



# SandGlass Patrol Presenta

Relación informática-industria aeroespacial

Por...

Francisco Larios Martín

[Algunos derechos reservados](#)



An aerial photograph of a blue fighter jet, likely a Eurofighter Typhoon, on a runway at night. The aircraft is illuminated from below, and its cockpit lights are glowing. The number '10332' is visible on the fuselage. The runway is marked with white lines, and the surrounding area is dark with some greenery.

# Relación informática-industria aeroespacial SIMULACIÓN



RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

# INTRODUCCIÓN





- Dado que la industria aeroespacial ha sido puntera desde sus inicios a principios del siglo XX, ha incorporado y patrocinado grandes avances técnicos y tecnológicos.
- De todos ellos la informática y la electrónica ha sido el más importante y el que más ha afectado socialmente al mundo entero.
- De igual forma los avances en electrónica e informática han llevado a la industria aeroespacial a cotas impensables en sus comienzos.
- Desde la 2ª mitad de la década de los 40, el 90 % de los descubrimientos en electrónica o informática han tenido su primera aplicación en la industria aeroespacial.
- De igual forma la industria aeroespacial ha invertido paulatinamente cada vez más cantidad de dinero en ello.
- Actualmente el 30% del presupuesto en un avión civil es aviónica, sobrepasando el 40% en el caso de uno militar de última generación.



Actualmente la informática-electrónica esta directamente presente en la industria aeroespacial en los siguientes segmentos:

- Simulación y cálculo aerodinámico.
- Simulación y cálculo estructural.
- CAD (estructural, ergonomía e interiores).
- Control de configuración y clientelización.
- ILS (Integrated Logistic Support).
- Comunicaciones.
- Control de vuelo (Fly by Wire).
- Control de actuaciones de los motores (FADEC).
- Comunicaciones.
- Navegación y posicionamiento (origen terrestre y espacial).
- Entretenimiento a bordo.
- Radares (tácticos y meteorológicos).
- Sistemas de control de tiro.
- Conrmedidas electrónicas (ECM)



Simulación es cualquier sistema artificial que intenta imitar las condiciones de una determinada actividad o entorno de la manera más realista posible.

Las razones de realizar una simulación en vez de enfrentarse al entorno real pueden ser:

- Ahorro de costes en experimentación.
- Entrenamiento.
- Disponibilidad del entorno donde se va a realizar la actividad o de disponibilidad del sistema.
- Peligrosidad del entorno real o la actividad.
- Entretenimiento.

La simulación ha existido desde siempre, tenemos como ejemplo el Kendo, en el que se usan espadas de madera en vez de metálicas, por razones de disponibilidad y de peligrosidad, o los torneos medievales.

En el caso aeronáutico los simuladores comenzaron desde el inicio de la actividad, por razones de coste (aunque los primeros aviones eran baratos de fabricar), disponibilidad y peligrosidad de la actividad.



Los simuladores aeroespaciales se componen de las siguientes partes básicas:

- Instrumentos de vuelo, comunicaciones, motor y armamento.
- Entorno visual exterior.
- Sistemas de movimiento, no en todos los casos.

Todos ellos han de estar coordinados, y responder lo más fielmente posible a la cinemática de vuelo y el entorno en el que se mueve.

No sólo simulas el aparato, sino también el entorno ambiental.

La informática y la electrónica han conseguido que estas simulaciones sean sintéticas, es decir no requerir de entorno físico real.

De todos los elementos el que más recursos consume es la visualización del entorno, así como la respuesta cinemática al mismo.



Los primeros simuladores eran cabinas del aparato original en las cuales se simulaba el entorno con movimientos mecánicos de la cabina entera y de los escasos instrumentos que llevaba.

Lo primero era familiarizarse con los controles laterales del avión. Ya en 1910 se empleó el siguiente sistema, que fue perfeccionado por la Escuela de caza francesa con un fuselaje cortado de un Bleriot, en el cual también se habían recortado las alas.





En algunos casos como el de este programa de radio, Denver 1920, en el cual te enseñaban a pilotar en diez lecciones con un palo y una silla, se llegaba al paroxismo de la simplificación.

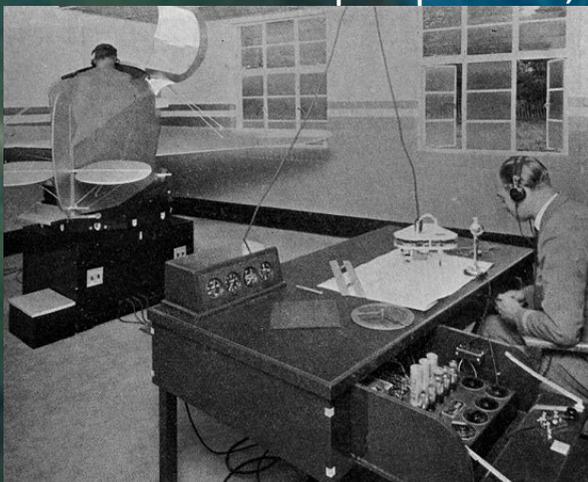




El verdadero padre de la simulación fue Ed. Link, desarrollo ya en 1929 una serie de simuladores con movimiento y actuadores electromecánicos que fueron profusamente usados, se vendieron 10.000, en el periodo de entreguerras y durante la II Guerra Mundial como entrenadores básicos de vuelo instrumental, hasta principio de la década de los 50.



