para la implementación se requiere la estructuración de un prototipo a escala de los mandos primarios, esto con el fin de analizar el funcionamiento de la estructura y la eficiencia del mecanismo.

Para la representación de fuerzas el funcionamiento consta de la regulación de velocidad del eje del motor acoplado al eje del Yoke, en el caso de los alerones. Siendo que con respecto al parámetro que X-Plane envía el motor responderá con una fuerza resultante al parámetro que se le indico, con respecto a la posición del Yoke y las condiciones de vuelo.

Tabla 10 Especificaciones técnicas de los componentes del Yoke.

Componentes del Yoke.			
Pieza.	Dimensiones generales.	Peso.	Características.
I) Polea dentada.	32.9mmØ x 17.3mm (alto)	8gr	Polea dentada plástica. SPD-080-P 44T
J) Eje.	9.4mmØ x 15.3mm (largo)	76gr	Eje principal del Yoke. Metálico.
K) Polea dentada.	57.2mmØ x 23mm (alto)	101gr	Polea dentada metálica con 2 seguros.
L) Banda.			Banda de caucho con aleación textil.
M) Sensor encoder.		35gr	Código de polea: SPD 080P-36T Sensor: VISHAY SPECTROL 657-0-0-104 100K 0947 MEX. Con estructura metálica para su ensamblaje.
N) Rodamiento.		21gr	Acoplamiento con rodamiento E20 JAPAN de bolas con 2 seguros.
O) Placa.	62mm (largo) x 56mm (ancho) x 12.7mm (espesor).	119gr	Placa metálica de acoplamiento entre eje y Yoke.
P) Cuernos.	200mm x 360mm	1.154 kg	Cuernos de Yoke plásticos.
Peso total del Yoke.		1.514 kg	

Para el diseño de la implementación de fuerzas dinámicas en los mandos primarios de los simuladores ya existentes, se realizaron diferentes propuestas acerca de la

implementación de los mecanismos de accionamiento siendo en su total 4 propuestas planteadas, las cuales se describen a continuación.

Propuestas.

La obtención de las variables de fuerza en todas y cada una de las propuestas son a través del parámetro “77 Control forces”.

1.- Uso de electroimán como mecanismo de frenado.

Acoplamiento de frenos magnéticos en puntos pivote de los mandos primarios de vuelo ya existentes. Las condiciones de vuelo iniciales en el simulador determinaran la fuerza aplicada por parte de los frenos variando con respecto a las maniobras en tiempo real realizadas por el usuario.

Los frenos son acoplados a los laterales de los ejes de los mandos controlados mediante programación de contactos, la cual consiste en el control del voltaje suministrado a los frenos rectificando su frecuencia con respecto a las condiciones de vuelo y maniobras del usuario. Así, en condiciones de vuelo ideales la representación de cargas es menor que en condiciones adversas, tales como lo sería un clima tormentoso y carga máxima.

El uso de electroimanes compactos fue propuesto para la representación de las fuerzas dinámicas en los mandos, siendo su función la siguiente:

Frenado.

Considerado como un mecanismo que permite que un dispositivo se detenga o reduzca su avance. Los frenos se encargan de transformar la energía cinética de un objeto (como un automóvil) en trabajo o calor (Definicion.de, 2008-2019).

Existen diferentes tipos de frenos, tales como frenos de fricción, frenos eléctricos, frenos mecánicos, frenos neumáticos y frenos hidráulicos; dentro de esta clasificación se hará mayor énfasis en los de tipo eléctrico.

Freno eléctrico.

“El freno eléctrico es un dispositivo que permite desacelerar o detener un vehículo mediante accionamiento eléctrico” (Fundación Wikimedia, Inc., 2019).

Su funcionamiento está basado en el principio de la generación inductiva de la corriente que nace en una masa metálica cuando esta se sitúa en un campo magnético variable. Su composición está dada por un par de bobinas cuyas polaridades están alternadas, estas bobinas, cuando se cierra su circuito eléctrico, crean un campo magnético fijo, y es el movimiento de los rotores lo que produce la

variación de la velocidad, ya que a mayor velocidad de giro, mayor es la fuerza generada por el campo electromagnético que atraviesa los discos de los rotores.

Freno electromagnético.

“El frenado magnético es un efecto que se presenta al mover un imán o electroimán cerca de un metal no conductor, tal como aluminio o cobre. El resultado es que el movimiento del imán se ve frenado” (Manuel, 2014).

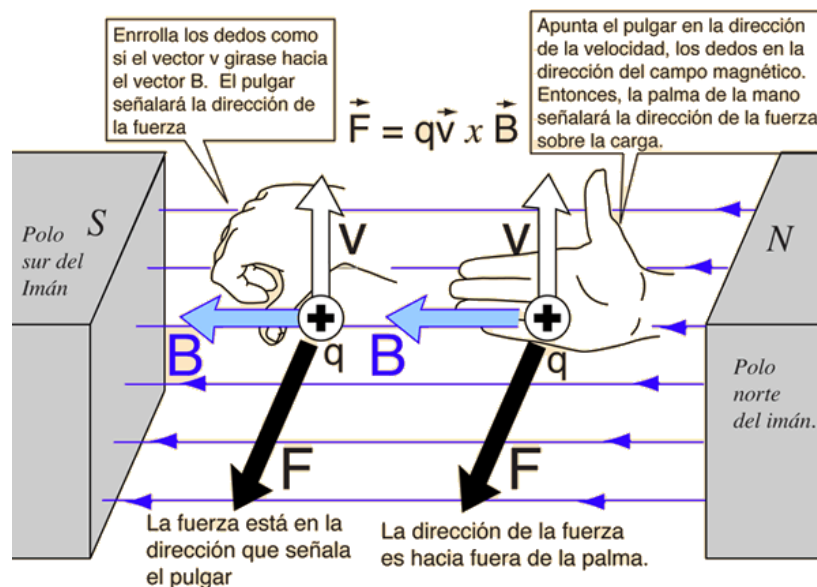


Ilustración HHHH Regla de la mano derecha, electromagnetismo.

Siendo así que si un conductor se mueve dentro de un campo magnético, se induce en él una fem (fuerza electromotriz) o voltaje. La dirección del movimiento, del campo y de la fem, sigue la regla de la mano derecha, por ejemplo, si el conductor se mueve en sentido contrario al mostrado, la fem tendrá polaridad inversa, al igual que si se invierte la dirección del campo.

En particular, se observa que si el conductor se mantiene fijo, pero lo que se mueve es el imán (en la dirección de la flecha), la polaridad de la fem será inversa a la mostrada, ya que sería una situación equivalente a que el conductor se moviera en sentido contrario.

Base de la propuesta.

Uso de frenos electromagnéticos acoplados a los costados del eje principal del Yoke, el cual tiene la función de proporcionar una inclinación al avión en simulación.

Su empleo consiste en la variación de su campo magnético con respecto a los parámetros indicados en la programación, los cuales están dados por el software X-Plane 11. Siendo que su comportamiento con respecto al campo magnético inducido

se ve afectado por las condiciones iniciales de vuelo, tales como fallas predeterminadas por el usuario y condiciones climáticas o de ambiente.

Para un funcionamiento preciso del campo magnético, fue necesaria la instalación de un sensor de posicionamiento. Este tiene la función de indicar los grados a los que se encuentra la posición del eje, comparándola con el posicionamiento en el software de simulación, realizando una comparativa entre los valores de entrada y salida finalizando con una relación de:

A mayor fuerza simulada, mayor será el desplazamiento del freno.

Interpretándose como:

Cuando el simulador marque una simulación de mayor magnitud aplicada en los ejes de sustentación, estos se verán afectados en los parámetros de los controles primarios siendo que, como reacción ante esto el freno magnético unirá progresivamente ambos polos con el fin de aumentar la resistencia en los puntos pivote de los mandos, teniendo como resultante que el usuario en simulación interprete una fuerza dinámica correspondiente a la simulación en tiempo real.

2.- Uso de sistema Neumático.

Sistema neumático conectado a los puntos pivote de los mandos primarios de vuelo. Consiste en la instalación de un sistema neumático conectado de forma independiente a los mandos del simulador. Cabe mencionar que el funcionamiento es similar al del sistema hidráulico, ya que en ambos se hace uso de un fluido suministrado y regulado para la representación de las fuerzas dinámicas.

El sistema radica en la conexión de un compresor, en donde se regulara la presión dirigida a los mandos dependiendo de las condiciones de vuelo en el momento de simulación; esto es regulado por medio de válvulas que darán apertura y cierre al paso del fluido; estas son controladas mediante programación estructural en el software de FESTO FluidSim pneumatic & hydraulic 4.2, codificado a través de PLC o una adaptación de Arduino.

3.- Uso de sistema Hidráulico.

Sistema hidráulico conectado a los puntos pivote de los mandos primarios de vuelo. Consiste en la instalación de un sistema hidráulico conectado de forma independiente a los mandos del simulador.

El sistema radica en la conexión de una bomba suministradora de aceite, en donde se regulara la presión y caudal dirigidos a los mandos dependiendo de las

condiciones de vuelo en el momento de simulación; esto es regulado por medio de válvulas que darán apertura y cierre al paso del fluido; estas son controladas mediante programación estructural en el software de FESTO FluidSim pneumatic & hydraulic 4.2, codificado a través de PLC o una adaptación de Arduino.

La diferencia entre los dos sistemas anteriores es la velocidad de respuesta y la presión suministrada, siendo así que el sistema hidráulico proporciona una mayor presión además de ser más exacto en cuanto a los parámetros de aplicación; mientras que el sistema neumático posee una mayor velocidad de respuesta pero es más inestable en cuanto a su control.

4.- Uso de motores de C.C. de alto torque.

Conexión de servomotores de baja velocidad y alto torque conectados a los puntos pivote de los mandos primarios de vuelo. Al igual que los sistemas anteriormente mencionados estos son ensamblados directamente a los ejes de los mandos. Estos son controlados mediante la programación a través de Arduino, tomando en cuenta que no hay posibilidad de variar la fuerza de torque, se controlaran las r.p.m. a través de la simulación en tiempo real variándolas con respecto a las condiciones de vuelo.

Control de velocidad en el eje.

El principio de funcionamiento en un motor está dado por la potencia entregada, siendo los parámetros medidos en el torque y la velocidad. Sin embargo, una desventaja para el control en la potencia, es que la fuerza en el torque es constante, siendo que esta no variara con respecto al voltaje suministrado. Con respecto a la frecuencia suministrada al motor la velocidad en su eje cambiara dependiendo del voltaje suministrado. Para esto, una forma de control es haciendo uso de una lectura de la velocidad de un motor de CD con encoder integrado.

Dado esto, en la selección del sensor en ambos casos se deben tener en cuenta diversos factores, donde los más importantes a considerar según (Novanta Company, 2019) son los siguientes:

1. Geometría – a modo de ejemplo, lineal o rotatoria o curvilínea o en 2D o en 3D.
2. Envoltorio espacial – puntos de fijación mecánicos, enrutamiento de cables y espacio envolvente.
3. Tipo de medición – incremental o absoluta.
4. A gran escala – a modo de ejemplo, 360 grados o 600 mm.

5. Resolución – dicho de otro modo, el cambio más pequeño que debe medirse – por ejemplo, 0,1 grados o 0,2 mm.
6. Repetibilidad – en otras palabras, la estabilidad de la medición al volver al mismo punto – a modo de ejemplo, repetibilidad = $\pm 0,025$ mm.
7. Linealidad – la desviación máxima admisible de una lectura perfectamente exacta. Es posible que quiera reflexionar cuidadosamente sobre esta cuestión, ya que, en la mayoría de los casos, nos hemos dado cuenta de que lo más importante para muchas aplicaciones es precisamente la repetibilidad.
8. Intervalo operativo de temperatura y almacenamiento – $-40 + 85$ Celsius es el intervalo más típico.
9. Alimentación eléctrica – a modo de ejemplo, 5 V, 12 V o 24 V.
10. Salida eléctrica– por ejemplo, datos en serie, pulsos A/B, 0-10 V, 4-20 mA.
11. Cosas inusuales – tales como: “deseamos mantener el consumo de energía tan bajo como sea posible” o “es para inmersión en ácido sulfúrico caliente” o “estamos utilizando un dispositivo capacitivo y tenemos problemas de fiabilidad”.

Para el control de los sistemas anteriormente descritos, se propuso el uso de dos sistemas diferentes de control, siendo el uso de Arduino haciendo la investigación pertinente de la tarjeta que mejor se adaptara al proyecto, y el uso de PLC como sistema de control, igualmente buscando de entre los diversos fabricantes el que mejor se adaptara.

Sus características de ambos son las siguientes.

Arduino.

Según (Arduino, s.f.)

“Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont)”.

Características:

Su interfaz de desarrollo es gratuita.

El diseño de la placa en si es de dominio público, Open Source.

Amplio catálogo de accesorios o aditamentos necesarios.

Fácil acceso.

Lenguaje de programación de sencilla comprensión.

Bajo costo.

Re-usabilidad y versatilidad.

Tipos de Arduino (Hacedores, 2014).

Arduino UNO.	Arduino Ethernet.	Arduino Micro.
Arduino Leonardo.	Arduino Mega 2560.	Arduino Fio.
Arduino Due.	Arduino Mini.	LilyPad Arduino USB.
Arduino Yún.	Arduino Nano.	LilyPad Arduino Simple.
Arduino Robot.	Arduino Pro Mini.	LilyPad Arduino Simple Snap.
Arduino Esplora.	Arduino Pro.	LilyPad Arduino.
Arduino Mega ADK.		

Desventajas:

Frágil estructura.

Su uso se recomienda en proyectos a pequeña escala.

No cuenta con estándares de calidad establecidos.

PLC.

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un PLC es:

“Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos”.

Características:

Diseñado para uso industrial.

Sencilla programación, con respecto a los lenguajes que utilizan.

Cumple con estándares de calidad.

Resiste altas vibraciones y un determinado número de impactos.

Detecta diversos tipos de señales del proceso mediante la Memoria Programable.

Elabora y envía acciones de acuerdo al programa en la Memoria de Datos.

Recibe configuraciones de los operadores y da reportes a los mismos

Admite modificaciones en el programa cuando son necesarias.

Lenguajes de programación de un PLC.

Su programación es mediante lenguaje de escalera, bloques, estructurado, o diagramas de estado.

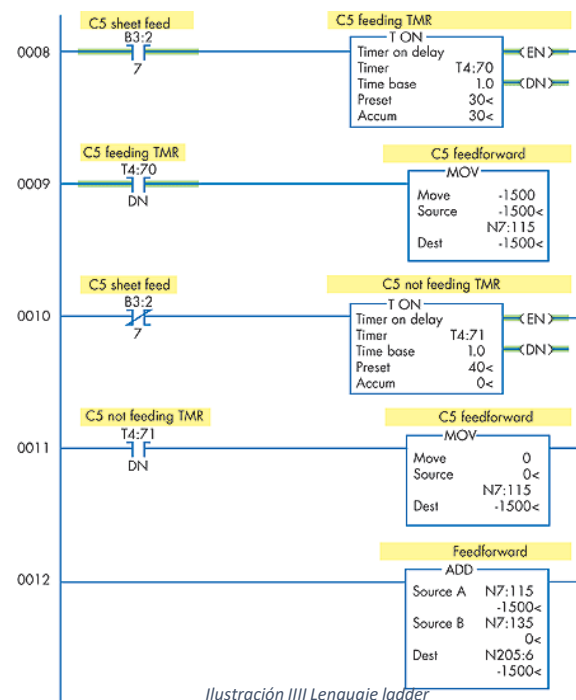


Ilustración IIII Lenguaje ladder

*El lenguaje de bloques no están estandarizados, por lo que la simbología cambiara con respecto a la marca.

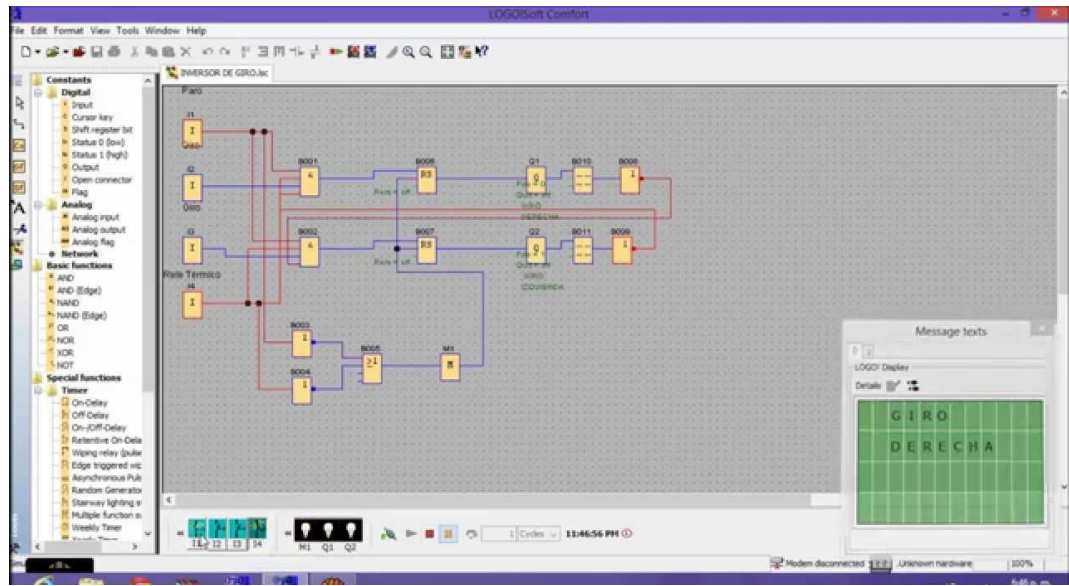


Ilustración JJJJ Lenguaje de bloques.

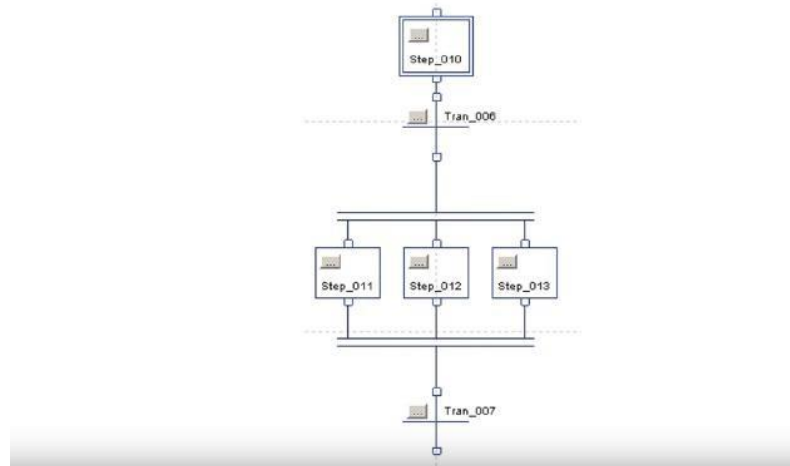


Ilustración KKKK DIAGRAMAS DE ESTADO.

*La programación por medio estructurado es básicamente programación por código de bajo nivel.

Tipos de PLC (Autycom, s.f.).

PLC compacto.

“Se conforma de una sola unidad. Se usa en aplicaciones pequeñas, y en un mismo equipo están integrados el CPU, las entradas y salidas, la batería, la memoria y a veces hasta la fuente de alimentación, el cableado y el software”.

PLC modular.

“Como su nombre lo indica, está compuesto por elementos agrupados, y es ideal para aplicaciones más amplias. Los módulos que lo conforman pueden ser los de: tarjeta madre, CPU, memoria, módulo de entradas, módulo de salidas (o mixto). Las entradas y salidas según la necesidad, serán digitales o analógica”.

Marcas de PLC's (SICCOA, 2018).

Allen Bradley	Crydom	Panduit
Telvent	Eaton	Pepperl+Fuchs
Emerson	Ebmpapst	Phoenix
Invensys	Hammond	Contacts
ABB	Hirschmann	Redlion
Alphawire	Hoffman	Schneider
Altech	Honeywell	Siemens
Apc	Idec	SMC
Banner	N-tron	Sola
Belden	Hartick	Turk
BUD Industries	Omron	Allen Bradley
Crouzet	opto22	Telvent
		GE Fanuc

Desventajas:

Son de alto costo.

Requieren licencia de uso.

No son accesibles para todo el público.

No existen dispositivos prediseñados como complementos.

Cotización de material.

Como parte del desarrollo del sistema de cargas se realizó una cotización de los materiales a utilizar indagando entre los diferentes proveedores y fabricantes, esto con el fin de optar por la mejor opción.

Antes de esto, se realizó de forma previa un listado de posibles componentes a utilizar, con el propósito de su adquisición. Se tomaron en cuenta las características proporcionadas por los fabricantes ubicados en las hojas de datos (datasheet) de los componentes propuestos; cuidando su cumplimiento con los requisitos de los sistemas planteados.

A continuación, se presentan los materiales seleccionados para la implementación del sistema de cargas, donde en algunos casos se muestra una segunda opción de selección en caso de no contar con el elemento principal. La tabulación cuenta con datos básicos de los materiales.

Debe ser aclarado que los costos de cotización fueron investigados en el tiempo en que fue realizada esta investigación, por lo cual su precio final puede variar con respecto al tiempo transcurrido después de la finalización de este proyecto.

No .	Producto	Descripción.	Precio	Unidad es.	Precio total.	Link
1	Arduino Mega		\$248.00	2	\$496.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-550445231-arduino-mega-2560-JM?quantity=1#position=6&type=item&tracking_id=6036abaf-19c0-40df-b350-712bad154753
2	Case para Arduino.	Carcasa de acrílico para Arduino Mega tipo B Talos	\$121.00	2	\$242.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-575415845-carcasa-de-acrilico-para-arduino-mega-tipo-b-talos-JM?matt_tool=65873753&matt_word&gclid=Cj0KCQjAtf_tBRDtARIsAlbAKe3FY0O4s3P_wAJ9dGiG6ZmYDyv_3ul66Rkhp18-XiqvdTKr237xPpgaArmpEALw_wcB&quantity=1
3	Servomotor.	CYS S0650 digital engranaje metálico de alto torque 55KG HV para RC Car Boat Air.	€15.41 \$327.57	2	€30.80 \$655.14	https://www.ebay.com/itm/CYS-S0650-digital-engranaje-metalico-de-alto-torque-55KG-HV-para-RC-Car-Boat-Air/333353033101?hash=item4d9d639d8d:g:XiIAOSwS21dkajm
		Torque: 30kg*cm	\$445.00		\$890.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-697058021-servo-digital-cys-s8503-original-engranaje-de-metal-30-kg-JM?quantity=1#position=16&type=item&tracking_id=f1e13ebb-61f8-4095-b29d-6ed8c0df53d3
		Torque: 27kg*cm	\$352.00		\$704.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-690975910-servo-digital-de-metal-hs3225-resistente-al-agua-JM?quantity=1#reco_item_pos=4&reco_backend=machinalis-pads&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-pads&reco_id=43b002e8-c399-4c31-bf12-d9508ccf7532&is_advertising=true&ad_domain=VIPCORE_RECOM

						MENDE&ad_position=5&ad_click_id=NzI3NWQ5NTgtY2FhYS00OWY1LTlkOTUtOWU0Mzc2YjI0YWUw
3	Servomotor	SUPER 500 alto esfuerzo de torsión Metal Servo 0.5S/60 BEC 12V 24V 500kg*cm 5V para brazo robótico de D.	\$93.99 US. \$1,790.00 Mx.	2	\$187.98 US \$3,580.00 Mx	https://www.ebay.com/itm/High-Torque-Metal-Servo-12V-24V-500kg-cm-0-5S-60-BEC-5V-for-DIY-Large-Robot-Arm/362752343122?hash=item5475b97c52:g:FVQAAOSwNkpdegg_e
*Alternativas en caso de no contar con existencia del servomotor anteriormente propuesto.						
4	Extractor de soldadura.		\$51.00	1	\$51.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-700541242-desoldador-de-succion-extractor-soldadura-steren-cau-170-alu-JM?matt_tool=13215032&matt_word=&gclid=CjwKCAjwldHsBRAoEiwAd0JybZKLyofXVhOoPIQeHqNqoVAKQg3QjHISVKzIAgp65tAsAH-KsihkBoC1Z8QAvD_BwE
5	Shield Servomotor		\$89.00	1	\$89.00	https://www.steren.com.mx/tarjeta-para-control-de-motores-cc-l293d.html?gclid=Cj0KCQjww7HsBRDkARIsAARsIT5xJMwN1w66TMBISSCYnVt7aF_mnvxHW68iaEZ_XlIdkz3t6jcToQwaAnAgEALw_wcB
6	Fuente CD		\$350.00	1	\$350.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-651698797-kit-para-armar-fuente-variable-1-12v-dc-compatible-arduino-JM?matt_tool=97213877&matt_word=&gclid=Cj0KCQjww7HsBRDkARIsAARsIT64nzLTIf7GmsFJsdy2PLvIKSeKMguFeqyT885ny-jeEenTcjBvKgUaAv-UEALw_wcB
7	Módulo relé 2 canales		\$35.00	2	\$70.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-602555802-modulo-rele-relay-2-canales-para-arduino-JM?quantity=1
8	Estaño.		\$150.00	1	\$150.00	https://www.steren.com.mx/rollo-de-100-gramos-de-soldadura-con-aleacion-esta-o-plomo-60-40.html

9	Polea dentada.	Polea dentada gt2 40 dientes 10mm de diámetro para eje	\$85.00	1	\$85.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-617338609-polea-dentada-2gt-40-dientes-para-banda-de-6mm-varios-ejes-JM?quantity=1&variation=21481370055&onAttributesExp=true#position=2&type=item&tracking_id=a2d820e4-18b4-47be-b579-e5fbbeddd0cf5
		Polea dentada gt2 36 dientes 6mm de diámetro para eje	\$65.00	1	\$65.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-720131275-polea-dentada-gt2-36-dientes-diametro-interno-635mm-JM?matt_tool=65873753&matt_word&gclid=CjwKCAjwo9rtBRAdEiwA_WXcFpWS9CS6nlTReqewxkP6todx-ylIGyv5RzEKxAJ2SqybmPJrg29OuRoCB-UQAvD_BwE&quantity=1
10	Banda dentada.	Banda 160mm	\$45.00	2	\$90.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-603923146-banda-dentada-cerrada-gt2-160-mm-de-circunferencia-ancho-6mm-impresora-3d-router-cnc-correa-dentada-JM#position=9&type=item&tracking_id=6f558533-7419-4fc6-9242-c2ff230905ad
11	Cople flexible	8x10 mm	\$44.00	4	\$176.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-639694982-cople-flexible-8x10-mm-cnc-impresora-3d-motor-acoplador-JM?quantity=1#reco_item_pos=4&reco_backend=machinalis-v2p-full&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-v2p&reco_id=d5d49f54-dbef-40dd-b0b3-d8c68f75de45
Total:			\$6,034.14 Mx.			
El total del costo total aún no está definido, ya que no se tomaron en cuenta costos de envío, y dependerá de los materiales seleccionados tal como lo son motores y placas de programación.						

Material para montaje.						
No	Producto.	Descripción.	Precio.	Unidad es.	Precio total.	Link.
1	Acoplamiento metálico.	Cople Flexible Nema Cnc 3d Acoplador Diferentes Ejes ¹	\$38.00	4	\$152.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-697877082-cople-flexible-nema-cnc-3d-acoplador-diferentes-ejes-JM?quantity=1&variation=40187339183&onAttributesExp=true#position=4&type=item&tracking_id=99e445be-28b4-4081-9242-5cef8776075c
		*Acoplamiento flexible metálico de aluminio para ejes de 8mm.	\$48.99	2	\$97.98	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-639694982-cople-flexible-8x10-mm-cnc-impresora-3d-motor-acoplador-JM?matt_tool=65873753&matt_word&gclid=Cj0KCQiA-4nuBRCnARIsAHwyuPr1Lb1lG7OyFwjoxNVDkzA40JZFWA-YqDGvkACRBBIF0ItTGsK-JMwaAnKqEALw_wcB&quantity=1
		¹ Diámetros Interiores: A Elegir. *Alternativas en caso de no contar con existencia de alguno del acoplamiento seleccionado.				
2	Polea dentada.	Polea Dentada Gt2 30 Dientes Diámetro Interno 8mm Canal 6mm	\$60.00	4	\$240.00	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-720152870-polea-dentada-gt2-30-dientes-diametro-interno-8mm-canal-6mm-JM?matt_tool=65873753&matt_word&gclid=Cj0KCQiA-4nuBRCnARIsAHwyuPqFdFgl-WH IWWTp5pRXx70GbZ4-D 6f8iBEty9eaqo9w3nZROVlwaAlMiEALw_wcB&quantity=1
Total:					\$392.00 Mx.	
El total del costo total aún no está definido, ya que no se tomaron en cuenta costos de envío, y dependerá de los materiales seleccionados tal como lo son motores y placas de programación.						

Justificación del uso de los materiales anteriormente solicitados.

Uso de placas Arduino Mega.

Arduino Mega 2560 es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el micro-controlador Atmega 2560.

El Arduino Mega 2560 tiene 54 pines de entrada/salida, de los cuales exactamente 14 de ellos pueden ser utilizados como salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial).

En cuanto a la velocidad del micro-controlador podemos decir que cuenta con un Cristal de 16MHz y una memoria Flash de 256K. Maneja un rango de voltaje de entrada de entre 7 y 12 volt, se recomienda una tensión de entrada planchada en 9 Volt.

La comunicación entre la tarjeta Arduino y la computadora se establece a través del puerto serie, cuenta con un convertidor interno USB – SERIE de manera que no es necesario agregar ningún dispositivo externo para programar el micro-controlador.

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Tensión de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 14 proveen salida PWM)
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MHz

El uso de servomotores es para un mayor aprovechamiento en la transmisión final del torque, además de que la solicitud de motores con diferente torque se debe a que el peso neto de los mandos es distinto, siendo así la solicitud de un motor por cada mando, quedando en total 4 motores.

Uso de shield para servomotores. Está destinada para el control de los servomotores.

- Circuito integrado: L293D
- Para motores de 4,5 a 36 Vcc
- Controla hasta 4 motores de corriente continua

- Soporta motores a pasos y servos (unipolares o Bipolares)
- Soporta fuente de alimentación externa

Las poleas dentadas de 40 y 36 dientes junto con la banda dentada de 160 mm de largo por 6mm de ancho se utilizarán para transmitir el movimiento del mando (yoke) hacia el sensor.

