

Capítulo 2

Medición de Datos de Aire

Instrumentos y Aviónica

Ing. Jorge Garcia



Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEFyN



Departamento
de Aeronáutica

Año 2016

Capítulo 2. Medición de datos de aire

1 Capítulo 2. Medición de datos de aire

- Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas
- Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura
 - Altímetros barométricos
 - Servoaltímetro
- Indicador de velocidad vertical
- Velocímetros. Machmetros
- Computadores centrales de datos de aire

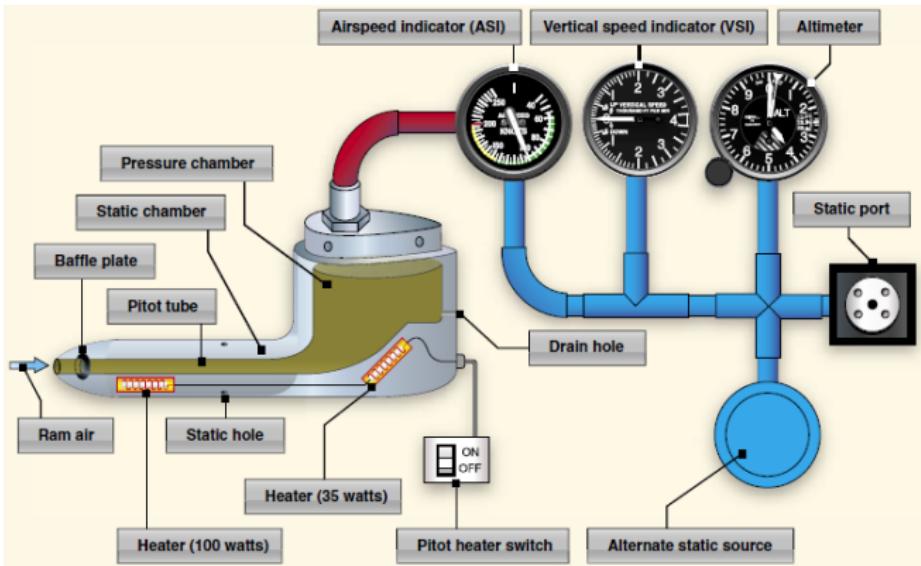
Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

Circuito de presiones pitot-estática

Consiste en un sistema de sensores e instrumentos sensibles a la presión, que se utiliza en aeronáutica para determinar la velocidad de una aeronave con relación al aire, la altitud y la variación de altitud.

Los instrumentos que los utilizan son el Altímetro, el Velocímetro, el Variómetro y, en algunos casos, el Indicador de Número de Mach. Otros instrumentos que pueden estar conectados al sistema son Computadores Centrales de Datos de Aire, Registradores de Datos de Vuelo, Controles de Presurización de Cabina, etc.

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Sistema de presión estática y total

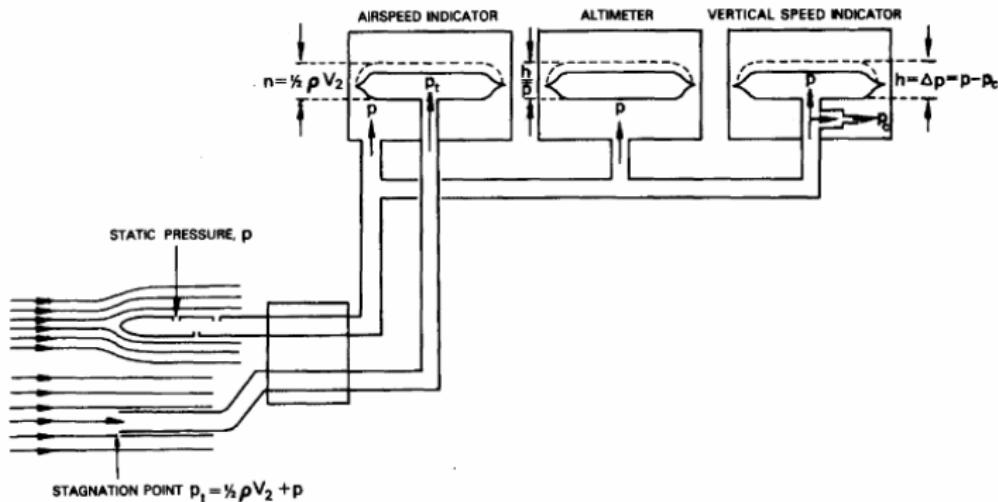
Fuente: Federal Aviaton Administration

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

Sensado de presiones

La detección de la presión total y la presión estática la efectúa una sonda, adecuadamente situada en la corriente de aire, que transmite las mismas a los instrumentos.

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Sensado y distribución de la presión estática y total

Fuente: Pallet, *Instrumentos del avión*

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

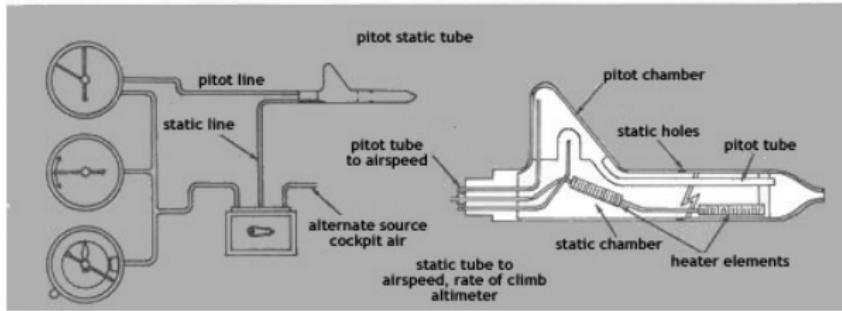
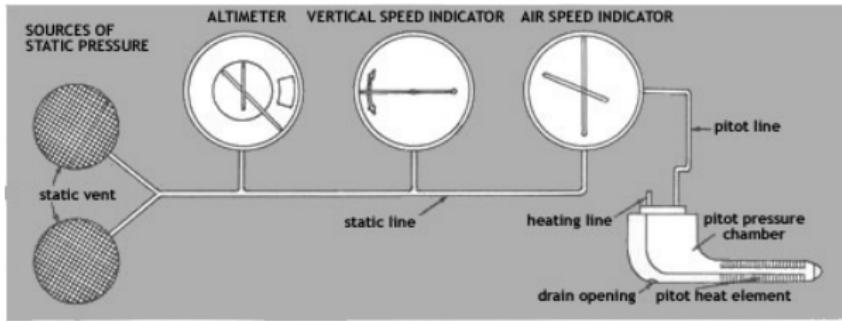


Sonda de presión total (pitot)