La práctica totalidad de los pilotos de los EE.UU, RAF, Australia y Canadá, se entrenaron con la versión C-3. Así como con la versión ANT-18, capaz de simular el temblor pre-perdida, tren retráctil y las barrenas





La RAF en 1939 encargo a Link el “Celestial trainer “, el cual fue el primero en visualizar el exterior, aunque sólo de manera nocturna.

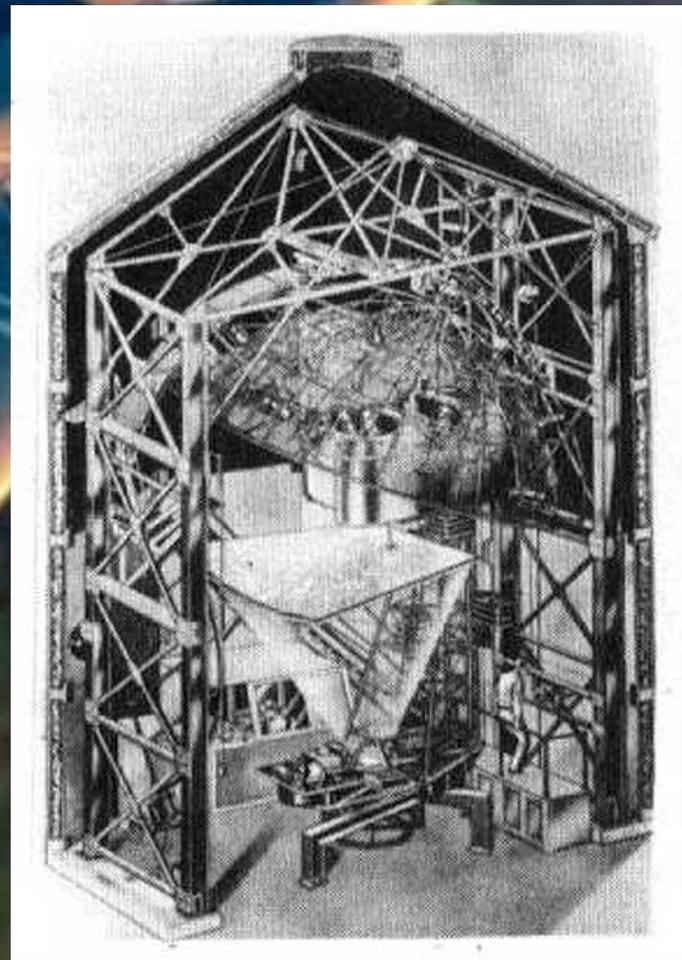
Su misión era entrenar a una tripulación de bombardero: Piloto, copiloto, y bombardero-navegante, en vuelos y orientación nocturna.

Medía 13.7 metros y proyectaba la posición de las estrellas para la práctica de orientación.

La instrumentación del piloto era básicamente la de un Link normal, pero más amplia y con algunas modificaciones

El navegante tenía también las ayudas de radio propias de la época.

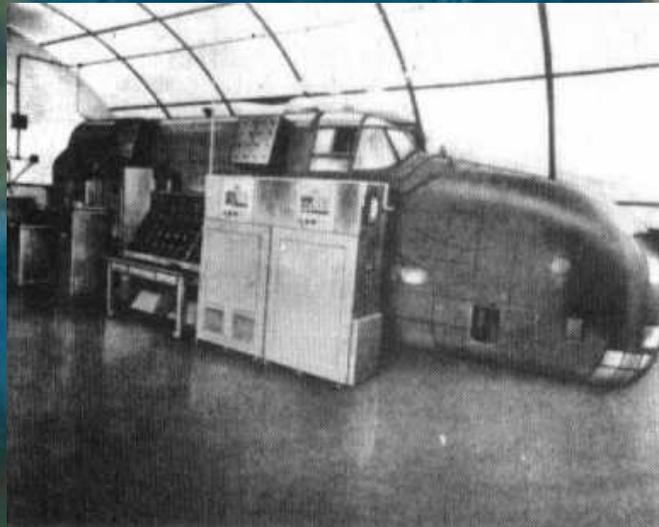
Se termino su construcción en 1941. Solamente tres permanecieron en Inglaterra, pero varios cientos estuvieron en EE.UU.





Durante la II Guerra Mundial, se emplearon distintos tipos de simulación.

Era frecuente contar con fuselajes de aparatos, sobre todo bombarderos, donde se simulaban las operaciones de bombardeo, evacuación, operaciones, e incluso carga de armamento y mantenimiento por parte de las tripulaciones de tierra. Como fue el caso del Silloth Trainer.