La polea dentada de 40 dientes estará unida al mismo eje donde está montado el mando, la otra polea de 36 dientes estará montada sobre el eje del sensor rotativo. Esto se hace para que cuando el Yoke se movido y, al estar la polea de 40 dientes montada en el mismo eje del Yoke, el movimiento de este sea transmitido por la banda hacia la otra polea de 36 dientes, que a su vez esta estará acoplado al eje del sensor para que de esta forma sea accionado.

El sensor es el encargado de enviar datos al software de simulación hacia donde o en qué dirección ha sido movido el mando. De ahí la importancia de que el mando y el sensor se muevan a la par, cada vez que el Yoke es accionado.

CAPITULO III. DISEÑO.

3.1 Diseño del mando.

Como se comentó anteriormente, se hace uso del software de dibujo AutoCAD basándose en medidas tomadas a los mandos primarios de vuelo del simulador AFTD localizado en LVC.

3.1.1 Diseño en AUTOCAD.

Los diseños de pieza se realizaron en el software de dibujo AutoCAD 2019 con una versión de estudiante.

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a diseño asistido por computadora (por sus siglas en inglés



Computer Assisted Design), teniendo su primera aparición en 1982. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

Además de acceder a comandos desde la solicitud de comando y las interfaces de menús, AutoCAD proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) que se pueden utilizar para determinar los dibujos y las bases de datos.

Las interfaces de programación que admite AutoCAD son ActiveX Automation, VBA (Visual Basic® for Applications), AutoLISP, Visual LISP, ObjectARX y .NET. El tipo de interfaz que se utilice dependerá de las necesidades de la aplicación y de la experiencia en programación de cada usuario.

En 1997 Autodesk sacó a la venta AutoCAD LT, una versión más económica y menos versátil (Wikimedia, 2019).

Los mandos primarios de vuelo que componen el avión Casa C-295 M son como ya se dijo anteriormente:

Superficies aerodinámicas movibles que, accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modifican la aerodinámica de dichas superficies provocando el movimiento del avión sobre sus ejes y de esta manera el seguimiento de vuelo deseada.

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies. La diferencia entre un piloto y el conductor de aviones es el uso adecuado de los controles para lograr un movimiento coordinado.

En la interfaz usada en X-Plane 11 se dividen en 5 diferentes, donde cada movimiento es un movimiento diferente referente a los 3 mandos ya descritos.

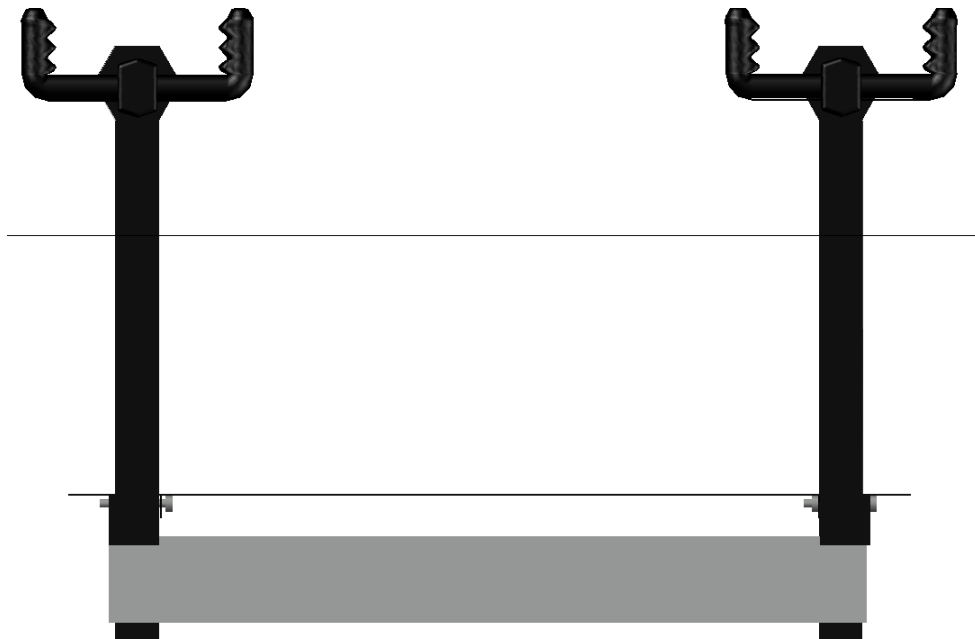


Ilustración MMMM Frontal de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Creación del autor.



Ilustración NNNN Superior de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Vista alámbrica. Creación del autor.



Ilustración QQQQ Superior de los mandos encargados de alerones y timón de profundidad. Vista realista. Creación del autor.

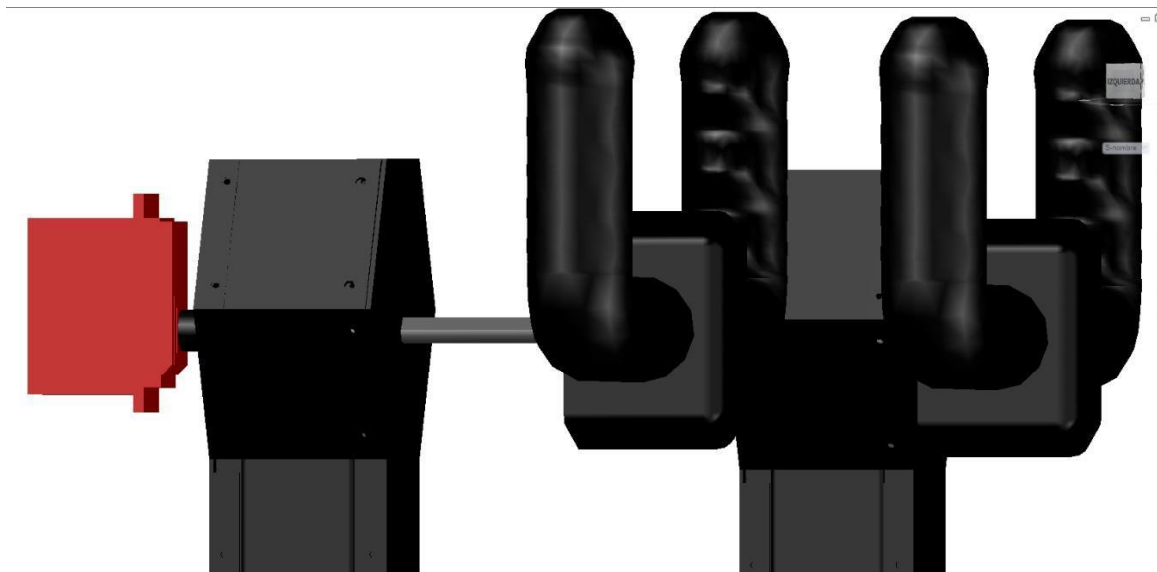


Ilustración OOOO Cuernos con acoplamiento de servomotor. Vista isométrica SO. Creación del

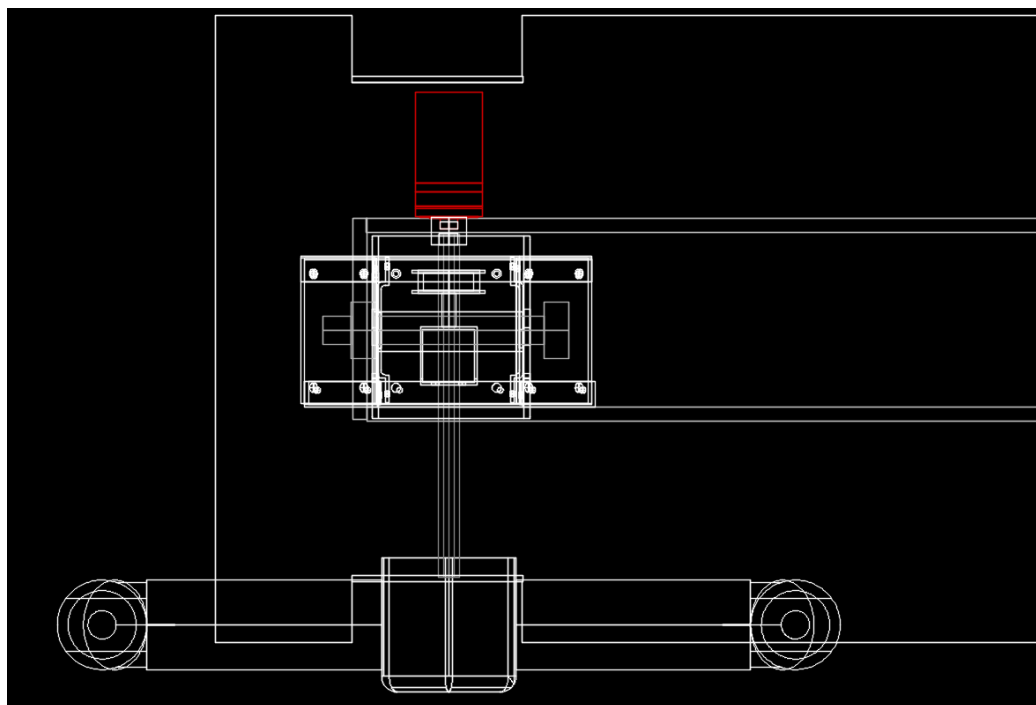


Ilustración PPPP Cuerno con acoplamiento a servomotor. Vista superior alámbrica. Creación del autor.

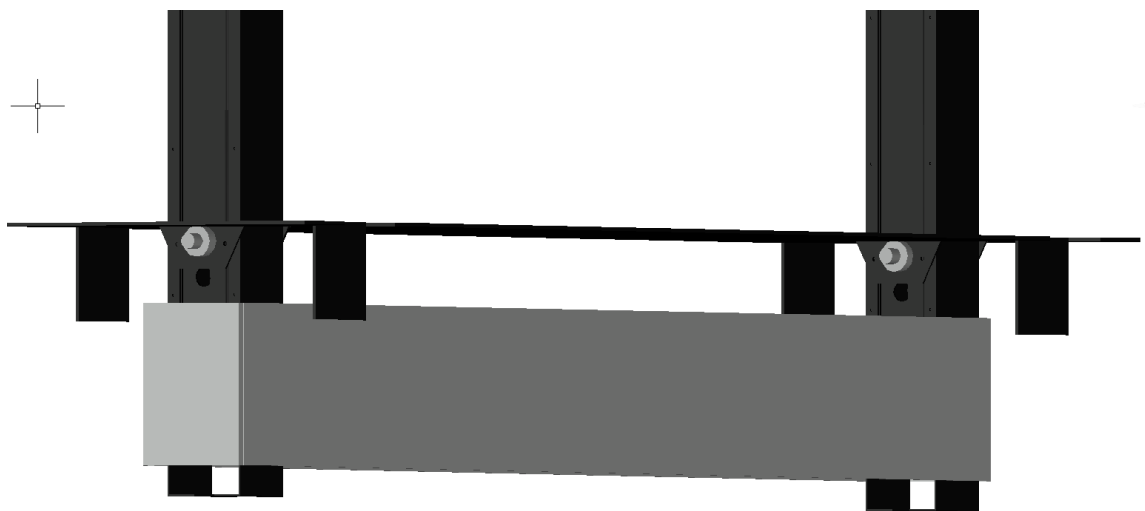


Ilustración SSSS Punto de pivote inferior en mandos de alerones y profundidad. Vista isométrica SO. Creación del autor.

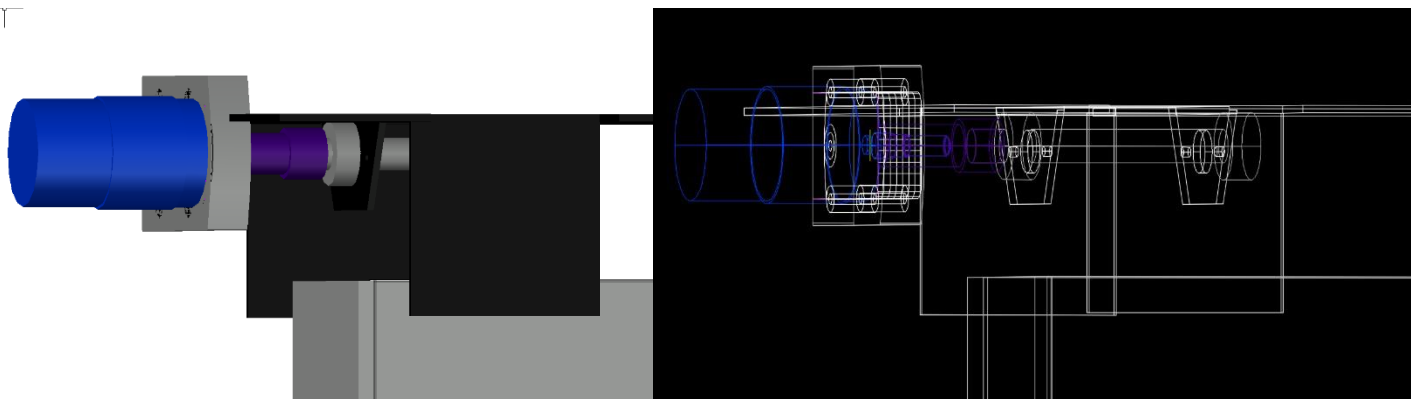


Ilustración RRRR Punto de pivote con acoplamiento a servomotor. Vista isométrica SO. Creación del autor.

3.2 Simulaciones dinámicas y estáticas.

El software SolidWorks proporciona un entorno de desarrollo en 3D intuitivo que ayuda a aumentar al máximo la productividad de sus recursos de diseño e ingeniería para crear mejores productos con mayor rapidez y rentabilidad.

Este cuenta con una interfaz de simulación que para este tema se usó en cuestión de la simulación de cargas.

3.2.1 Implementación de SolidWorks.

Como complemento del estudio en la implementación del sistema de fuerzas, se realizó un análisis de cargas estáticas, emulando fuerzas en diferentes puntos de los mandos primarios de vuelo.

En la siguiente imagen se muestra la visualización de los componentes de forma general.

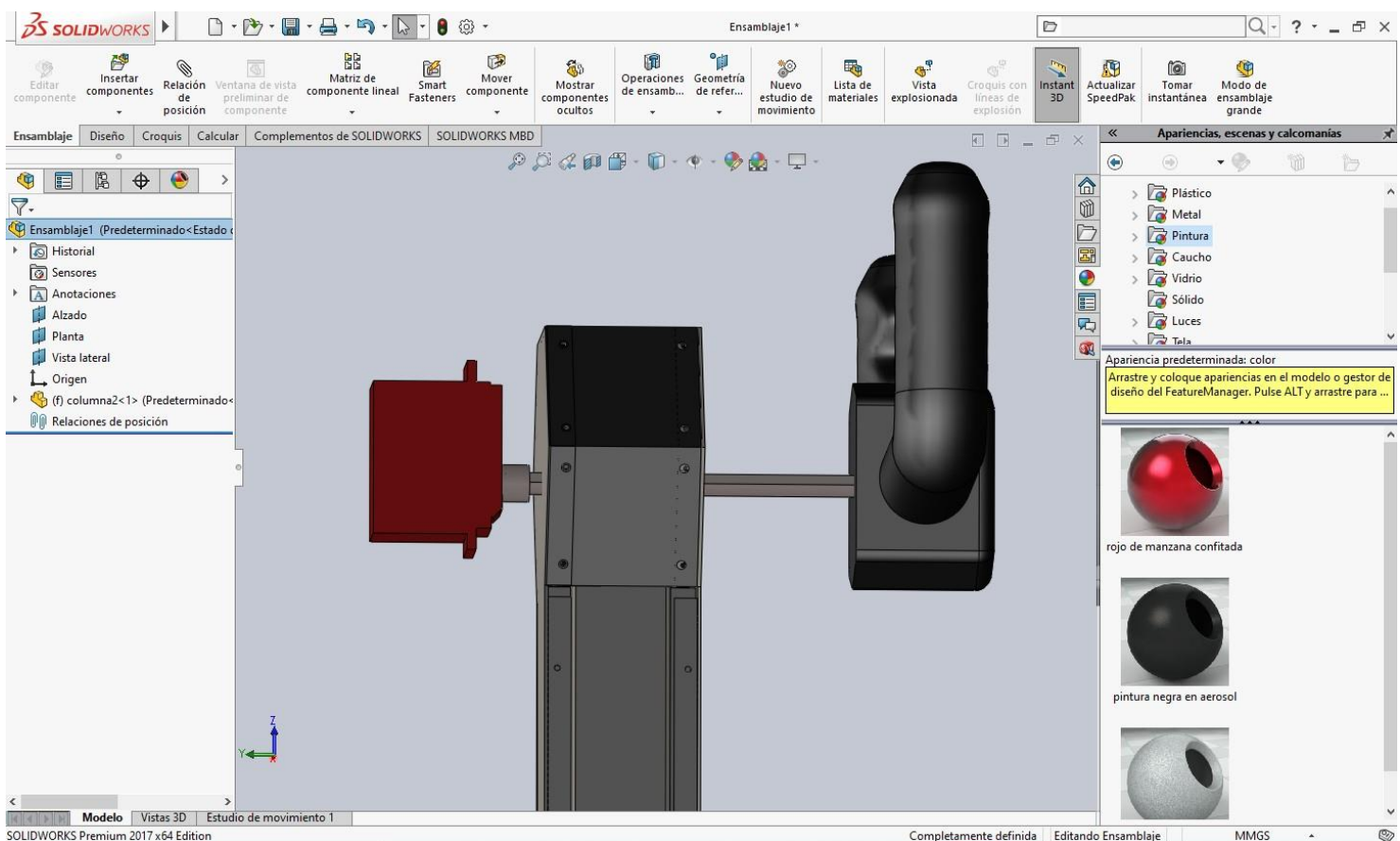


Ilustración TTTT Visualización de Yoke con asignación de materiales

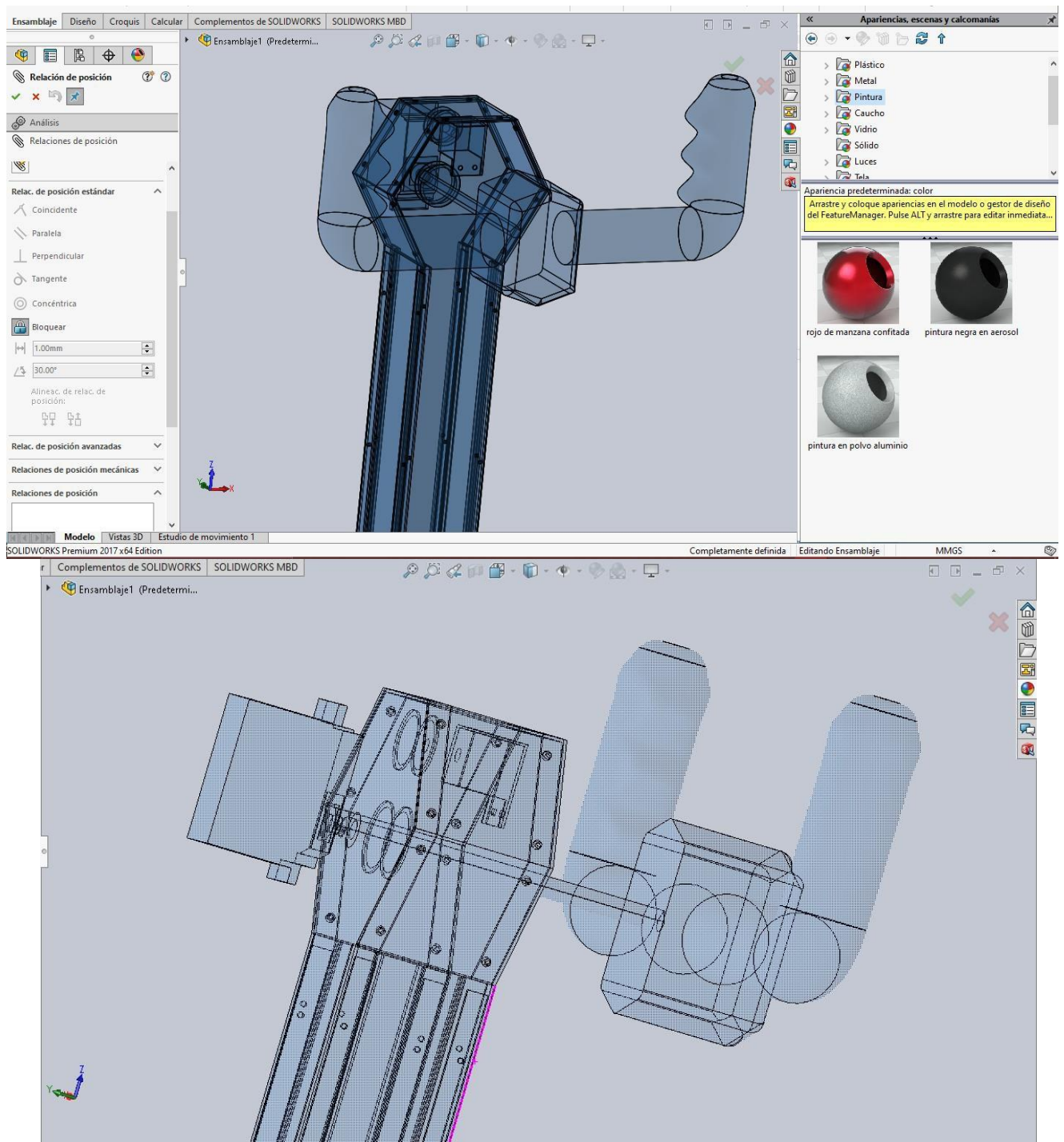


Ilustración UUUU Visualización de Yoke.

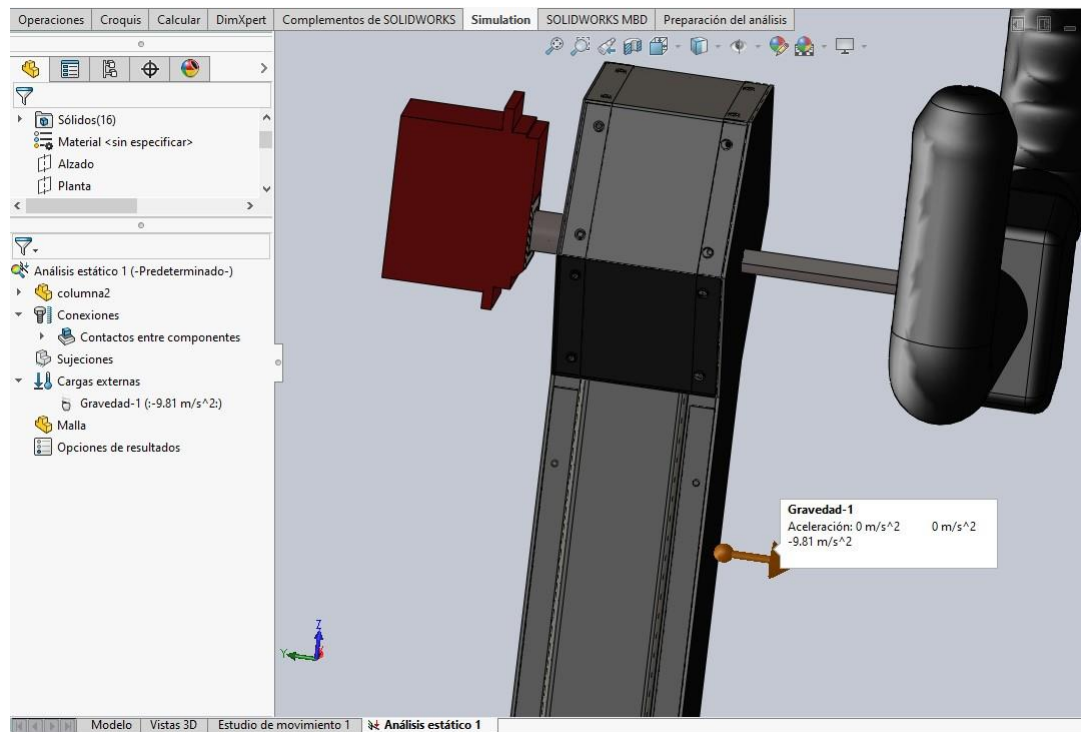


Ilustración WWW Asignación de carga a Yoke en C.G.

La asignación de cargas es establecida con respecto al comportamiento que se estima por parte de los usuarios al momento de simulación. Para esto se tomó en cuenta que 1kgf es equivalente a 9.8N. Las fuerzas principales son impulsadas desde el cuerno del Yoke, en ambas columnas.

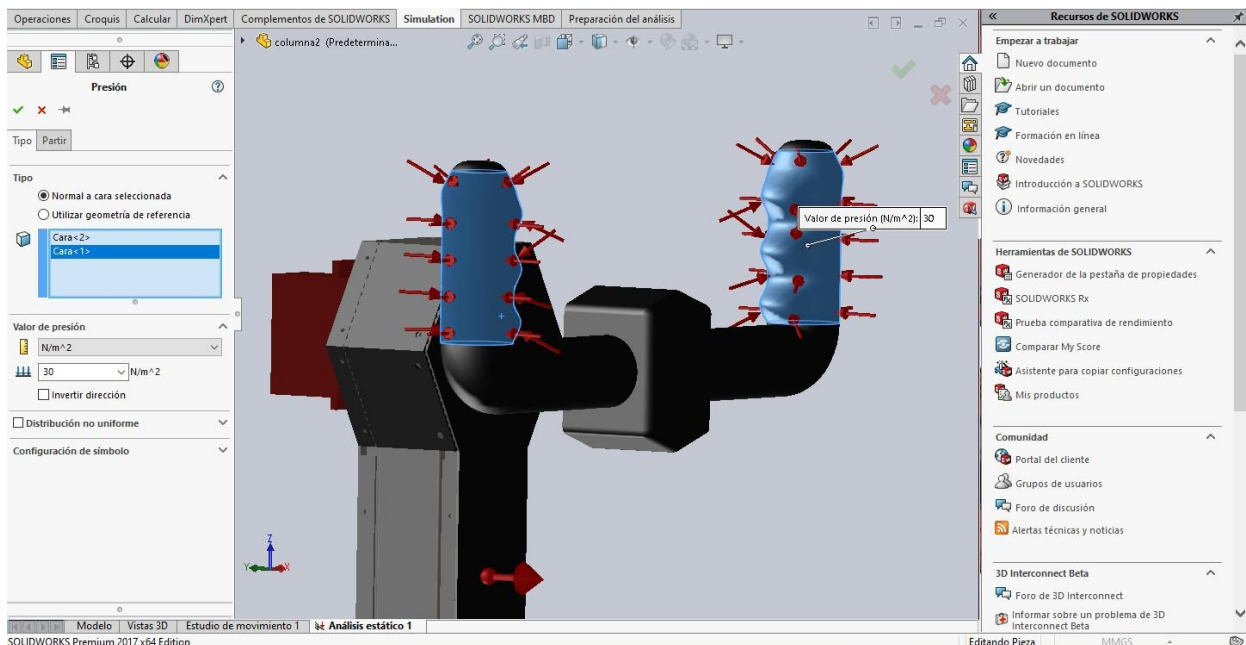


Ilustración VVVV Representación de fuerzas en Yoke

Los análisis realizados se muestran de forma completa en los anexos de este documento, siendo solo en puntos de apoyo y movimiento de forma individual.