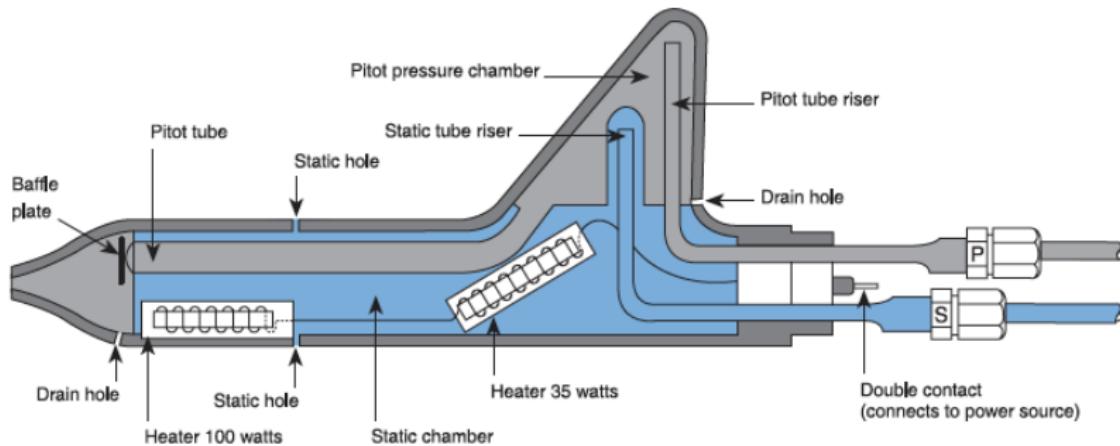


Toma de presión estática

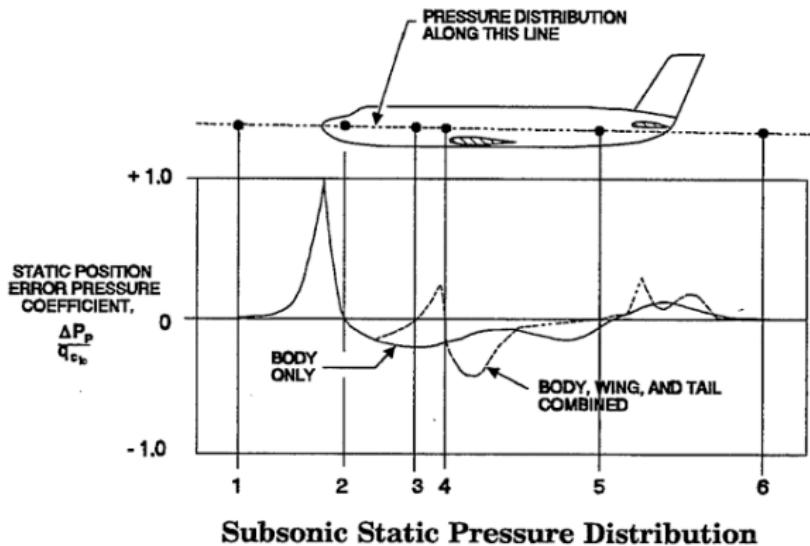
Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

Engelamiento

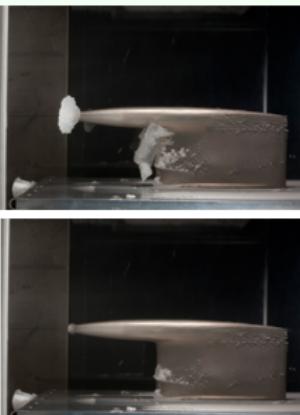
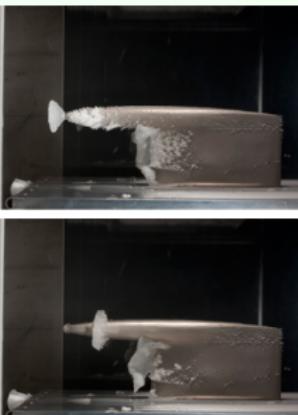
El engelamiento sobre una aeronave se define como el depósito de hielo sobre la misma, que se produce cuando el agua líquida subfundida se congela al impactar con la aeronave. El hielo se adhiere principalmente a los elementos expuestos al viento relativo, y a aquellas partes que sobresalen de la cálula del avión, pudiendo dar lugar a:

- Alteraciones en las propiedades aerodinámicas de la aeronave en vuelo.
- Reducción de la visibilidad.
- Interferencias en las ondas de radio.
- Errores en los instrumentos.
- Aumento del peso de la aeronave.
- Pérdida de potencia.
- Vibraciones que provocan fatiga estructural.

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

Engelamiento

El engelamiento sobre un avión puede producirse dentro de nubes, dentro de bruma o niebla, y en el seno de la precipitación (lluvia engelante).

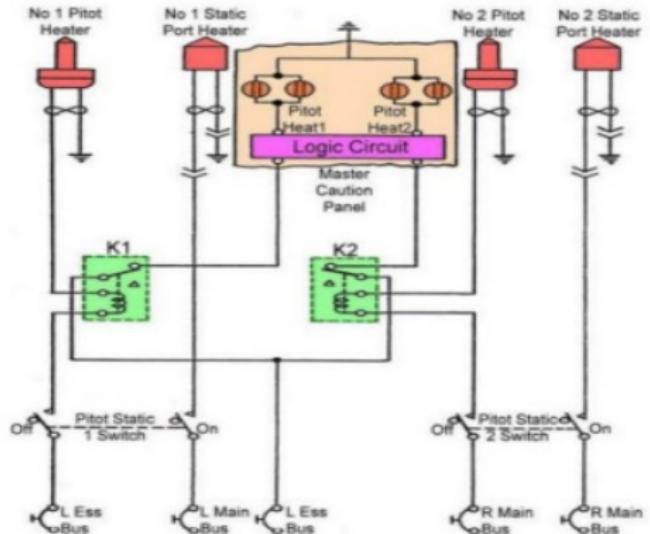


Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas

Factores que ayudan al engelamiento

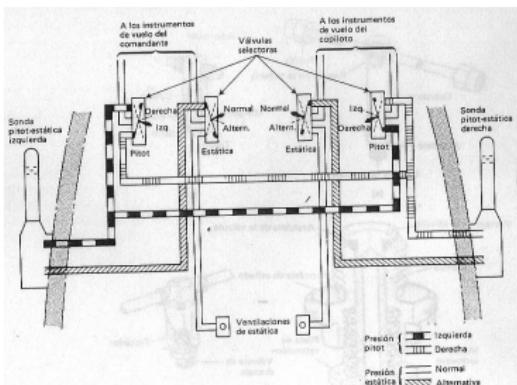
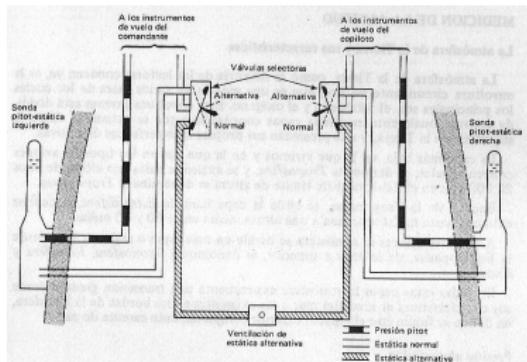
- ① Para que se forme engelamiento sobre una aeronave se requiere contenido de agua líquida, temperatura ambiente bajo cero y temperatura superficial de la aeronave bajo cero. Puede haber gotas grandes(entre -2°C y -15°C) y gotas pequeñas(entre -15°C y -40°C)
- ② La convergencia en niveles bajos e inestabilidad, que son favorables a fuertes ascensos
- ③ Los embolsamientos de aire frío en altura que favorecen los movimientos verticales y la inestabilidad.
- ④ El paso de sistemas frontales, que son origen de importantes movimientos verticales.
- ⑤ El terreno montañoso favorece los ascensos del aire, contribuyendo a aumentar la cantidad de gotitas de nube y la posibilidad de engelamiento,
- ⑥ El efecto de las costas es similar al orográfico. El aire húmedo procedente del mar, por efecto del ascenso, alcanza el nivel de condensación, aumentando el contenido de agua líquida en las nubes y la posibilidad de engelamiento.

