

# Capítulo 1

## Paneles de Instrumentos

### Cátedra de Instrumentos y Aviónica

Ing. Jorge Garcia



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FCEFyN



Departamento  
de Aeronáutica

Año 2019

# Paneles de instrumentos

## 1 Paneles de instrumentos

- **Introducción al estudio del instrumental**
  - Instrumentos de vuelo
  - Ergonomía
  - Formas de presentación de la información
- **Clasificación de los Instrumentos**
- **Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero**
- **Presentación en Pantalla Electrónica**

# Paneles de instrumentos

## 1 Paneles de instrumentos

- [Introducción al estudio del instrumental](#)
  - [Instrumentos de vuelo](#)
  - [Ergonomía](#)
  - [Formas de presentación de la información](#)
- [Clasificación de los Instrumentos](#)
- [Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero](#)
- [Presentación en Pantalla Electrónica](#)

## 2 Acrónimos

[Lista de Acrónimos](#)

# Instrumentos de vuelo

## Instrumento

Del lat. *instrumentum*.

m. Objeto fabricado, relativamente sencillo, con el que se puede realizar una actividad.

Fuente: Diccionario R.A.E.

## Instrumentos de vuelo

Conjunto de mecanismos y dispositivos que forman parte de una aeronave y que posibilitan que un vuelo se lleve a cabo en condiciones seguras.

Fuente: <https://definicion.de/instrumento/>



The Cockpit

## 2 Necesidades a cumplir:

- Permitir volar en condiciones de climáticas desfavorables, con escasa visibilidad y durante la noche
- Asegurar una operación segura y confiable
- Dar avisos tempranos sobre cualquier falla en los sistemas de la aeronave o partes de la misma, de forma que los pilotos puedan tomar una acción inmediata



How people see it



How pilots see it

## Evolución en el tiempo de las cabinas de vuelo

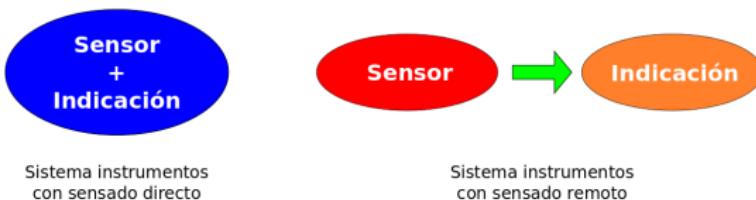


Arriba izquierda: Wright Flyer, Arriba derecha: avión primera guerra mundial,  
Abajo izquierda: Boeing 707 entre los '60 y '70, Abajo derecha: Airbus A380.

Fuente: <https://www.waybuilder.net/free-ed/SkilledTrades/Aviation/AvAirframes/10AiInstrumt/10AiInstrumtFra.asp>

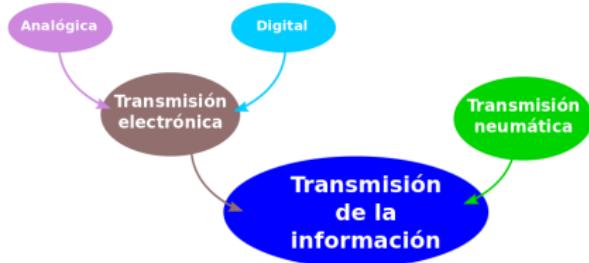
La habilidad de capturar y transmitir toda la información que un piloto requiere, de forma segura y fácil de entender, ha sido un desafío a través de la historia de la aviación.

Referencia: Federal Aviation Administration [2012]



Sistema instrumentos con sensado directo

Sistema instrumentos con sensado remoto



## Ergonomía

*Del gr. ἔργον "ergon" (trabajo) y "nomía" ( νόμος "nomos" (regla, ley), más el sufijo "ia" (cualidad))*

1. f. Estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia.
2. f. Calidad de ergonómico (adaptado a las condiciones del usuario). *El puesto de conducción tiene buena ergonomía.*

Fuente: Real Academia Española

*La Ergonomía (o Factores Humanos) es la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.*

Fuente: Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) <https://www.iea.cc/whats/>

## Ergonomía Cognitiva

“Se ocupa de los procesos mentales, tales como la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motora, que afectan a las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema.”

Fuente: Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) <https://www.iea.cc/whats/>

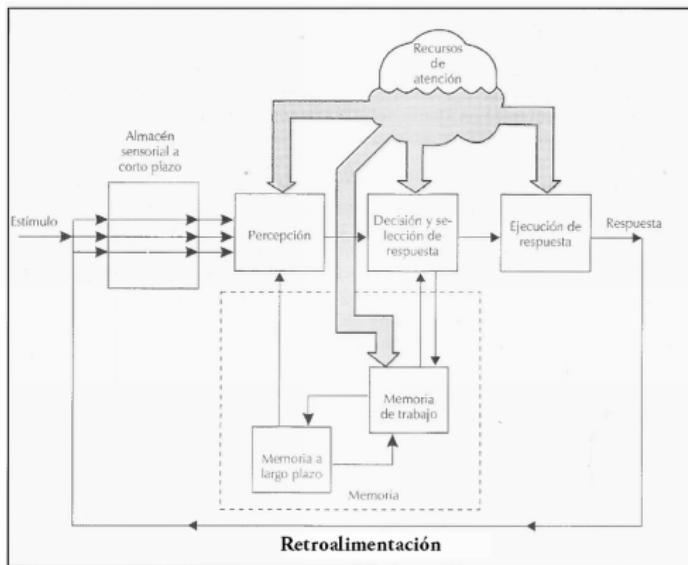
El campo de la ergonomía cognitiva surgió predominantemente en los años 70 con la llegada de la computadora personal y los nuevos desarrollos en los campos de la psicología cognitiva y la inteligencia artificial. Se contrasta con la tradición de la ergonomía física porque “*la ergonomía cognitiva es... la aplicación de la psicología al trabajo... para lograr la optimización entre la gente y su trabajo.*”