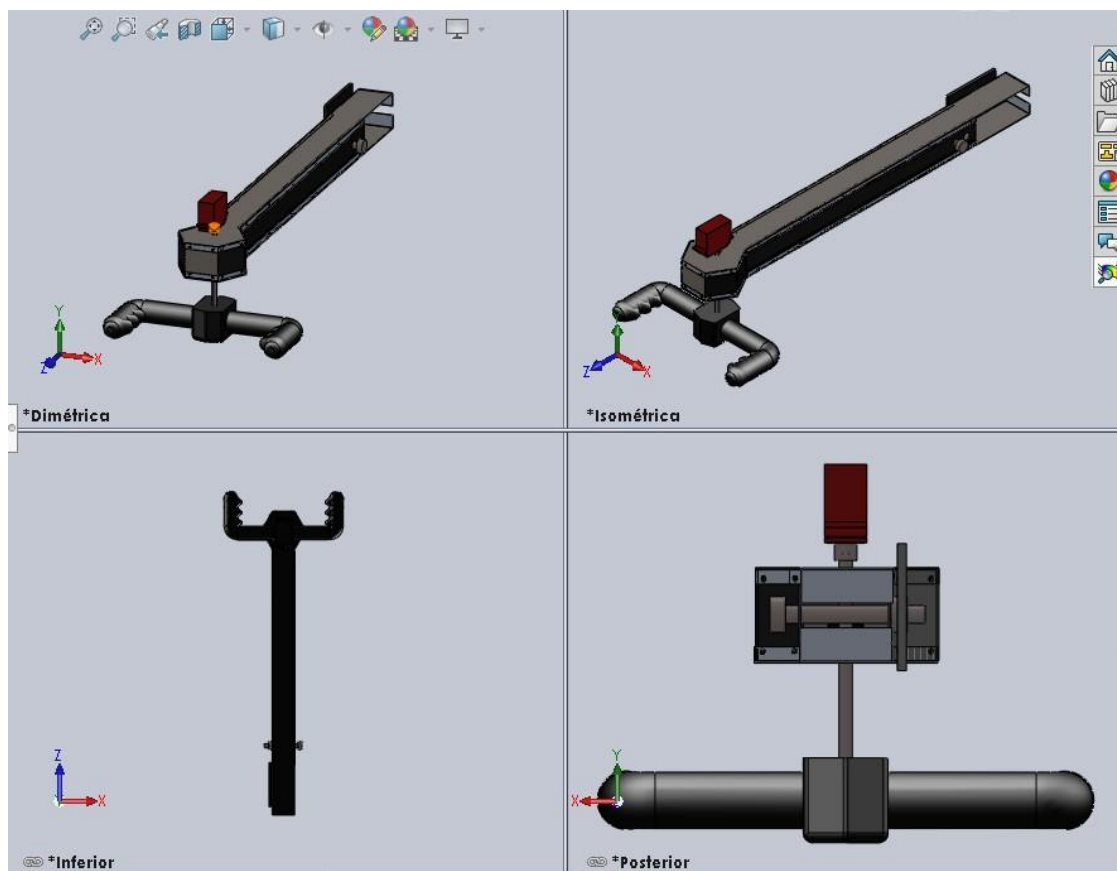


Ilustración YYYY Diferentes vistas de la columna

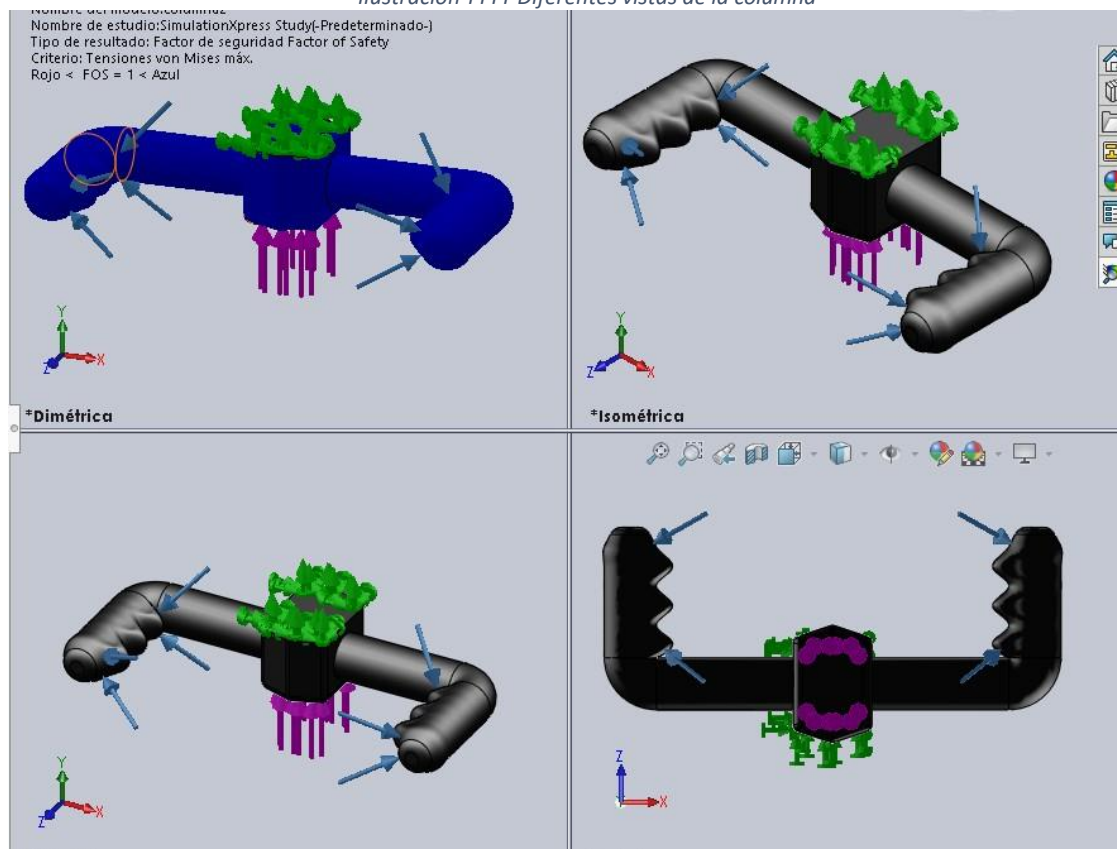


Ilustración XXXX Diferentes vistas del cuerno componente del Yoke

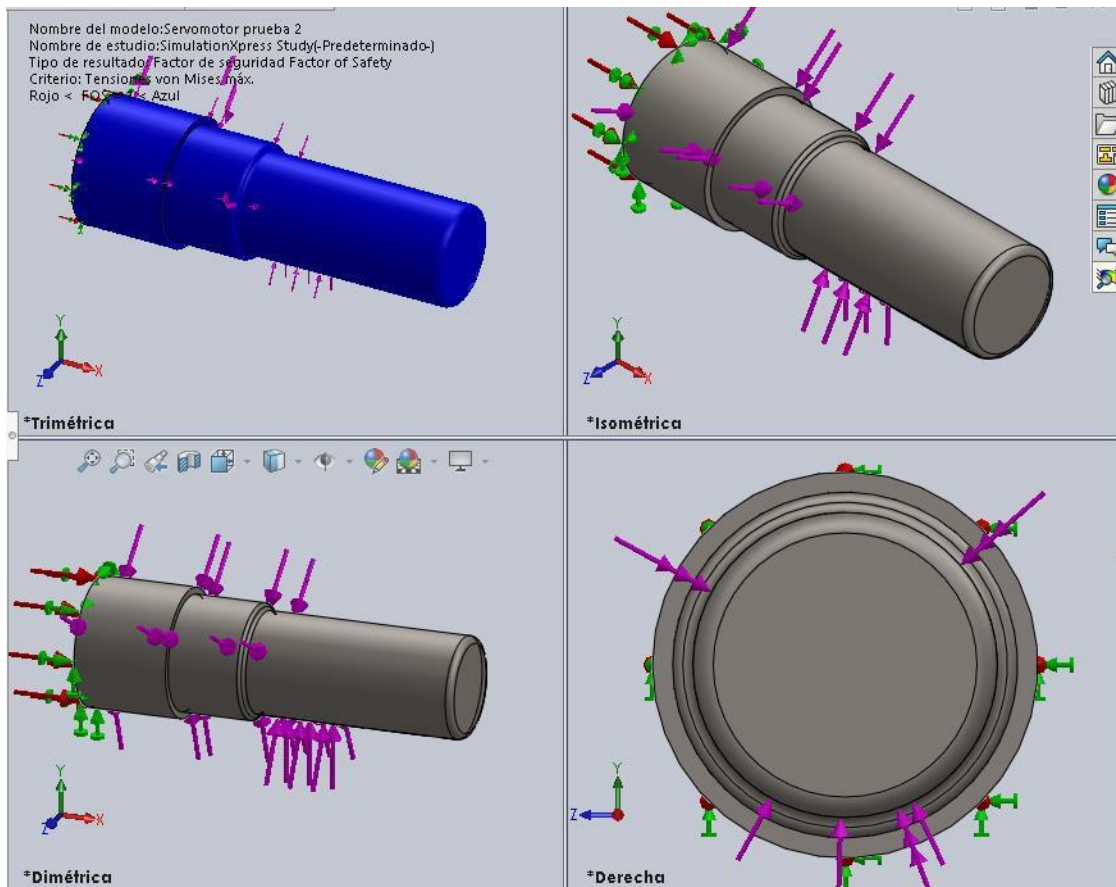


Ilustración AAAAA Diferentes vistas del eje de servomotor inferior.

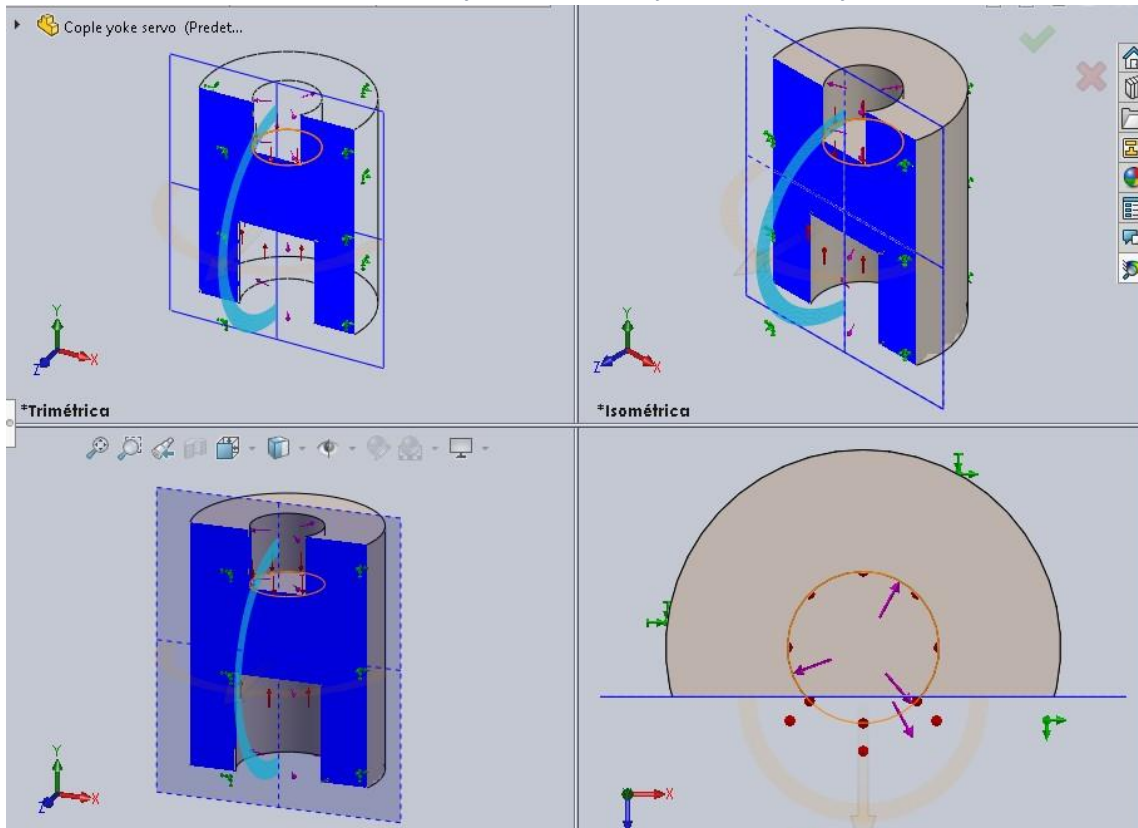


Ilustración ZZZZ Diferentes vistas de cople superior

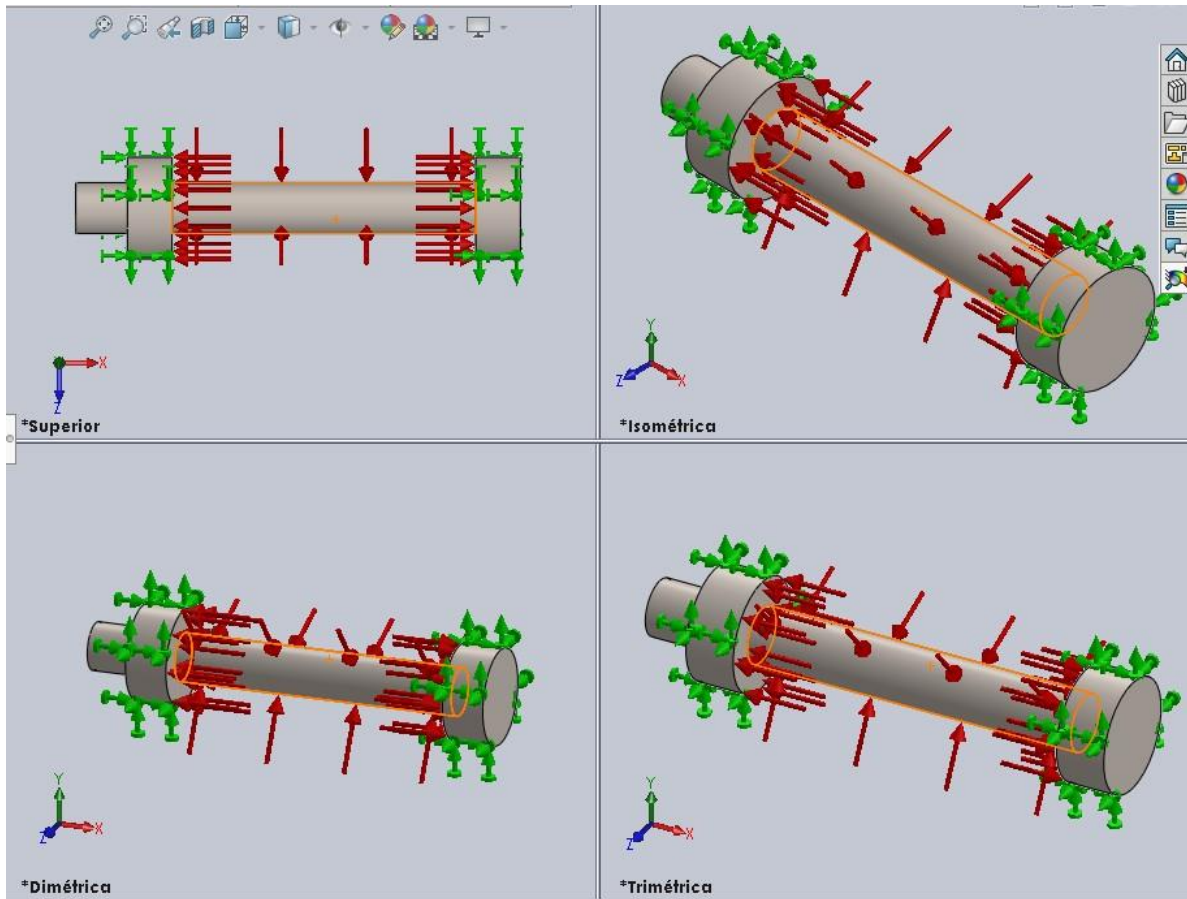
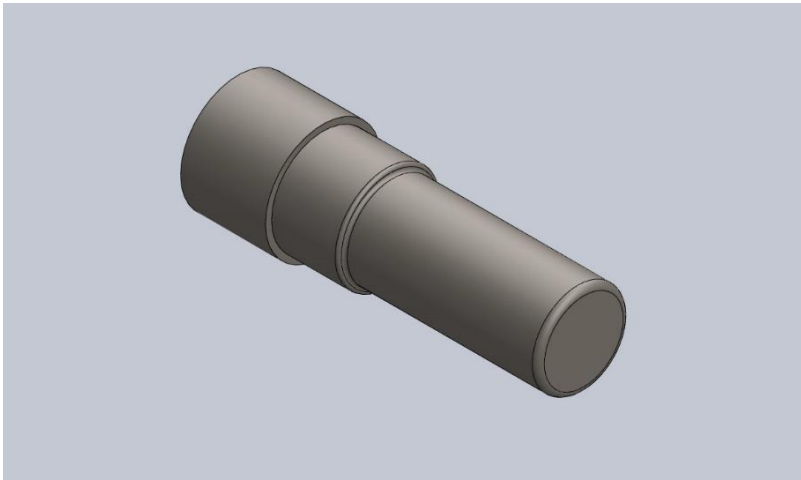


Ilustración BBBB Diferentes vistas de eje inferior ensamblado en zona pivote.

En las anteriores ilustraciones se muestran 4 diferentes tipos de vistas en los elementos simulados en el software SolidWorks, donde en algunos se visualizan cargas estáticas ubicadas en zonas de alto impacto o contacto directo.

Estas hacen referencia a los estudios de cargas estáticas en los elementos que componen los mandos primarios, con el fin de un análisis estructural más completo.



Simulación de Servomotor prueba

Fecha: domingo, 9 de febrero de 2020

Diseñador: M. Jazmín Rmz. Ald.

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

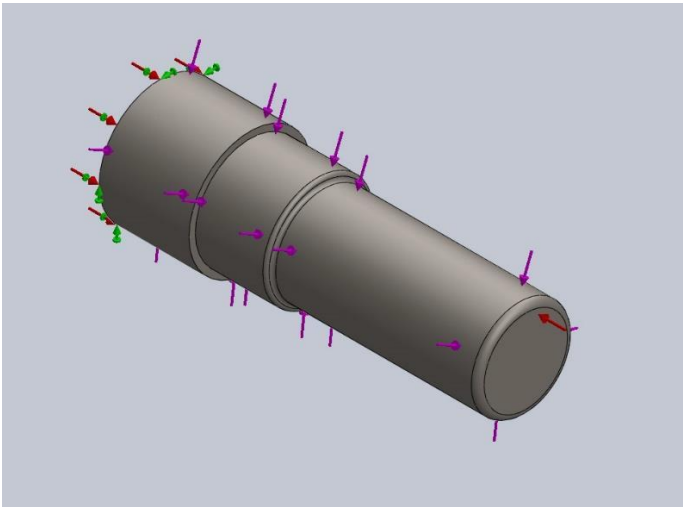
Tabla de contenidos

Descripción	157
Suposiciones	157
Información de modelo	158
Propiedades de material	159
Cargas y sujeciones	159
Información de malla	160
Resultados del estudio	161
Conclusión	162

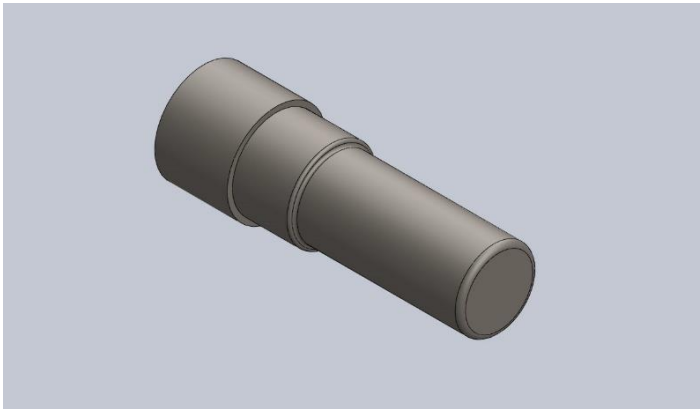
Descripción

La simulación fue basad en el posible comportamiento que tendrá el eje del servomotor acoplado al eje del Yoke. Tomando en cuenta cargas de 30N y 45N.

Suposiciones

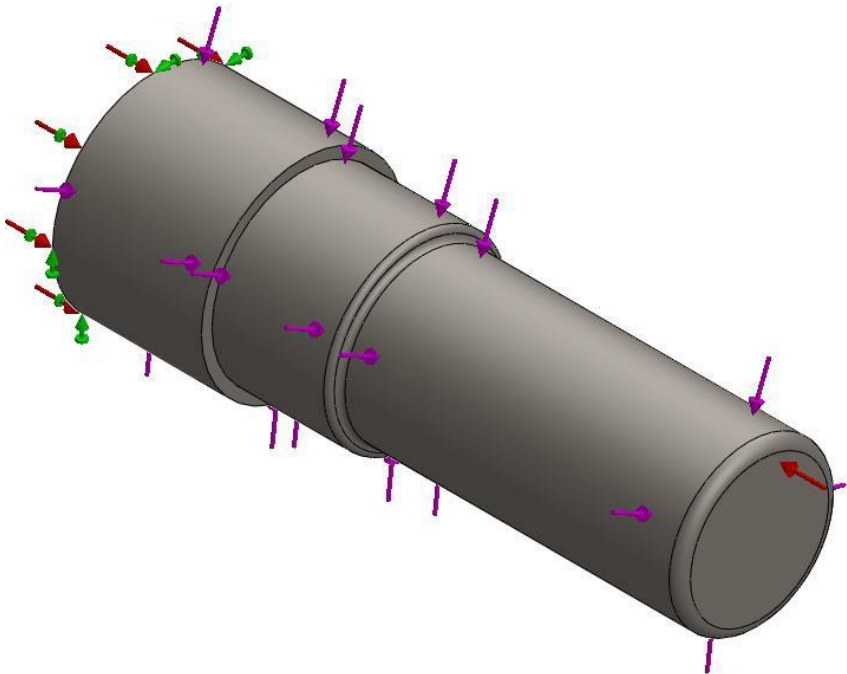


Modelo original



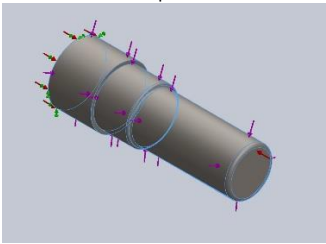
Modelo analizado

Información de modelo

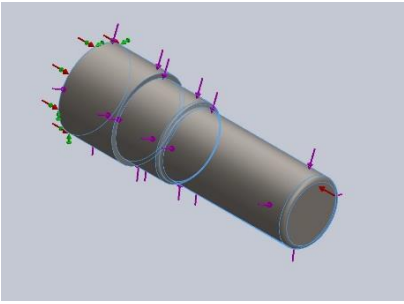


Nombre del modelo: Servomotor prueba 2
Configuración actual: Predeterminado

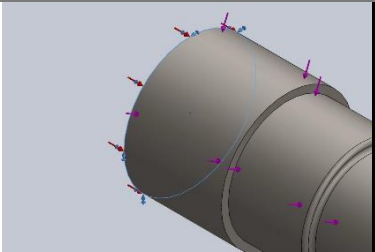
Sólidos

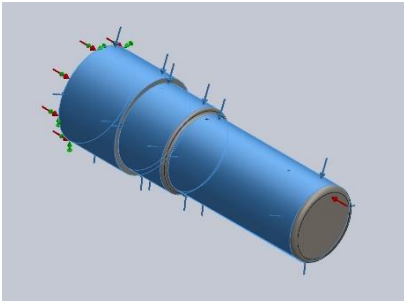
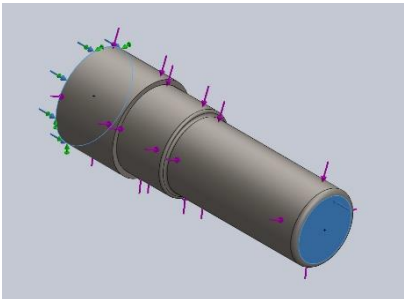
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado11 	Sólido	Masa:0.0116565 kg Volumen:1.51384e-006 m^3 Densidad:7700 kg/m^3 Peso:0.114234 N	C:\Users\Usuario\Desktop\Servomotor prueba 2.SLDPRT Feb 09 16:01:59 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 6.20422e+008 N/m² Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m²	Sólido 11(Sólido importado11)(Servomotor prueba 2)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-2		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 150 N
Presión-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 50 Unidades: N/m²

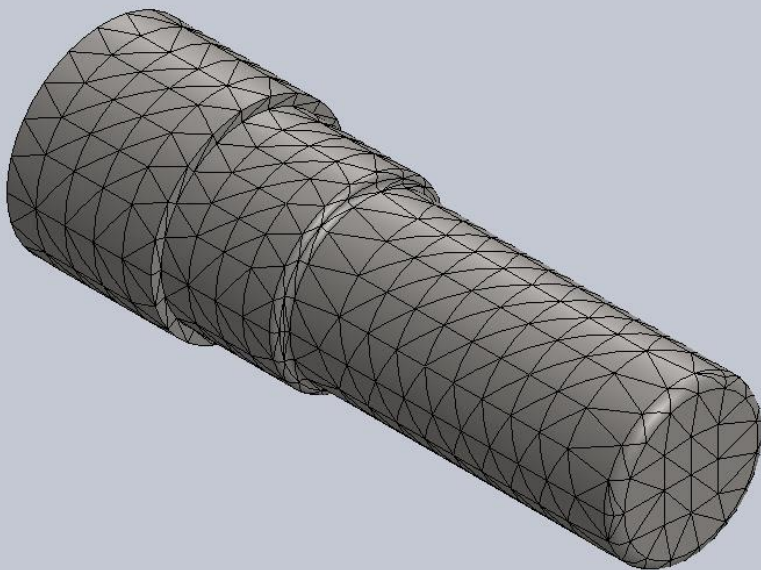
Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño de elementos	1.43592 mm
Tolerancia	0.0717959 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

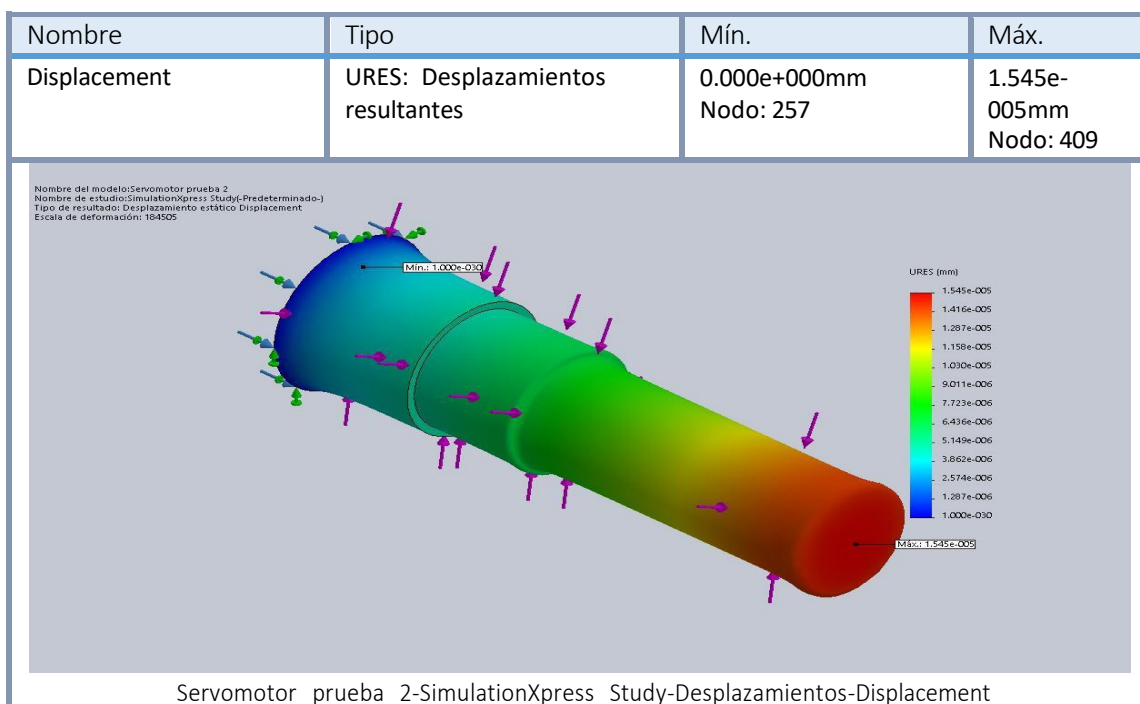
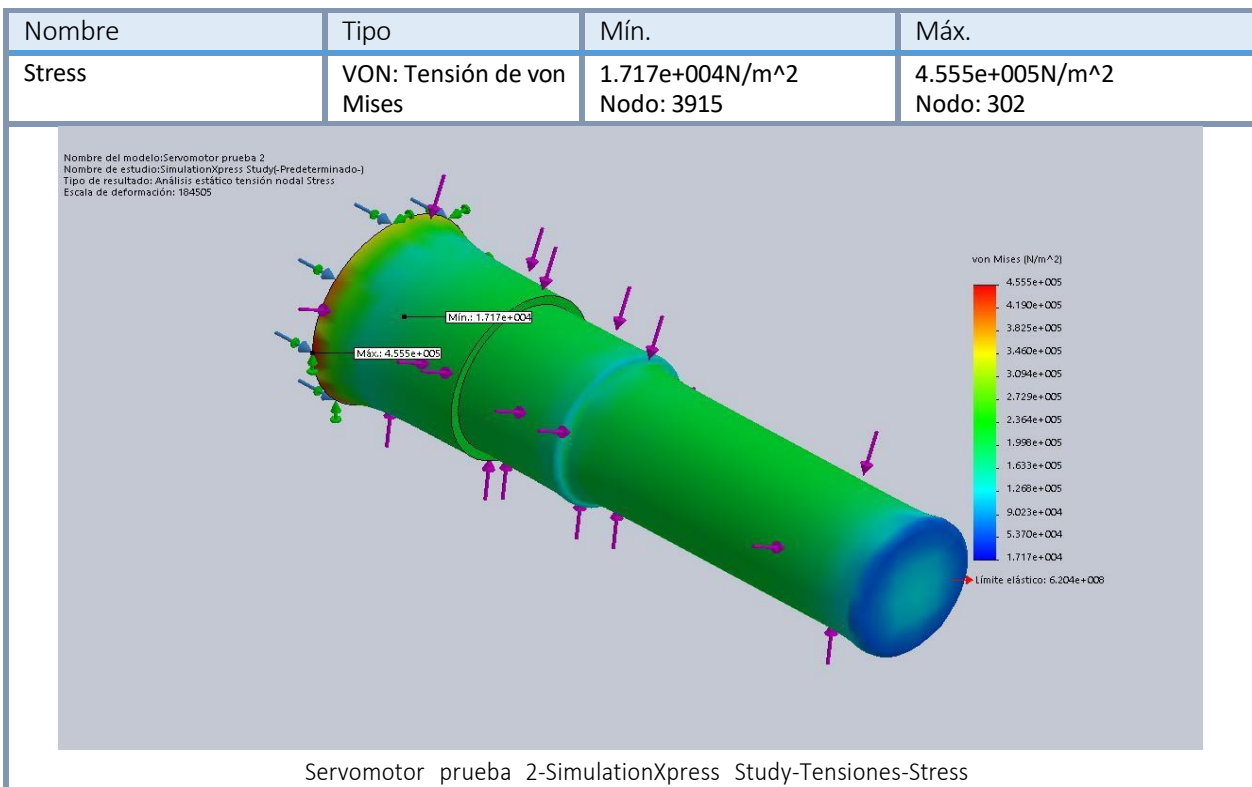
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	6102
Número total de elementos	3852
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	JAZMIN

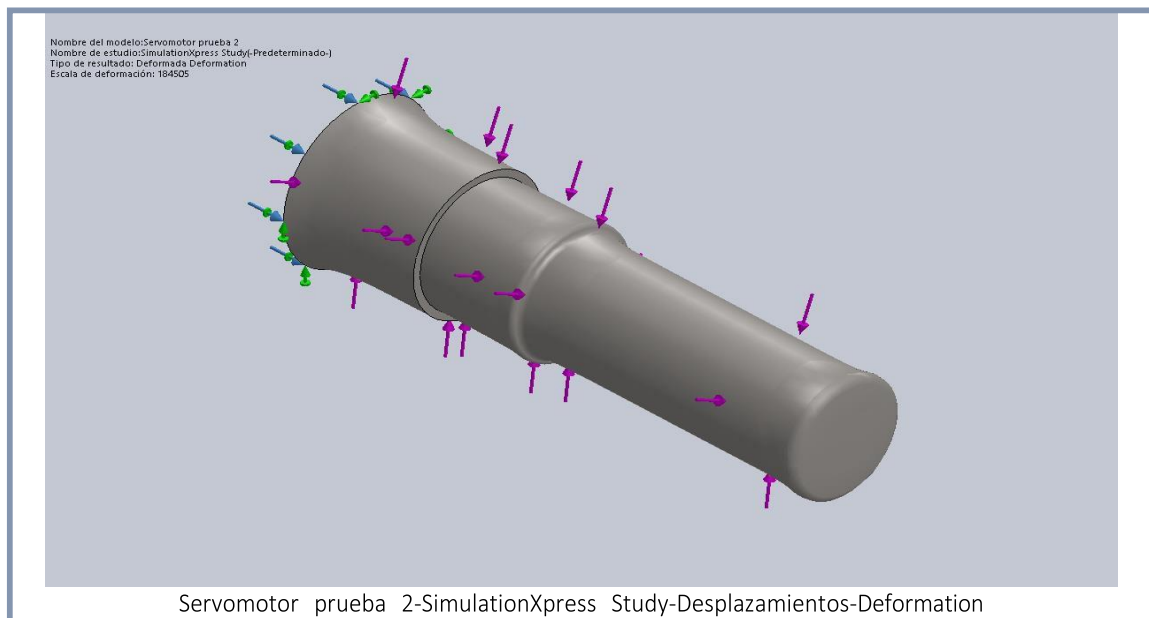
Nombre del modelo: Servomotor prueba 2
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla mixta