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



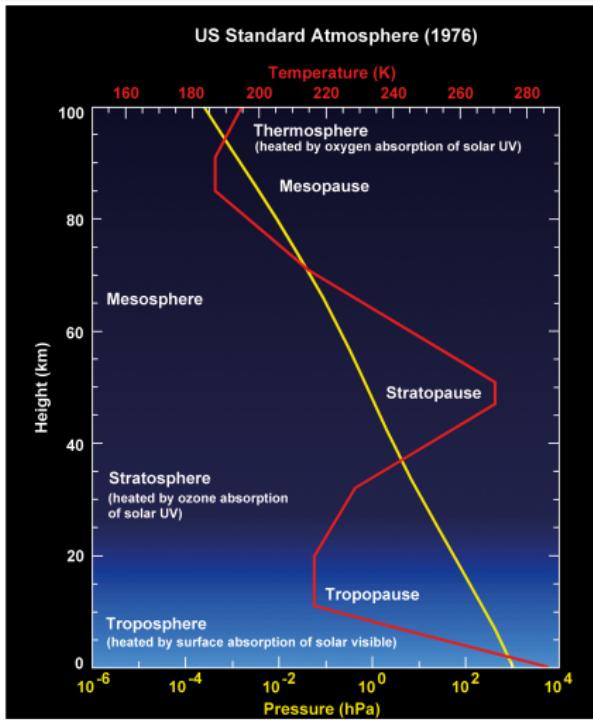
Sistema de calentamiento de tomas pitot y estáticas

Circuitos de presiones estática y total. Toma de presiones alternativas



Sistemas de presiones pitot y estáticas alternativas

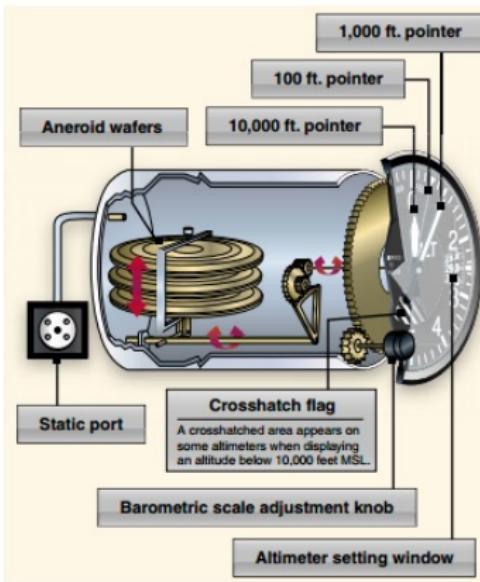
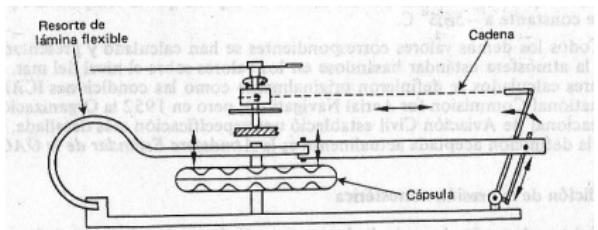
Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura



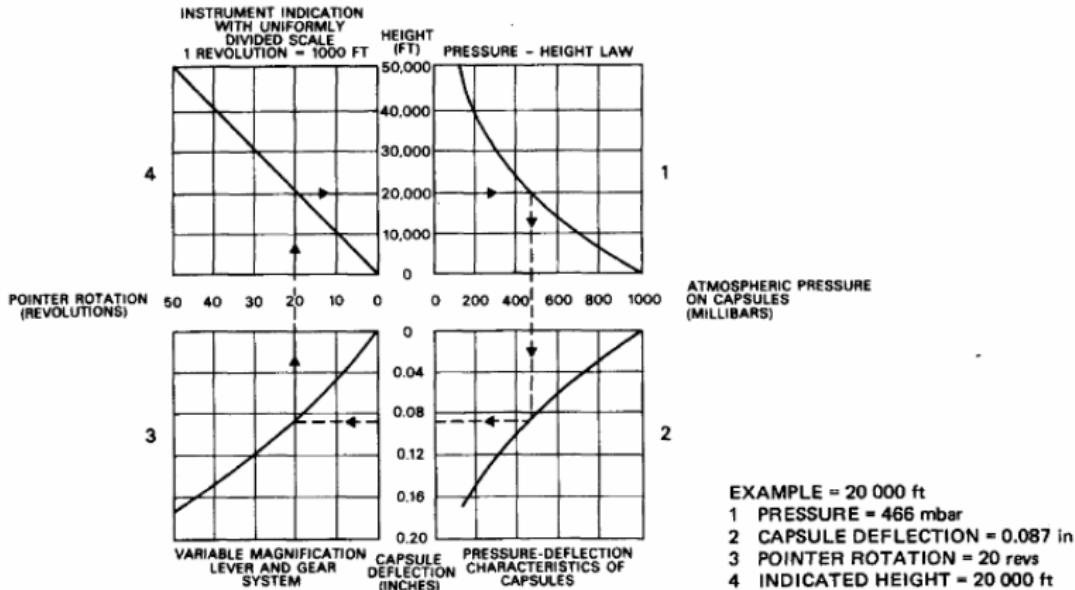
Atmósfera Estandar (ISO 2533:1975)

$$\begin{aligned}
 p &= \rho R T & R &= 287 \text{ m}^2/\text{seg}^2/\text{A}^\circ\text{K} \\
 T_0 &= 288,15 \text{ A}^\circ\text{K} & \rho_0 &= 1,225 \text{ kg/m}^3 \\
 p_0 &= 1013,25 \text{ hPa} = 14,7 \text{ psi} \\
 \alpha &= -6,5/1000 \text{ A}^\circ\text{K/m} \\
 T &= T_0 + \alpha h \\
 p &= p_0 \left(\frac{T_o}{T} \right)^{-\frac{g}{\alpha R}} \\
 \rho &= \rho_0 \left(\frac{T_o}{T} \right)^{-\frac{g}{\alpha R}} - 1
 \end{aligned}$$

Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura

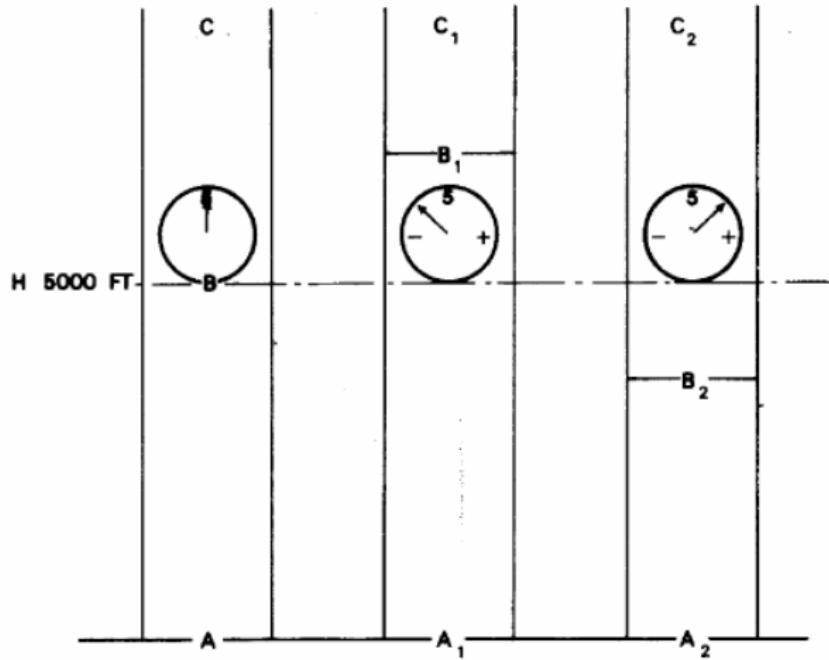


Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura



Conversión de la relación presión-altura a una escala lineal

Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura



Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura

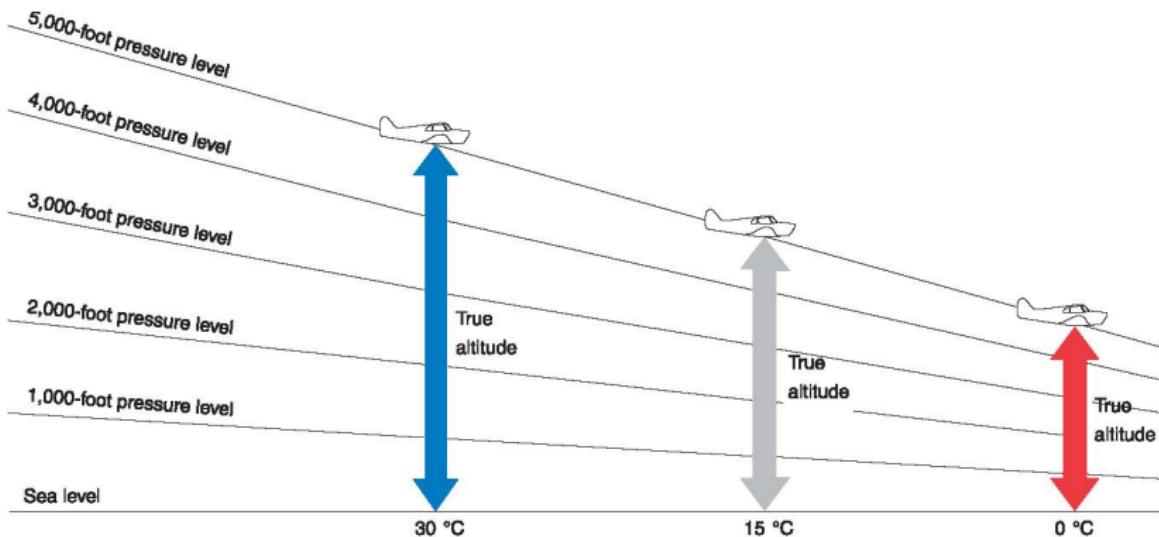


Figure 3-6. Effects of nonstandard temperature on an altimeter.

Efecto de la temperatura en la atmósfera

Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura

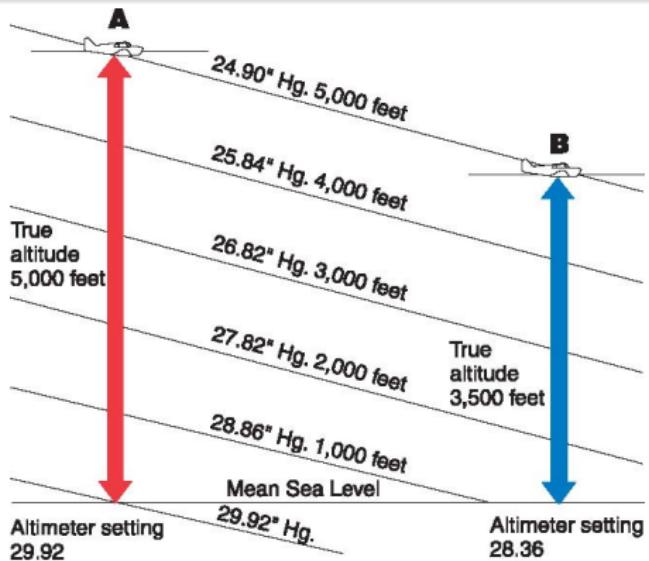
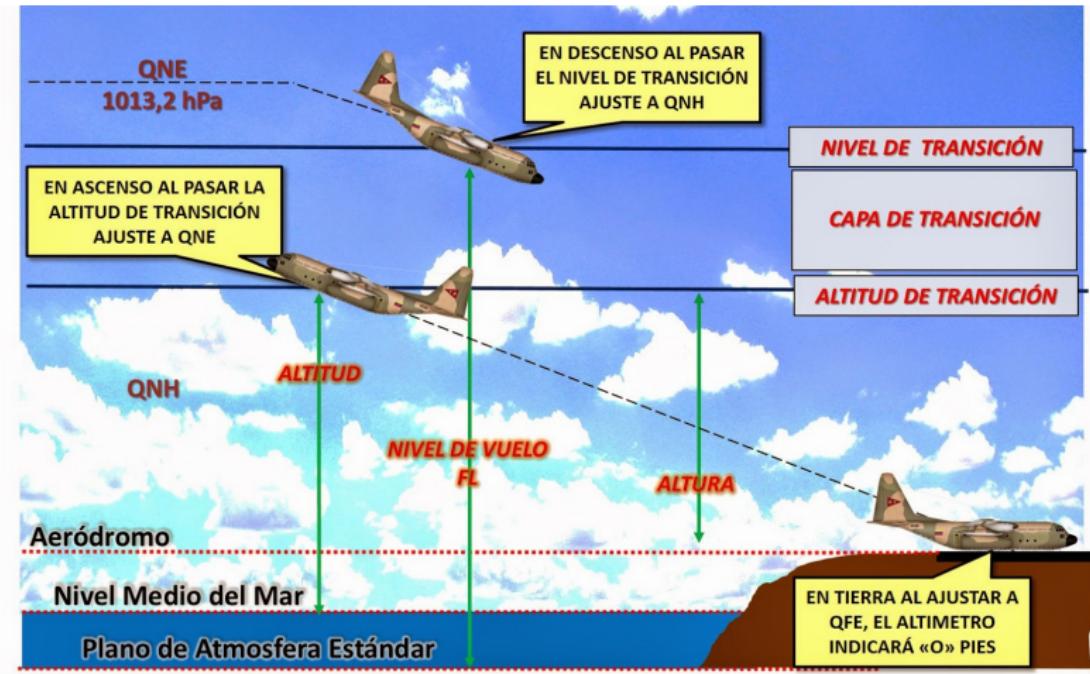