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ergonom%C3%ADa\\_cognitiva](https://es.wikipedia.org/wiki/Ergonom%C3%ADa_cognitiva)

Mayores detalles pueden consultarse en van der Veer [2008]

<https://pdfs.semanticscholar.org/ea75/ca4d902bc5089c8542751e7ed03c97c13197.pdf>

# Modelo de procesamiento de información humano



**Modelo de Procesamiento de la Información en seres humanos. Sanders y McCormick, 1993.**

Fuente: Romosquera, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Procesamiento\\_de\\_la\\_Informaci%C3%B3n.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Procesamiento_de_la_Informaci%C3%B3n.png)

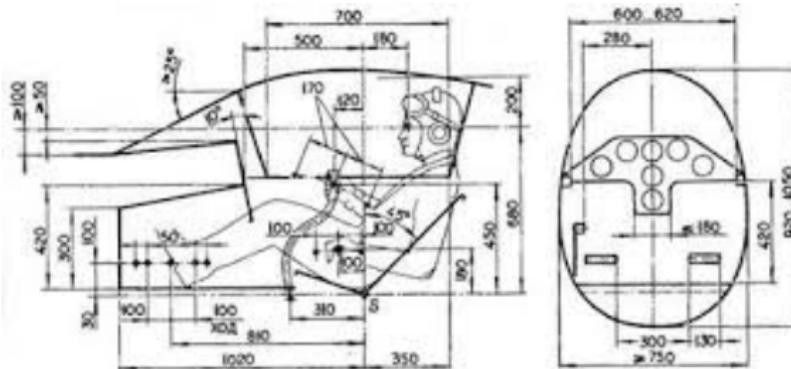
Sanders and McCormick [1993]

# Ergonomía Física

La ergonomía física se ocupa de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del usuario, en tanto que se relacionan con la actividad física.

Sus temas más relevantes incluyen posturas de trabajo, sobreesfuerzo, manejo manual de materiales, movimientos repetitivos, lesiones músculo-tendinosas (LMT) de origen laboral, diseño de puestos de trabajo, seguridad y salud ocupacional.

Fuente: Wikipedia

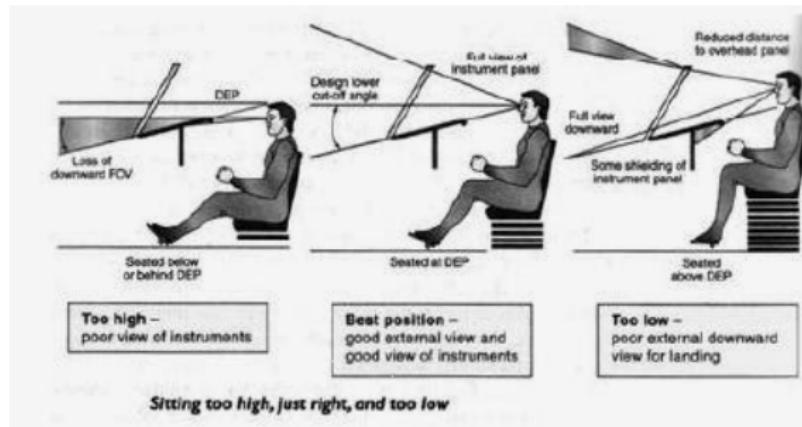


Fuente: <https://www.ijsr.net/archive/v6i2/ART2017582.pdf>

## Ergonomía Visual

La ergonomía visual, como dominio dentro de la rama de ergonomía, se centra en recomendaciones básicas que deben cumplir aquellas personas que, en el desempeño de su actividad, emplean largas horas trabajando con pantallas y monitores. Estas recomendaciones incluyen aspectos como la separación entre el usuario y la pantalla, la necesidad de separar la vista del monitor repetidamente y centralizarla en un punto lejano, o los beneficios de un parpadeo repetido que hidrate las capas corneales del ojo.

