

Desarrollo de Flujiómetro de Líquidos para Instrumentación Aeroespacial

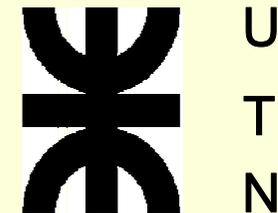
Jazni, Jorge E., Cova, Walter J. D.,
Salomone, Javier E., González, Gustavo J.



I
U
A

Instituto Universitario Aeronáutico
CIA – Centro de Investigaciones Aplicadas

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Córdoba
CUDAR + Dep. Ing. Mecánica

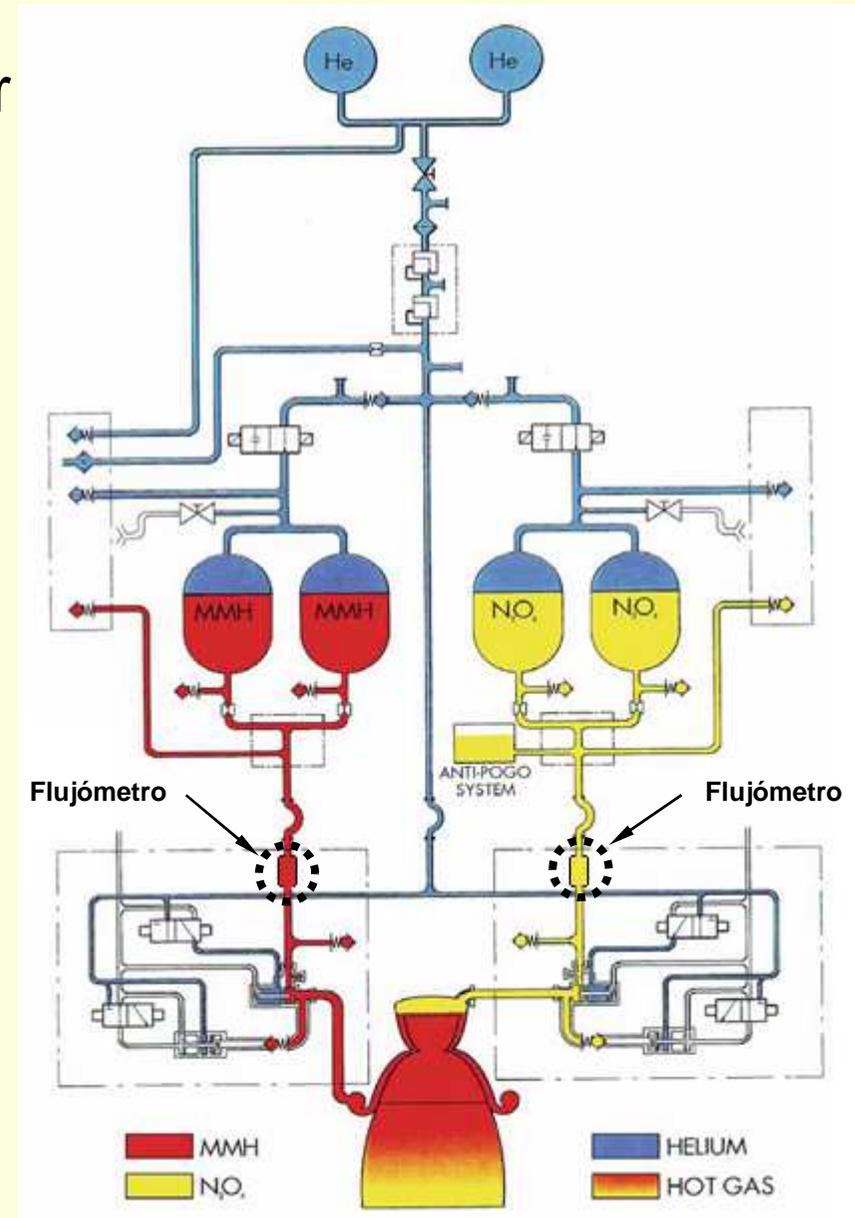
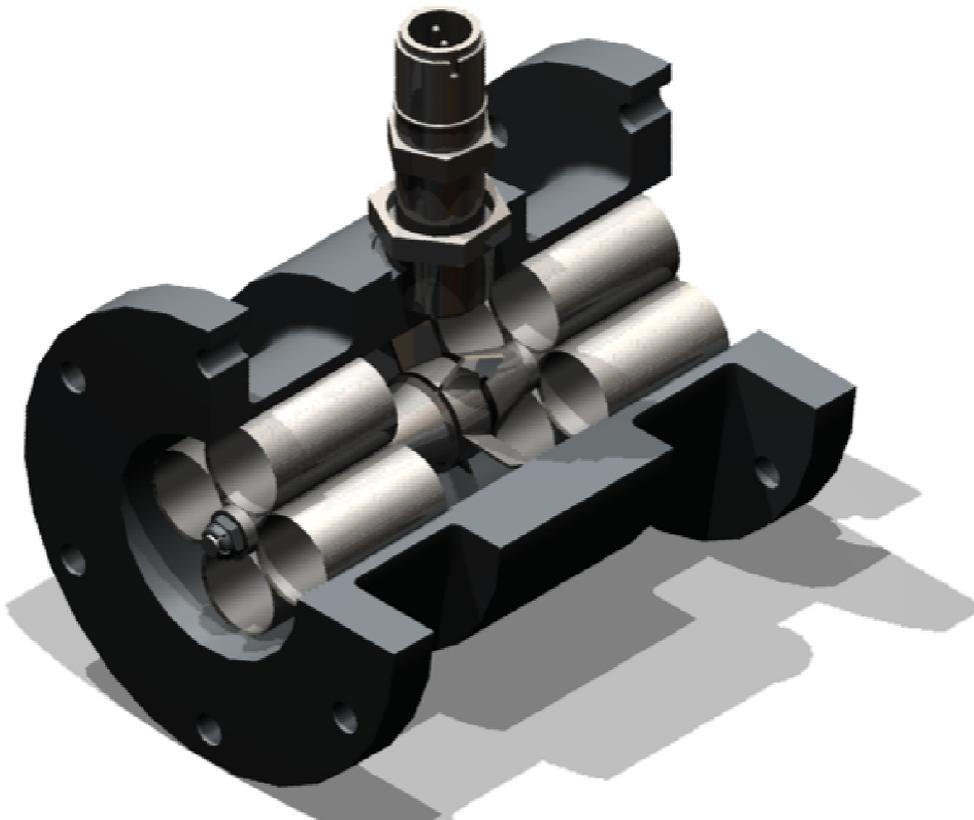