Figure 3-8. Effects of nonstandard pressure on an altimeter.

When flying from hot to cold, or from a high to a low, look out below!

Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura



Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura

Errores

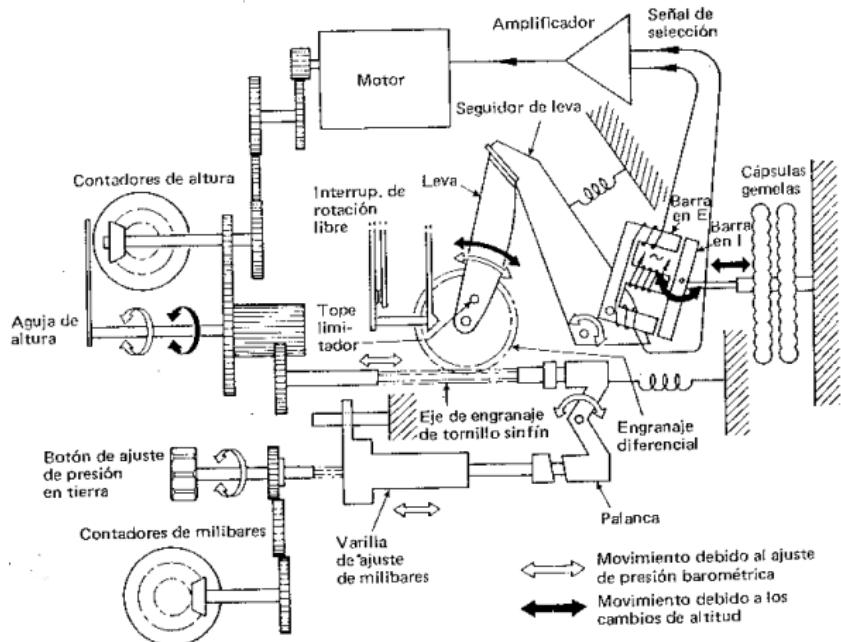
- Errores del instrumento
- Time lag
- Error de posición
- Error barométrico
- Error de temperatura
- Error por bloqueo

Altímetros barométricos, servoaltímetros. Codificadores de altura

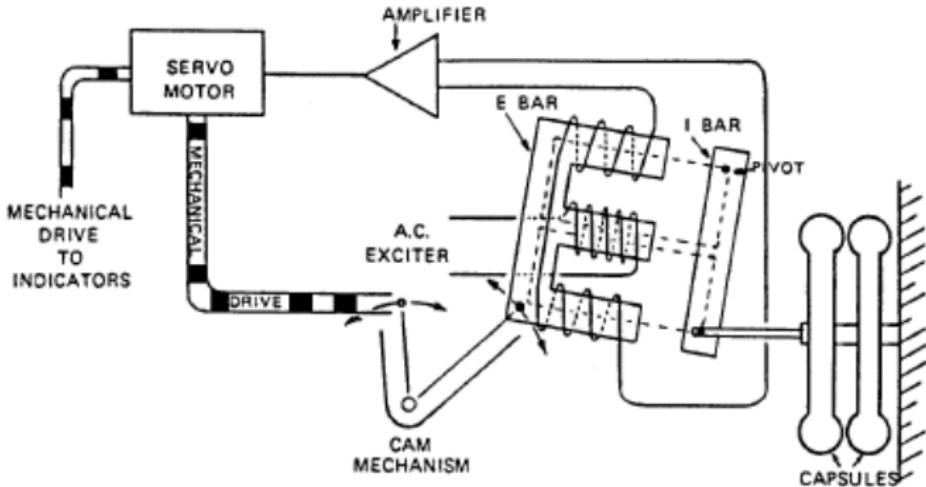
Acrónimos

- **MSL:** mean sea level
-

Servoaltímetro



Servoaltímetro



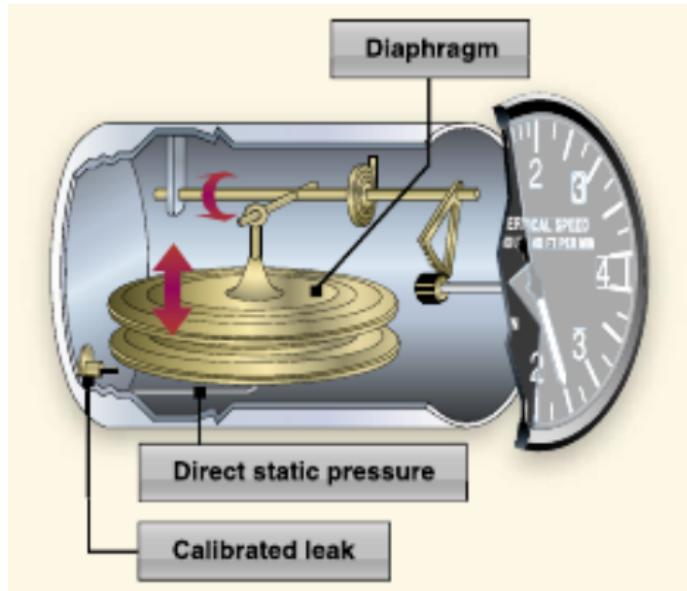
Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