Fuente: Wikipedia

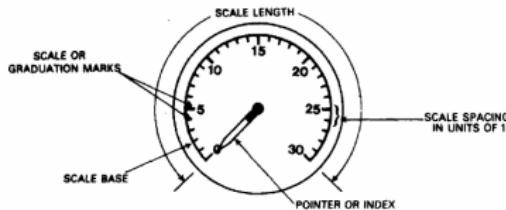


Fuente: <http://avionics-system-design.blogspot.com/2013/12/ergonomics-of-aircraft-cockpit.html>

# Formas de presentación de la información

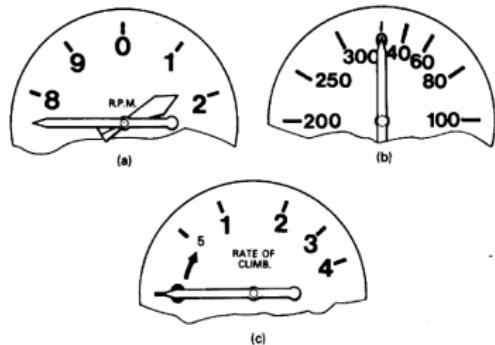
- **Presentaciones cuantitativas**
  - Escala circular
  - Escala longitudinal
- **Presentaciones cualitativas**
- **Presentaciones directoras**

# Presentaciones cuantitativas



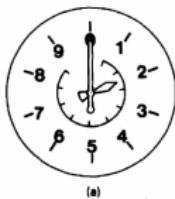
Escala circular cuantitativa

Referencia: Pallett [1992]



- a) Lineal, b) ley cuadrática,  
c) ley logarítmica

## Presentaciones cuantitativas



(a)



(b)



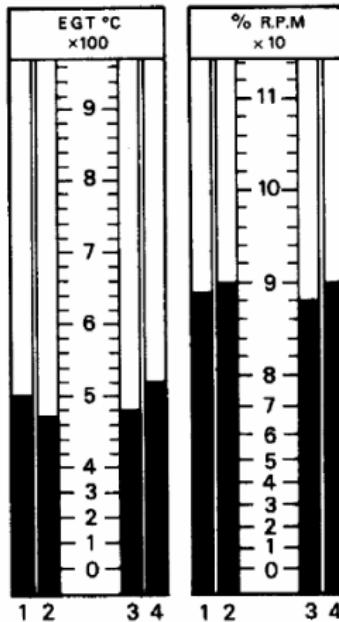
(c)



(d)

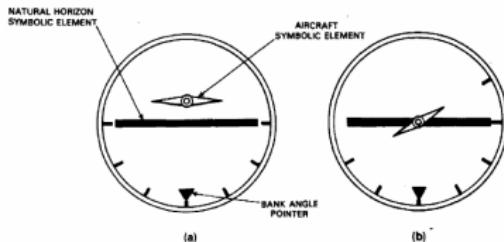
a) Escalas concéntricas, (b) escalas fijas y giratorias, (c) escala común tres agujas, (d) aguja dividida

Referencia: Pallett [1992]

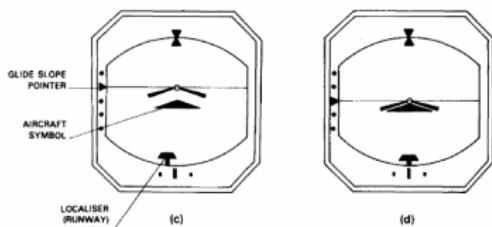


Escala longitudinal

# Clasificación de los Instrumentos



GYRO HORIZON



Director de vuelo



Terminator Hud

# Clasificación de los Instrumentos



The Evolution of the Head-Up Display

<https://www.youtube.com/watch?v=ypIbmfm7n8A>



Head Up Display



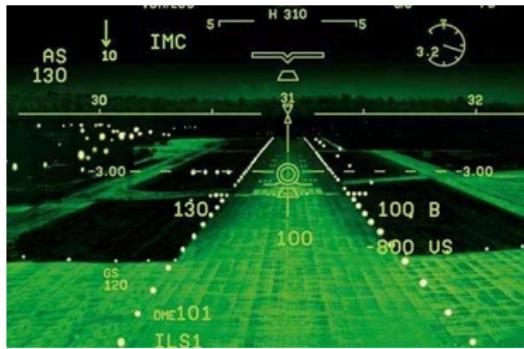
Hud futuro

# Clasificación de los Instrumentos



Enhanced Flight Vision System

<https://www.youtube.com/watch?v=DR91lyAM2YNE>



# Clasificación de los Instrumentos

- **Instrumentos del sistema pitot-estática**
- **Instrumentos giroscópicos**
- **Instrumentos duplicados**
- **Instrumentos de navegación**
- **Instrumentos del grupo motopropulsor**