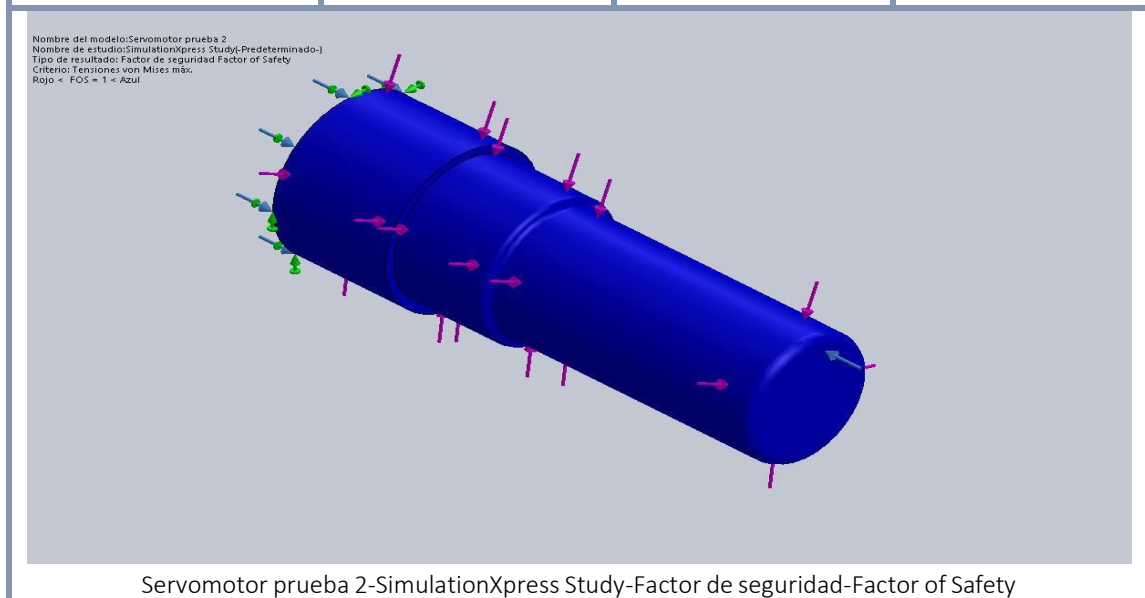
Resultados del estudio



Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

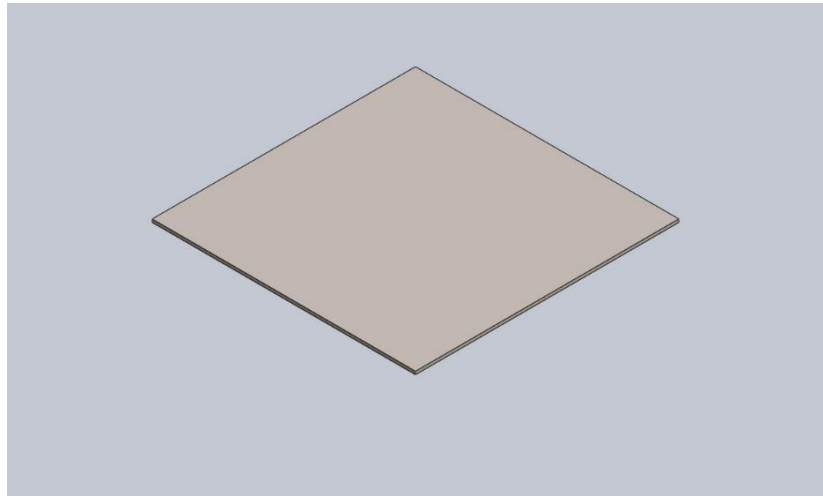


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	0.000e+000 Nodo: 1	0.000e+000 Nodo: 1



Conclusión

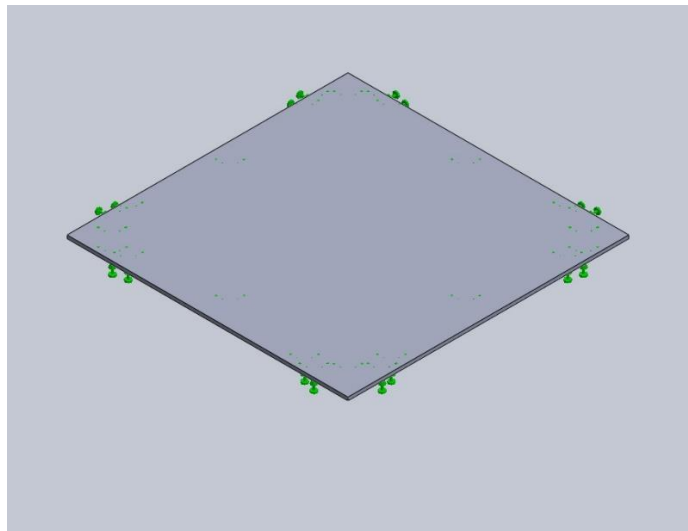
Con respecto al material elegido, el cual es una aleación de acero, se tiene que la deformación es mínima y no tiende a una ruptura.



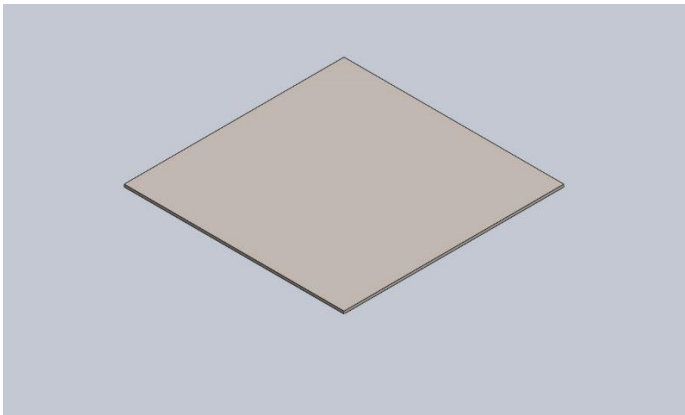
Descripción

Análisis de cargas estáticas para eje de servomotor con placa de apoyo.

Suposiciones



Modelo original



Modelo
analizado

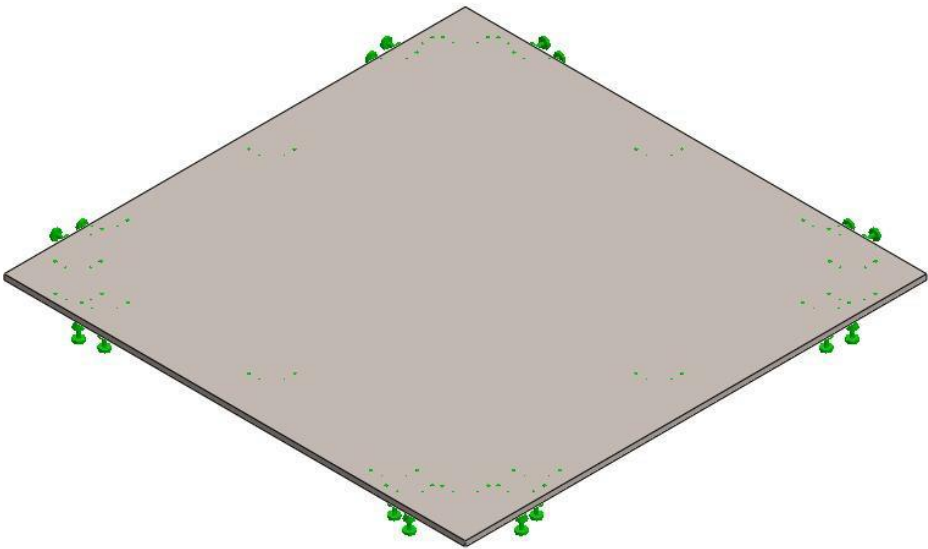
Simulación de Análisis de columna

Fecha: domingo, 9 de febrero de 2020
Diseñador: M. Jazmín Rmz. Ald.
Nombre de estudio: SimulationXpress Study
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

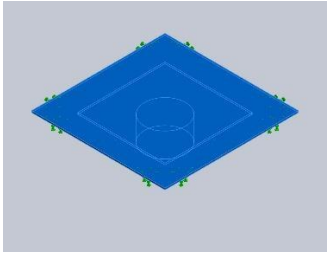
Descripción	163
Suposiciones	163
Información de modelo	164
Propiedades de material	165
Cargas y sujeciones	166
Información de malla	167
Resultados del estudio	169
Conclusión	171

Información de modelo

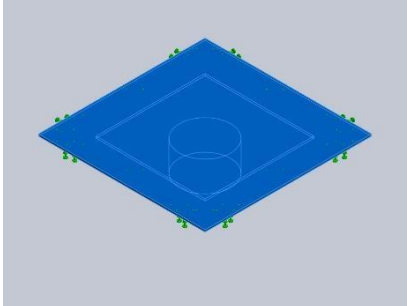


Nombre del modelo: Analisis de columna
Configuración actual: Predeterminado

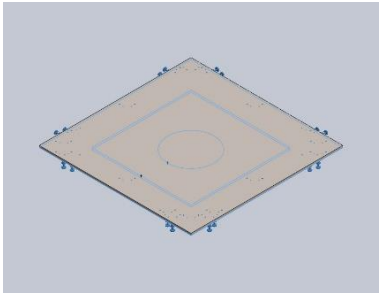
Sólidos

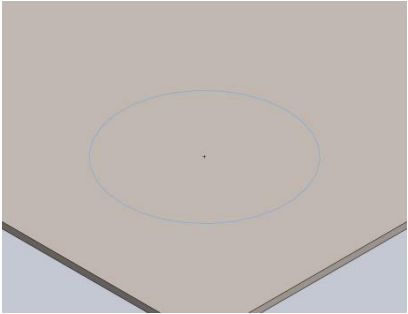
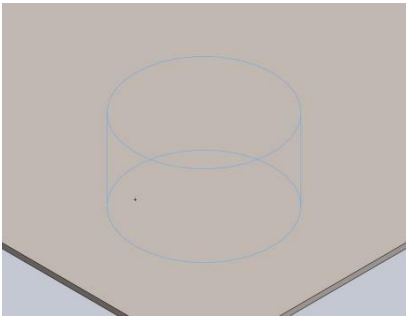
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado14 	Sólido	Masa:0.00404826 kg Volumen:5.25748e-007 m^3 Densidad:7700 kg/m^3 Peso:0.0396729 N	C:\Users\Usuario\Desktop\An alisis de columna.SLDPRT Feb 09 18:29:27 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error: Tensión de von Mises predeterminado: máx. Límite elástico: 6.20422e+008 N/m² Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m²	Sólido 12(Sólido importado14)(Análisis de columna)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 30 Unidades: N/m^2
Presión-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 15 Unidades: N/m^2

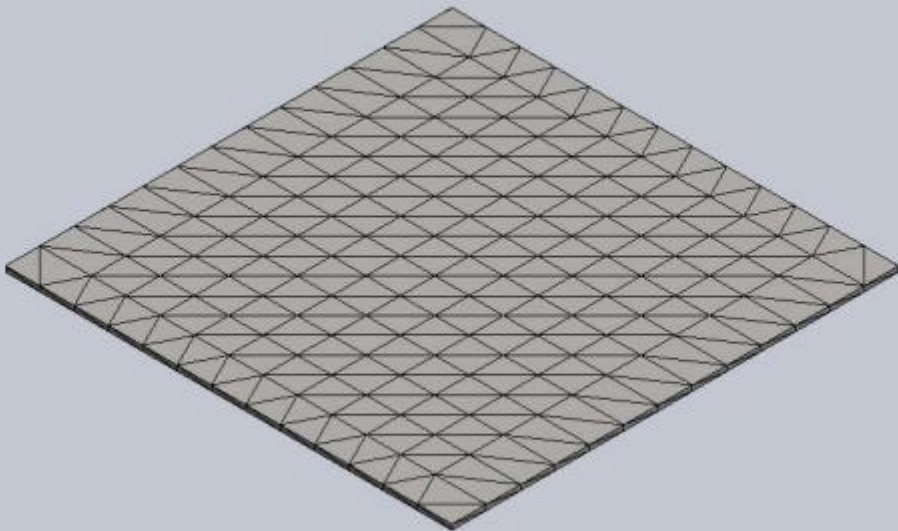
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.07298 mm
Tolerancia	0.103649 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

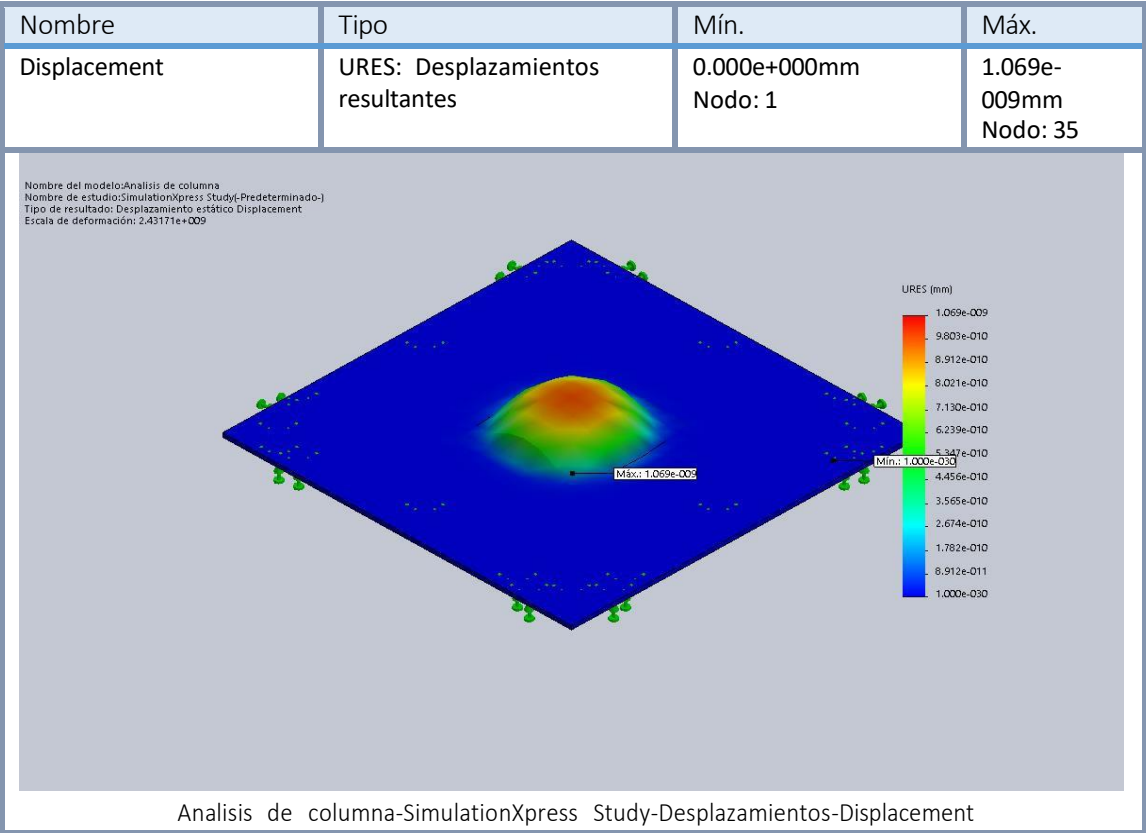
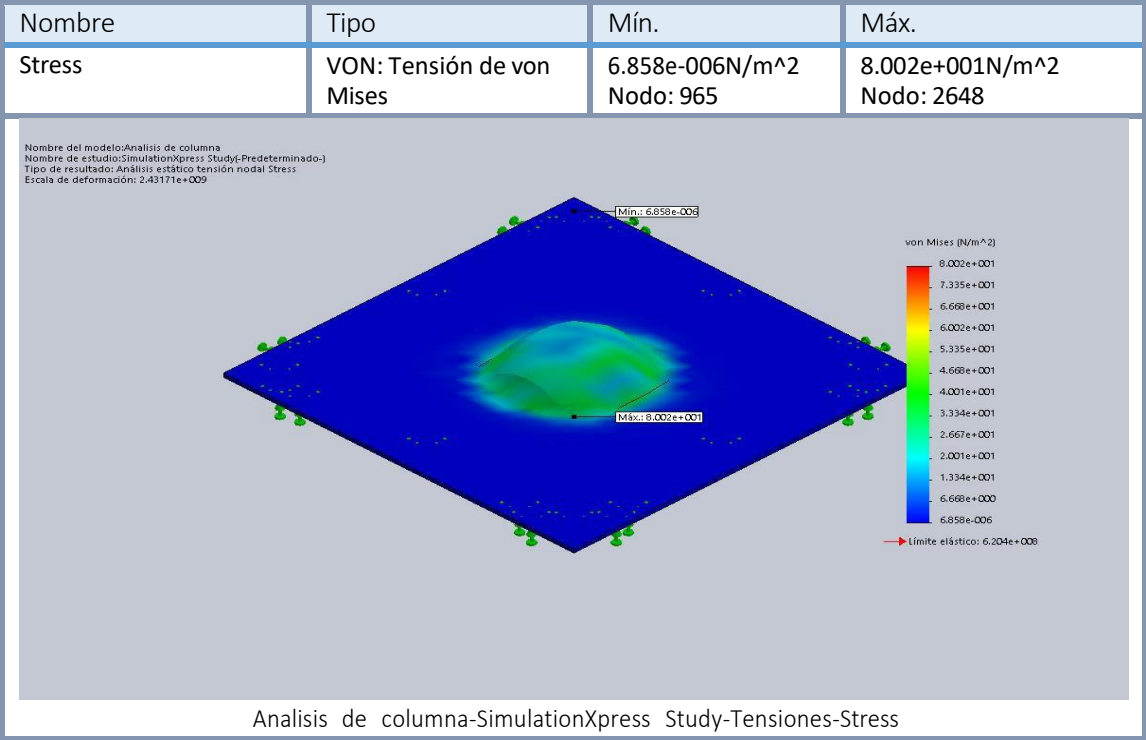
Información de malla - Detalles

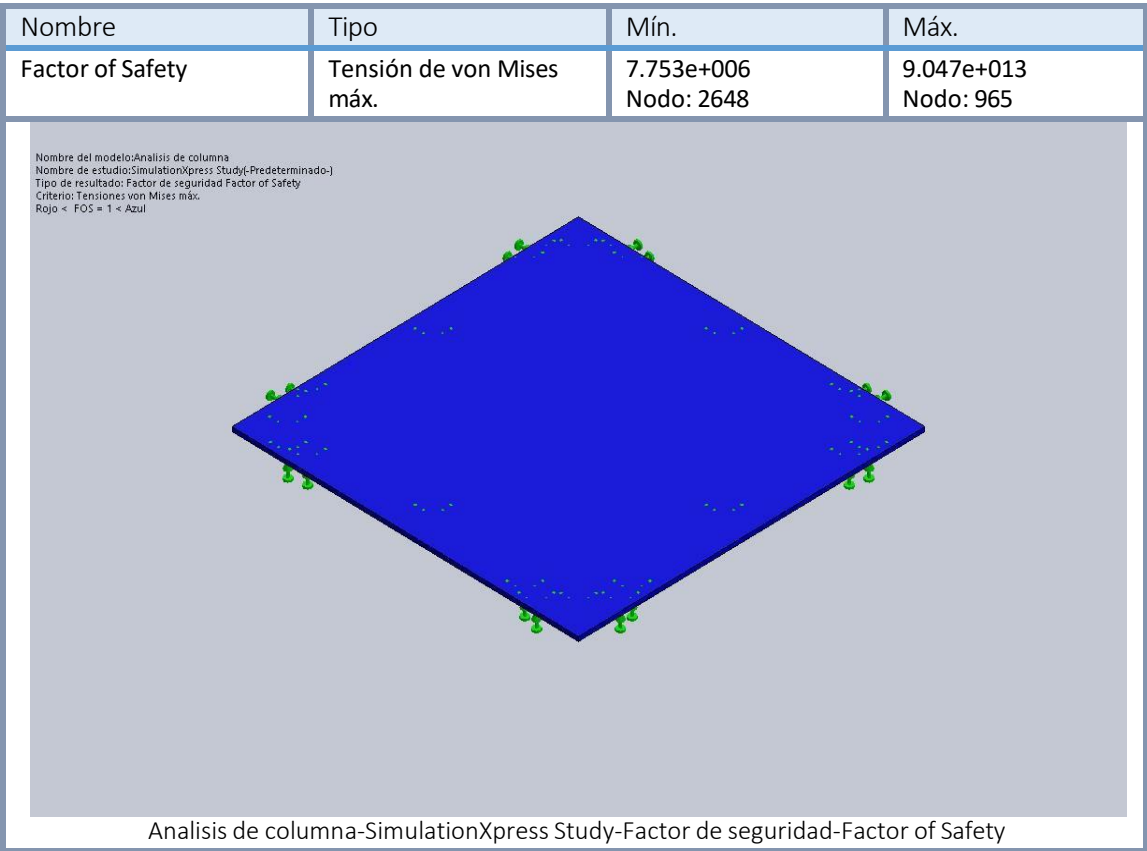
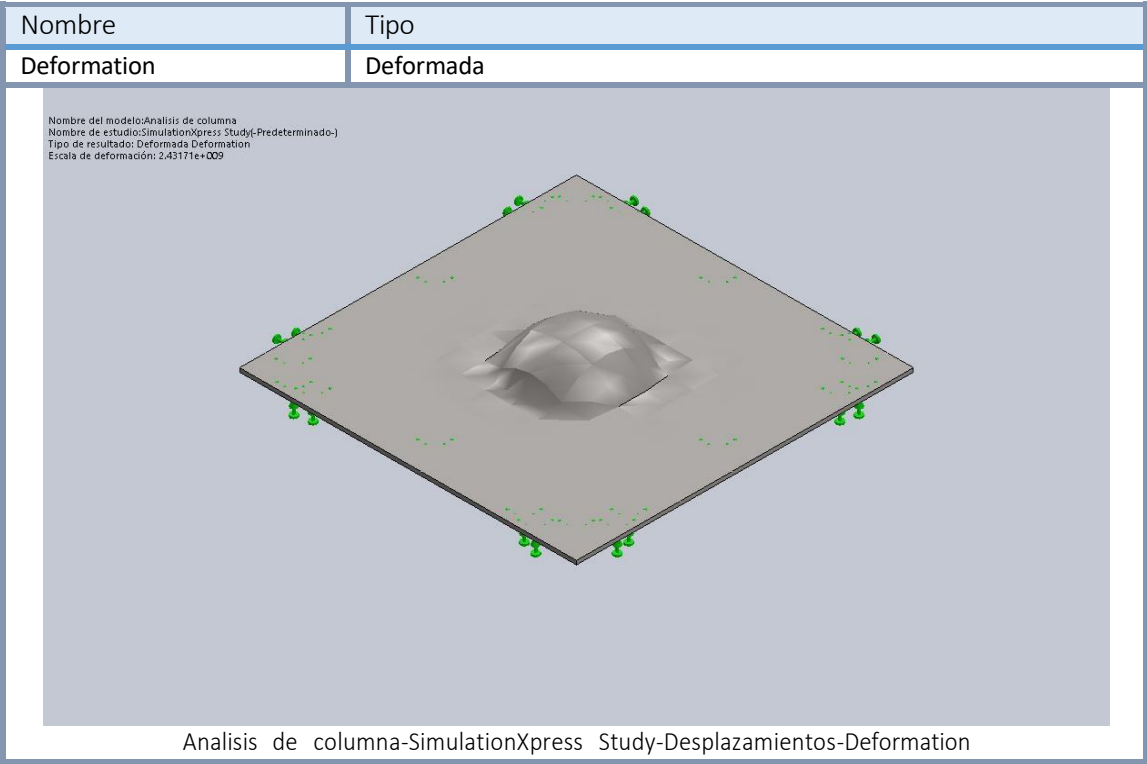
Número total de nodos	2660
Número total de elementos	1312
Cociente máximo de aspecto	20.719
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	20.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	7.01
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	JAZMIN

Nombre del modelo: Analisis de columna
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



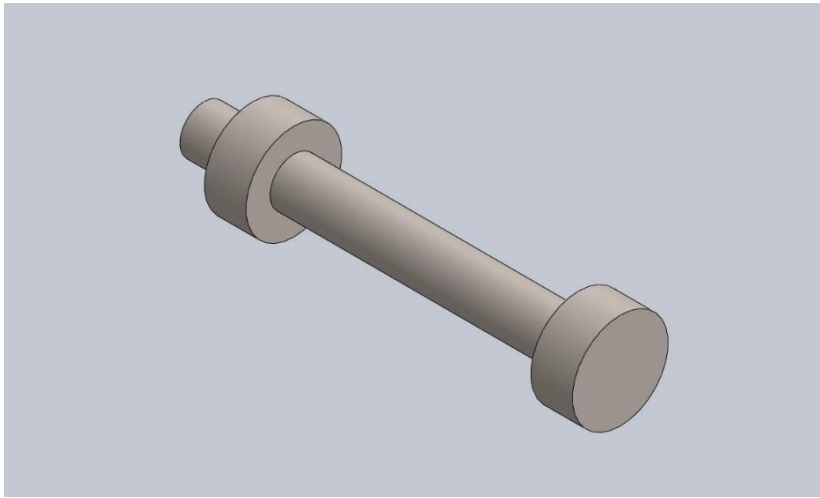
Resultados del estudio





Conclusión

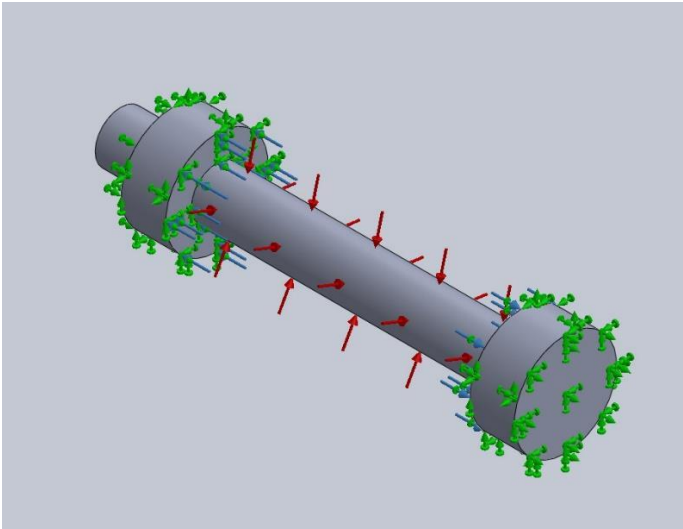
Tomando en cuenta las fuerzas contrarias, se visualiza una deformación interpretada como empuje en la zona del eje. Este es interpretado como una desviación futura del eje, debido a las fuerzas contrarias. Sin embargo, por su tamaño estructural no se encuentra una posible fractura, pero si un desgaste en las zonas finales del eje.



Descripción

El siguiente elemento es uno de los ejes localizados en la parte inferior de los mandos, utilizado como el punto pivote de la comuna.

Suposiciones



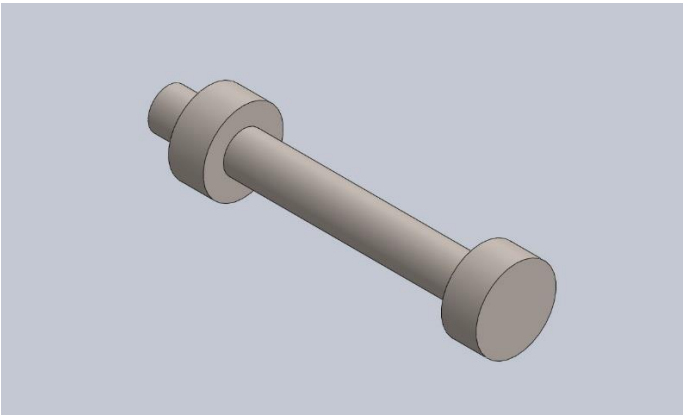
Modelo original

Simulación de Análisis de eje inferior de columna

Fecha: domingo, 9 de febrero de 2020
Diseñador: M. Jazmín Rmz. Ald.
Nombre de estudio: SimulationXpress Study
Tipo de análisis: Análisis estático

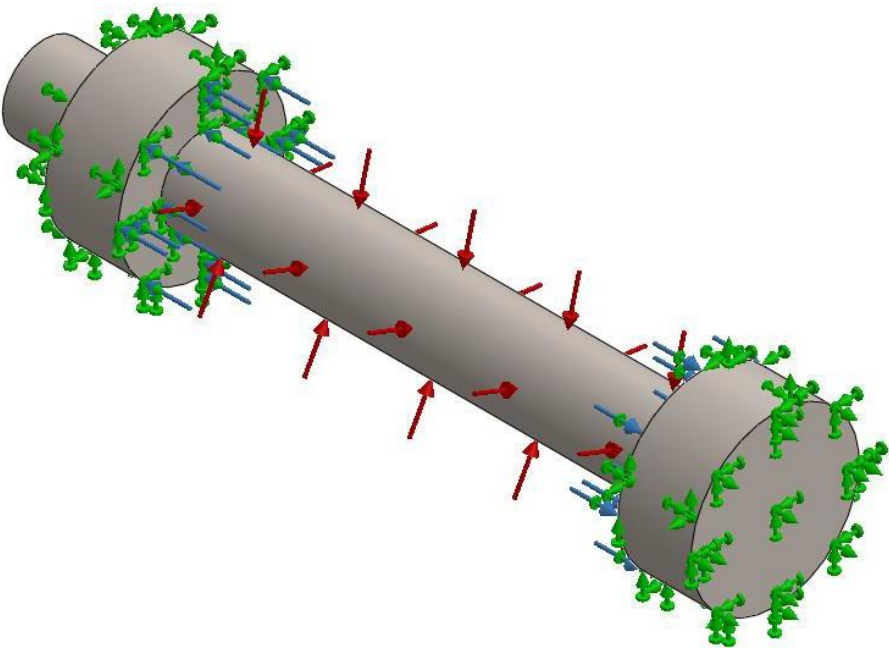
Tabla de contenidos

Descripción	172
Suposiciones	172
Información de modelo	173
Propiedades de material	174
Cargas y sujeciones	175
Información de malla	176
Resultados del estudio	178
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.