Indicador de velocidad vertical

Indicador de velocidad vertical

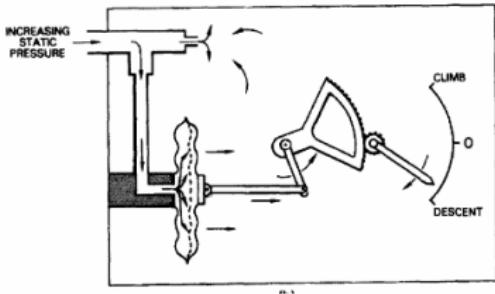
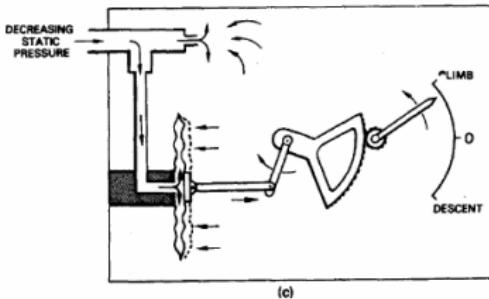
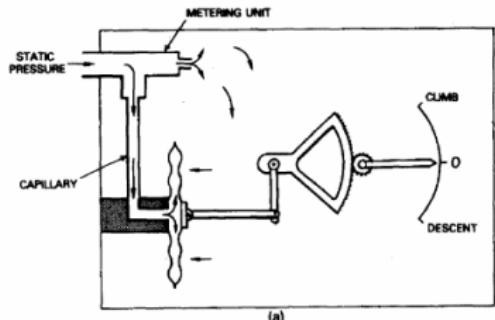
- Indicador de diferencia de presión muy sensible
- Indica “*el régimen al que cambia la presión estática*”

Indicador de velocidad vertical



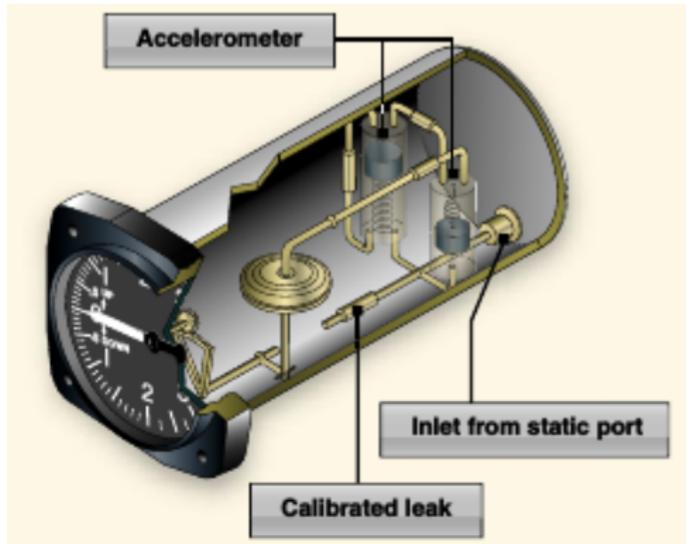
Ref: "Pilots handbook of aeronautical knowledge", FAA

Indicador de velocidad vertical



Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

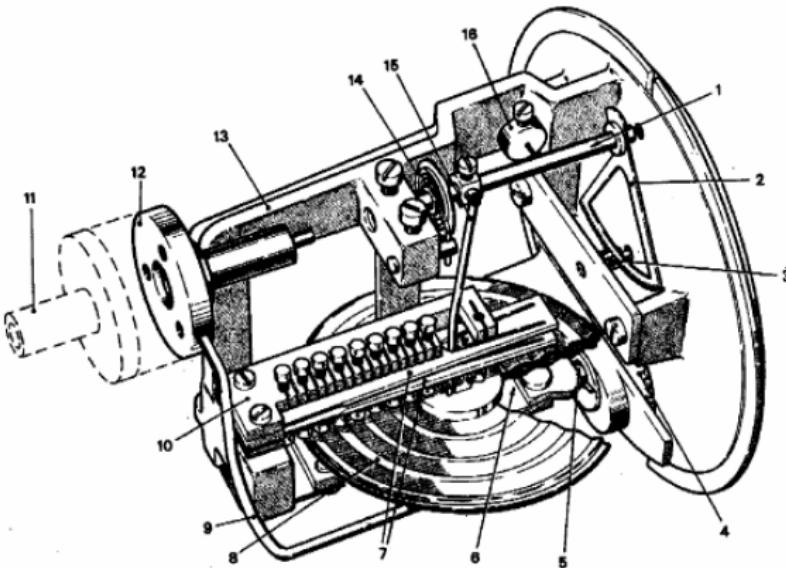
Indicador de velocidad vertical



Ref: "Pilots handbook of aeronautical knowledge", FAA

Indicador de velocidad vertical vertical

Figure 4.40 Typical vertical speed indicator mechanism. 1 rocking shaft assembly, 2 sector, 3 hand-staff pinion, 4 gearwheel, 5 eccentric shaft assembly, 6 capsule plate assembly, 7 calibration springs, 8 capsule, 9 capillary tube, 10 calibration bracket, 11 static connection, 12 metering unit, 13 mechanism body, 14 hairspring, 15 link, 16 balance weight.



Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

Indicador de velocidad vertical

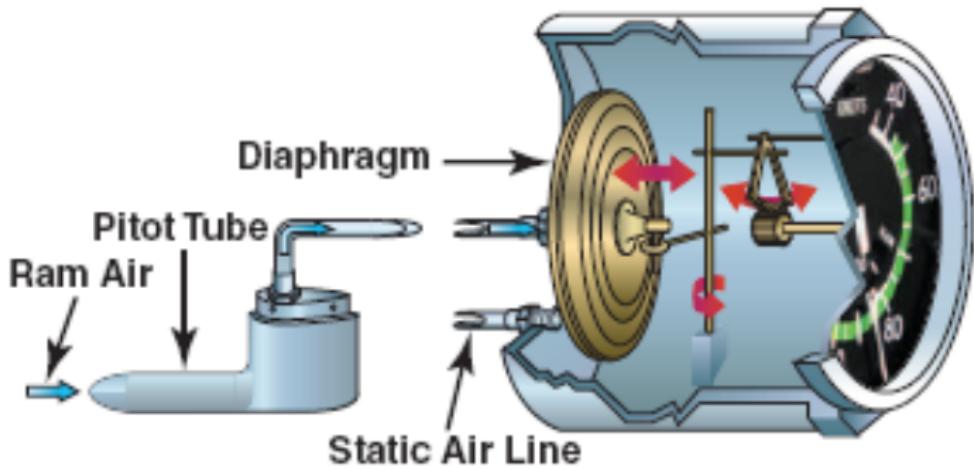
Unidades de velocidad

$$1 \text{ pie/min} = 0,0167 \text{ pie/seg} = 0,00508 \text{ m/seg} = 0,3048 \text{ pie/min}$$

Velocímetros. Machmetros



Velocímetros. Machmetros



Velocímetros. Machmetros

$$P_t - P_e = \frac{\rho}{2} V^2$$

$$P_t - P_e = \frac{\rho}{2} V^2 \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{V}{a_0} \right)^2 \right]$$