## Clasificación de los Instrumentos

**Aviónica = Aviación + Electrónica**

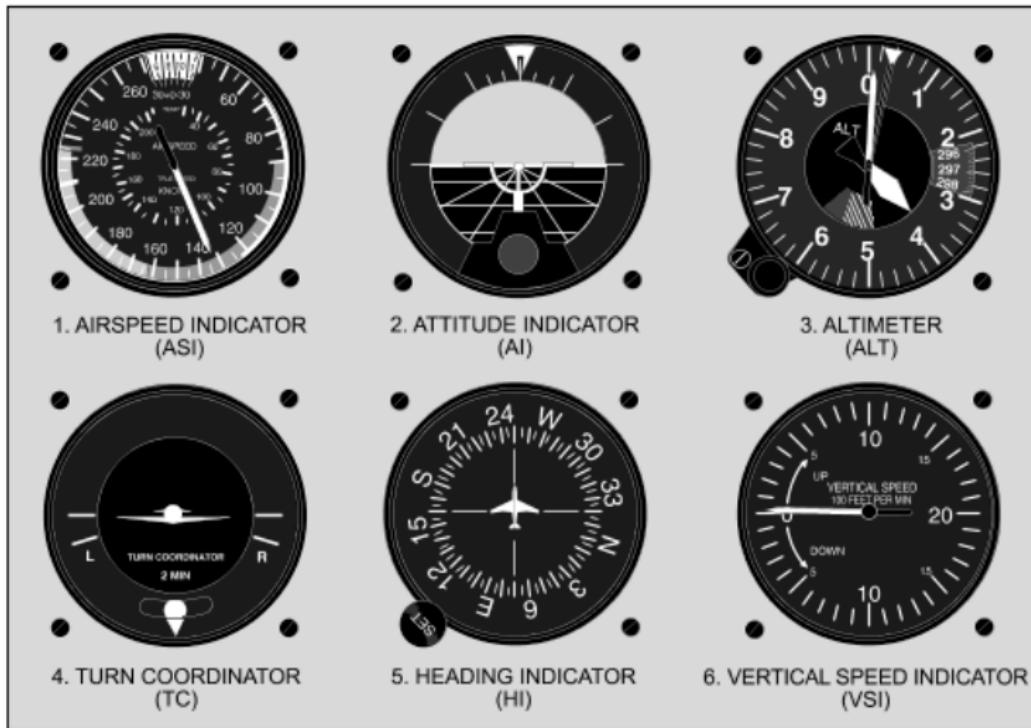
# Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero

REGULACIONES ARGENTINAS DE AVIACIÓN CIVIL (RAAC)  
PARTE 91 - REGLAS DE VUELO Y OPERACIÓN GENERAL  
SUBPARTE C - REQUERIMIENTOS DE EQUIPAMIENTOS, INSTRUMENTOS Y  
DE CERTIFICADOS

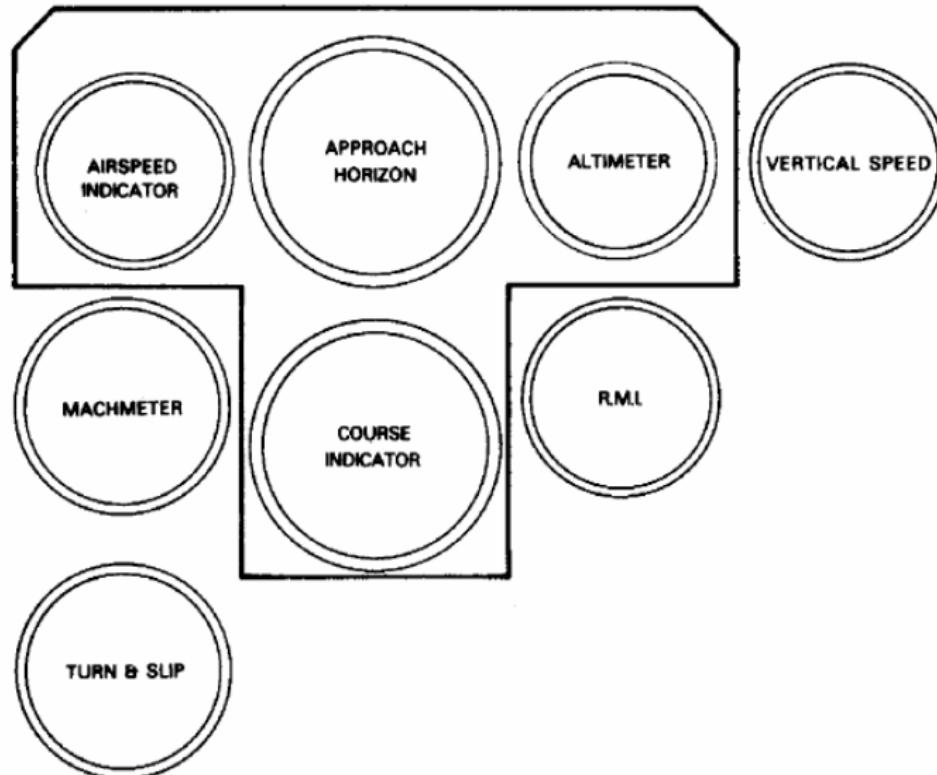
**91.205** Requerimientos de instrumentos y equipamiento para aeronaves civiles motorizadas con Certificado de Aeronavegabilidad Estándar de la República Argentina



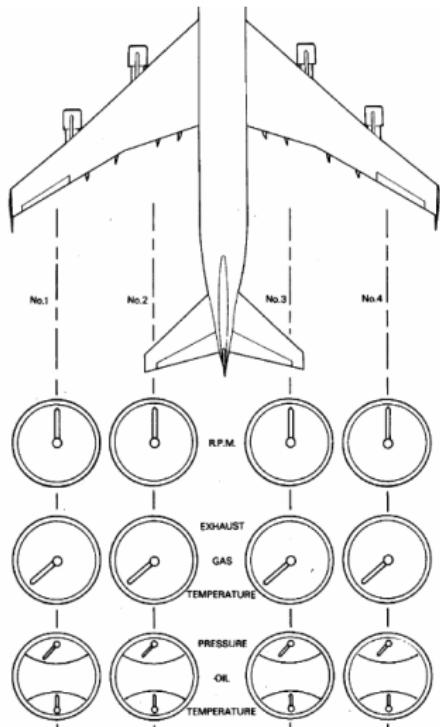
# Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero



# Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero

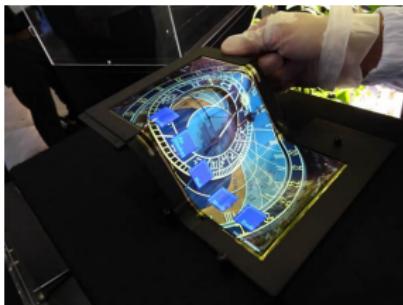
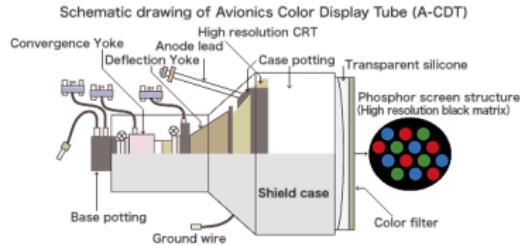


# Distribución Normalizada del Instrumental en el Tablero



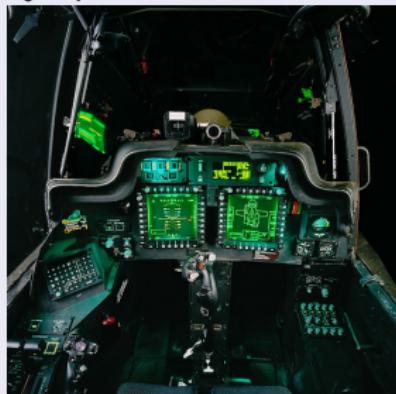
## Un poco de historia...

- 1970** NASA investigación en como mostrar instrumentos de vuelo
- 1982** Boeing 767 con pantallas electrónicas de datos tipo Cathode Ray Tube (CRT)
- 1990** Fines de la década, pantallas Liquid Crystal Display (LCD) reemplazan pantallas CRT
- Actualidad** La mayoría de las aeronaves equipadas con pantallas LCD
- Futuro** Uso de pantallas tipo Organic Light-Emitting Diode (OLED)



## EIS (Electronic Instrument System)

Ejemplos:



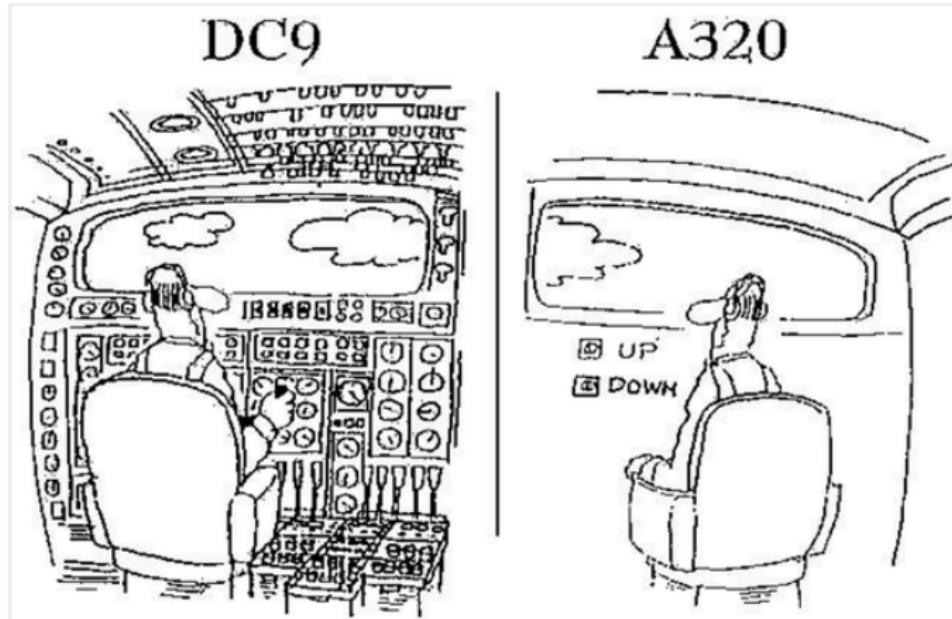
Helicóptero Apache



Boeing 787 Dreamliner

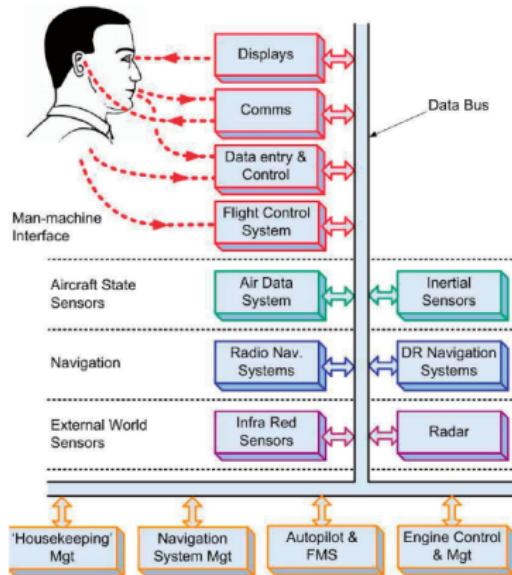
Una instalación EIS sigue la secuencia siguiente:

Pantallas  $\Rightarrow$  Controles  $\Rightarrow$  Procesadores de datos



## Bus de datos

Las señales que se envían entre los distintos componentes del EIS se transmiten por una línea de transmisión digital denominada “*Bus de Datos*”. Las señales transmitidas son pequeños pulsos de tensión en código binario (unos y ceros). Según el protocolo los unos y ceros se diferencian por tener valores distintos de tensiones positivas o negativas, variaciones de tensiones ascendentes o descendentes, falta de tensión, etc. Los pulsos de tensión tienen duraciones extremadamente breves a fin de enviar una gran cantidad de información en poco tiempo.