En algunos casos se simulaba el lanzamiento de las bombas, empleando bombas reales (sin explosivo ni detonador), sobre bancos de arena bajo el fuselaje.

De manera táctica se usaban fotografías, obtenidas por inteligencia, del lugar de bombardeo que se hacían pasar bajo el fuselaje del avión, para que el bombardero reconociera el objetivo.



RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

# PRIMEROS SIMULADORES ELECTRÓNICOS (EL TRANSISTOR)



En los primeros simuladores electrónicos se usaron computadores analógicos, o de resolución diferencial, y el objetivo era obtener la resolución de las ecuaciones aerodinámicas que gobiernan el avión.

Ya en 1929 el alemán Roeder trató el problema del movimiento de un objeto libre inmerso en un fluido. Así como en 1939 Mueller en el MIT describió una computadora capaz de resolver las ecuaciones de movimiento de un avión más rápido que en tiempo real.

Se desarrollaron distintos experimentos en Inglaterra durante la primera mitad de los 40, aunque casi ninguno vió la luz.

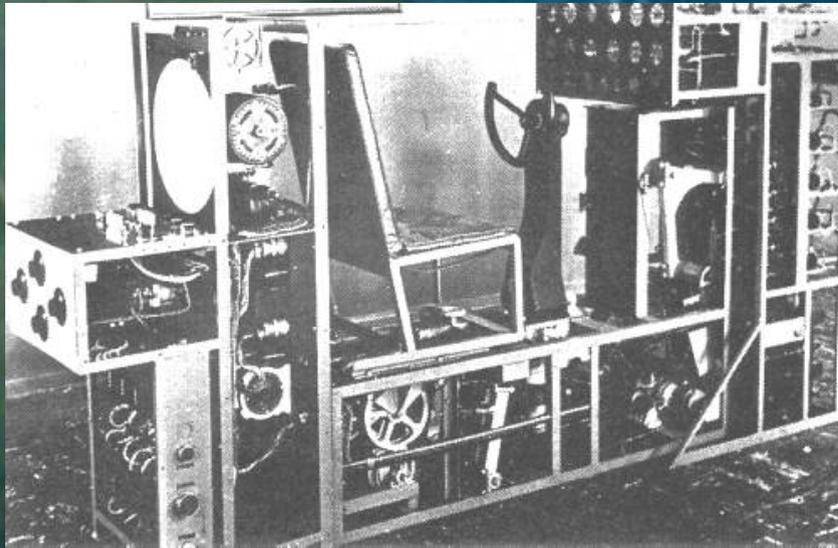
En 1941 la marina encarga el Special Devices Division of Bureau of Aeronautics le encargan un simulador del PBM-3 con un computador que resuelva las ecuaciones de vuelo, a **Bell Telephone Laboratories**. Este simulador tiene el fuselaje delantero de un PBM-3 con toda la instrumentación, mandos de control y equipos auxiliares. Es terminado en 1943 y se encargan 32.



Estos laboratorios ganaron mucha experiencia con este proyecto, ya que les obligó a desarrollar electrónica. Se dieron cuenta de que las válvulas de vacío no tenían suficiente velocidad de respuesta para resolver estos problemas.

La mayor parte del dinero de este proyecto, más una cuantiosa subvención la dedicaron a investigar sustitutos de las válvulas de vacío.

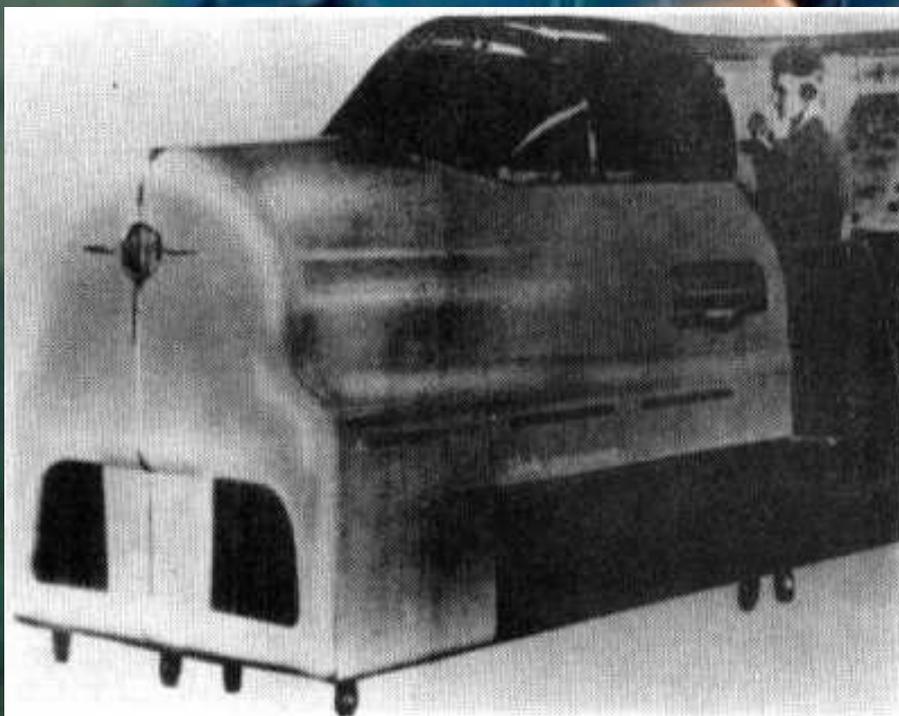
En diciembre de 1947 los **Laboratorios Bell**, concretamente Bardeen, Brattain y Shockley, descubren los transistores. Estos entrarían en plena producción 1951, fabricandose los primeros transistores de silicio en 1955.