Unidades de velocidad

1 nudo = 1 milla náutica/hora = 1,1508 mph = 1,69 pies/seg

1 nudo = 1,852 km/hr = 0,514 m/seg

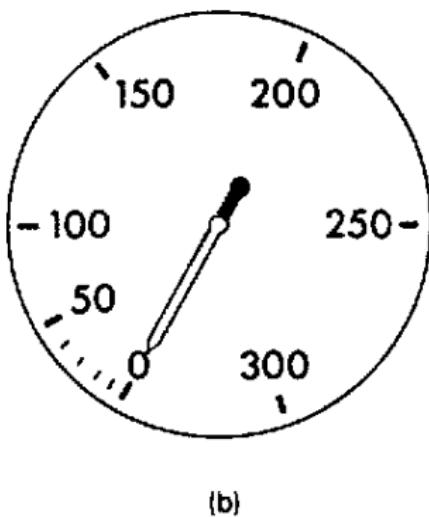
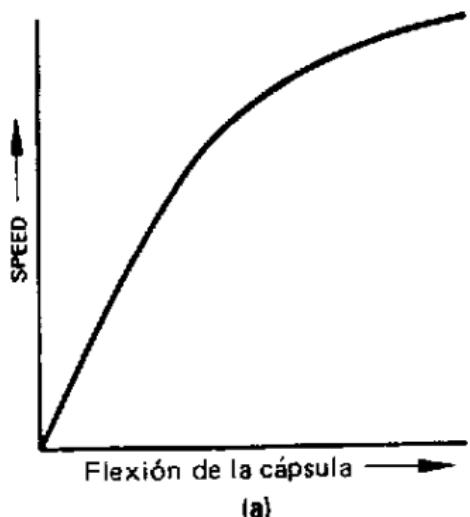
Velocidades

- Indicated Air Speed (IAS), según “*Velocidad indicada (IAS): Lectura sin corregir del indicador de velocidad relativa*”.
- Calibrated airspeed (CAS)
- True airspeed (TAS), según “*Velocidad del avión en relación con el aire en calma*



Velocímetros. Machmetros

Ley cuadrática

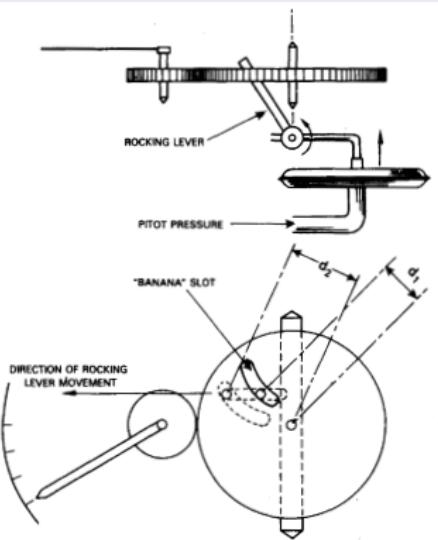


Ref:

"Instrumentos del avión", Pallett, 1984

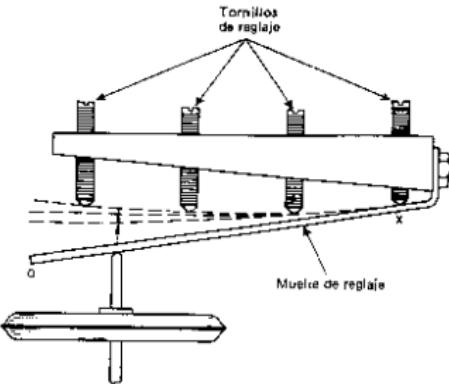
Velocímetros. Machmetros

Mecanismo de corrección por ranura



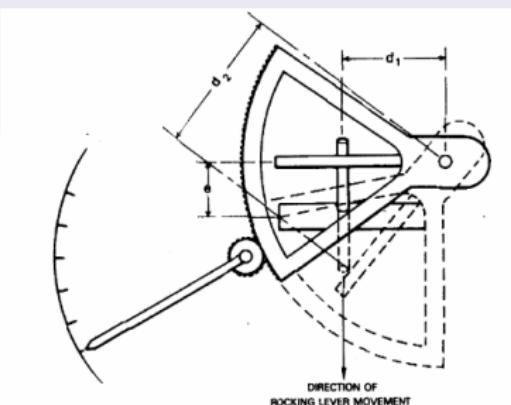
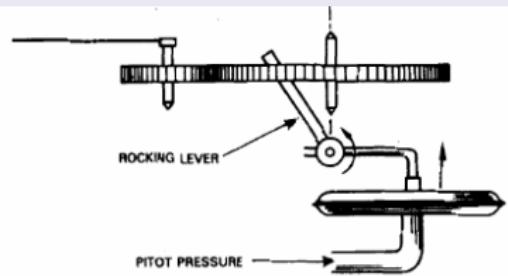
Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

Mecanismo de corrección por tornillos sintonizadores



Velocímetros. Machmetros

Mecanismo de corrección por palanca variable



Ref:

"Instrumentos del avión", Pallett, 1984

Velocímetros. Machmetros

Velocidades características



Velocímetros. Machmetros

Indicador de número de Mach

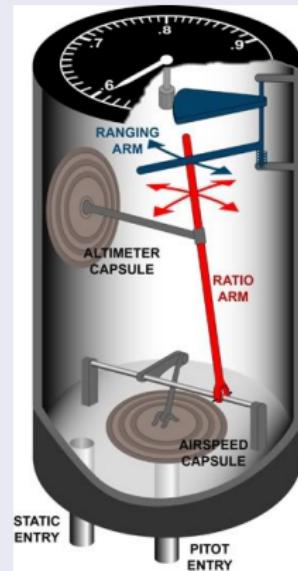
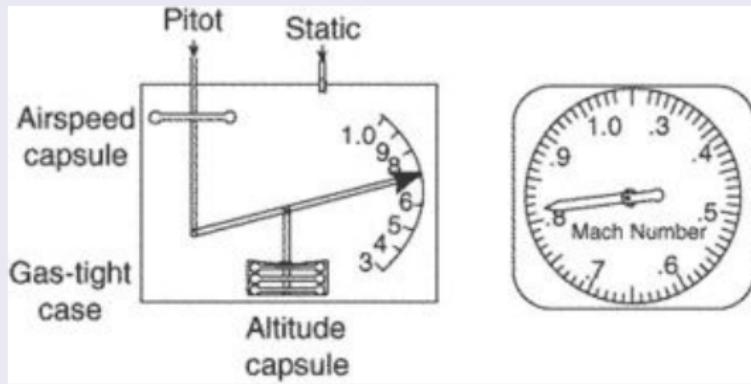
- Presenta en número de Mach de vuelo de la aeronave
- Utiliza información del sistema de pitot-estática
- Puede presentarse sólo o combinado con el Indicador de velocidad de Aire (Air Speed Indicator)