## Buses de datos

- Un sistema digital típico puede enviar señales de pulsos con duraciones de 10  $\mu$ seg
- Un sistema de bus digital usual en aviática es el ARINC (Aeronautical Radio INCorporated), bajo cuya denominación existen una gran cantidad de protocolos de comunicaciones con diferencias básicas en los parámetros de transmisión y recepción.
- ARINC es una gran empresa que desarrolla y opera sistemas y servicios para garantizar la eficiencia, el funcionamiento y el rendimiento de la aviación y la industria del transporte. Fue fundada en 1929 por cuatro grandes aerolíneas para proporcionar un único licenciatario de comunicaciones fuera del gobierno.
- Por ejemplo, el ARINC 429 es una especificación que define como los equipos y sistemas de aviación deberían comunicarse entre sí. Emplea una transmisión unidireccional conocida como Mark 33 DITS, de palabras de 32 bits a través de un par trenzado usando el formato bipolar RZ. Los mensajes se transmiten a una tasa de 12,5 o 100 kilobits por segundo. La transmisión y la recepción se realizan en puertos separados, por lo que es posible que se necesiten muchos cables en las aeronaves que utilizan una gran cantidad de sistemas de aviación.

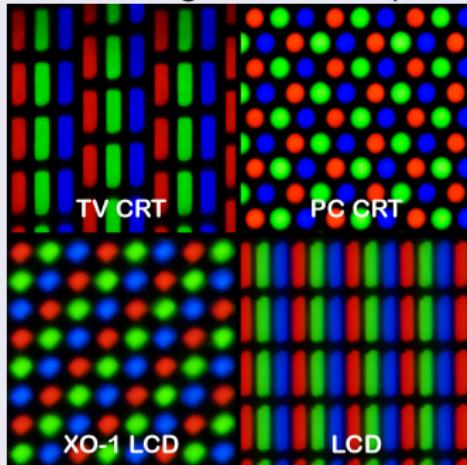
## Pantallas presentación de datos

- CRT

- LCD

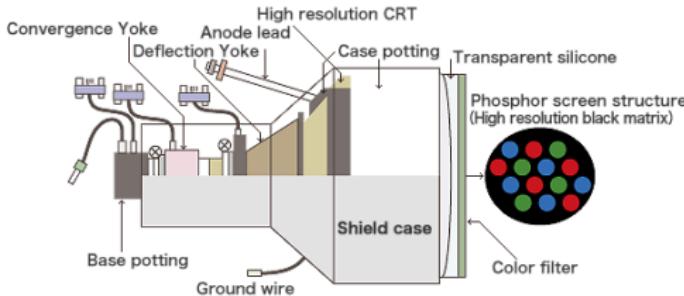
- OLED

La imagen se forma por la unión de muchos puntos (píxeles). El píxel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.



## Pantalla CRT

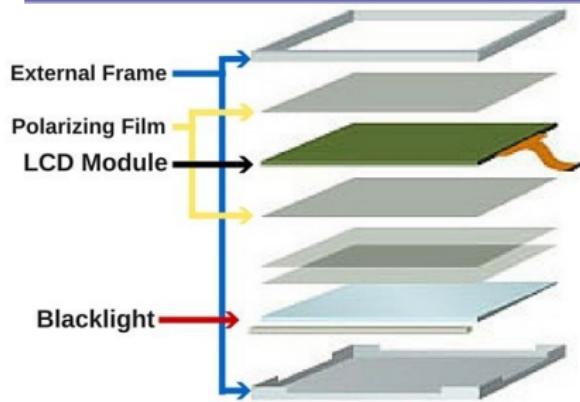
Schematic drawing of Avionics Color Display Tube (A-CDT)



- Los datos son enviados desde la computadora por medio del puerto de video hacia los circuitos del monitor.
- Los circuitos internos los reciben y de acuerdo a lo especificado por la computadora controla los cañones de electrones.
- Estos cañones lanzan haces de electrones hacia la pantalla, la cual tiene zonas sensibles fosforescentes (píxeles) y al recibirlos emiten un pequeño pulso de luz.