El ingeniero Dehmel, que había trabajado en Bell, desarrolla para Curtiss Wright Corporation, y el ejército de EE.UU un simulador del AT-6, en 1943

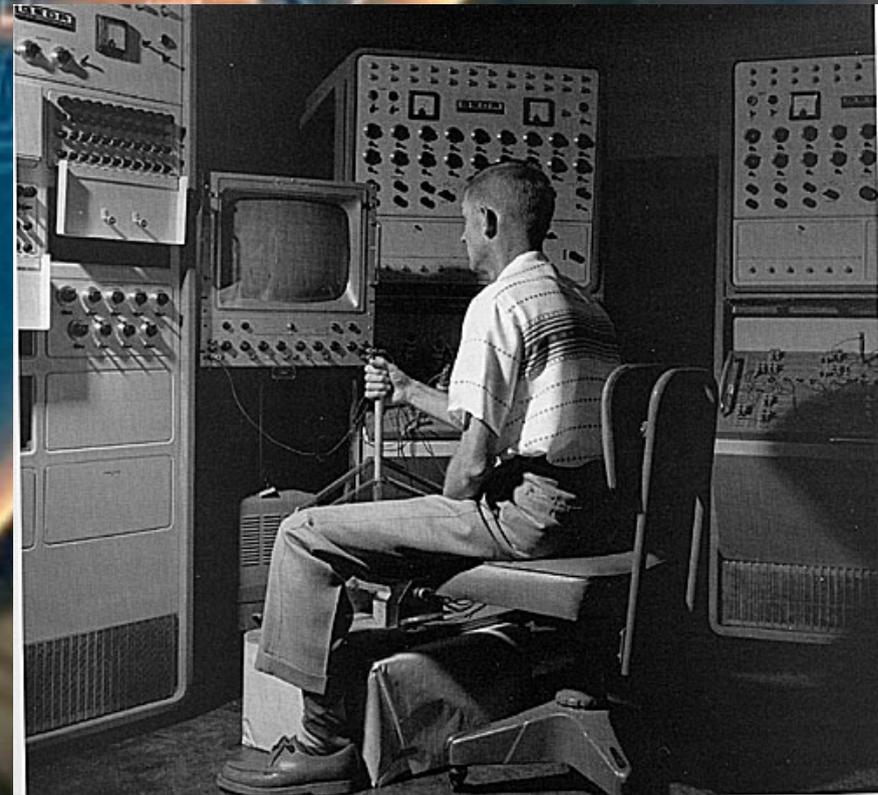
Esta misma compañía desarrolla el primer simulador civil, un Boeing 377 Stratocruiser para Pan American Airways, en 1948.

Mientras Link desarrolla su propia computadora, y la instala en el primer simulador de un avión a reacción, el C-11 jet trainer, consiguiendo un contrato con la Fuerza Aérea de Estados Unidos por 2000 unidades.



Los simuladores de los años 50 continuaron siendo con tecnología analógica.

En 1953 en el GEDA (Goodyear Electronic Differential Analyzer), trabajando para la Fuerza Aérea y la NASA, Dick Day desarrolla el primer simulador con pantalla de tubos catódicos. Concretamente de un F-100, se usaría para técnicas de prevención de control, ya que ciertas maniobras causaban accidentes en este aparato.



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection  
<http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/index.html>  
NASA Photo: E-3395A Date: 1958 Photo By: NASA

Holleman in X-1 Reaction Control Cockpit



El último simulador analógico desarrollado en el Dryden Flight Research Center para la NASA, fue el del X-15.

De hecho a partir de 1964, parte de sus computadoras eran digitales.