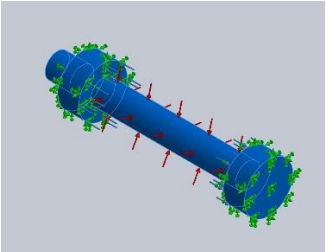
Modelo
analizado

Información de modelo

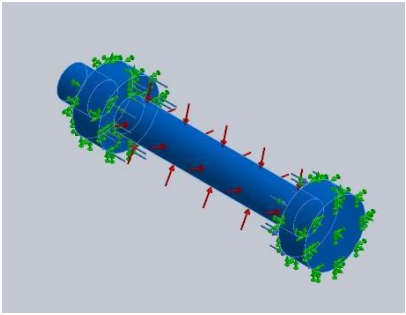


Nombre del modelo: Analisis de columna
Configuración actual: Predeterminado

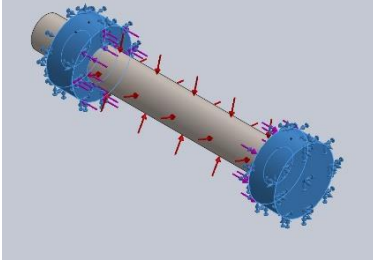
Sólidos

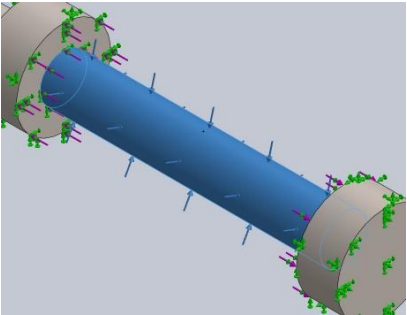
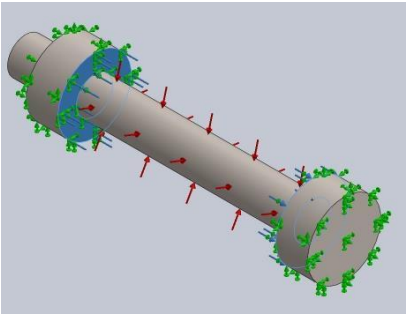
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado10 	Sólido	Masa:0.169652 kg Volumen:2.20327e-005 m^3 Densidad:7700 kg/m^3 Peso:1.66258 N	C:\Users\Usuario\Desktop\An alisis de columna.SLDPRT Feb 09 18:29:27 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 6.20422e+008 N/m^2 Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m^2	Sólido 4(Sólido importado10)(Análisis de columna)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-2		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Geometría fija

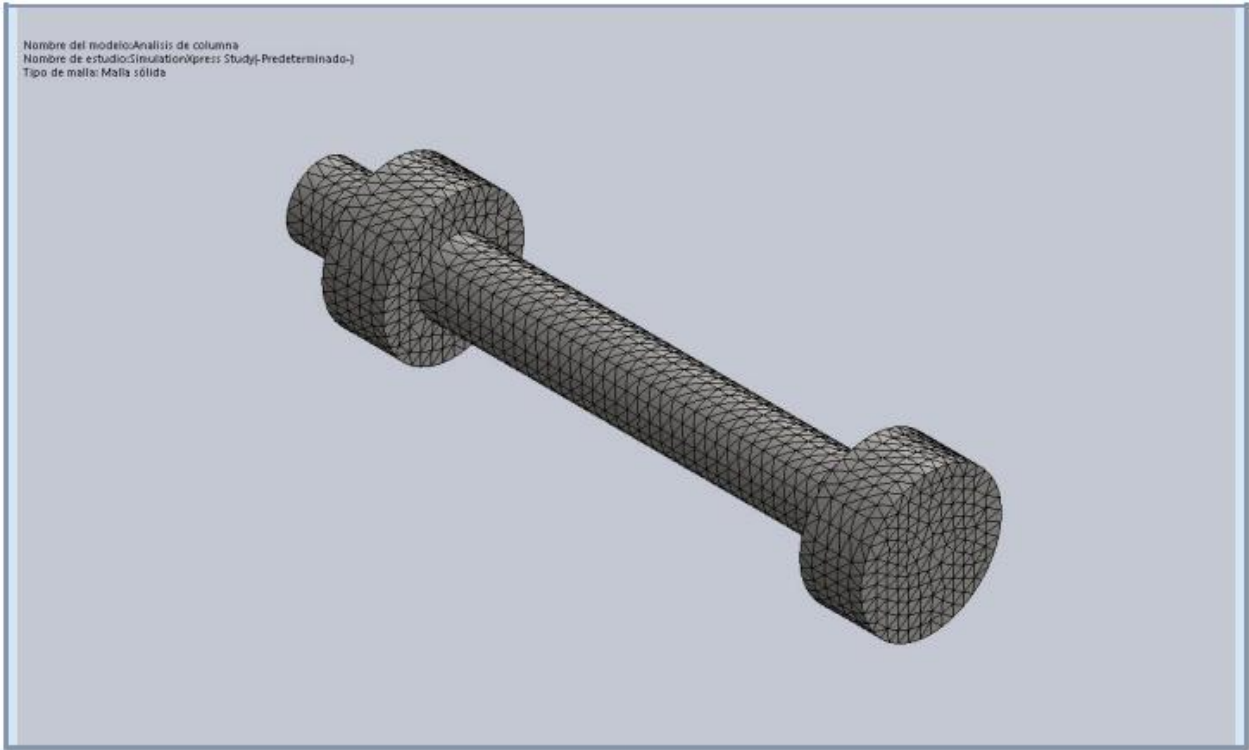
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 1 Unidades: N/m^2
Fuerza-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 150 N

Información de malla

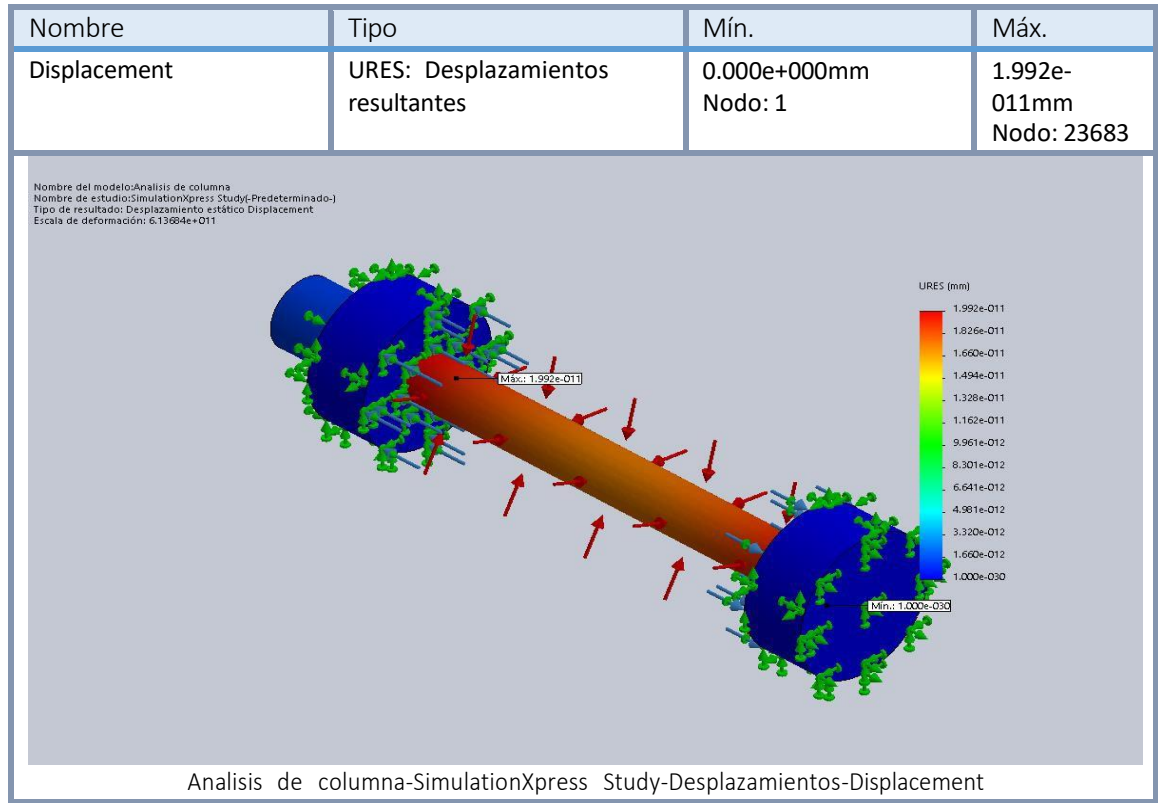
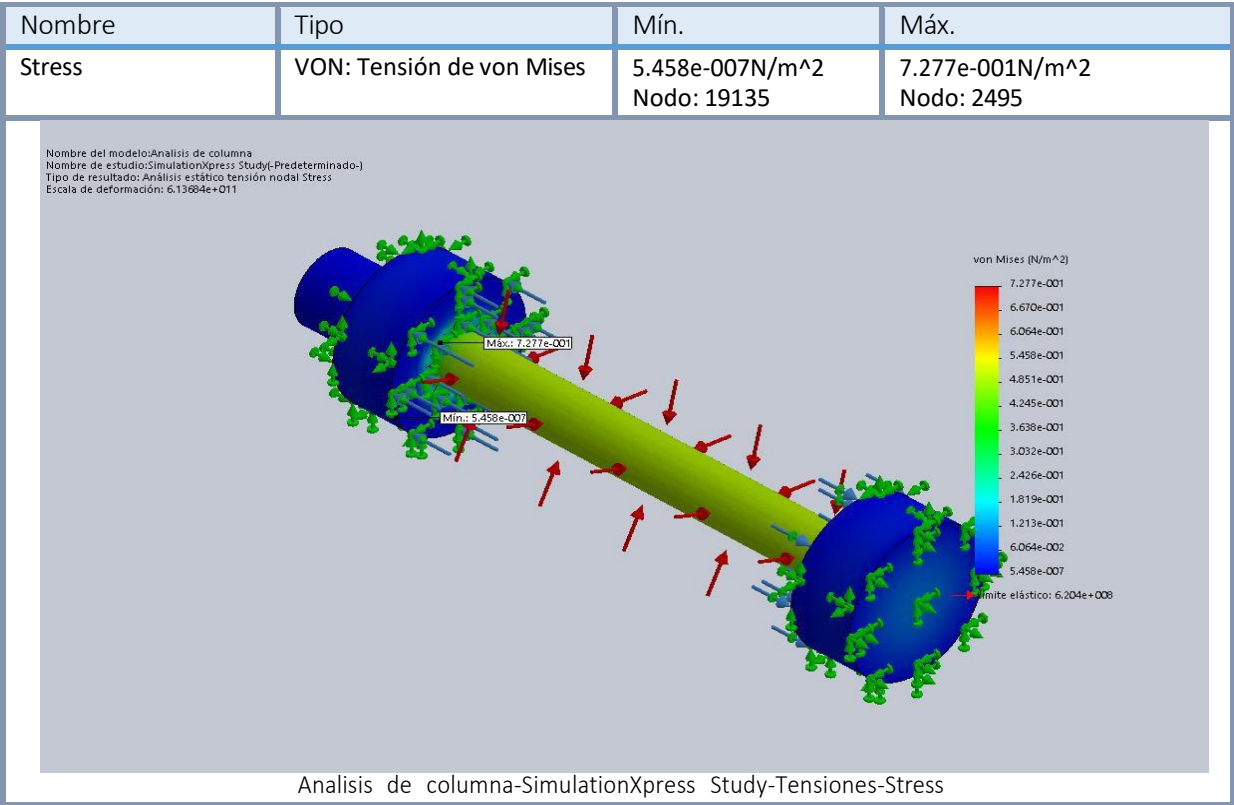
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.07298 mm
Tolerancia	0.103649 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

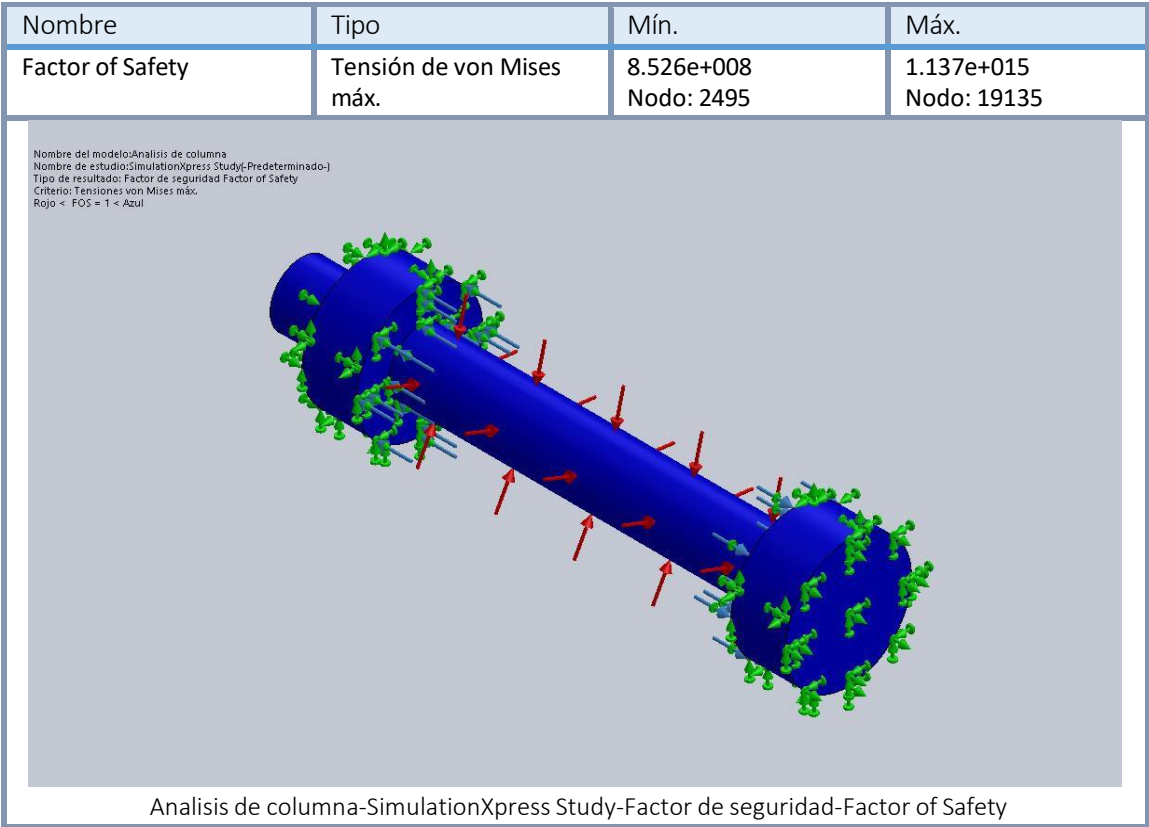
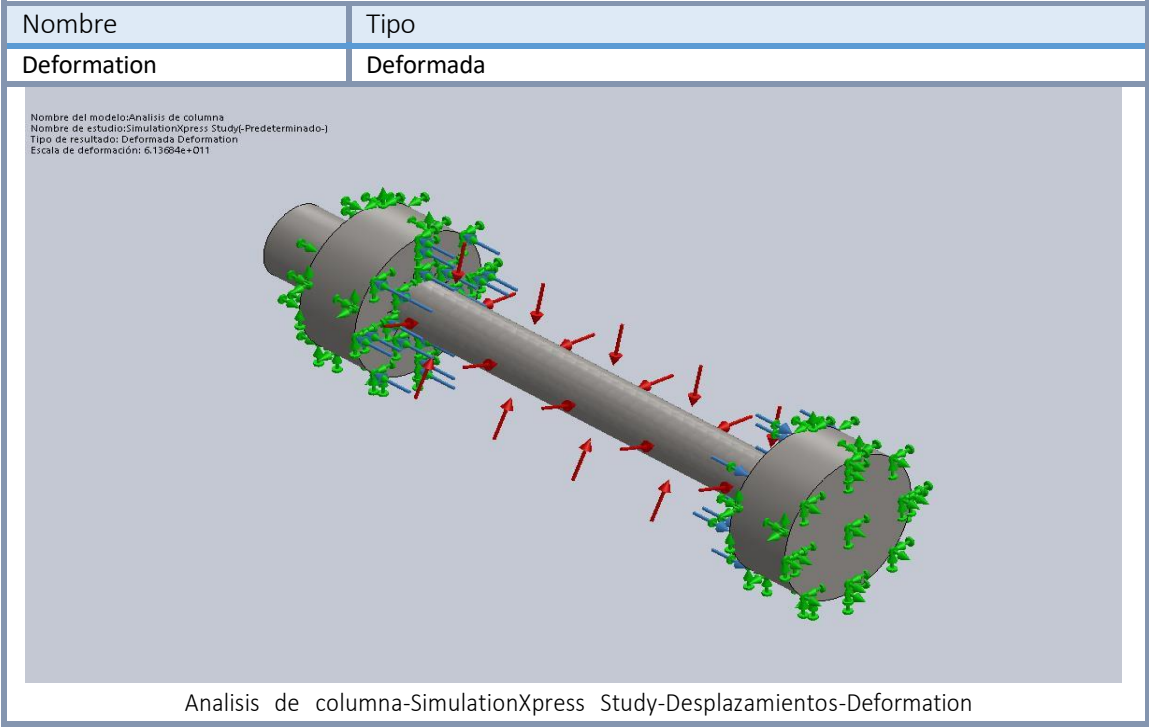
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	24234
Número total de elementos	15755
Cociente máximo de aspecto	3.4249
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	JAZMIN



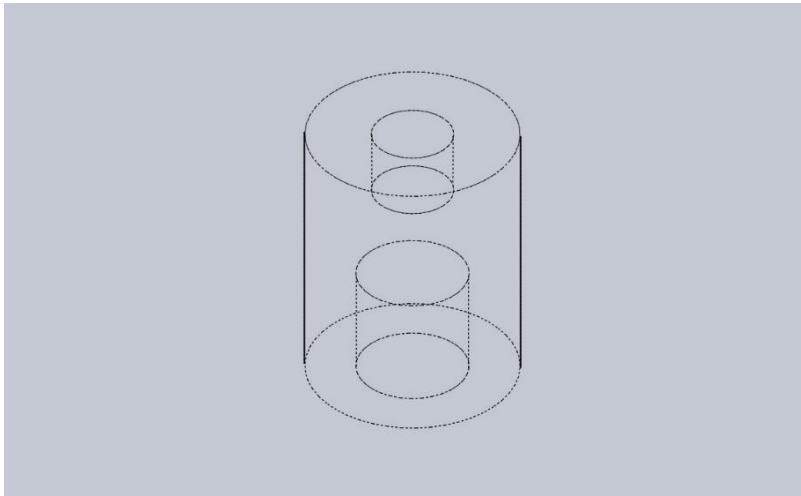
Resultados del estudio





Conclusión

El eje usado en la parte inferior para el movimiento angular del mando cuenta con las características necesarias para el soporte de la columna, este está limitado por dos seguros laterales. Suponiendo una carga excesiva la fragmentación esperada será en el punto medio de la barra, ya que esta no cuenta con un soporte.



Descripción

A continuación, se hace muestra de los resultados arrojados por SolidWorks, tomando en cuenta el análisis estático del copple que une los ejes del servomotor y el cuerno del Yoke. Además de ser un análisis similar al del copple que une los ejes inferiores de los mandos.

Simulación de Copple servo-yoke.

Fecha: domingo, 9 de febrero de 2020

Diseñador: M. Jazmín Rmz. Ald.

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción 181

Suposiciones

Información de modelo 182

Propiedades del material 183

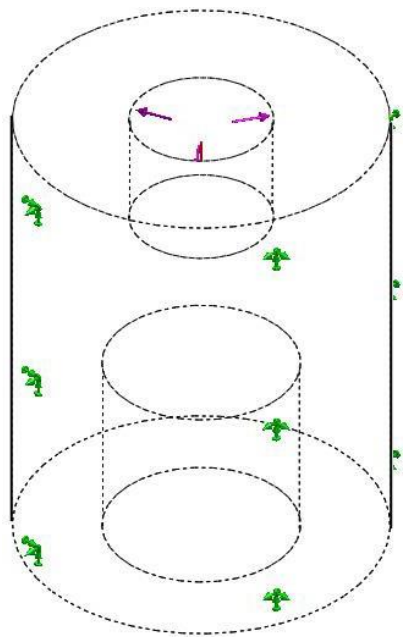
Cargas y sujeciones 184

Información de malla 185

Resultados del estudio

187 Conclusión 189

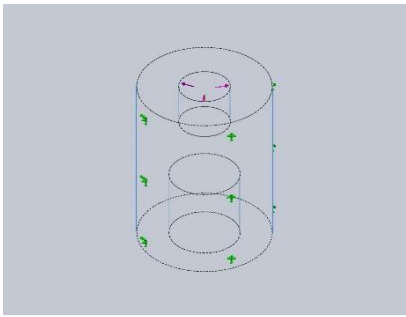
Información de modelo



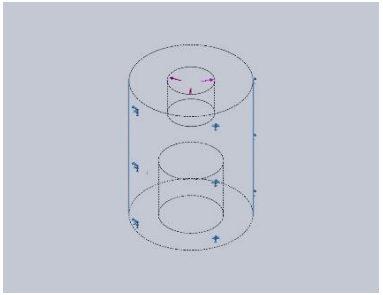
Nombre del modelo: Pieza1
Configuración actual: Predeterminado

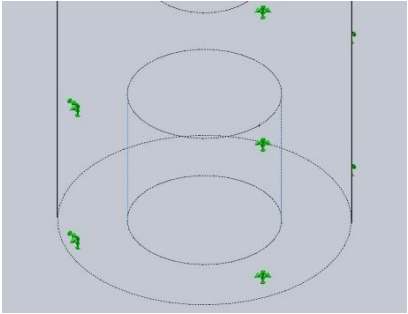
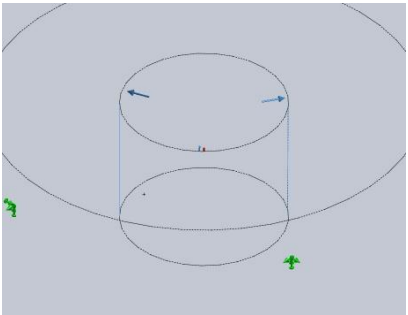
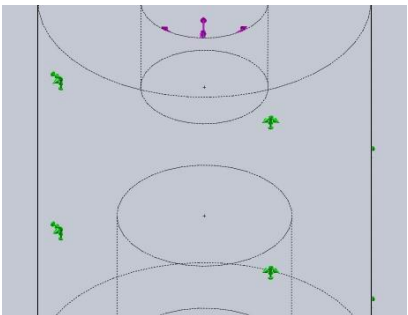
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1	Sólido	Masa:0.0465981 kg Volumen:6.0517e-006 m^3 Densidad:7700 kg/m^3 Peso:0.456661 N	

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 6.20422e+008 N/m^2 Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m^2	Sólido 1(Sólido importado1)(Pieza1)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

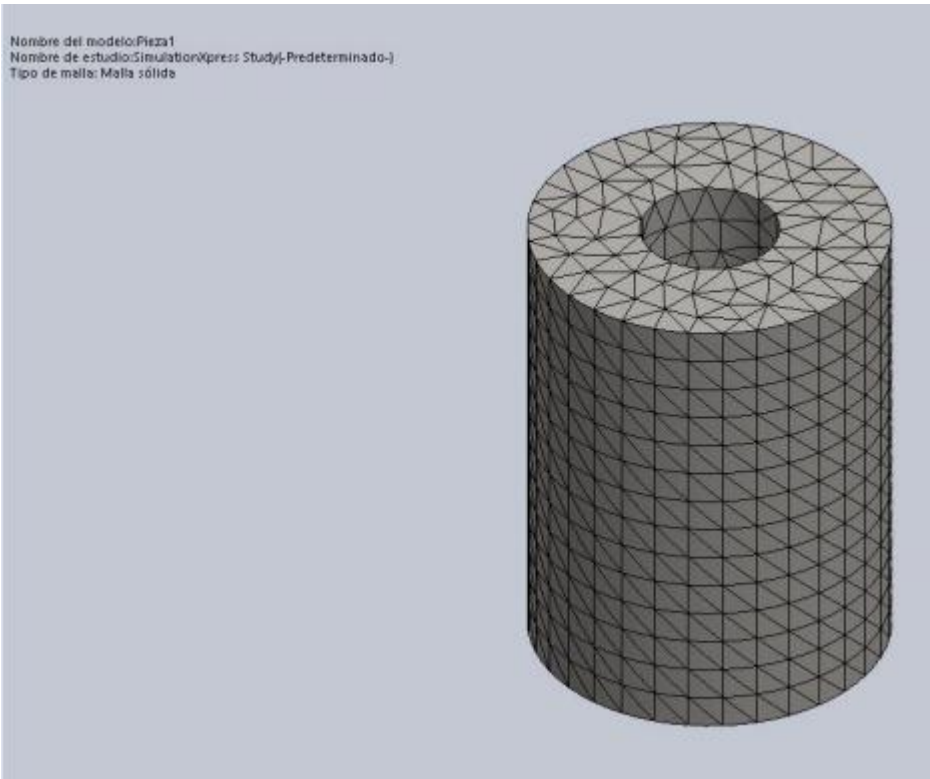
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 30 N
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 40 N
Presión-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 25 Unidades: N/m^2

Información de malla

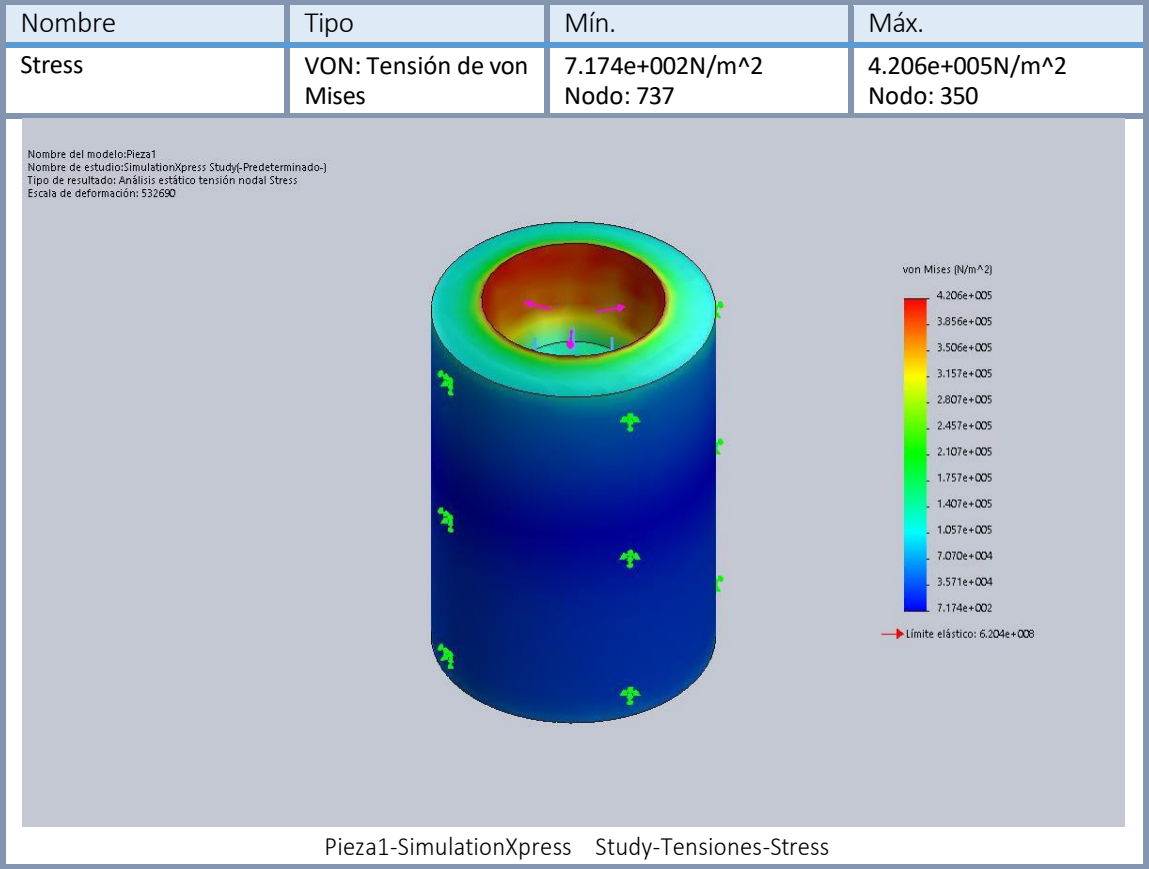
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1.82305 mm
Tolerancia	0.0911527 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