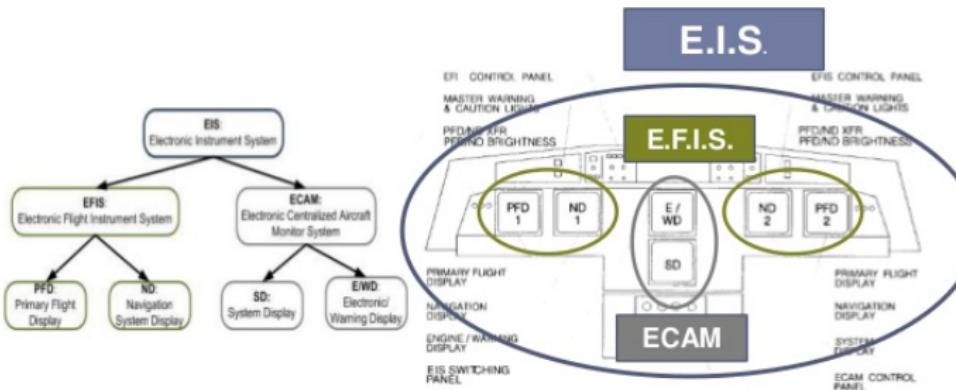
- Para pantallas monocromáticas integra solo un cañón, para el monitor a color integra tres cañones y cada uno controla un color (rojo, verde y azul), sistema RGB, los cuales mezclados determinan el color del píxel en pantalla.
- La trayectoria de los electrones es vertical y horizontal hacia los píxeles de la pantalla, es controlada por medio de bobinas que emiten campos magnéticos.
- Como el tiempo que permanece encendido el píxel es muy corto, el proceso se repite varias veces por segundo en toda la pantalla de manera horizontal y hacia abajo (entre 56 y 120 veces); a este proceso se le denomina frecuencia y se mide en Hz o ciclos sobre segundo.
- Lo anterior se repite aunque para el usuario la pantalla parezca estática, ésta se está refrescando varias veces por segundo.

## Pantalla LCD



- Este dispositivo cuenta con un microprocesador encargado de determinar la posición de cada píxel.
- Una pantalla LCD cuenta con 2 placas de vidrio, una de ellas está iluminada de la parte trasera por una luz intensa procedente de lámparas CCFL (Cold-Cathode Fluorescent Lamps / Lámparas fluorescentes de cátodo frío), lo que permite el brillo en la pantalla.
- Una vez que se determina el píxel a colorear, la celda cuenta con 3 sustancias propensas a recibir corriente y colorearse de algún color físico (verde, rojo y azul) por medio de polarización.
- La corriente que le llega a cada píxel determina la saturación para cada color y así se genera la gama de colores.
- El proceso se repite cada vez que cambian las imágenes en la pantalla.

$$\text{EIS} = \text{EFIS} + \text{ECAM}$$



- ▶ **EIS:** Electronic Instrument System.
- ▶ **EFIS:** Electronic Flight Instrument System (Glass Cockpit).
- ▶ **ECAM:** Electronic Centralized Aircraft Monitor.
- ▶ 4 types of instruments: **PFD, ND, E/WD, SD.**

## PFD: Primary Flight Display

El PFD reemplaza a los seis (6) instrumentos tradicionales

Muestra la información crítica de vuelo incluyendo velocidad, altitud,dirección (heading) actitud y velocidad vertical

Está diseñado para mejorar las alertas al piloto al integrar información en una sola pantalla

Reduce el tiempo para monitorear otros instrumentos

Alerta a los pilotos de condiciones potencialmente peligrosas cambiando el color o la forma en el display o mediante alertas de sonido. (baja velocidad, alta tasa de descenso)



MDF: MultiFunction Display o ND (Navigation Display)

#### Información para navegación (VOR, DME, ILS)

Información climática de múltiples sistemas (radar a bordo, sensores de detección de relámpagos)

Idem al PFD el MDF puede cambiar color, forma y dar alertas sonoras



**ECAM : Electronic Centralized Aircraft Monitor (Airbus)**

**EICAS : Electronic Centralized Aircraft Monitor (Boeing)**

Monitorear los sistemas de la aeronave: p.e. combustible, sistemas eléctricos y del motor

Usualmente dos (2) pantallas, una arriba de la otra

La pantalla superior muestra sistemas motores, posición flaps cantidad de combustible e información de alerta

La pantalla inferior muestra diversos parámetros de sistemas

Brinda alarmas en caso de malfuncionamiento

P.e. en caso de pérdida de presión de aceite en un motor, el ECAM hace sonar una alerta, cambia la pantalla a una que muestra el sistema de aceite y señala la baja presión con una caja roja.



EICAS status



EICAS presión cabina.



## ECAM presentación

## Flight Management System (FMS)

Instrumentos para mantener el plan de vuelo (flight plan) permite a los pilotos modificarlo en vuelo

Dada la posición y el plan de vuelo, el FMS se encarga de guiar el avión a lo largo del mismo, gestiona los diversos factores que afectan al vuelo del avión, tanto la ruta que tiene que seguir, como los niveles óptimos a los cuales volar para reducir el consumo y hacer un vuelo más eficiente.

Usualmente se presenta como una pantalla pequeña y un teclado

El FMS se compone principalmente del Control Display Unit (CDU) y el Flight Management Computer (FMC)

El piloto introduce los datos al FMC a través de la CDU que no es más que un teclado y una pantalla que sirve para la comunicación entre el piloto y el FMC. A través de la CDU el piloto programa la ruta del vuelo, las Standard Instrument Departure (SID) y las Standard Terminal Arrival Route (STAR), así como los puntos en las rutas donde el avión debe ascender a niveles óptimos según disminuye el peso del avión.