Uno de los pilotos que participo en las pruebas y el desarrollo fue Neil Armstrong



Dryden Flight Research Center E63-9834 Photographed APR1963  
X-15 cockpit (NASA photo)





RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

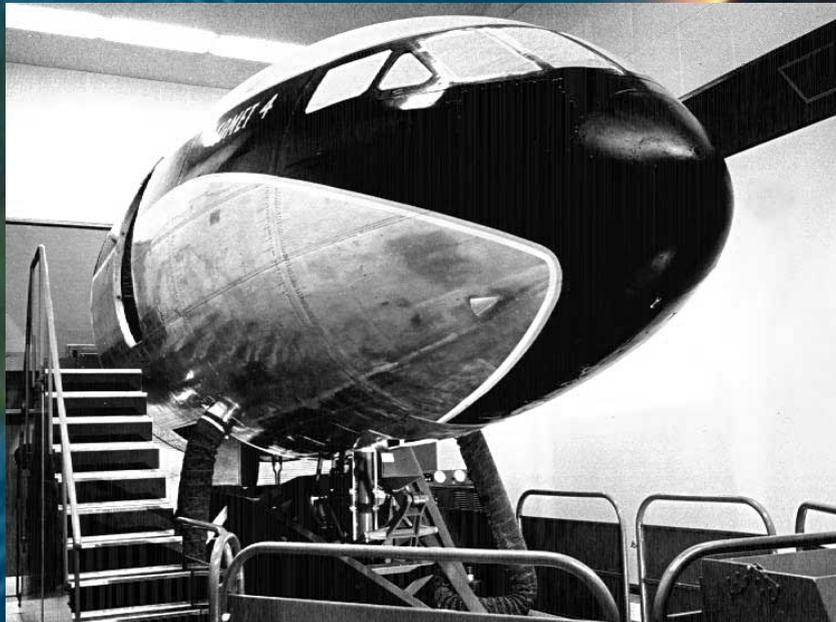
# **SIMULADORES DIGITALES: INDUSTRIA ESPACIAL**



Los simuladores analógicos presentaban problemas de fiabilidad, mantenimiento continuado, así como la falta de datos iniciales con los que trabajar.

Los fabricantes de aviones no tenían los datos de comportamiento del aparato cuando este comenzaba a volar. Se necesitaban bastantes horas de vuelo para poder tener los datos analógicos que el simulador requería.

Con la llegada de los aviones a reacción de líneas aéreas, se incrementó el tráfico, así como los sistemas de los aviones. El requerimiento era de 8 horas al día durante 5 días.





En 1950 la Marina de EE.UU, junto con la Universidad de Pensylvania empezaron el proyecto UDOFT (Universal Digital Operational Flight Trainer), terminándolo en 1960. Empleaba transistores de silicio. No como sus predecesores digitales, Mark I, que usaban válvulas.





A mediados de los 50 la industria espacial, comienza a tener requerimientos especiales. Se necesitan ordenadores, más rápidos, y sobre todo mas pequeños y ligeros.

En 1958 Jack Kilby había conseguido por la empresa Texas Instrument un circuito integrado de germanio con 6 transistores

En 1961 se lanza el programa Apolo. Los requerimientos para esta misión exceden la tecnología de esa época.

Se inyectan millones de dólares en diferentes universidades e instituciones con el fin de desarrollar los circuitos integrados.

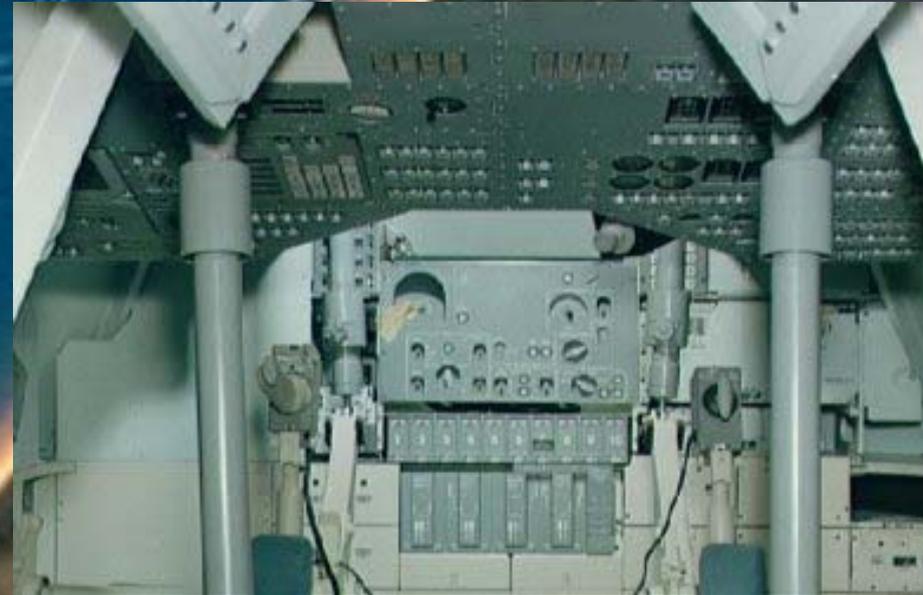
En 1963 Fairchild consigue el primer circuito integrado con 4 transistores y 3 resistores en silicio.

En 1967, Fairchild introdujo un dispositivo llamado el micromosaico, tenía cientos de transistores. Los transistores no estaban conectados entre si. Un diseñador usaba un programa de computadoras para especificar la unión para que se requiera que el dispositivo realizase, y el programa determinaba las interconexiones necesarias de los transistores y construía las fotomascaras requeridas para completar el dispositivo



A pesar de que fue 1971 cuando Intel presentó el primer microprocesador de propósito general, patrocinado en gran medida por la NASA.