FAC.REG. CÓRDOBA

AGENDA

- **Descripción general**
- **Requerimientos**
- **Diseño (Conceptual/Preliminar/Interfaces)**

El flujómetro se utiliza en el sistema de propulsión para medir los caudales de propelentes (combustible y oxidante)



Requerimientos Operacionales

Fluidos compatibles Debe operar con los siguientes fluidos:

- MMH (MIL-P-27404)
- NTO (MIL-P-26539)
- Agua desionizada. (JSC -SPEC-C-20C)
- Alcohol isopropílico. (TT-I-735 Grade A.)
- N₂ (MIL-STD-27401 , Grade B.)
- He (MIL-STD-27407, Type I, Grade A.)

Temperatura de funcionamiento

Rango de temperatura operacional -20°C a 70°C

Presión de trabajo

Presión nominal 26 ±1 bar

Caudal nominal

Caudal nominal de propelentes: 10 ±0,1 lts/seg.

Fugas Externas

< 1x10⁻⁴ scc/seg de He @ 26 bar

Requerimientos Funcionales

Precisión

Del 1% sobre el fondo de escala a caudal nominal

Tiempo de Establecimiento

$t_{r5\%} < 10\text{ms}$ para caudal nominal 10lts/s

Pérdida de carga admisible

$< 0,5 \text{ bar (7 psid) @ 10 lts/s}$

Requerimientos de Diseño

Interfaces mecánicas

La tubería de suministro de propelente es de
Ø2" OD x 0,134" AISI 316

Interfaces eléctricas

La conexión del flujometro a la TMY será por medio
de una señal analógica

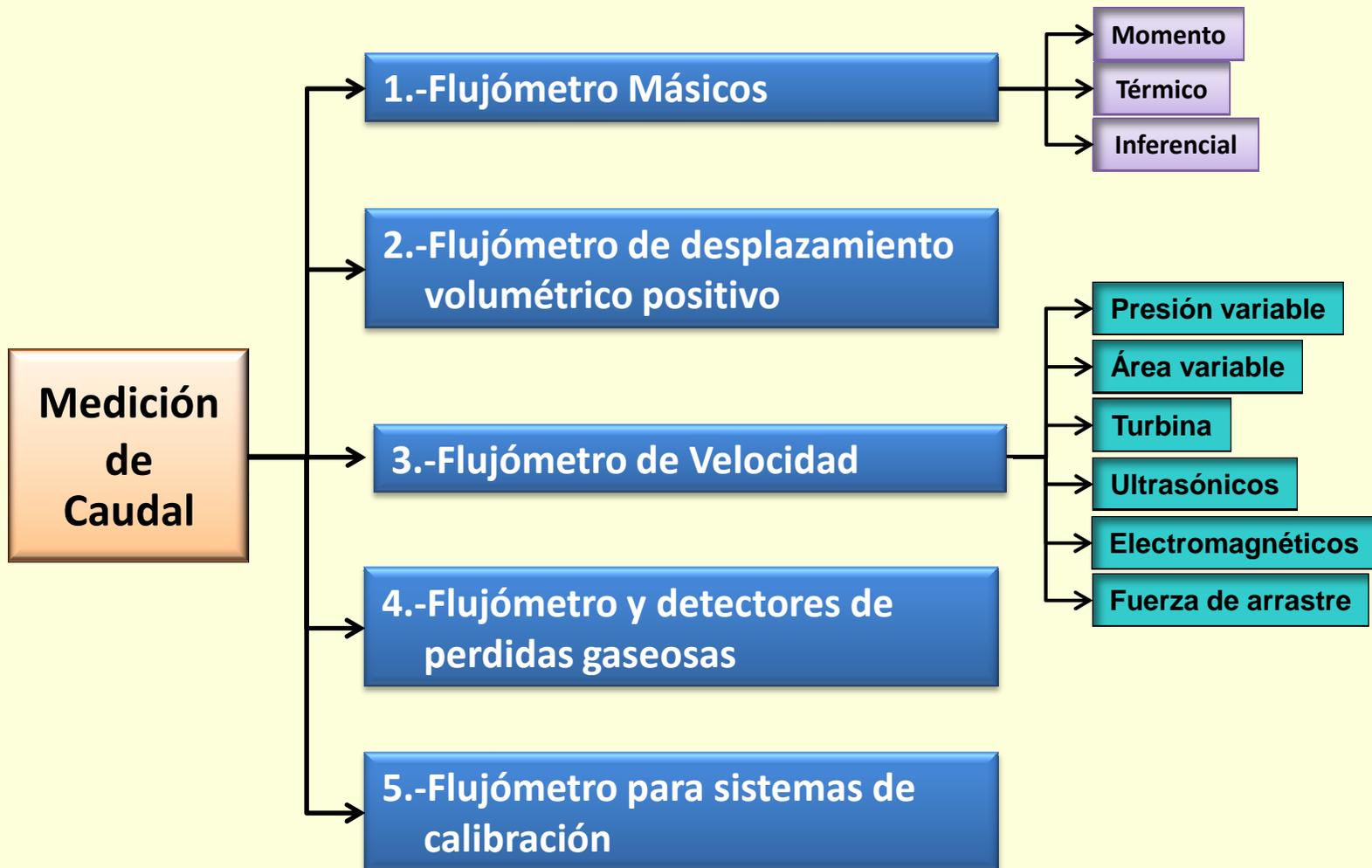
Presión de prueba (Proof pressure)

$$P_{\text{proof}} = P_{\text{op}} \times 2 = 26 \text{ bar} \times 2, \quad P_{\text{proof}} = 52 \text{ bar}$$

Presión de Explosión (Burst pressure)

$$P_{\text{Burst}} = P_{\text{op}} \times 4 = 26 \text{ bar} \times 4, \quad P_{\text{Burst}} = 104 \text{ bar}$$