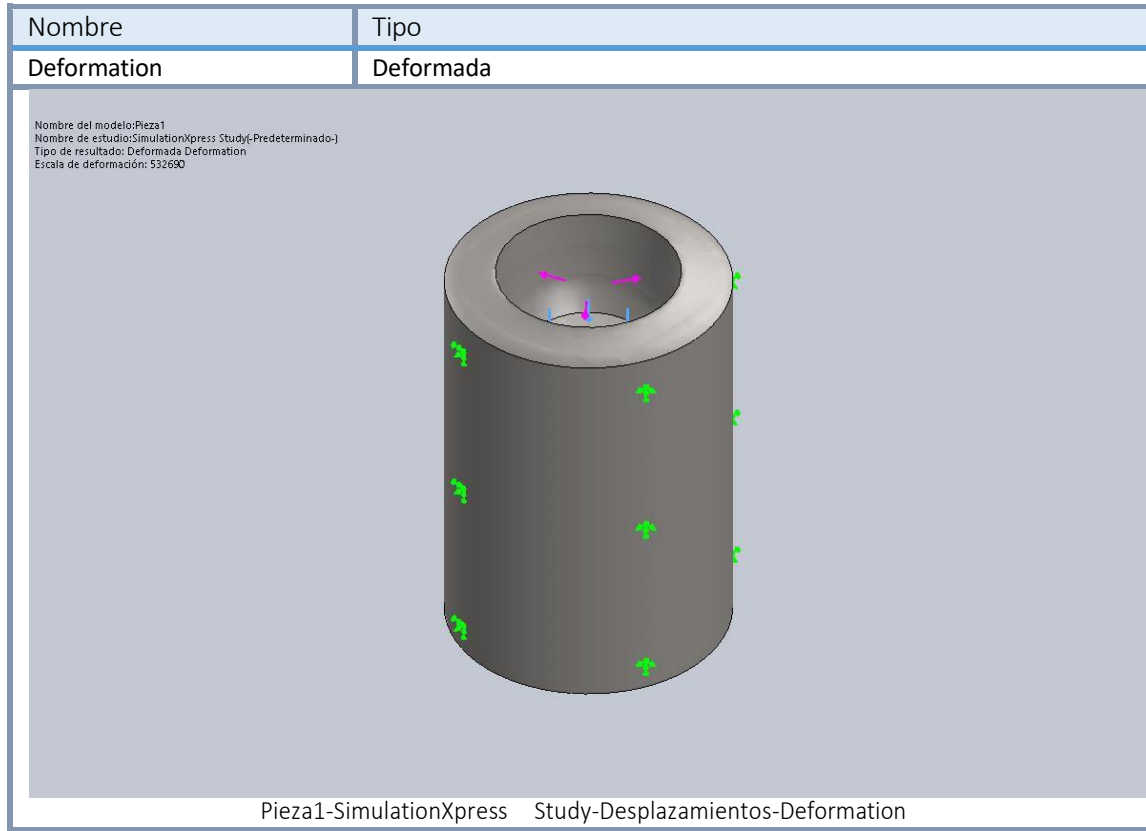
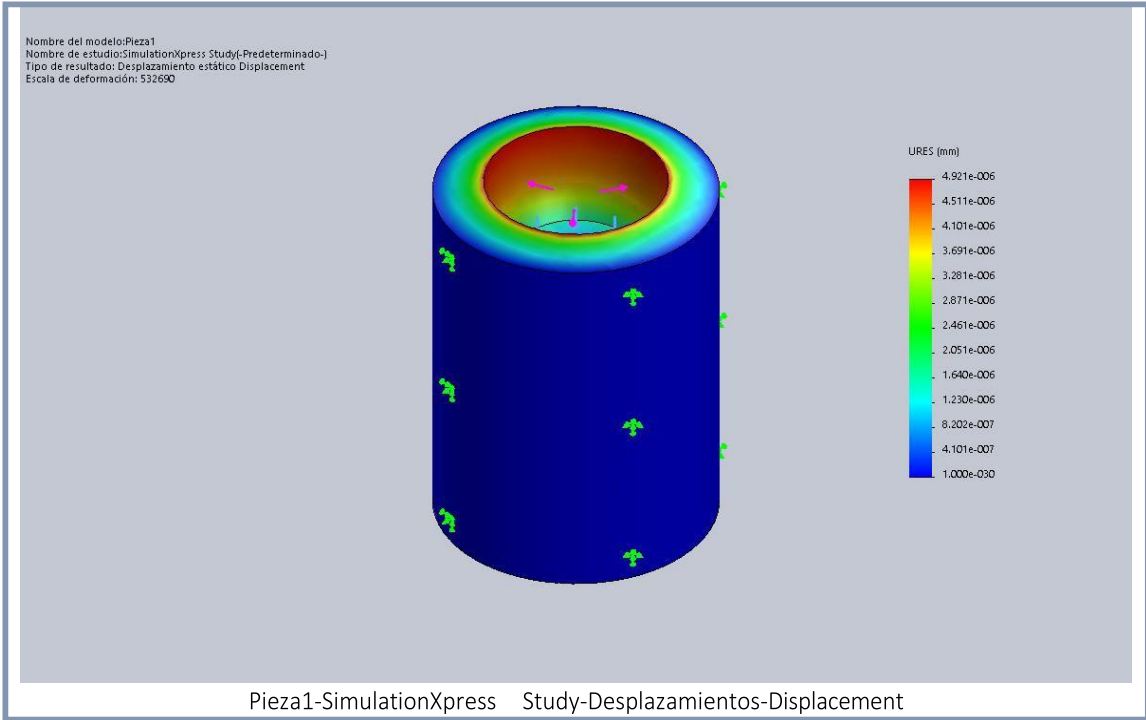
Número total de nodos	11516
Número total de elementos	7446
Cociente máximo de aspecto	3.3529
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01
Nombre de computadora:	JAZMIN



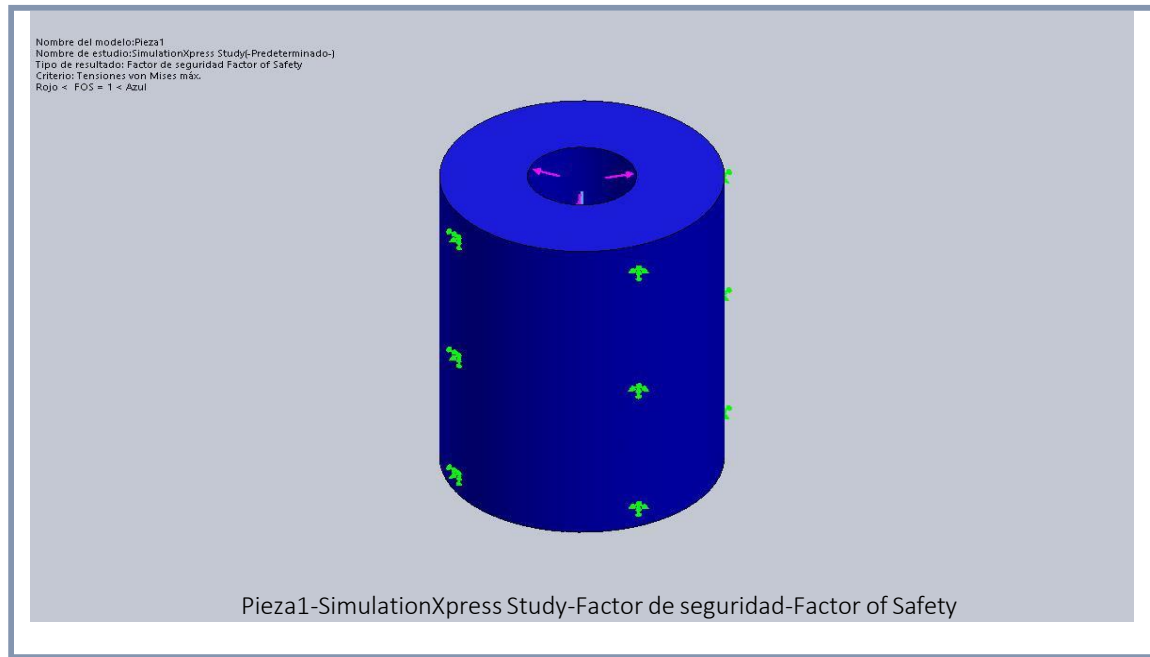
Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 1	4.921e-006mm Nodo: 7617

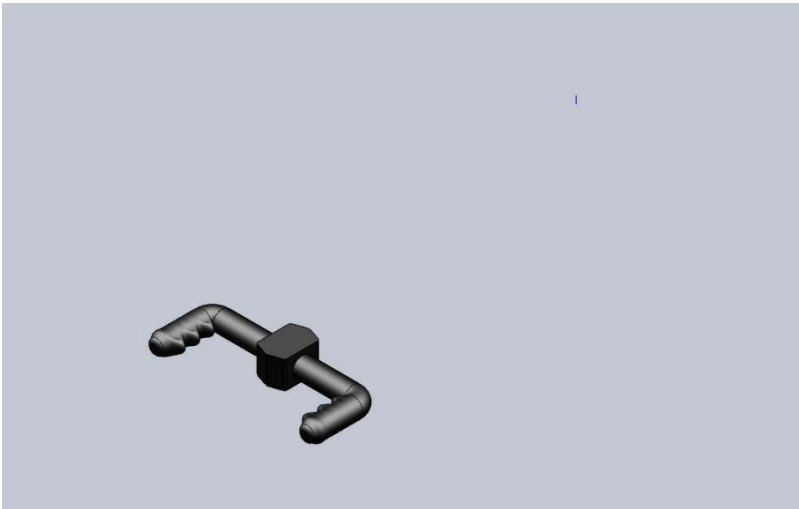


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	1.475e+003 Nodo: 350	8.648e+005 Nodo: 737



Conclusión

Las principales deformaciones mostradas en el análisis estático aplicado al cople se encuentran en las zonas periféricas e interiores, siendo las interiores donde se espera un mayor impacto por parte del movimiento de los ejes.



Simulación de cuerno Yoke

Fecha: viernes, 14 de febrero de 2020
Diseñador: M. Jazmín Rmz. Ald.
Nombre de estudio: SimulationXpress Study
Tipo de análisis: Análisis estático

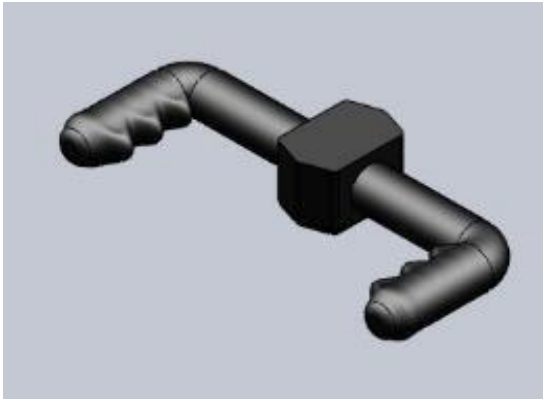
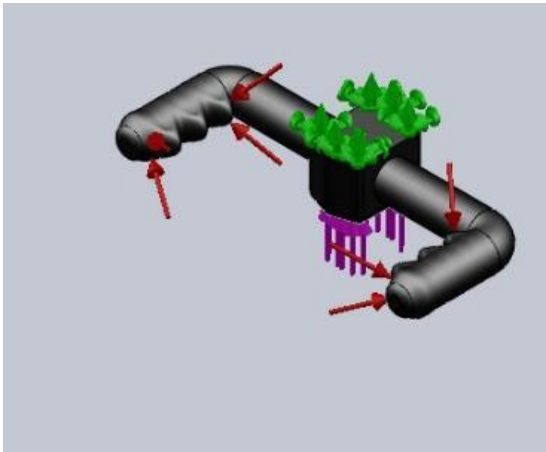
Tabla de contenidos

Descripción	190
Suposiciones	190
Información de modelo	191
Propiedades de material	191
Cargas y sujeciones	192
Información de malla	193
Resultados del estudio	194
Conclusión	

Descripción

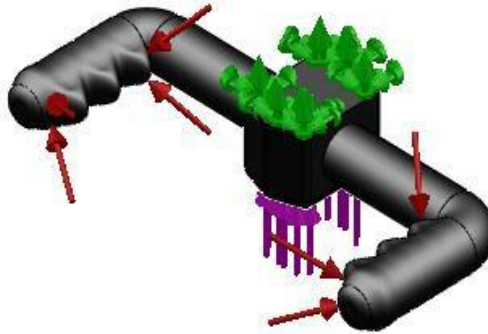
A continuación se hace muestra de los resultados arrojados por SolidWorks, tomando en cuenta el análisis estático del cuerno que compone el Yoke.

Suposiciones



Modelo analizado Modelo original

Información de modelo

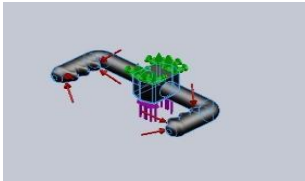


Nombre del modelo: columna2
Configuración actual: Predeterminado

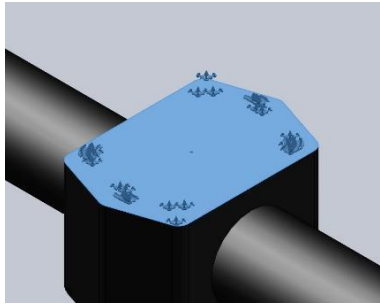
Sólidos

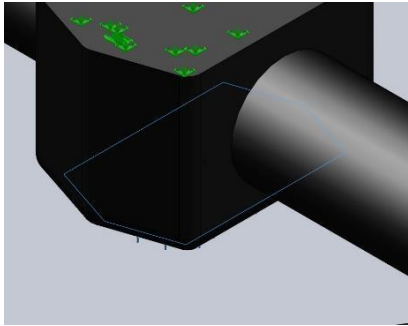
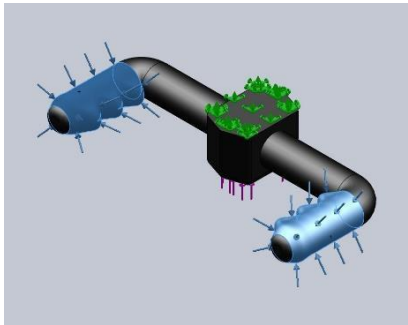
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido importado1 	Sólido	Masa:2.5012 kg Volumen:0.000893334 m³ Densidad:2799.85 kg/m³ Peso:24.5117 N	C:\Users\Usuario\Desktop\Ma ria Jazmin Ramirez Alducin\Mandos CAD\SolidWorks\columna2.SL DPRT Feb 07 01:22:07 2020

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Aleación 2014 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 9.65098e+007 N/m² Límite de tracción: 1.65445e+008 N/m²	Sólido 13(Sólido importado1)(columna2)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 294686 N
Presión-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 100 Unidades: N/m ²

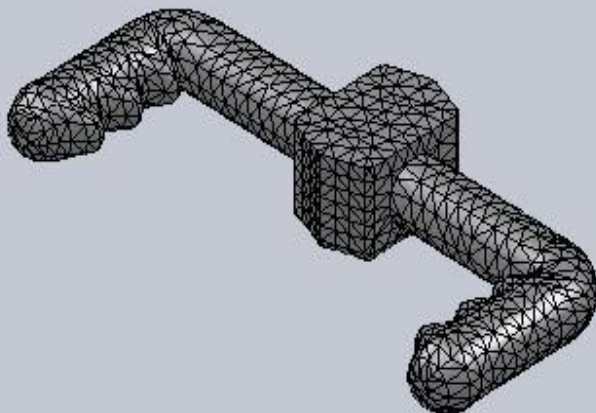
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	9.63182 mm
Tolerancia	0.481591 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

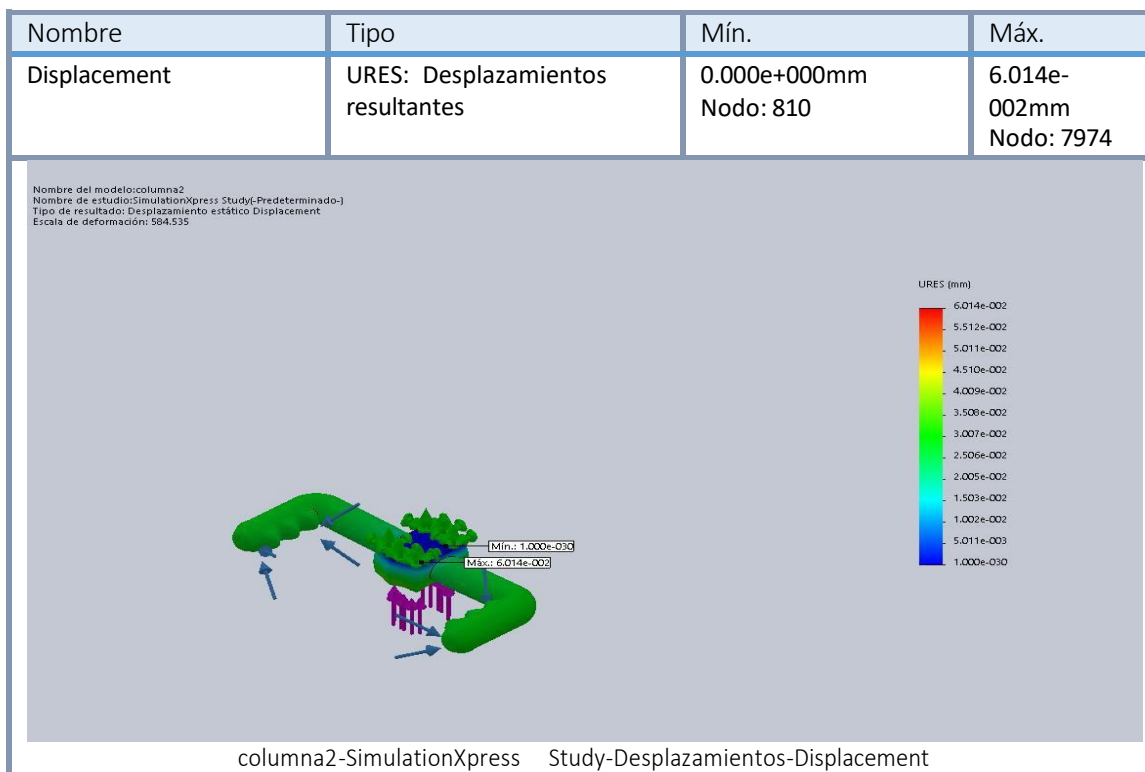
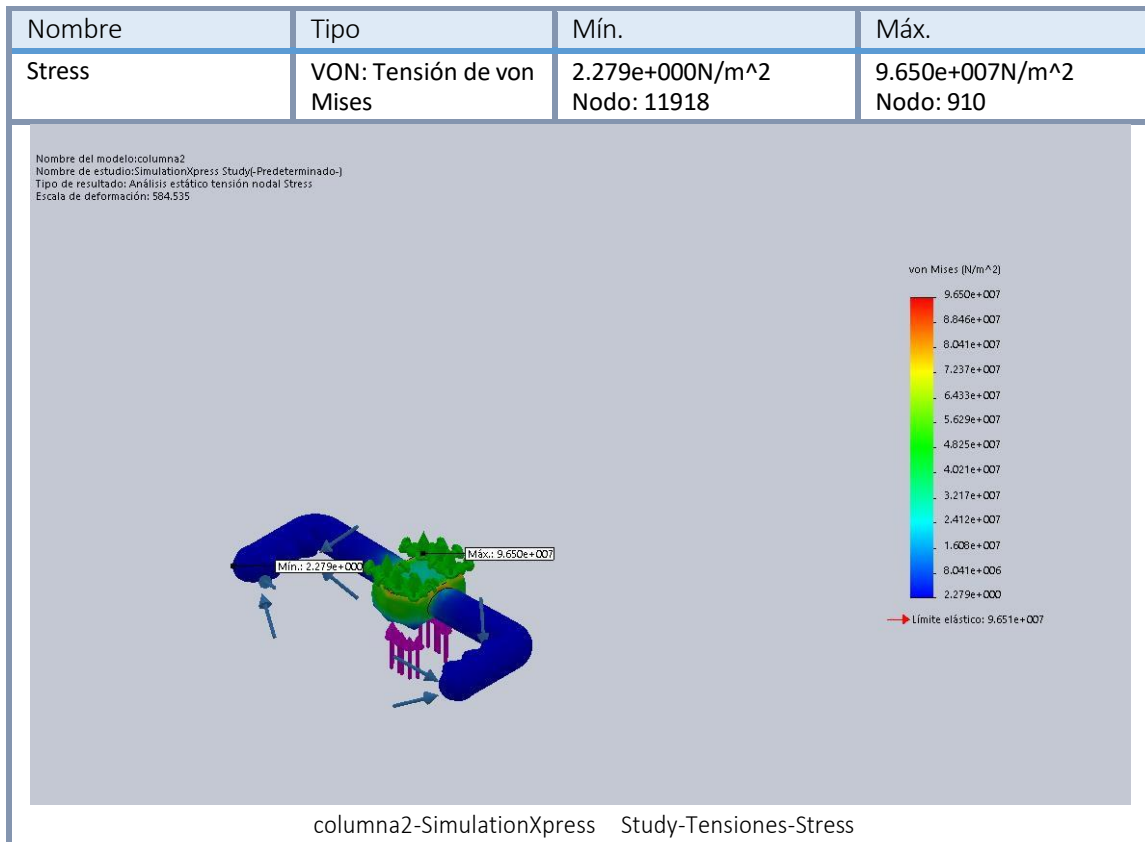
Información de malla - Detalles

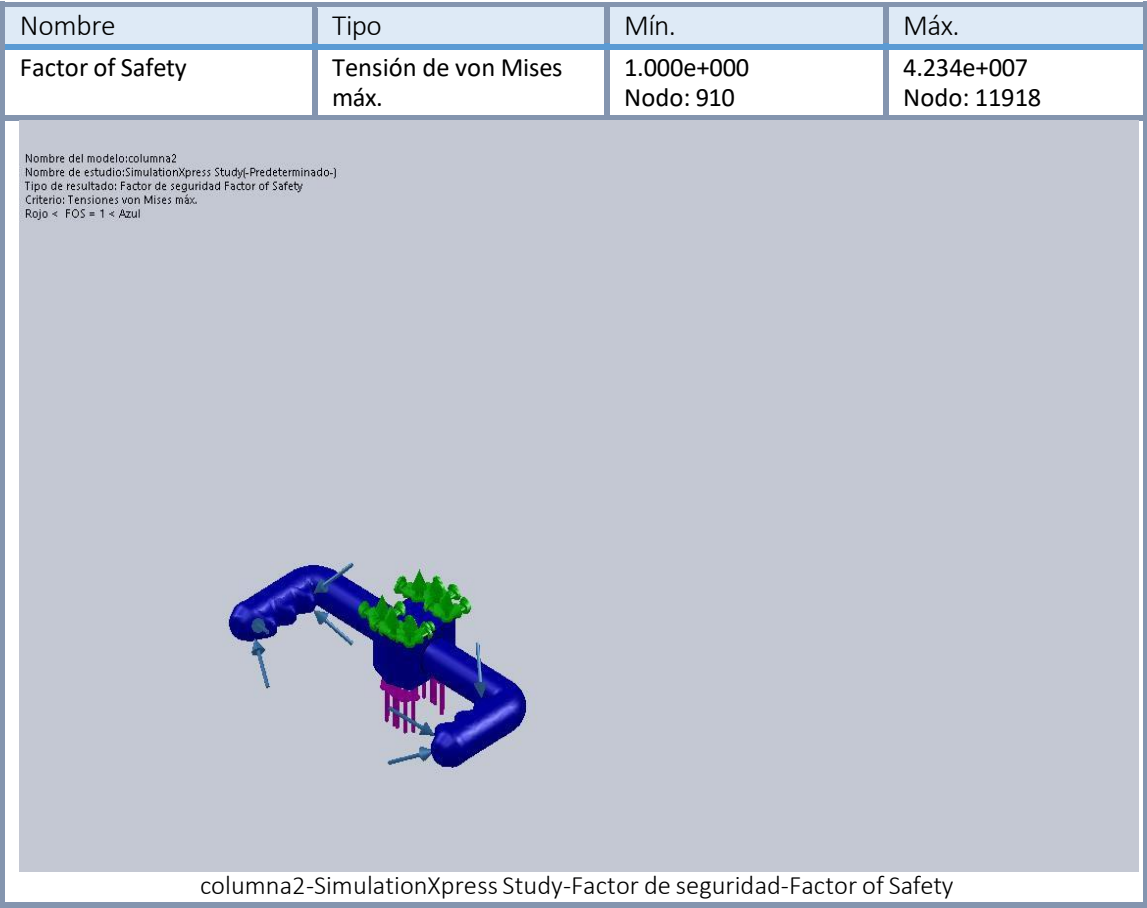
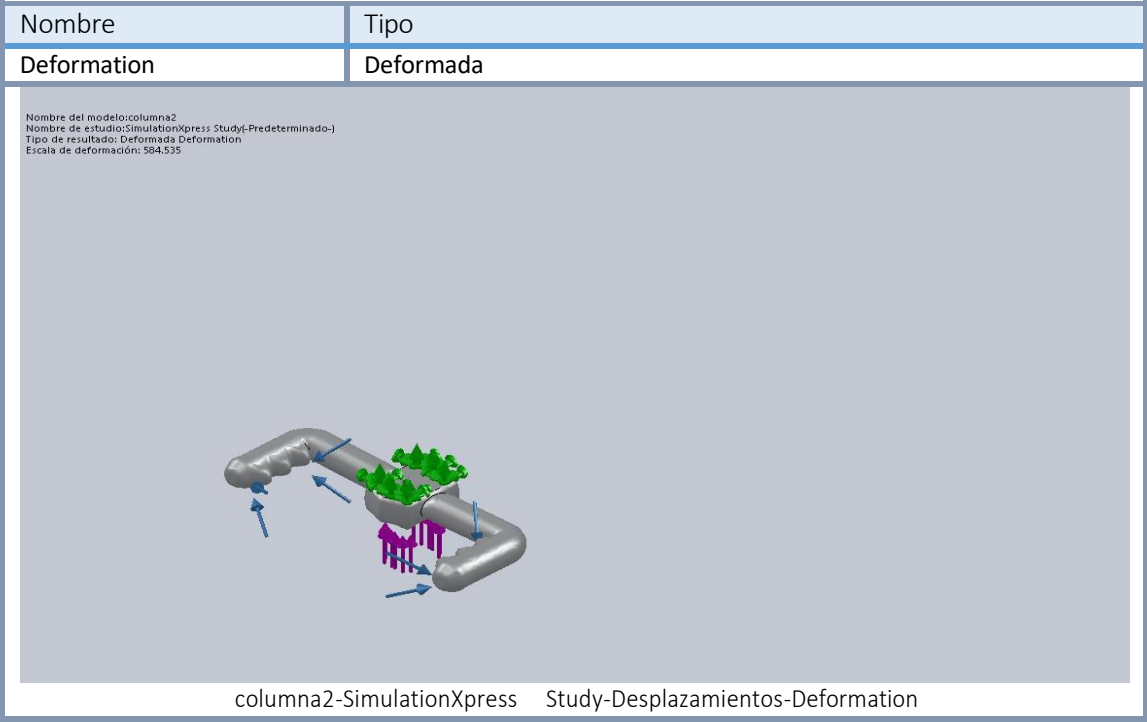
Número total de nodos	13035
Número total de elementos	8113
Cociente máximo de aspecto	13.004
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0123
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	JAZMIN

Nombre del modelo: columna2
Nombre de estudio: SimulationXpress Study(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Resultados del estudio





CAPITULO IV. IMPLEMENTACION DE PROTOTIPO.

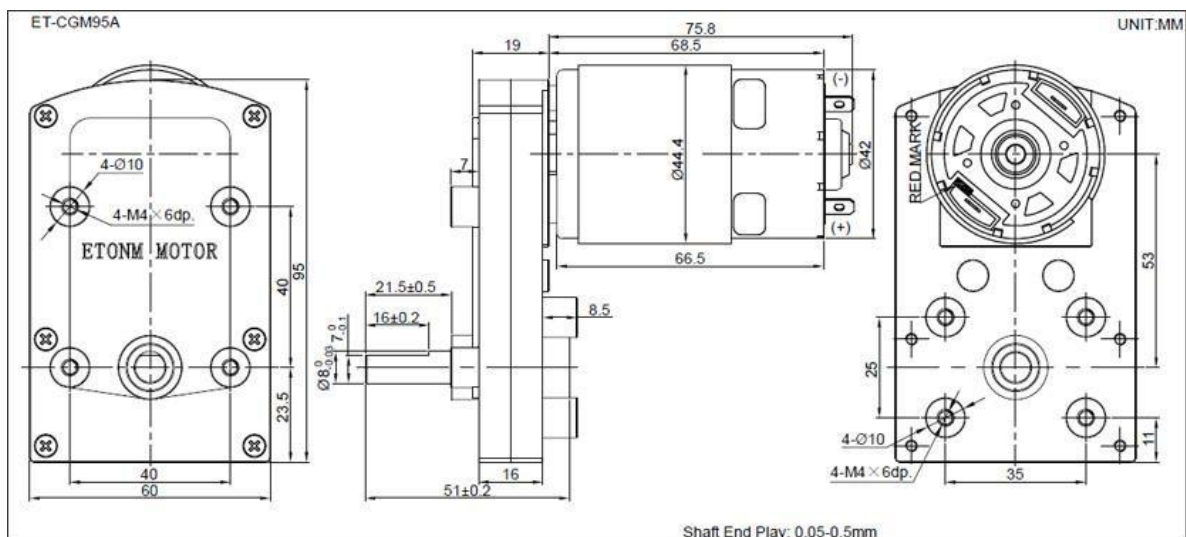
Los servomotores para la implementación son seleccionados con respecto a su torque y velocidad de giro, siendo 7 las opciones y 2 los elegidos para su colocación. En su selección se toma en cuenta el peso del Yoke y de la columna completa, el torque final que entrega el servomotor (con y sin cargas en el eje), la velocidad de respuesta, la velocidad del torque con respecto a las r.p.m., entre otros.

Los servomotores seleccionados son del fabricante *ETOM MOTOR DC&Gear Motor Solution*.

ET-CGM95A

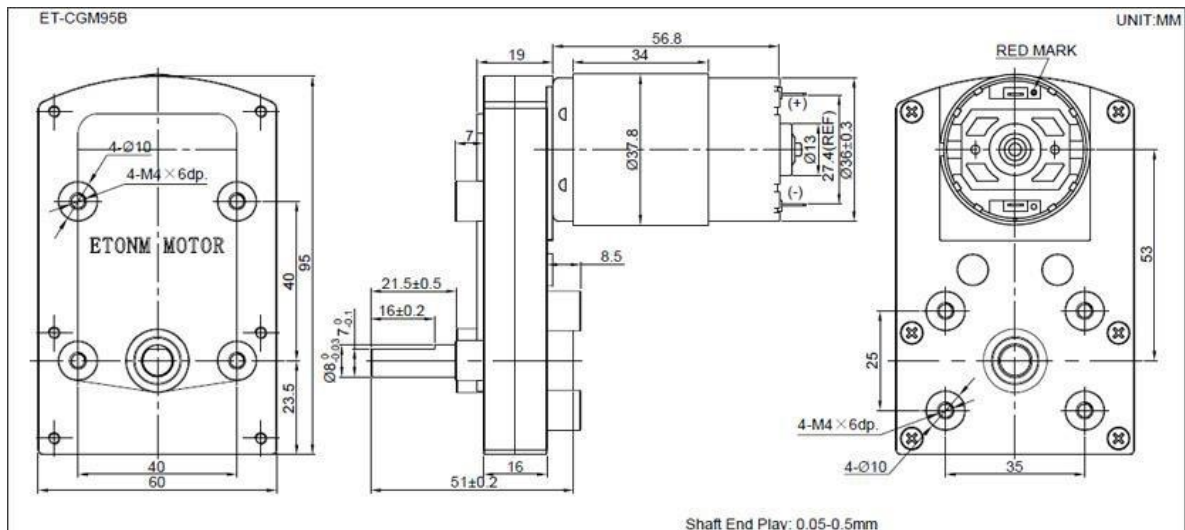
Tabla 11 Descripción de servomotor ET-CGM95A.

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	1-170rpm	120kg.cm	Válvula eléctrica y robótica, electrodomésticos, sistemas de banca y venta, Aumento de oficinas; Abre puertas automático.