Velocímetros. Machmetros



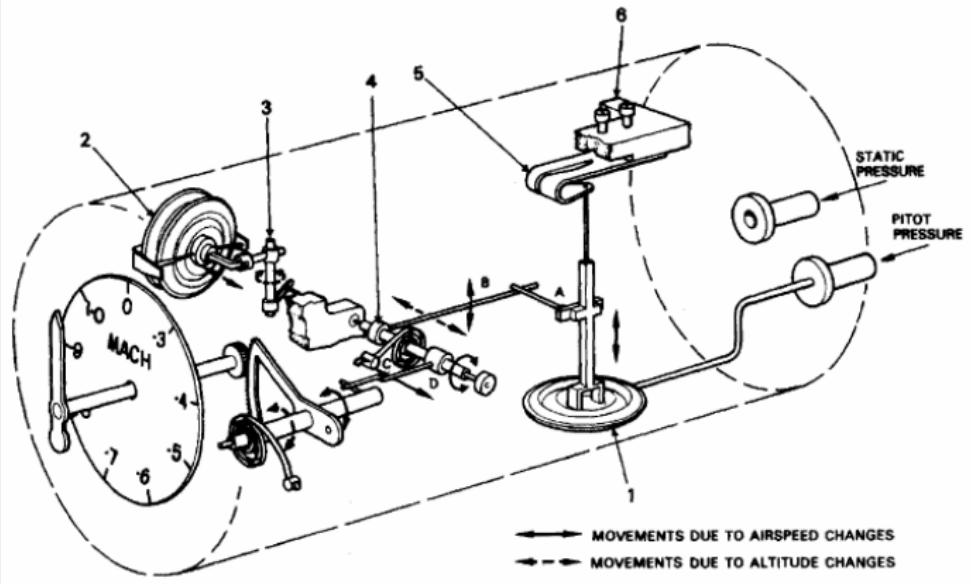
Velocímetros. Machmetros

Principio de funcionamiento



Velocímetros. Machmetros

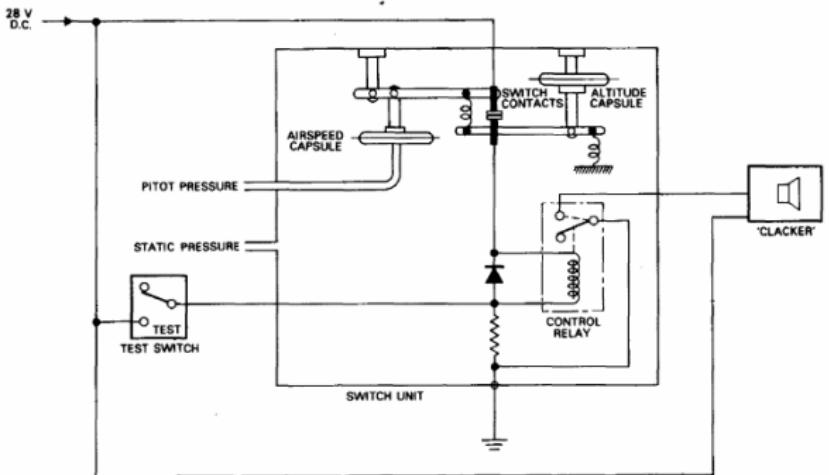
Construcción interna del instrumento



Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

Velocímetros. Machmetros

Mach warning system



Ref: "Instrumentos del avión", Pallett, 1984

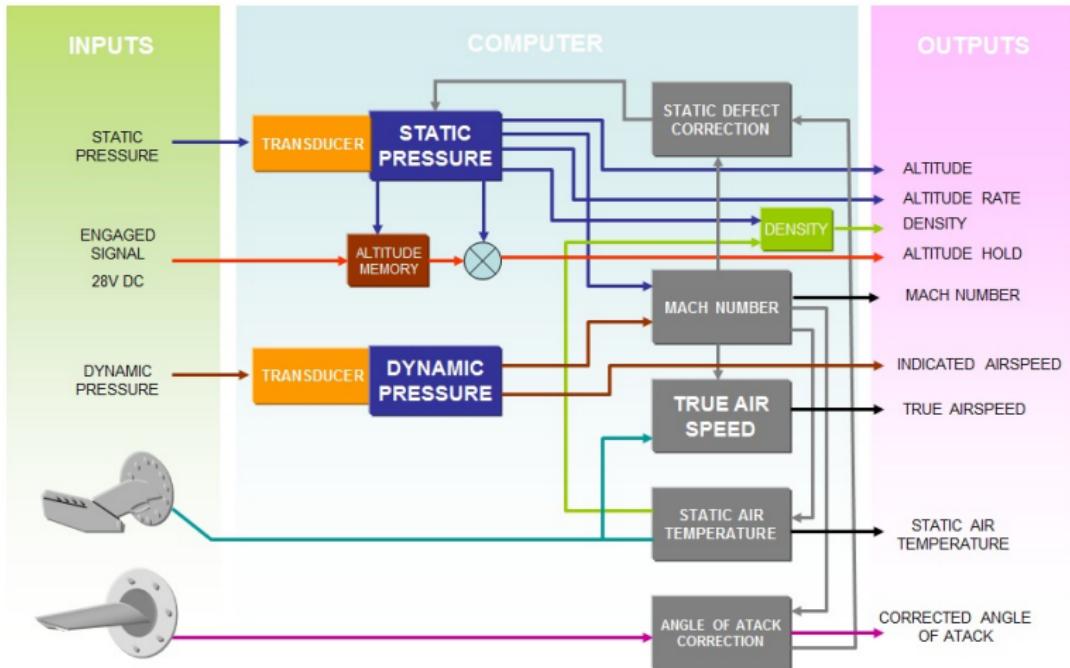
Computadores centrales de datos de aire

Conocidos como *Central Air Data Computer (CADC)*, permiten calcular altitud, velocidad respecto al aire, velocidad vertical, número de Mach de las señales de presión estática, pitot y temperatura.

Se crearon con la finalidad de disminuir las instalaciones de tuberías de presiones.

Los resultados obtenidos son transmitidos eléctricamente a donde sea preciso.

Computadores centrales de datos de aire



Computadores centrales de datos de aire

- Los CADC antiguos eran electromecánicos, actualmente son digitales
- El primer CADC fue desarrollado por John H. Andersen, del Stevens Institute of Technology de Washington.
- El primer CADC digital se diseño para el Grumman F-14 Tomcat por la firma Garrett AiResearch entre 1968 y 1970.
- El grupo fue liderado por Steve Geller y Ray Holt, diseñaron el primer microprocesador LSI (Large Scale Integration) tipo MOS (MetalOxideSemiconductor), denominado MP944
- En 1971 Holt escribió un artículo para la revista Computer Design, la Marina de USA lo clasificó y lo liberó en 1998.
- Históricamente el MP944 sería el primer microprocesador

Computadores centrales de datos de aire



Referencia: ebay. Honeywell 4013241-931 Sperry az-241 air data computer

Computadores centrales de datos de aire

Sensor de ángulo de ataque