Clasificación medidores de caudal

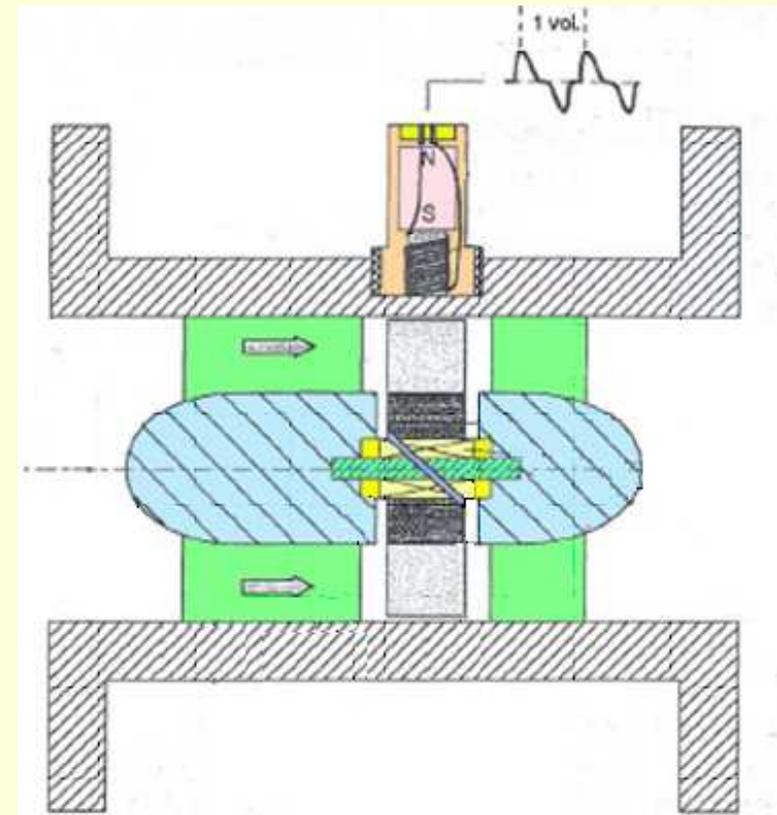


Selección en base a requerimientos

Diseño Conceptual

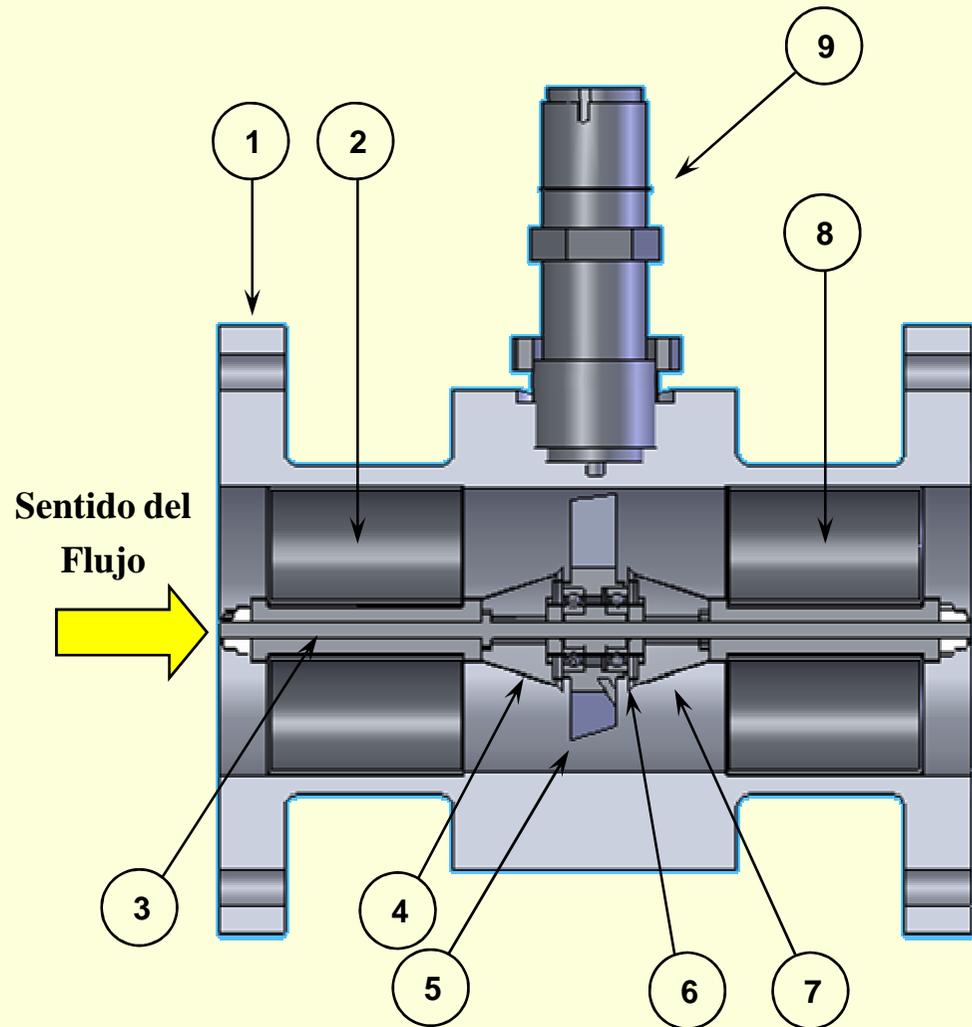
CAUDALIMETRO DE TURBINA AXIAL

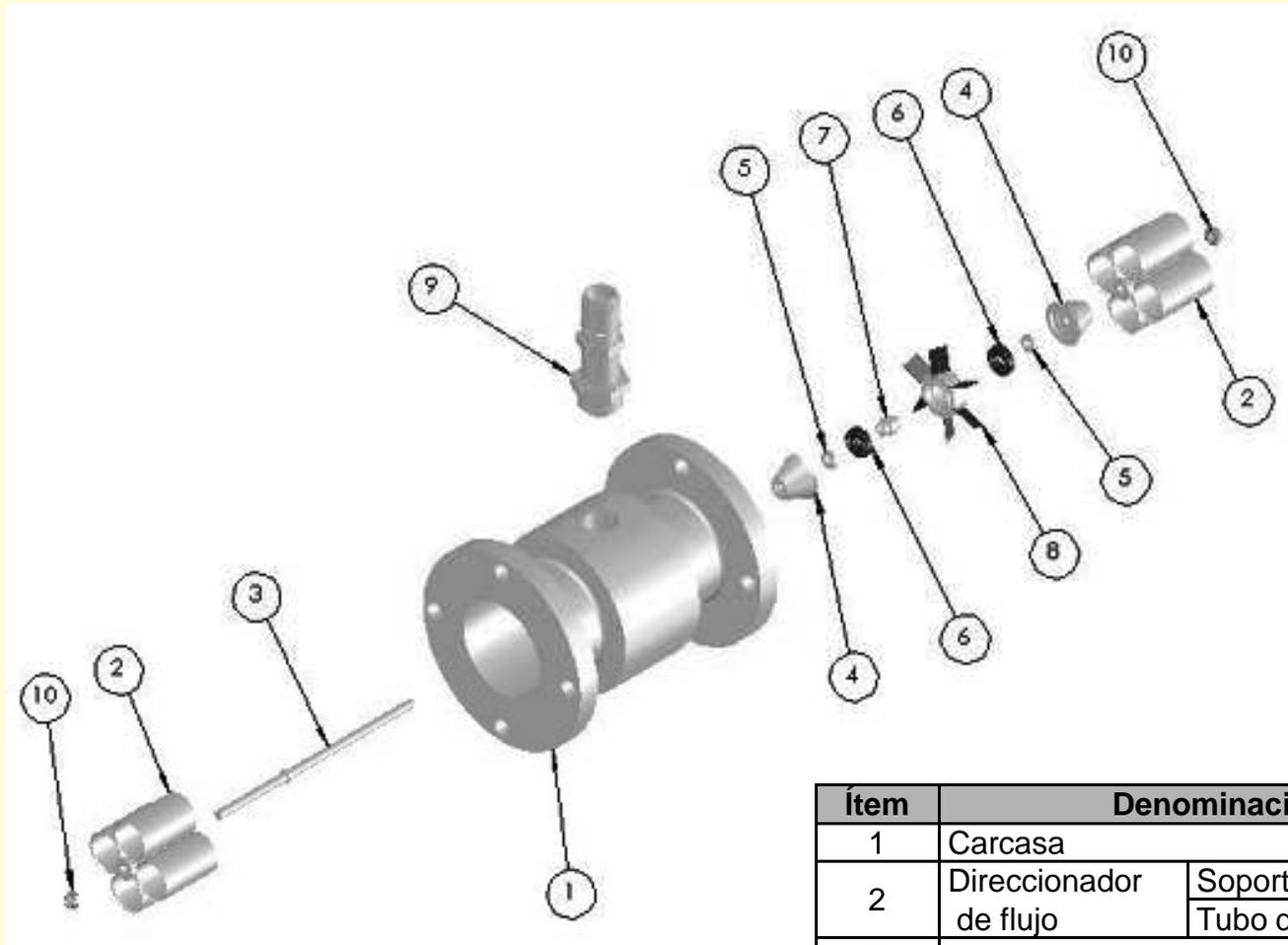
- ***Precisión***
- ***Repetibilidad***
- ***Velocidad de respuesta***
- ***Medio fluido***
- ***Amplio rango de presión y temperatura***
- ***Cuerpo Al 6061***
- ***Partes internas AISI 304***
- ***Alabes AISI 430 Y 304***
- ***Turbina sobre rodamientos***