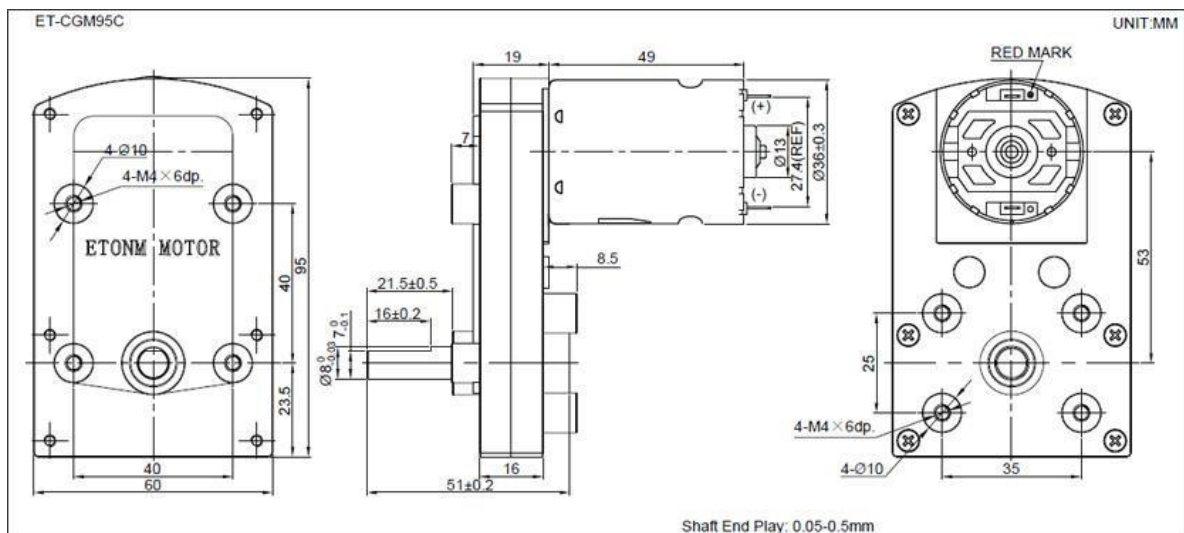
ET-CGM95B

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	1-170rpm	120kg.cm	Sistema bancario y vending, cajero automático, válvula eléctrica y robótica, electrodomésticos, equipos.



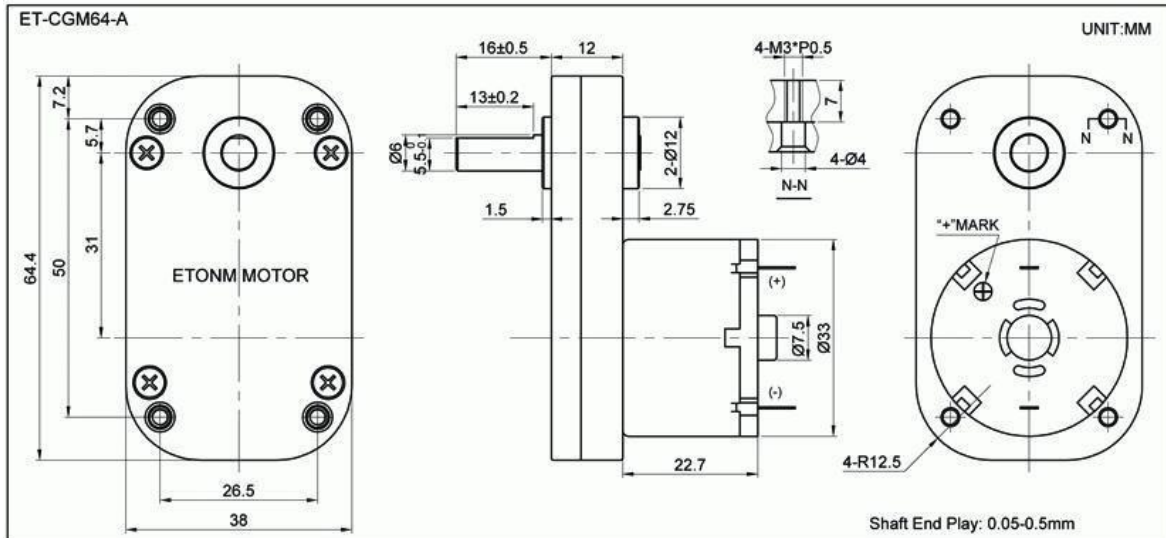
ET-CG95C

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	1-170rpm	80kg.cm	Robótica, máquinas expendedoras, cajero automático, válvula eléctrica, electrodomésticos, equipos, persianas eléctricas.



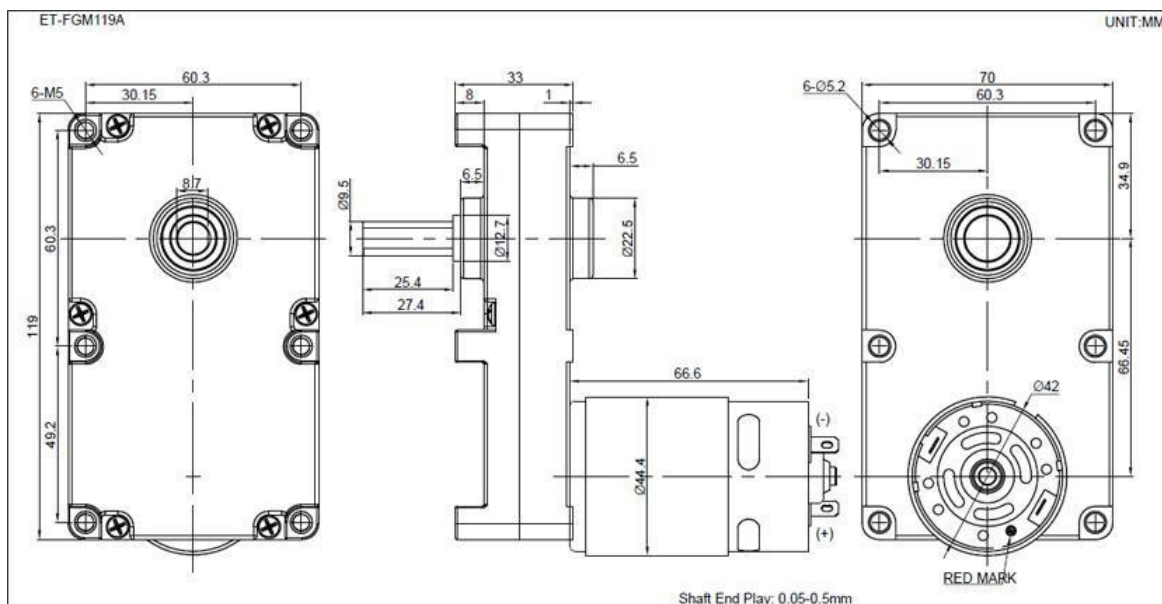
ET-CG64

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
3-12V	0.5-15rpm	1-25kg.cm	Válvula eléctrica y robótica, sistema de banca y venta, electrodomésticos inteligentes.



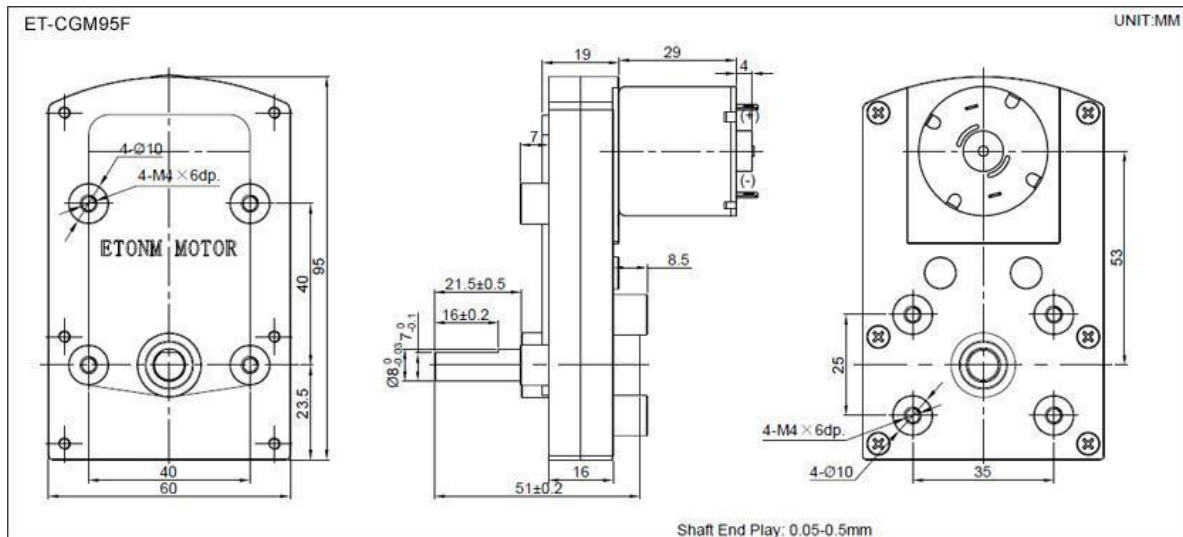
ET-FMM119

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	0.5-50rpm	300kg.cm	Equipos inteligentes, válvulas eléctricas y robóticas, aparatos electrodomésticos, dispositivos médicos.



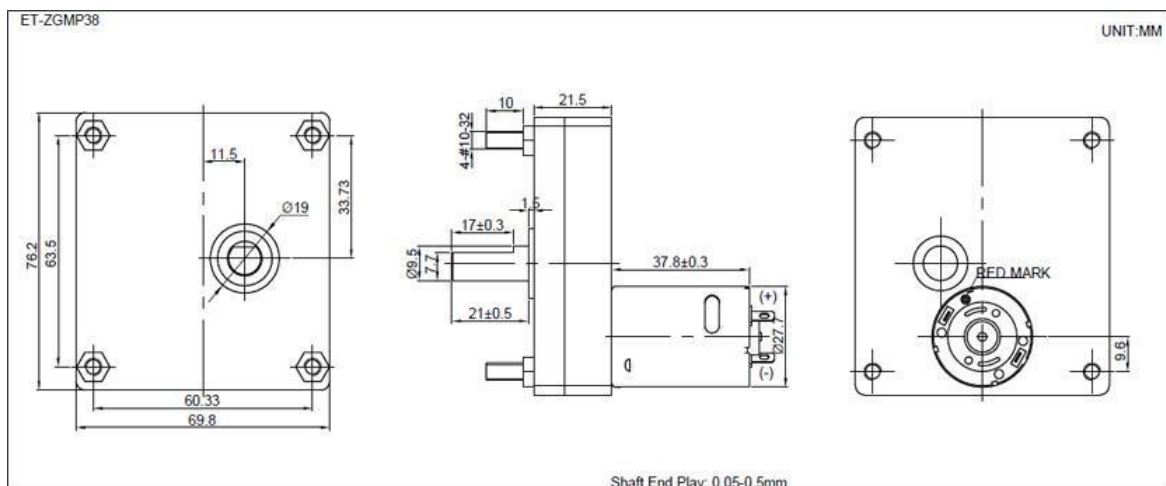
ET-CGM95F

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	1-170rpm	50kg.cm	Robótica, fabricantes de cofres, cajero automático, dispositivo médico y sanitario, válvula eléctrica y robótica, electrodomésticos.



ET-ZGM38

Voltaje.	Velocidad.	Par nominal máximo.	Solicitud.
12-24V	0.5-30rpm	100kg.cm	Equipos, aparatos, dispositivos médicos, válvulas eléctricas y robótica, electrodomésticos.



Datos de referencia de servomotores.



Performance Range:

- Voltage: 12~24VDC
- Speed: 1~170rpm
- Torque: 1~50kg.cm

Key Features:

- High Torque Small Size
- Large Speed Range
- CW/CCW Running

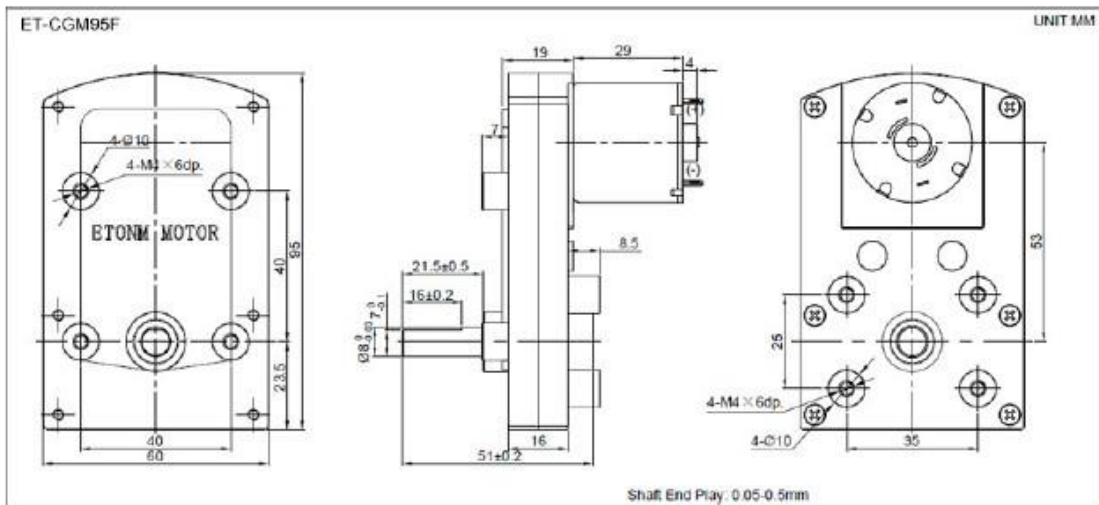
Typical Applications:

- Home Appliances
- Banking and Vending System
- Electric Valve and Robotics

Gear Ratio

Gear Ratio Stage	3	4	5
	37	162	594
	60	265	651
Gear Ratio	86	315	973
			1059

Dimensions



Reference Data

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT RATED LOAD		
	OPERATION RANGE	NOMINAL	SPEED r/min	CURRENT A	SPEED r/min	CURRENT A	TORQUE kg.cm
ET-CGM95F-12162	10.0-14.0	12VDC	162	≤0.08	135	≤0.29	1.4
ET-CGM95F-12100	10.0-14.0	12VDC	100	≤0.08	83	≤0.29	2.2

MEL-LENA 01; 01&llh;11

Typical Applications:

- Equipments and Apparatus
- Banking and Vending System
- Electric Valve and Robotics

Remarks:

1. Gearbox Shaft can be made with double shaft, shaft dimension can be customized.
2. The Voltage can be 12VDC, 24VDC ; The DC Motor's speed is adjustable.
3. This gearbox can matched with other DC Motor.



- Voltage: 12~24VDC
- Speed: 0.5~50rpm
- Torque: 1~300kg.cm

- High Torque Small Size
- Large Speed Range
- CW/CCW Running

- Equipments and Apparatus
- Banking and Vending System
- Electric Valve and Robotics

Gear Ratio Stage	3	4	5	6
	127	389	1269	3385
	251	590	1601	5078
Gear Ratio		722	1929	
		897		

[illegible]

Reference Data

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT RATED LOAD		
	OPERATION RANGE	NOMINAL	SPEED r/min	CURRENT A	SPEED r/min	CURRENT A	TORQUE kg.cm
 ETON MOTOR		12.0	47	≤0.35	34.5	≤1.9	28
	12.0-24.0	12.0	24	≤0.35	17.5	≤1.9	55
ET-FGM119-1216	12.0-24.0	12.0	16	≤0.35	11.3	≤1.9	85
ET-FGM119-1210	12.0-24.0	12.0	10	≤0.35	7.4	≤1.9	129
ET-FGM119-1208	12.0-24.0	12.0	8	≤0.35	6	≤1.9	152
ET-FGM119-126.5	12.0-24.0	12.0	6.5	≤0.35	4.7	≤1.9	188
ET-FGM119-124.5	12.0-24.0	12.0	4.5	≤0.35	3.2	≤1.9	252
ET-FGM119-1204	12.0-24.0	12.0	4	≤0.35	2.6	≤1.9	286
ET-FGM119-1203	12.0-24.0	12.0	3	≤0.35	1.9	≤1.9	300*
ET-FGM119-121.8	12.0-24.0	12.0	1.8	≤0.35	1.2	≤1.9	300*
ET-FGM119-121.2	12.0-24.0	12.0	1.2	≤0.35	0.7	≤1.9	300*

Remarks:

1. Gearbox Shaft can be made with double shaft, shaft dimension can be customized.
2. The Voltage can be 12VDC, 24VDC; The DC Motor's speed is adjustable.
3. This gearbox can matched with other DC Motors.

Interfaz de comunicación.

La comunicación usada fue basada en el lenguaje de programación tipo C implementada por Arduino.

Para esto fueron creados una serie de códigos “básicos” para la funcionalidad del servomotor. Estos son mostrados a continuación.

```
incrementos_de_1_en_1_a_180
|
#include <Servo.h>

Servo myservo; // crear servo objeto para controlar un servo

int pos = 0;    // variable para almacenar la posicion del servo

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(9); // conecta el servo en el pin 9
}

void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // va de 0 grados a 180
    // en pasos de 1 grado
    Serial.println(pos);
    myservo.write(pos);           // decirle a servo que vaya a la posición en la variable 'pos'
    delay(10);                   // espera 15ms para que el servo alcance la posición
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // va de 180 grados a 0 grados
    Serial.println(pos);
    myservo.write(pos);
    delay(10);
  }
}
```

Ilustración CCCCC Código Arduino para incrementos de angulación.

El código anteriormente ilustrado muestra el proceso de funcionamiento de la programación en C de Arduino. El propósito del código es el incremento del giro del eje del servomotor, siendo que el servomotor tiene la característica de que su eje gira 180° en incrementos de 1 en 1 hasta 180, siendo desde 0° a 180°.

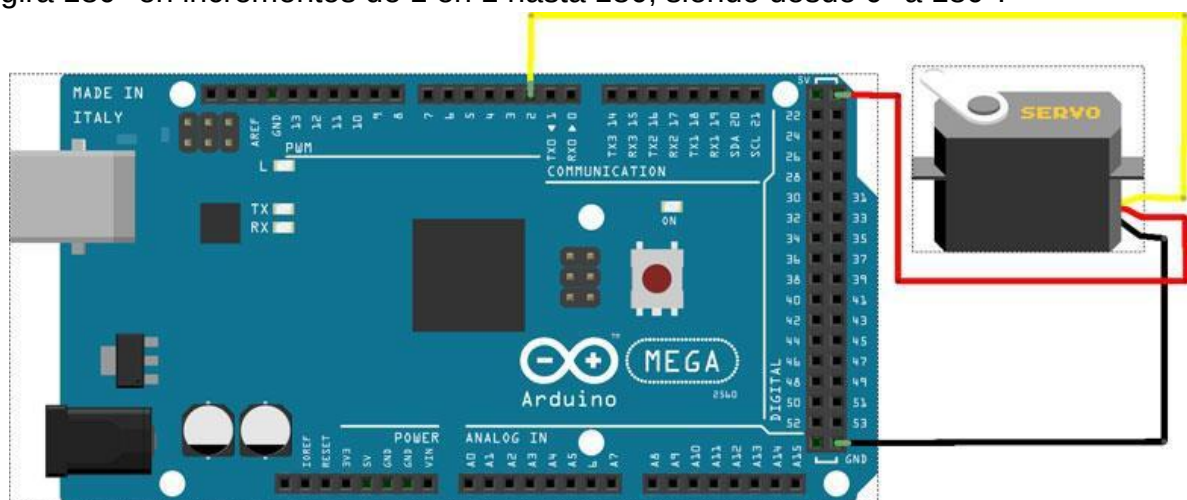


Ilustración DDDDD Conexión a servomotor mediante Arduino MEGA.

The image shows an Arduino Mega 2560 board with a custom PCB overlay. The overlay is blue and white, featuring the Arduino logo, the text 'ARDUINO MEGA 2560', and the website 'www.TheEngineeringProjects.com'. It also shows the ATMEGA2560 16AU 1126 chip and various pin headers. The board is connected to a breadboard with a 5V regulator and a USB cable. A red circular logo is visible in the top right corner.

Para fines de comprobación en la conexión de Arduino se simuló el código de Arduino en el software Proteus. Para lo anterior se recomienda la instalación de las placas de Arduino, ya que el software no cuenta con ellas.

Conclusiones.

El diseño del sistema de cargas estáticas y dinámicas es planteado para su implementación en los mandos primarios existentes en el Laboratorio de Visión por Computadora (LVC), con base en los datos arrojados por el software de simulación X-Plane 11. Se instalan servomotores de alto torque para el sistema designado colocados en los puntos pivote, tomando como referencia los puntos en donde se localiza una zona fija, acoplada a una parte en movimiento angular restringido (con limitación de desplazamiento).

La implementación de los servomotores consiste en la variación de las r.p.m. proporcionadas, siendo que estos son controlados mediante condiciones de vuelo dividiéndolas en dos tipos:

1. Condiciones iniciales de vuelo. Estas son establecidas por el usuario o instructor directamente en el simulador X-Plane, tales como: clima, peso total de la nave (con carga variable o sin carga), peso de combustible, hora de vuelo (en formato de 24 horas), fallas (motores, alas, luces, sistemas hidráulicos, software de control de la nave, etc.).
2. Control de la nave en tiempo real. Esto dependerá de las maniobras de vuelo utilizadas por el piloto, siendo la reacción de los 6 ejes de sustentación de la nave los que darán los parámetros máximos y mínimos de fuerza, un ejemplo sería la forma de despegue, velocidad, altitud, control en *pitch*, *roll* y *handing*.

Todo lo anterior es realizado para la certificación de la FAA bajo las regulaciones descritas en la e-CFR.

Para simulaciones estáticas de los componentes del simulador AFTD anteriormente descritos se aplican fuerzas de 35N, 45N, 100N hasta alcanzar el límite elástico a través del factor de seguridad. El material que se asigna para estas simulaciones es Acero aleado porque presenta mayor resistencia, dureza, mayor resistencia al desgaste y al impacto, así como también a la corrosión y a las altas temperaturas; y Aleación de aluminio 2014 caracterizado por su alta resistencia y aplicaciones de uso militar.

Bibliografía

- Fundación Wikimedia, Inc. (27 de 04 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_el%C3%A9ctrico
- AFS-800. (12 de 09 de 2018). *Administración Federal de Aviación*. Obtenido de Aprobación de la FAA de dispositivos de entrenamiento de aviación y su uso para entrenamiento y experiencia:
https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/1034348
- Arduino. (s.f.). *ARDUINO.cl*. Obtenido de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- AUTODESK Inc. (2019). *AUTODESK*. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/solutions/cad-software>
- Autycom. (s.f.). *Autycom*. Obtenido de https://www.autycom.com/diferentes-tipos-de-plc/?gclid=Cj0KCQjw753rBRCVARIsANe3o44CgqblPDK35Q_EI40fH1jDRW2Lzi5BvQ6-xOemGrzp3jwopD6bDdMaAofWEALw_wcB
- Aviación, A. F. (27 de 06 de 2018). *Federal Register*. Obtenido de <https://www.federalregister.gov/documents/2018/06/27/2018-12800/regulatory-relief-aviation-training-devices-pilot-certification-training-and-pilot-schools-and-other#footnote-2-p30235>
- B., G. (20 de 06 de 2019). *Tutorial Hostinger*. Obtenido de <https://www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-dns/>
- bit, D. d. (29 de 02 de 2012). *El taller del bit*. Obtenido de <https://eltallerdelbit.com/enrutamiento-fundamentos-y-protocolos/>
- Bonilla, L. A., & Reyes, J. G. (2008). *DISEÑO DETALLADO DE UN SIMULADOR DE VUELO DINAMICO*. Bogota.
- ConceptoDefinicion. (25 de 07 de 2019). *ConceptoDefinición*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/motor/>
- contributors, M. (25 de 06 de 2019). *MDN web docs mozz://a*. Obtenido de https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/XML/Introducci%C3%B3n_a_XML
- Dauntless Aviation. (2019). *DAUNTLESS*. Obtenido de <http://dictionary.dauntless-soft.com/definitions/GroundSchoolFAA/FTD>
- Definicion.de. (2008-2019). *Definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/frenos/>
- Dictionary, C. A. (2019). *Cambridge University Press*. Obtenido de Cambridge Dictionary :
<https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/cockpit>
- EcuRed. (2019). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Carga>
- EHEST component of ESSI. (2015). *Instrucción y pruebas en los dispositivos de Simulación de Vuelo para Entrenamiento*.

EIDE. (2019). *EIDE*. Obtenido de <https://www.eide.net/faqs-eide/que-es-un-freno-electromagnetico-fae/>

electronica, B. (s.f.). *Circuit Basics*. Obtenido de <http://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>

Española, R. A. (2018). *DLE*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=bNTTsak>

FAA. (s.f.). *Aviation Simulator Technology*. Obtenido de <https://www.ast-simulators.com.au/resources/simulator-levels-explained>

Federal Aviation Administration. (19 de 09 de 2013). *FAA*. Obtenido de Code of Federal Regulations: http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgFAR.nsf/MainFrame?OpenFrameSet

Federal Aviation Administration. (27 de 07 de 2018). *FAA*. Obtenido de e-CFR: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?pitd=20180727&node=se14.1.1_11&rgn=div8

Fernandez, J. M. (19 de 03 de 2014). *SPACELOGISTICA*. Obtenido de SPACETRANSPORTE: <http://spacetransporte.blogspot.com/2014/03/calculo-de-la-carga-util-de-un-vehiculo.html>

GOIZPER GROUP. (s.f.). *ELECTROMAGNETIC CLUTCHES and BRAKES*. Gipuzkoa - Spain.

Gonzalez, D. (2019). *StuDocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-tijuana/analisis-y-sintesis-de-mecanismos/apuntes/grados-de-libertad/2847699/view>

grupo INTERCOM. (2019). *Construmática: Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de Construpedia: https://www.construmatica.com/construpedia/Carga_Din%C3%A1mica

Hacedores. (14 de 02 de 2014). *Hacedores*. Obtenido de <https://hacedores.com/cuantos-tipos-diferentes-de-arduino-hay/>

Harding, S. (24 de 08 de 2018). *tom's HARDWARE*. Obtenido de <https://www.tomshardware.com/news/clock-speed-definition,37657.html>

Herramientas, D. M. (10 de 05 de 2017). *De Máquinas y Herramientas*. Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/encoder-tipos>

I+D Electrónica. (2019). *I+D Electrónica*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/microcontroladores/atmel/microcontrolador-atmel-atmega2560-mcu-tqfp-100-smd-detail>

Ibertrónica. (2018). *Ibertrónica*. Obtenido de <https://www.ibertronica.es/blog/tutoriales/funcion-pwm/>

IONOS. (30 de 07 de 2019). *Digital Guide IONOS by 1&1*.

Manuel. (08 de 02 de 2014). *Ciencia Recreativa*. Obtenido de

<http://lacienciarecreativa.blogspot.com/2014/02/frenado-magnetico.html>

Mecafenix, I. (20 de 04 de 2017). *La enciclopedia de la ingeniería*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

MediaWiki. (17 de 03 de 2013). *Poered By MediaWiki*. Obtenido de <http://www.xsquawkbox.net/xpsdk/mediawiki/DataRefEditor>

Mercatz, S. (29 de 08 de 2018). *ThermoPanel*. Obtenido de <http://thermopanel.net/carga-estatica-y-dinamica/>

Microsoft. (2008). *docs.Microsoft*. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/api/documentformat.openxml.spreadsheet.datareference?view=openxml-2.8.1#definicion>

Morph-it!, M. B. (2005). *WordReference*. Obtenido de <https://www.wordreference.com/definicion/aler%C3%B3n>

Novanta Company. (2019). *Celera Motion*. Obtenido de <https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/sensores-de-posicion/>

Organización Internacional de Aviación Virtual. (2019). *IVA0*. Obtenido de <https://ivao.aero/>

Porto, J. P., & Gardey, A. (2012). *Definición.DE*. Obtenido de <https://definicion.de/variable/>

Qloudea. (08 de 06 de 2017). *Qloudea data solutions*. Obtenido de <https://soporte.qloudea.com/hc/es/articles/115003659065--Qu%C3%A9-es-TCP-IP->

RAE. (2019). *DLe*. Obtenido de <https://dle.rae.es/anal%C3%B3gico>

Redaccion, i. A. (14 de 02 de 2010). *Asoc. Pasión por Volar divulgación aeronáutica para todos*. Obtenido de <http://www.pasionporvolar.com/aeronavegabilidad/>

Rejado, C. C. (2008). *Aeronavegabilidad y Certificación de Aeronaves*. Madrid: Learning Ediciones.

Reyes, E. (s.f.). *Propeller pages.com*. Obtenido de http://www.propellerpages.com/?c=articles&f=2006-03-08_what_is_propeller_pitch

Roberts, J. (2019). *X-Plane*. Obtenido de <https://www.x-plane.com/kb/data-set-output-table/>

Rodriguez, J. M. (05 de 03 de 2012). *Me Gusta Volar*. Obtenido de <http://megustavolar.iberia.com/2012/03/velocidades-aereas/>

Ryte Wiki. (2019). *Ryte*. Obtenido de <https://es.ryte.com/wiki/Add-On>

sc.ehu. (12 de 2001). *sc.ehu*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm>

SICCOA. (2018). *SICCOA.COM*. Obtenido de <http://www.siccoa.com/index.php/lista-de-los-servicios/plc/marcas-plc>

SimVimCockpit. (2012-2018). *SimVimCockpit*. Obtenido de https://simvim.com/tech_lan.html

SISTEMAS. (2019). *SISTEMAS*. Obtenido de <https://sistemas.com/eprom.php>

SKYbrary. (1 de 08 de 2019). *SKY brary*. Obtenido de [https://www.skybrary.aero/index.php/European_Union_Aviation_Safety_Agency_\(EASA\)](https://www.skybrary.aero/index.php/European_Union_Aviation_Safety_Agency_(EASA))

Soto, A. D. (s.f.). Obtenido de <https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/C-20Carga%20f%EDsica/8%20y%209%20carga%20est%E1tica%20y%20din%E1mica.pdf>

SRVOP. (2018). *Curso sobre el proceso de certificación LAR 121*. Caracas.