Ya se habían realizado otros de propósito específico tanto para los módulos como el control de misión en tierra.





RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

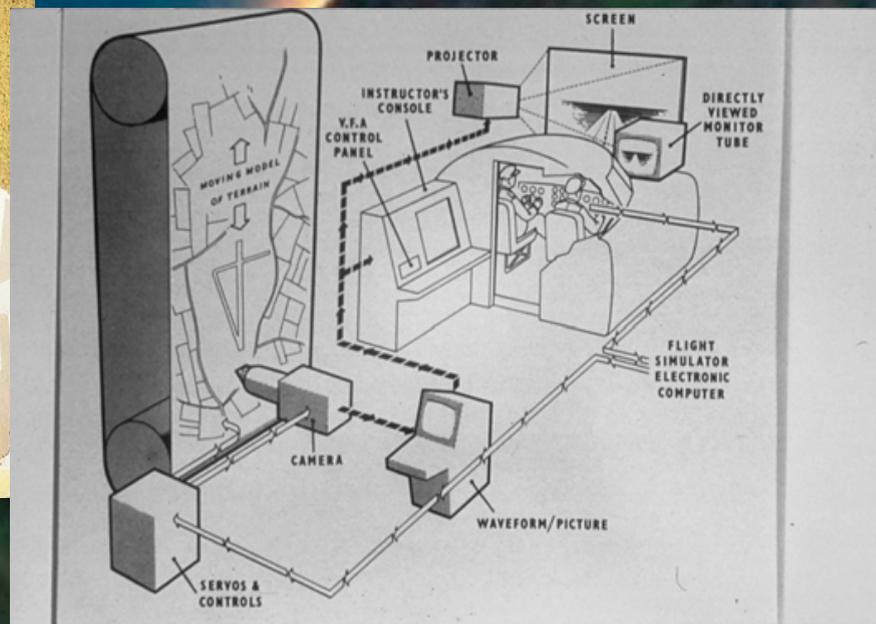
# SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN EXTERIOR Y FLY-BY-WIRE



En los años 50 los sistemas de visualización se basaban en el seguimiento de una cámara sobre una maqueta del terreno que se deseaba sobrevolar. La cual se movía al unísono con los movimientos del piloto.

Pudiendo ser con una cinta corrida o en una maqueta rígida

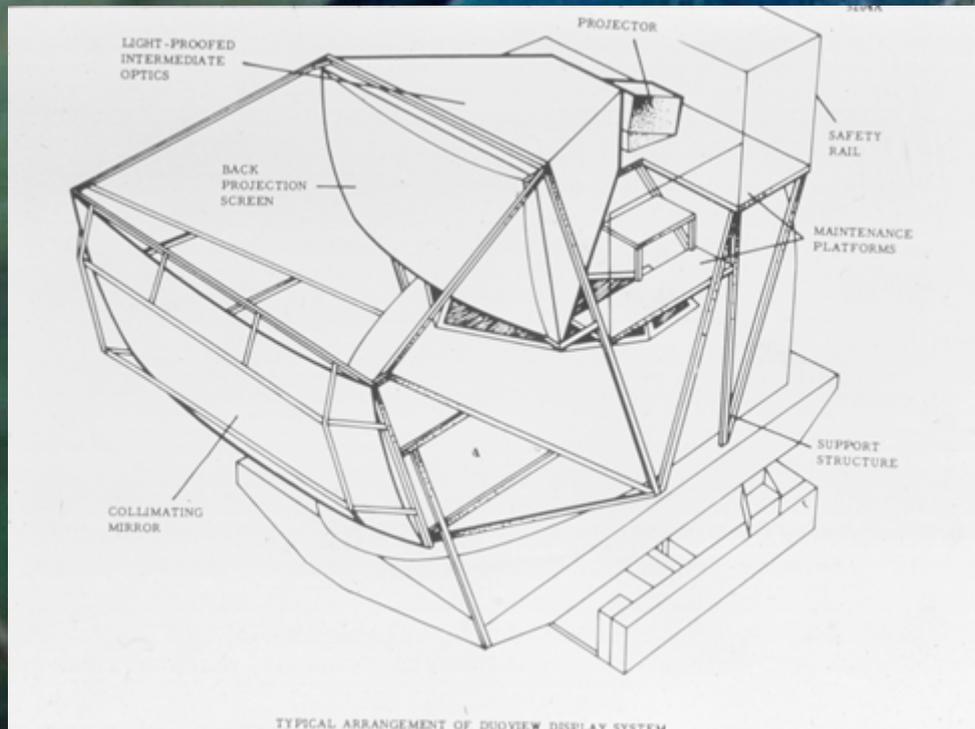
Presentaba claras limitaciones operativas, así como la cantidad de terreno a simular, y que este era completamente bidimensional.