Diseño Preliminar

- 1.- *Cuerpo del caudalímetro*
- 2.- *Direccionador de flujo entrada*
- 3.- *Eje del rotor*
- 4.- *Difusor entrada*
- 5.- *Turbina*
- 6.- *Rodamiento*
- 7.- *Difusor salida*
- 8.- *Direccionador de flujo salida*
- 9.- *Pick up magnético*



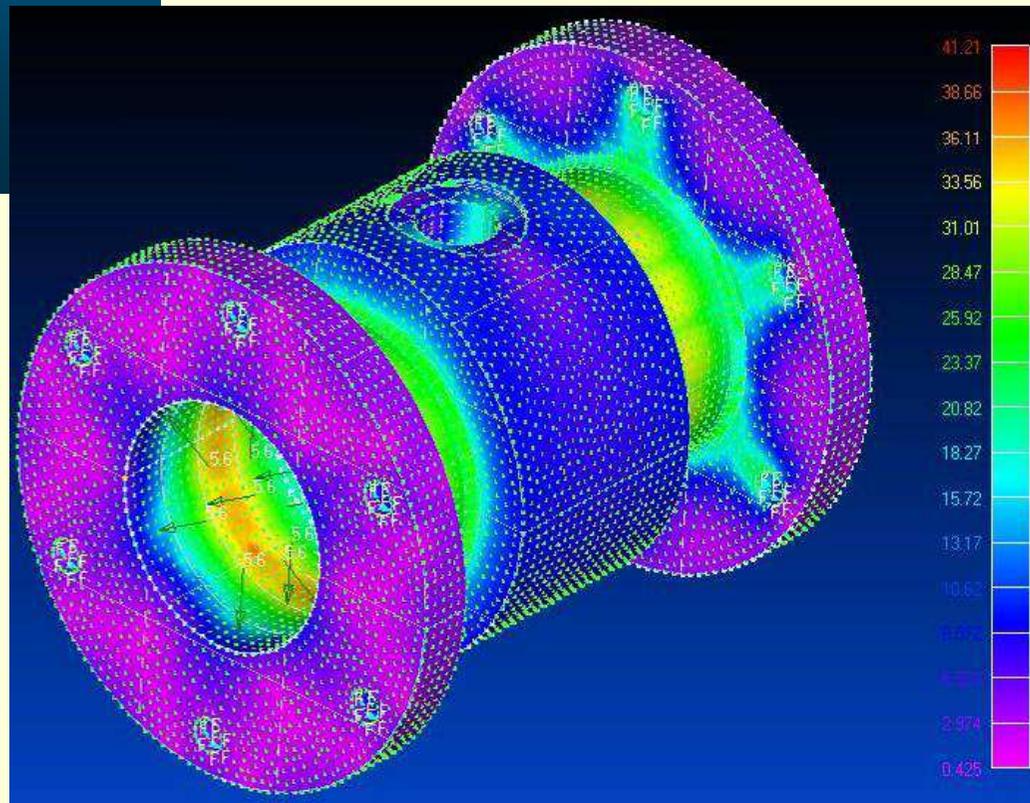


Despiece

Ítem	Denominación		Material
1	Carcasa		Al 2024 T6
2	Direccionador de flujo	Soporte de eje	AISI 304 / 316
		Tubo direccionador	AISI 304 / 316
3	Eje		AISI 304 / 316
4	Difusor		AISI 304 / 316
5	Tope		AISI 304 / 316
6	Cojinete		AISI / 316
7	Espaciador		AISI 304 / 316
8	Rotor	Palas magnéticas	AISI 430
		Palas no magnéticas	AISI 304 / 316
		Cubo	AISI 304 / 316
9	Sensor inductivo		TBD
10	Tuerca de retención		AISI 304 / 316