Supnik, B. (05 de 05 de 2014). *X-Plane Developer* . Obtenido de <https://developer.x-plane.com/2014/05/art-controls-are-an-active-volcano/>

Villarreal, J. G. (19 de 02 de 2019). *ASOC. PASIÓN POR VOLAR*. Obtenido de <http://www.pasionporvolar.com/angulo-de-ataque-aerodinamica/>

Wikimedia. (20 de 09 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

Wikipedia. (30 de 08 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/X-Plane>

WordPress. (11 de 2015). *Motores de Aviación*. Obtenido de <https://clem603.wordpress.com/turbohelice/>

X-Plane. (11 de 10 de 2019). *X-Plane 11 Desktop Manual*. Obtenido de <https://www.x-plane.com/manuals/desktop/#aboutx-plane>

Anexos.

Diccionario de abreviaturas.

.txt: Texto.

AATD:

Dispositivo avanzado de entrenamiento de aviación.

Definición de parte de AATD: proporciona una plataforma de entrenamiento adecuada para tareas de desempeño tanto de procedimiento como operacionales específicas para los requisitos de entrenamiento en tierra y vuelo para el Certificado de piloto privado, habilitación de instrumentos, Certificado de piloto comercial y Certificado de piloto de transporte aéreo (ATP) y Certificado de instructor de vuelo por partes 61 y 141 (FAA, s.f.).

AC.

Circular consultiva (Federal Aviation Administration, 2018).

API.

Una API es una interfaz de programación de aplicaciones (del inglés API: Application Programming Interface). Es un conjunto de rutinas que provee acceso a funciones de un determinado software (Wikimedia, 2019).

ATD.

Definición de ATD: un dispositivo de entrenamiento de aviación (ATD) es un dispositivo de entrenamiento, que no es un simulador de vuelo completo (FFS) o un dispositivo de entrenamiento de vuelo (FTD), que ha sido evaluado, calificado y aprobado por el administrador. En general, esto incluye una réplica de los instrumentos, equipos, paneles y controles de la aeronave en un área de cubierta de vuelo abierta o en una cabina cerrada. Incluye el hardware y el software necesarios para representar una categoría y clase de operaciones de aeronave (o conjunto de aeronaves) en condiciones de tierra y vuelo que tengan el rango apropiado de capacidades y sistemas instalados en el dispositivo como se describe en esta circular de advertencia (AC) para Nivel de calificación básico o avanzado específico (FAA, s.f.).

BATD.

Definición BATD: proporciona una plataforma y diseño de capacitación adecuados para tareas de desempeño tanto de procedimiento como operacionales específicas para los requisitos de entrenamiento en tierra y vuelo para el Certificado de Piloto Privado y la calificación de instrumentos según el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR) partes 61 y 141 (FAA, s.f.).

CAD.

CAD, o diseño y dibujo asistido por computadora (CADD), es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que sustituye el dibujo manual por un proceso automatizado (AUTODESK Inc., 2019).

CFR.

Código Electrónico de Regulaciones Federales.

CPU.

La unidad central de procesamiento o unidad de procesamiento central (conocida por las siglas CPU, del inglés: Central Processing Unit), es el hardware dentro de un ordenador u otros dispositivos programables, que interpreta las instrucciones de un programa informático mediante la realización de las operaciones básicas aritméticas, lógicas y de entrada/salida del sistema (Wikimedia, 2019).

CS FSTD.

Especificaciones de Certificación: Actualización de los requisitos del dispositivo de entrenamiento de simulación de vuelo: entrenamiento de prevención y recuperación de malestar.

DHCP.

El DHCP es una extensión del protocolo Bootstrap (BOOTP) desarrollado en 1985 para conectar dispositivos como terminales y estaciones de trabajo sin disco duro con un Bootserver, del cual reciben su sistema operativo (IONOS, 2019).

DNS.

DNS (Domain Name System) es un sistema de nombres de dominio que le permite a los humanos y a las computadoras comunicarse más fácilmente. Los humanos usan nombres, las computadoras usan números y el DNS es un intermediario que hace coincidir los nombres con los números dentro de una lista específica (B., 2019).

EASA.

La Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea (EASA) es una agencia de la Unión Europea establecida en 2002 por el Reglamento (CE) no 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para garantizar un nivel alto y uniforme de seguridad en la aviación civil, mediante la implementación de normas y medidas de seguridad comunes (SKYbrary, 2019).

FAA.

La Administración Federal de Aviación (FAA) es la agencia del Departamento de Transporte de los Estados Unidos responsable de la regulación y supervisión de la aviación civil dentro de los EE. UU., Así como de la operación y desarrollo del Sistema Nacional del Espacio Aéreo. Su misión principal es garantizar la seguridad de la aviación civil (SKYbrary, 2019).

FFS.

El simulador de vuelo completo (FSS) significa una réplica de un tipo específico; o hacer, modelar y poner en serie la cabina del avión. Incluye el ensamblaje de equipos y programas de computadora necesarios para representar las operaciones de la aeronave en condiciones de tierra de vuelo, un sistema visual que proporciona una vista fuera de la cabina, un sistema que proporciona señales al menos equivalentes a las de un avión de tres grados. Sistema de movimiento de libertad, y tiene la gama completa de capacidades de los sistemas instalados en el dispositivo como se describe en la parte 60 de este capítulo y los estándares de rendimiento de calificación (QPS) para un nivel de calificación FFS específico. (FAA, s.f.) (Federal Aviation Administration, 2018).

FNPT.

Entrenador de procedimientos de navegación.

Los usuarios de estos entrenadores deberán obtener una aprobación para poder utilizar estos entrenadores como parte de sus programas de entrenamiento aprobados a pesar de que el entrenador ha sido previamente calificado (Rejado, 2008).

FSTD.

Dispositivo de entrenamiento de simulación de vuelo (FSTD) significa de vuelo completo o un dispositivo de entrenamiento de vuelo (Federal Aviation Administration, 2018).

FTD:

Una réplica de tamaño completo de los instrumentos, equipos, paneles y controles de una aeronave, o conjunto de aeronaves, en un área de cubierta de vuelo abierta o en una cabina cerrada. No se requiere un sistema de señalización de fuerza (movimiento) o sistema visual (Dauntless Aviation, 2019).

Dispositivo de entrenamiento de vuelo (FTD) significa una réplica de instrumentos, equipos, paneles y controles de aeronaves en un área de cubierta de vuelo abierta o una réplica de cubierta de vuelo de aeronave cerrada. Incluye el equipo y los programas de computadora necesarios para representar las operaciones de la aeronave (o conjunto de aeronaves) en tierra y condiciones de vuelo que tienen la gama completa de capacidades

de los sistemas instalados en el dispositivo como se describe en la parte 60 de este capítulo y el estándar de rendimiento de calificación (QPS) para un nivel de calificación FTD específico (FAA, s.f.) (Federal Aviation Administration, 2018).

HID.

HID (por sus siglas en inglés Human Interface Device), o dispositivo de interfaz humana, hace referencia a un tipo de interfaces de usuario para computadores que interactúan directamente, tomando entradas provenientes de humanos, y pueden entregar una salida a los humanos (Wikimedia, 2019).

IFR.

Condiciones IFR significa condiciones climáticas por debajo del mínimo para el vuelo bajo las reglas de vuelo visual.

IFR over-the-top, con respecto a la operación de la aeronave, significa la operación de una aeronave over-the-top en un plan de vuelo IFR cuando está autorizado por el control de tráfico aéreo para mantener “condiciones VFR” o “condiciones VFR en la parte superior” (Federal Aviation Administration, 2018).

Las reglas de vuelo instrumental o reglas de vuelo por instrumentos, más conocidas por las siglas en inglés IFR, Instrumental Flight Rules, son el conjunto de normas y procedimientos contemplados en el Reglamento de Circulación Aérea que regulan el vuelo de aeronaves con base en el uso de instrumentos para la navegación, lo cual implica que no es necesario tener contacto visual con el terreno, como ocurre en el método de navegación bajo reglas de vuelo visual (o VFR, del inglés Visual Flight Rules) (Wikimedia, 2019).

IVAO.

La Organización Internacional de Aviación Virtual, IVAO para abreviar, se fundó en 1998 para proporcionar una plataforma en línea para que los entusiastas de la simulación de vuelo disfruten de su pasatiempo en un entorno del mundo real simulado, en compañía de otras personas, volando o prestando servicios de control de tráfico aéreo (Organización Internacional de Aviación Virtual, 2019).

LAN.

LAN son las siglas de "Local Area Network", es decir, Red de área local.

Una Red LAN conecta diferentes ordenadores en un área pequeña, como un edificio o una habitación, lo que permite a los usuarios enviar, compartir y recibir archivos (Wikimedia, 2019).

NEMA.

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) es una asociación industrial estadounidense, creada el 1 de septiembre de 1926 tras la fusión de la Associated Manufacturers of Electrical Supplies (Fabricantes de Suministros Eléctricos Asociados) y la Electric Power Club (Club de Potencia Eléctrica) (Wikimedia, 2019).

PLC.

Un PLC (controlador lógico programable) también conocido como autómatas programables es básicamente una computadora industrial la cual procesa todos los datos de una máquina como pueden ser sensores, botones, temporizadores y cualquier señal de entrada. Para posteriormente controlar los actuadores como pistones, motores, válvulas, etc... y así poder controlar cualquier proceso industrial de manera automática (Mecafenix, 2017).

PMA.

Peso Máximo Autorizado, antigua denominación del límite de masa permitida en España para la cabeza tractora, pasajeros y carga en vehículo remolcador (Wikimedia, 2019).

PWM.

Modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una señal senoidal o una cuadrada, por ejemplo) ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga (Wikimedia, 2019).

SFAR.

La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM

TCP.

TCP (Transmission Control Protocol) Protocolo de Control de Transmisión.: Este protocolo se encarga de crear “conexiones” entre sí para que se cree un flujo de datos. Este proceso garantiza que los datos sean entregados en destino sin errores y en el mismo orden en el que salieron. También se utiliza para distinguir diferentes aplicaciones en un mismo dispositivo (Qloudea, 2017).

TSO.

Time Sharing Option, perteneciente a la categoría de Redes (Wikimedia, 2019).

UART's

UART significa receptor / transmisor asincrónico universal. No es un protocolo de comunicación como SPI e I2C, sino un circuito físico en un microcontrolador o un IC independiente. El propósito principal de un UART es transmitir y recibir datos en serie (electronica, s.f.).

UDP.

User Datagram Protocol.

El protocolo de datagramas de usuario, abreviado como UDP, es un protocolo que permite la transmisión sin conexión de datagramas en redes basadas en IP (Wikimedia, 2019).

VATSIM.

VATSIM (siglas en inglés de Red Virtual de Simulación de Tráfico Aéreo, Virtual Air Traffic Simulation Network) es el nombre de una red de usuarios de simuladores de vuelo cuyo objetivo es reproducir del modo más realista posible el tráfico aéreo, mediante la conexión a Internet (Wikimedia, 2019).

XML.

XML es un lenguaje de marcado similar a HTML. Significa Extensible Markup Language (Lenguaje de Marcado Extensible) y es una especificación de W3C como lenguaje de marcado de propósito general. Esto significa que, a diferencia de otros lenguajes de marcado, XML no está predefinido, por lo que debes definir tus propias etiquetas. El propósito principal del lenguaje es compartir datos a través de diferentes sistemas, como Internet (contributors, 2019).

Diccionario de términos.

Add-ons.

Un add-on es un programa o módulo adicional que complementa navegadores, programas de correo y otras aplicaciones de software y hardware y añade funciones que el sistema básico no tiene. Como extensión para software y hardware, el add-on cambia varias características del sistema en el que se implementa, aumentando así el rango de funciones (Ryte Wiki, 2019).

Aeródromo.

El termino se utiliza con referencia a la superficie llana que dispone de pistas y del equipamiento necesario para que puedan aterrizar y despegar las aeronaves (Definicion.de, 2008-2019).

Aeronáutica.

Ciencia que trata de la navegación aérea. La aeronáutica comprende la aerostática fundada en el uso de aparatos más ligeras que el aire (globos y dirigibles), la aviación que utiliza aparatos más pesados que el aire sustentado por planos (aviones) o hélices horizontales (helicópteros y autogiros), y la astronáutica cuyos cohetes, por desarrollar una fuerza superior a la gravedad se elevan sin necesidad de planos sustentadores con todo y tratarse de aparatos más pesados que el aire (EcuRed, 2019).

Aeronavegabilidad.

Es la capacidad de una aeronave para cumplir con seguridad con las condiciones de utilización previstas (Redaccion, 2010).

Alabe.

Un álabe es la paleta curva de una turbomáquina o máquina de fluido rotodinámica. Forma parte del rodete y, en su caso, también del difusor o del distribuidor. Los álabes desvían el flujo de corriente, bien para la transformación entre energía cinética y energía de presión por el principio de Bernoulli, o bien para intercambiar cantidad de movimiento del fluido con un momento de fuerza en el eje (Wikipedia, 2019).

Alabeo.

El eje longitudinal es un eje imaginario que se extiende desde el morro a la cola del avión. El movimiento que se realiza el avión alrededor de este eje se denomina alabeo o balanceo.

Las superficies de mando del alabeo son los alerones (Wikipedia, 2019).

Alerón.

Cada una de las piezas salientes y móviles situadas en la parte trasera de las alas de un avión, que sirven para cambiar la inclinación del aparato o facilitar otras maniobras (Morph-it!, 2005).

Altitud.

En geografía, se denomina altitud a la medición de la distancia vertical entre cualquier punto determinado de la Tierra en relación con el nivel del mar. Dicha medición se expresa mediante una cifra y la unidad de distancia, que puede ser de metros sobre nivel del mar (m.s.n.m.) o de pie sobre nivel del mar, en los países que no emplean el sistema métrico (Concepto definicion, 2019).

Analógico.

adj. Que presenta información, especialmente una medida, mediante una magnitud física continua proporcional al valor de dicha información (RAE, 2019).

Angulo de ataque.

El ángulo de ataque especifica el ángulo entre la línea de la cuerda del ala de un avión de ala fija y el vector que representa el movimiento relativo entre el aeronave y la atmosfera (Villarreal, 2019).

Automatización.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos (sc.ehu., 2001).

Avión turbohélice.

Los turbohélices disponen de una caja de engranajes para reducir la velocidad del eje y permitir que la hélice gire a velocidades adecuadas de funcionamiento e impedir que las puntas de su Palas alcancen velocidad supersónica. La potencia de los motores turbohélice, al igual que los turbo eje, se mide por su potencia en eje, en inglés: shaft horsepower (SHP), normalmente en caballos de potencia o kilowatios; en ocasiones la potencia en SHP se traduce como “turbocaballos” (WordPress, 2015).

Avión turborreactor.

Motores pertenecientes al grupo de las turbinas de ciclo abierto, con la única diferencia que para llamarse turborreactor es indispensable que en él se encuentre un compresor o turbocompresor, de ahí viene su prefijo “tubo”, hecho que ocurre también con muchos de los coches con motores sobrealimentados (EcuRed, 2019).

Bootloader.

En informática, el arranque o secuencia de arranque (en inglés: bootstrapping, boot o booting) es el proceso que inicia el gestor de arranque que es un programa ejecutado por el BIOS cuando se enciende una computadora. Se encarga de la inicialización del sistema operativo y de los dispositivos (Wikipedia, 2019).

Cabeceo.

El eje lateral o transversal es un eje imaginario que se extiende de punta a punta de las alas del avión. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina cabeceo (Wikipedia, 2019).

Cable dupont.

Un cable puente para prototipos (o simplemente puente), es un cable con un conector en cada punta (o a veces sin ellos), que se usa normalmente para interconectar entre si los componentes en una placa de pruebas. Los cables puente se fijan mediante inserción de sus extremos en los agujeros previstos a tal efecto en sus ranuras de la placa de pruebas, la cual debajo de su superficie tiene unas planchas interiores paralelas que conectan las ranuras en grupos de filas o columnas según la zona (Wikipedia, 2019).

Carga dinámica.

f. Carga a la cual está sometida una estructura, que recibe cambios repentinos de intensidad y cambios de posición.

Cuando una estructura está bajo la acción de cargas dinámicas, desarrolla fuerzas inerciales y su deformación máxima no suele coincidir con la intensidad máxima de la fuerza aplicada (grupo INTERCOM, 2019).

Carga estática.

Se refiere a aquello que es fijo y se mantiene sin cambios. Un edificio o construcción, siempre cuenta con fuerzas que no varían su magnitud con el tiempo, y a eso se refiere este tipo de cargas (Mercaz, 2018).

Carga útil.

La carga útil de un vehículo es la masa que resulta de restar a la Masa Máxima Autorizada (MMA), la tara del mismo.

$$\text{Carga útil} = \text{MMA} - \text{TARA}$$

La Masa Máxima Autorizada (MMA). Es la masa máxima para la utilización de un vehículo con carga en circulación por las vías públicas.

La tara. Es la masa del vehículo con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios.

En los conjuntos de vehículos, la carga útil surge de la diferencia entre la Masa Máxima del Conjunto (MMC) y la suma de la tara de ambos vehículos.

CARGA ÚTIL CONJUNTO = MMC - SUMA DE AMBAS TARAS
(Fernandez, 2014)

Clock Speed.

La velocidad de reloj de una CPU representa cuantos ciclos por segundo puede ejecutar. La velocidad del reloj también se conoce como frecuencia de reloj, frecuencia de PC y frecuencia de CPU. Esto se mide en gigahercios, que se refiere a millones de pulsos por segundo y se abrevia como GHz.

La velocidad de reloj de una PC es un indicador de su rendimiento y de que tan rápido una CPU puede procesar datos (mover bits individuales). Una frecuencia alta (mayor número) sugiere un mejor rendimiento en tareas comunes, como los juegos. Una CPU con mayor velocidad del reloj generalmente es mejor si todos los demás factores son iguales, pero una mezcla de velocidad de reloj, cuantas instrucciones puede procesar la CPU por ciclo (también conocidas como instructores por ciclo de reloj/reloj, o IPC para abreviar) y El número de núcleos que tiene la CPU ayuda a determinar el rendimiento general (Harding, 2018).

Cockpit.

Espacio cerrado donde el piloto se sienta en un avión, o donde el conductor se sienta en un automóvil de carreras (Dictionary, 2019).

DataRefs.

Referencia de la consolidación de datos. Cuando el objeto se puede serializar la salida como XML, su nombre completo es x: dataRef (Microsoft, 2008).

Dispositivo electromecánico.

La electromecánica es la combinación de las ciencias del electromagnetismo de la ingeniería eléctrica y de la ciencia de la mecánica.

Los dispositivos electromecánicos son los que combina partes eléctricas y mecánicas para conformar su mecanismo (Wikipedia, 2019).

EEPROM.

(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) Memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente. Chip de memoria que retiene su contenido sin energía. Puede borrarse, tanto dentro del computador como externamente. Por lo general requiere más voltaje para el borrado que el común de +5 voltios usado en circuitos lógicos. Funciona como RAM no volátil, pero grabar en EEPROM es mucho más lento que hacerlo en RAM (SISTEMAS, 2019).

Empenaje.

Un avión con cola en T es un avión en el que las superficies horizontales del empenaje (timon de cola y timon de dirección) se monta en la parte superior del estabilizador vertical.

El empenaje es el conjunto de estabilizadores que se encuentran en la cola de una aeronave o artefacto volador (Wikipedia, 2019).

Encoder.

Los encoders se utilizan en maquinaria para el control de movimiento. En pocas palabras, un encoder es un dispositivo de detección que proporciona una respuesta. Los encoders convierten el movimiento en una señal eléctrica que puede ser leída por algún tipo de dispositivo de control de movimiento, tal como un mostrador o un PLC.

Enrutamiento.

Es el proceso de reenviar paquetes entre redes, siempre buscando la mejor ruta (la más corta). Para encontrar esa ruta más óptima, se debe tener en cuenta la tabla de enrutamiento y algunos otros parámetros como la métrica, la distancia administrativa, el ancho de banda, etc (bit, 2012).

EtherCAT.

Ethernet for Control Automation Technology, en español: "Ethernet para el Control de Tecnología de Automatización" es un protocolo informático de código abierto y alto rendimiento creado por Beckhoff Automation. Pretende utilizar protocolos de Ethernet en un entorno industrial. El principio funcional, procesando en marcha, hace EtherCAT el sistema más rápido actualmente disponible. Los medios de EtherCAT encajan bien para los ambientes industriales o de control puesto que puede ser accionado con o sin interruptores. EtherCAT es un estándar abierto que se ha publicado como especificación del IEC basada en entrada del grupo de la tecnología de EtherCAT (Wikipedia, 2019).

Ethernet.

Es un estándar de redes de área local para computadores, por sus siglas en español Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD). Su nombre procede del concepto físico de éter (ether, en inglés). Ethernet define las características de cableado y señalización; de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI (Wikipedia, 2019).

Firmware.

Se conoce como firmware al conjunto de instrucciones de un programa informático que se encuentra registrado en una memoria ROM, flash o

similar. Estas instrucciones fijan la lógica primaria que ejerce el control de los circuitos de alguna clase de artefacto (Definicion.de, 2008-2019).

Freno electromagnético.

Un freno electromagnético FAE es un freno compuesto por un núcleo inductor con bobina (electroimán) y material de fricción incorporado y de un conjunto de inducidos formado por el disco-inducido y el muelle-membrana, dependiendo del tipo de montaje se puede suministrar con un buje. El freno electromagnético FAE funciona con una tensión normalizada de 24 V.c.c (otros voltajes a consultar) que al conectar crea un campo magnético y atrae el disco inducido, que provocando una deformación en el muelle-membrana transmite el par (EIDE, 2019).

Fuerza aerodinámica.

La aerodinámica es la ciencia que se ocupa del estudio del movimiento del aire y de las acciones que es mismo ejerce sobre los cuerpos que se mueven inmersos en él.

Un cuerpo que posee una forma tal que permite aprovechar al máximo las fuerzas originadas por las variaciones de velocidades y presiones de una corriente de aire se denomina perfil aerodinámico.

Si realizamos un ejemplo gráfico tomando dos partículas que se mueven a una velocidad de 90 Km/h, y con una presión de 1 Kg/cm², antes de la perturbación originada por la introducción del perfil aerodinámico. Entre la parte superior del perfil y la línea recta superior horizontal se produce una reducción de espacio, logrando un aumento de la velocidad del aire, mientras que en la parte inferior del perfil el recorrido de las partículas es horizontal, no modificando la corriente del aire.

Puede observarse entonces que la partícula (1) aumenta su velocidad a 90,3Km/h (efecto Venturi) y la presión disminuye a 0,7 kg/cm² (efecto Bernoulli). La partícula (2) al no verse modificada por el perfil mantiene una velocidad de 90 Km/h y una presión de 1 Kg/cm². Por lo tanto se puede observar que se ha originado una diferencia de presión entre la cara superior y la inferior, obteniendo como resultante una fuerza hacia arriba llamada Fuerza Aerodinámica (F). (EcuRed, 2019).

Grados de libertad.

Se entiende el número de entradas independientes requeridas para determinar la posición de todos los eslabones del mecanismo respecto a tierra en cualquier instante (Gonzalez, 2019).

Guiñada.

El eje vertical es un eje imaginario que, pasando por el centro de gravedad del avión, es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal. Este eje está

contenido en un plano que pasa por el centro de gravedad desde arriba hacia abajo. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina guiñada (Wikipedia, 2019).

Hardware.

Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora, sus componentes eléctricos, electromecánicos y mecánicos; sus cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado; contrariamente al soporte lógico e intangible que llamado software (EcuRed, 2019).

Hélice.

Dispositivo propulsor de tracción o sustentación de los barcos y aeronaves, de forma helicoidal.

Latitud.

La latitud es la distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada por los grados que forma el ángulo de su meridiano con respecto al centro de la Tierra. La latitud es medida en grados, entre 0° y 90° y puede ser representada a través de dos maneras: indicando a que hemisferio pertenece la coordenada, (norte o sur) o en su defecto añadiendo valores, positivos cuando se trata del norte y valores negativos cuando se trata del sur (EcuRed, 2019).

Linealidad.

Se entiende por la capacidad de un método analítico de obtener resultados proporcionales a la concentración de analito en la muestra dentro de un intervalo (EcuRed, 2019).

Longitud.

Es la distancia medida en grados, minutos y segundos, desde cualquier punto de la tierra y el Meridiano 0° o de meridiano de Greenwich.

Expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° , tomando como centro angular el centro de la Tierra; habitualmente en la actualidad el meridiano de Greenwich (observatorio de Greenwich), pero antiguamente hubo muchos otros que servían como referencia (EcuRed, 2019).

Mach.

El número Mach es una medida de velocidad relativa que se define como el cociente entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido en el medio en que se mueve dicho objeto. Es un número adimensional típicamente usado para describir la velocidad de los aviones. Mach 1 equivale a la

velocidad del sonido, Mach 2 es dos veces la velocidad del sonido; etc. La velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s (1224 km/h) (EcuRed, 2019).

Microcontrolador Atmega 2560.

Microcontrolador de 8 bits y arquitectura RISC, 256KB de Memoria Flash, Empaquetado TQFP-100, Bajo consumo de potencia (I+D Electrónica, 2019).

Microcontrolador.

Es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador y que contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador, aunque de limitadas prestaciones y que se suele destinar a gobernar una sola tarea. En su memoria solo reside un programa que controla en funcionamiento de una tarea determinada, sus líneas de entrada/salida se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y, debido a su pequeño tamaño, suele ir integrado en el propio dispositivo al que gobierna (EcuRed, 2019).

Momento angular.

Fenómeno físico que se define como todo cambio de posición que experimentan los cuerpos en el espacio, con respecto al tiempo y aun punto de referencia, variando la distancia de dicho cuerpo con respecto a ese punto o sistema de referencia, describiendo su trayectoria (EcuRed, 2019).

Morro.

La nariz o el morro inclinable (en inglés: Droop-nose) fue una característica distintiva tanto del avión anglo-francés Concorde como de su contraparte soviético Túpolev Tu-144, los cuales fueron las dos primeras (y por ahora únicas) aeronaves supersónicas de pasajeros en haber volado (Wikimedia, 2019).

Motor a pasos.

El motor paso a paso (Stepper) conocido también como motor de pasos es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control (Wikimedia, 2019).

Motor eléctrico.

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor (Wikimedia, 2019).

Motor lineal.

Un motor lineal es un motor eléctrico que posee su estator y su rotor "distribuidos" de forma tal que en vez de producir un torque (rotación) produce una fuerza lineal en el sentido de su longitud.

Open GL.

OpenGL (Open Graphics Library) es una especificación estándar que define una API multilenguaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D. La interfaz consiste en más de 250 funciones diferentes que pueden usarse para dibujar escenas tridimensionales complejas a partir de primitivas geométricas simples, tales como puntos, líneas y triángulos.

Open source.

El código abierto es un modelo de desarrollo de software basado en la colaboración abierta. Se enfoca más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre. Para muchos el término «libre» hace referencia al hecho de adquirir un software de manera gratuita.

Pitch.

Elevación (por su traducción del inglés) hace referencia a uno de los ángulos de navegación siendo, Cabeceo: es una inclinación del morro del avión, o rotación respecto al eje ala-ala.

Propeller pitch.

Es el desplazamiento que hace una hélice en un giro completo de 360° grados. Esto significa que si tenemos una hélice de 40° de avance, avanzará 40 pulgadas por cada giro completo, siempre que se realice en una superficie plana; en un ambiente líquido, la hélice obviamente se deslizará con menos desplazamiento. (Reyes, s.f.)

Potencia de frenado.

Significa que la potencia entregada en el eje de la hélice (transmisión principal o salida principal) de un motor de avión (Federal Aviation Administration, 2018).

Repetibilidad.

La repetibilidad se refiere a la posibilidad de obtener resultados consistentes al replicar un estudio con un conjunto distinto de datos, pero obtenidos siguiendo el mismo diseño experimental

Roll.

Ángulo de alabeo (roll). Es referido al Alabeo como: rotación respecto de un eje morro-cola del avión; es representado por el símbolo (ϕ)

Servomotor.

El servomotor es un dispositivo electromecánico que consiste en un motor eléctrico, un juego de engranes y una tarjeta de control, todo dentro de una carcasa de plástico. Un servo tiene la capacidad de ser controlado en posición. Es capaz de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación generalmente de 180° pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360°.

Shield.

Las shields son placas de circuitos modulares que se montan unas encima de otras para dar funcionalidad extra.

Simulador de vuelo/entrenador sintético.

Proporciona una representación exacta de la cabina de pilotaje de un tipo particular de aeronave, hasta el punto que simula positivamente las funciones de los mandos de las instalaciones y sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc.; de a bordo, el medio normal de los miembros de la tripulación de vuelo, y las características de vuelo de ese tipo de aeronave.

Simulador.

Un simulador es una máquina que reproduce el comportamiento de un sistema en ciertas condiciones, lo que permite que la persona que debe manejar dicho sistema pueda entrenarse. Los simuladores suelen combinar partes mecánicas o electrónicas y pares virtuales que le ayudan a generar una reproducción precisa de la realidad (Concepto definicion, 2019).

Software.

Es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático (Concepto definicion, 2019).

SRAM.

Son las siglas de la voz inglesa Static Random Access Memory, que significa memoria estática de acceso aleatorio (o RAM estática), para denominar a un tipo de tecnología de memoria RAM basada en semiconductores, capaz de mantener los datos, mientras siga alimentada, necesidad de circuito fresco (Wikimedia, 2019).

Timon.

Es un dispositivo utilizado para dirigir un buque, barco, submarino, aerodeslizador o cualquier otro tipo de vehículo que se mueva a través de un fluido (generalmente, el aire o el agua). En una aeronave, el timón se utiliza principalmente para contrarrestar fenómenos aerodinámicos como los

virajes

involuntarios producidos por los alerones, y el “factor p” o empuje asimétrico, y no se utiliza como control principal para dirigir el avión.

Túnel de viento.

Un túnel de viento es una instalación donde gracias a la tecnología más avanzada y a 4 turbinas de alta potencia se genera un flujo continuo de aire vertical regulable. Nacieron con la aviación y la necesidad de diseñar y probar nuevos elementos antes de ser montados en aviones reales.

Velocidad angular.

En el movimiento circular, se denomina velocidad angular a la magnitud que caracteriza la rapidez con que varía el ángulo barrido por la línea que une la partícula que gira con el centro de rotación.

Watch dog.

En electrónica, un perro guardián (en inglés watchdog) es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del Sistema en caso de que éste se haya bloqueado.

Yaw.

Una rotación de guiñada es un movimiento alrededor del eje de guiñada de un cuerpo rígido que cambia la dirección a la que apunta, a la izquierda o derecha de su dirección de movimiento.