A finales de los 50 la compañía Link empleo otro método consistente en grabar las imágenes con una cámara en el exterior. Era conocido como VAMP, y evidentemente no resolvía el proble de falta de capacidad en la cantidad de terreno a presentar. Si resolvía el que la imagen fuera más tridimensional.

El primero en ser en color llegó en 1962 realizado por Redifon





Las limitaciones en la representación, así como los avances en los microprocesadores, llevaron a los EE.UU a la creación de la “Air Force Modelling and Simulation Agency” en la década de 1970.

La inversión realizada a través de programas conjuntos con varias empresas de desarrollo llevaron a crear los primeros simuladores con CGI ( Computer Generation Image) con la compañía General Electric.

Inicialmente eran sistemas mixtos, con películas de fondo, y objetivos generados por ordenador.



Paralelamente se había desarrollado en 1972, Singer-Link un sistema con lentes colimadas que ofrecía una visión exterior al piloto de 28°. En 1976 se mejoró el ángulo alcanzado hasta los 60°.



Los simuladores actuales emplean la tecnología introducida en 1982 por Rediffusion Company, conocida como WIDE (Wide angle Infinity Display Equipment). Que permite alcanzar ángulos de 360°.

O varias pantallas planas alrededor de la cabina.





El control del avión mediante fly-by-wire consiste en el envío de señales a los actuadores de las superficies de control electrónicamente. Esta tecnología hubiese sido imposible de aplicar sin el avance microprocesadores, y programas de control de vuelo.

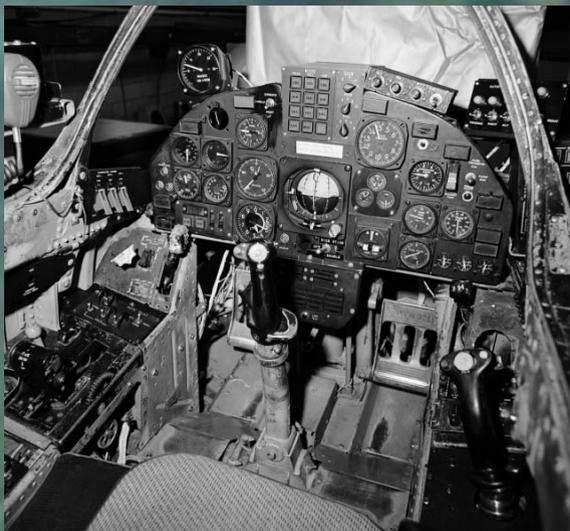
Esto ahorra peso en el aparato y permite el vuelo de aviones inestables, en el caso de que estas señales estén controladas por ordenador. Los aviones inestables cuentan en general con mayor maniobrabilidad.

El primer aparato en llevar este sistema fue el Avro Vulcan, en 1953 siendo sus señales de carácter analógico.





El primer avión en llevarlos con control digital fue un F-8 modificado por la NASA en 1972, empleando como interface el del módulo Apolo.



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection  
<http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/index.html>  
NASA Photo: E-28613 Date: 1975 Photo By: NASA  
F-8 Iron Bird Cockpit



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection  
<http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/index.html>  
NASA Photo: ECN-3276 Date: 1972 Photo by: NASA photo  
F-8 DFBW in flight



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection  
<http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/index.html>



El primer avión civil en emplear esta tecnología con señales digitales fue el Airbus A-320 en 1984.

Mientras que con señales analógicas ya lo hizo el Concorde, en 1962.

Sin duda el primer avión en emplear este sistema con señales digitales de manera profusa, siendo inestable en su vuelo fue el F-16, consiguiendo una excepcional maniobrabilidad.





RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

# DISEÑO Y CÁLCULO POR ORDENADOR



Uno de los aspectos donde la informática ha ayudado más a la industria aeroespacial, es sin duda en el desarrollo de nuevos aparatos.

Con el fin de que los vuelos de prueba fueran cada vez más seguros, tanto por el peligro para el piloto, como por los costes de la pérdida de un aparato, se desarrollaron programas de cálculo estructural y diseño.

De igual manera ha reducido los costes de desarrollo ya que se ahorran miles de horas de trabajo en ambos campos

Ya en la década de los 60 se emplearon ordenadores, a veces ajenos a las industrias para el cálculo matemático de las matrices de resistencia y diversos métodos para estructuras críticas.

Recientemente se ha podido desarrollar métodos como el de elementos finitos, imposibles de realizar sin ordenadores.



En lo que respecta al diseño el primer sistema denominado Sketchpad, fue desarrollado por el MIT para la Fuerza Aerea de los EE.UU en 1962. Este sistema empleaba un lápiz óptico y un teclado para el posicionamiento.