Análisis estructural por elementos finitos

- Proof Pressure: 5.2 Mpa = 53kg/cm²
- Al 6061 T6: σ_R 3161 kg/cm²
 $\sigma_{0.2}$ 2814 kg/cm²
- σ trabajo: 41.2 Mpa = 420 kg/cm²



Modelo físico-matemático

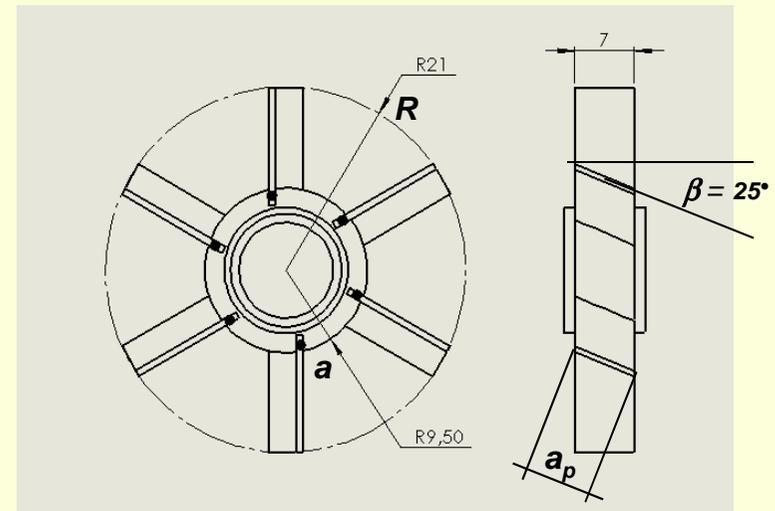
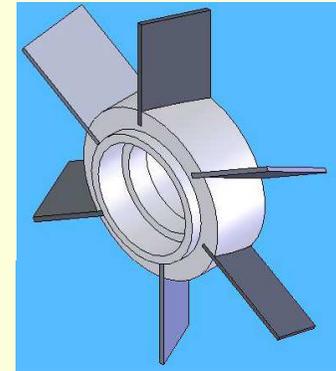
$$J \frac{d\omega}{dt} + \delta V A r_{\text{rms}}^2 \omega = \delta V A r_{\text{rms}}^2 \omega_i - F_{dt} r_m - T_p$$