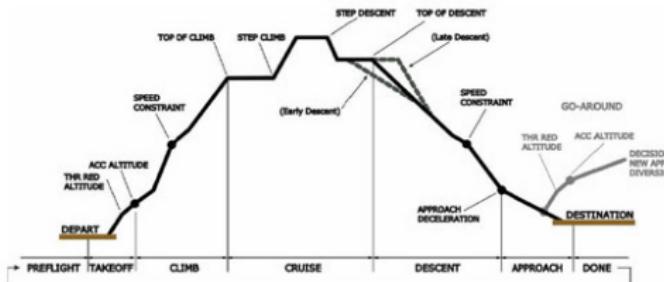


Grafico: Airbus



## Presentación en Pantalla Electrónica

El FMC además adquiere datos de muchos de los sistemas del avión. Para empezar recibe información de los inerciales, y de los Global Positioning Satellite or Global Positioning System (GPS) para triangular la posición del avión y tener una posición aún más exacta de donde se encuentra el avión.

El FMS tiene principalmente dos bases de datos. Una base de datos de navegación, donde están almacenadas las rutas, aerovías, SID, Standard Terminal Automation Replacement System (STARS), así como las frecuencias de las radio ayudas a la navegación que va a sintonizar automáticamente a lo largo de la ruta. Esta base de datos se renueva cada 28 días para poder estar actualizada cuando se producen cambios en los espacios aéreos o se modifican procedimientos de aproximación. El FMC es capaz de guardar dos (2) bases de datos de navegación.

La otra base de datos es de performance del avión. Esta base de datos contiene información de los niveles óptimos de vuelo dependiendo del peso del avión. Los consumos que tiene el avión para cada peso y nivel de vuelo. Las predicciones de ascenso y descenso del avión.

Como el avión va envejeciendo a lo largo de su vida y disminuyendo sus performance, el FMS admite un valor de degradación de las performance que se introduce en la página principal del CDU para que de unas previsiones de combustibles más reales según el avión se va haciendo "mayor"

Con el tiempo el FMS ha ido mejorando y abarcando nuevas posibilidades. Así Airbus cambia el nombre al CDU y le ha pasado a llamar Multi Control Display Unit (MCDU). Ahora no solamente se puede acceder al FMC a través del teclado de la CDU si no a una infinidad de nuevos servicios. Mediante el MCDU se accede al Air Traffic Services Unit (ATSU), Aircraft Integrated Data System (AIDS), Centralised Fault Display System (CFDS) y al FMS comentado hasta ahora y llamado por Airbus Flight Management Guidance System (FMGS).

- El ATSU es el acceso al Acars o sistema de comunicaciones tanto con la compañía como con el control aéreo. A través de esta opción se recibe desde la hoja de carga, cualquier mensaje escrito que envíe la compañía, hasta la autorización para ingresar a otro país.
- El CFDS es usado principalmente por el personal de mantenimiento. En él están los reportes de mantenimiento del vuelo, y las averías que haya tenido el avión, por muy pequeñas o temporales que hayan sido (aunque haya sido un fallo temporal de cualquier fusible por menos de 1 sg se queda registrado).
- El AIDS es otra herramienta que maneja mantenimiento, sirve para interrogar y realizar TEST a cualquier sistema del avión para conocer en qué estado de operatividad se encuentra.



Las pantallas OLED consisten en paneles muy delgados que permiten un ahorro de peso y espacio, la potencia que necesitan es muy reducida y poseen posibilidades de emplearse como pantallas flexibles aunque, también poseen limitaciones. El principal problema es la madurez de la tecnología que no es suficiente para el uso en aviónica, su brillo no es suficiente y su vida útil, reducida.

http:

//www.optinvent.com/wp-content/uploads/2016/03/0dicis\_IDW10final\_2.pdf

AIDS: Aircraft Integrated Data System

ARINC: Aeronautical Radio INCorporated

ATSU: Air Traffic Services Unit

BIT: BIinary Digit

CFDS: Centralised Fault Display System

CDU: Control Display Unit

CRT: Cathode Ray Tube DITS: Digital Information Transfer System

EFD: Electronic flight display

EICAS: Engine indication crew alerting system

FMC: Flight Management Computer

FMGS: Flight Management Guidance System

FMS: Flight Management System

GND: Ground (tierra)

GPS: Global Positioning Satellite or Global Positioning System

GPWS: Ground proximity warning system

LCD: Liquid Crystal Display

MCDU: Multi Control Display Unit

OLED: Organic Light-Emitting Diode

SID: Standard Instrument Departure

STAR: Standard Terminal Arrival Route

STARS: Standard Terminal Automation Replacement System

## Bibliografía

- Bhandari, V. (2010). *Design of Machine Elements*. Tata McGraw-Hill.
- Federal Aviation Administration (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe*, volume 2.
- Pallett, E. (1992). *Aircraft Instruments and Integrated Systems*. Longman.
- Sanders, M. S. and McCormick, E. (1993). *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill International Editions. McGraw-Hill.
- van der Veer, G. C. (2008). Cognitive ergonomics in interface design - discussion of a moving science. *Journal of Universal Computer Science*, 14(16):2614–2629.