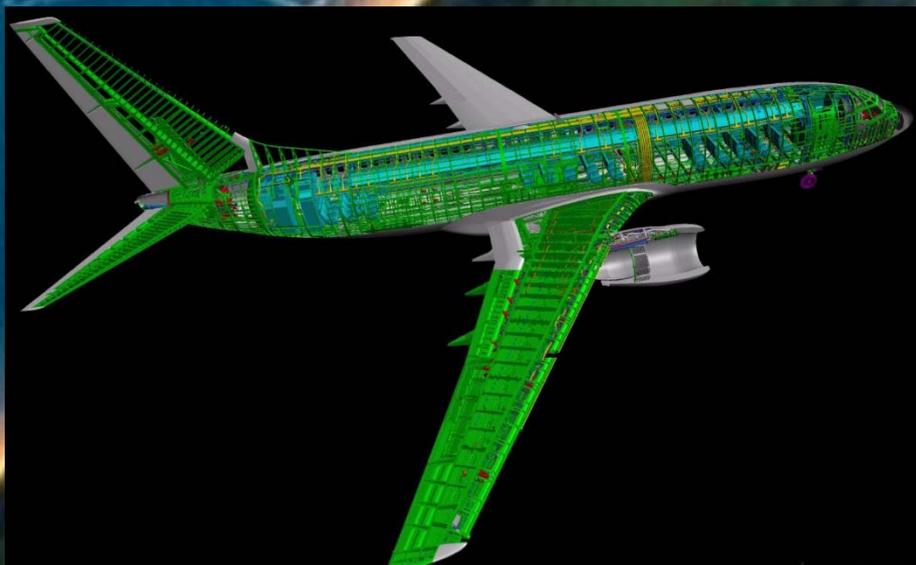
Durante la década de los 60 y principios de los 70 se desarrollan varios sistemas en distintas empresas por ejemplo General Motors (Dr. Patrick J.Hanratty) con DAC-1 (Design Augmented by Computer) 1964; Bell GRAPHIC 1; y en Renault (Bezier) – UNISURF 1971 para el diseño de coches y herramientas



Es en el comienzo de la década de los 80 cuando se populariza su uso en la industria gracias al advenimiento de los ordenadores personales.

Con programas como: Uni-Solid (Unigraphics), y el lanzamiento de CATIA (Dassault Systems), así como Autodesk con su sistema AutoCAD.

El uso del CAD y los análisis de reflexión de ondas por ordenador permitió el desarrollo de aviones como el F-117.





RELACIÓN INFORMÁTICA-INDUSTRIA AEROESPACIAL: SIMULACIÓN

# ORDENADORES PERSONALES Y SIMULACIÓN

A finales de la década de los 70 y principios de los 80 llegan a las casa los primeros ordenadores personales. Y con ellos los primeros simuladores, para los aficionados a la aeronáutica.



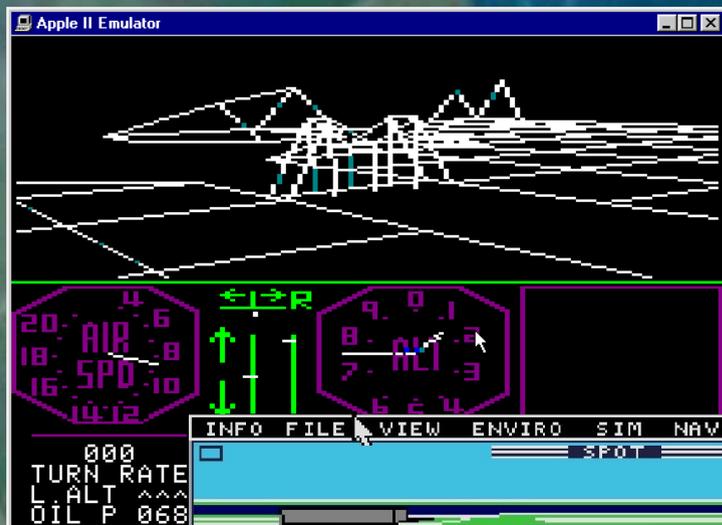
De hecho uno de lo primeros periféricos para ellos viene de la mano de la aeronáutica, el joystick.





El más famoso de los simuladores civiles es el “Flight Simulator”, desarrollado por Bruce Artwick a finales de 1977 para la compañía subLogic.

La primera versión se vendió para ordenadores Apple en 1979, siendo vendida la licencia a Microsoft en 1981 para la plataforma IBM PC





Los simuladores de vuelo son los programas que mas han exigido del hardware informático, así como de los S.O ordenadores.

De hecho las primeras tarjetas gráficas se vendieron casi exclusivamente entre los aficionados a estos programas.

Inicialmente en los ordenadores de 8 bit, la simulación era instrumental, terreno verde y cielo azul. Y en el caso de ser de combate, se tendía a terreno mallado y aviones monocromo.





No existe ningún otro tipo de programa que genere tanta cantidad de periféricos y artículos en su entorno. El nivel de realismo alcanzado es tal que muchas compañías aéreas y academias los emplean en su instrucción

Siendo también de los que habitualmente tienen un ciclo de aprendizaje largo, por tanto menor número de aficionados que otros, pero son posiblemente la comunidad más activa con páginas, foros, desarrollos, diseños de aviones, escenarios, misiones, líneas aéreas, clubs, etc..