$$\omega_i = V \tan(\beta) / r_{\text{rms}}$$

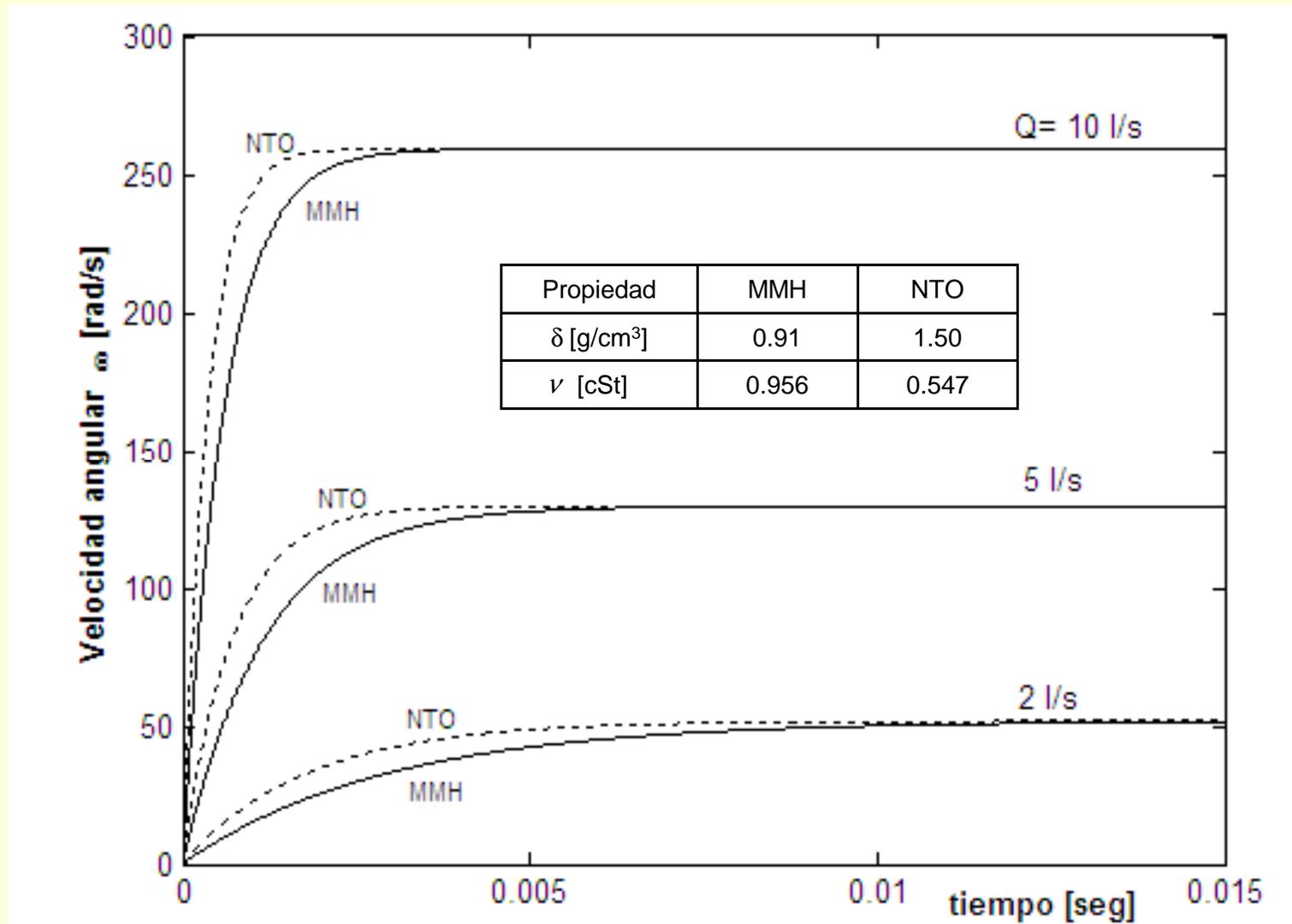
$$F_{dt} = \frac{0.074}{2} \delta V^2 R_e^{-0.2} S N \sin(\beta)$$

$$R_e = V \frac{a_p}{v}$$

$$T_p \in [0, T_{p\text{max}}]$$

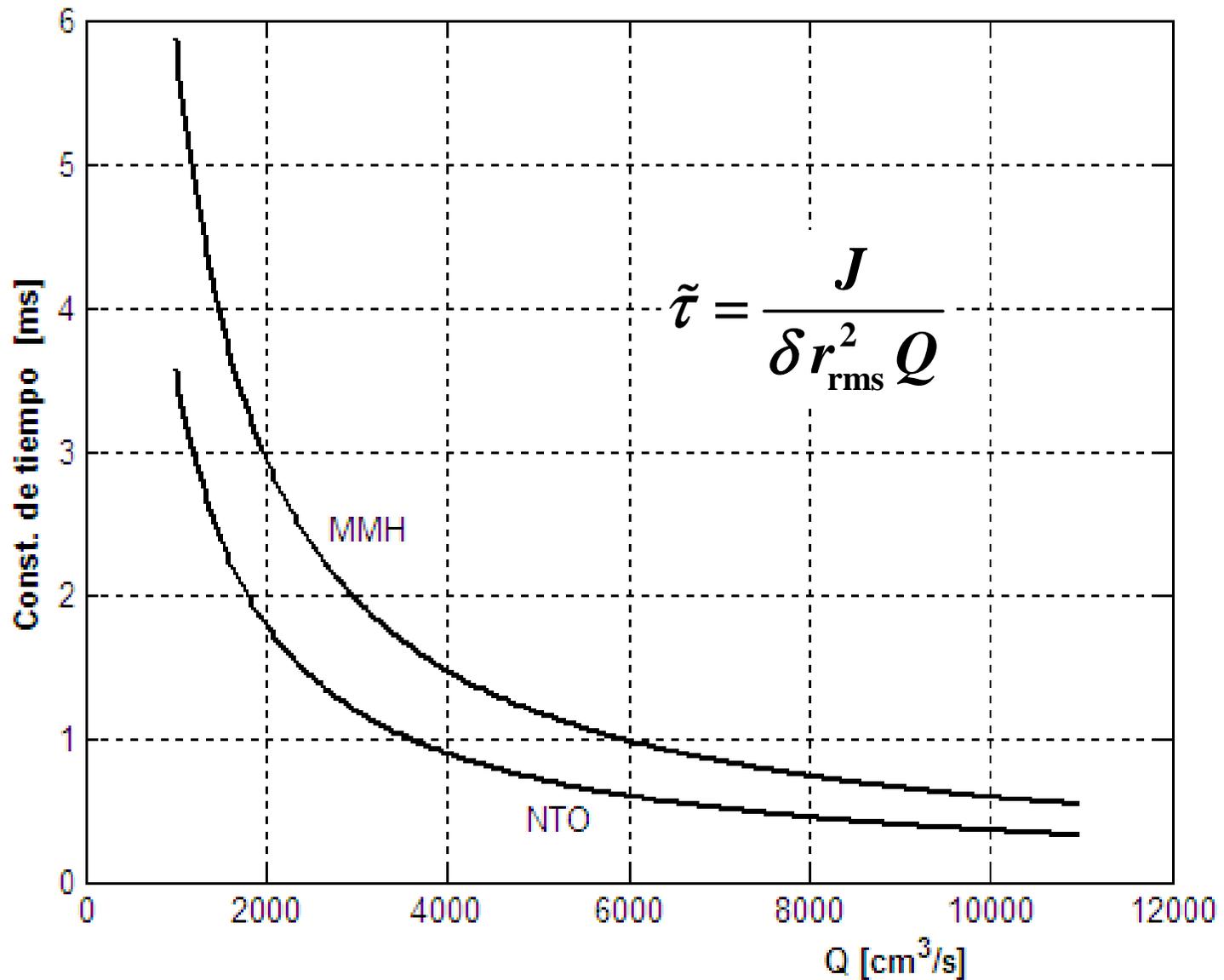


Simulaciones numéricas



Tiempo de respuesta al 95% del valor final, inferior a 10 ms para caudales en el rango de 2 a 10 lts/seg.

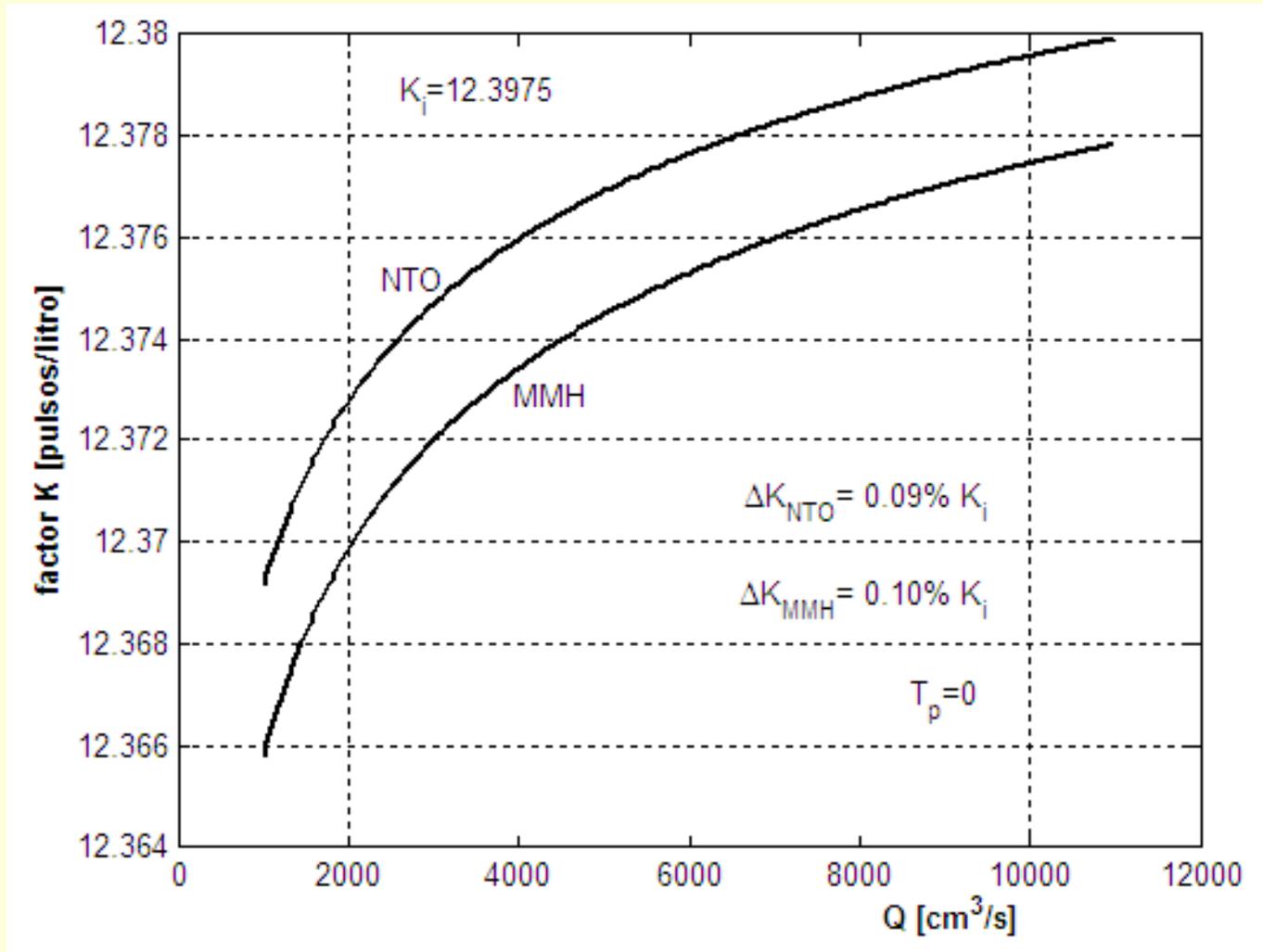
Constante de tiempo



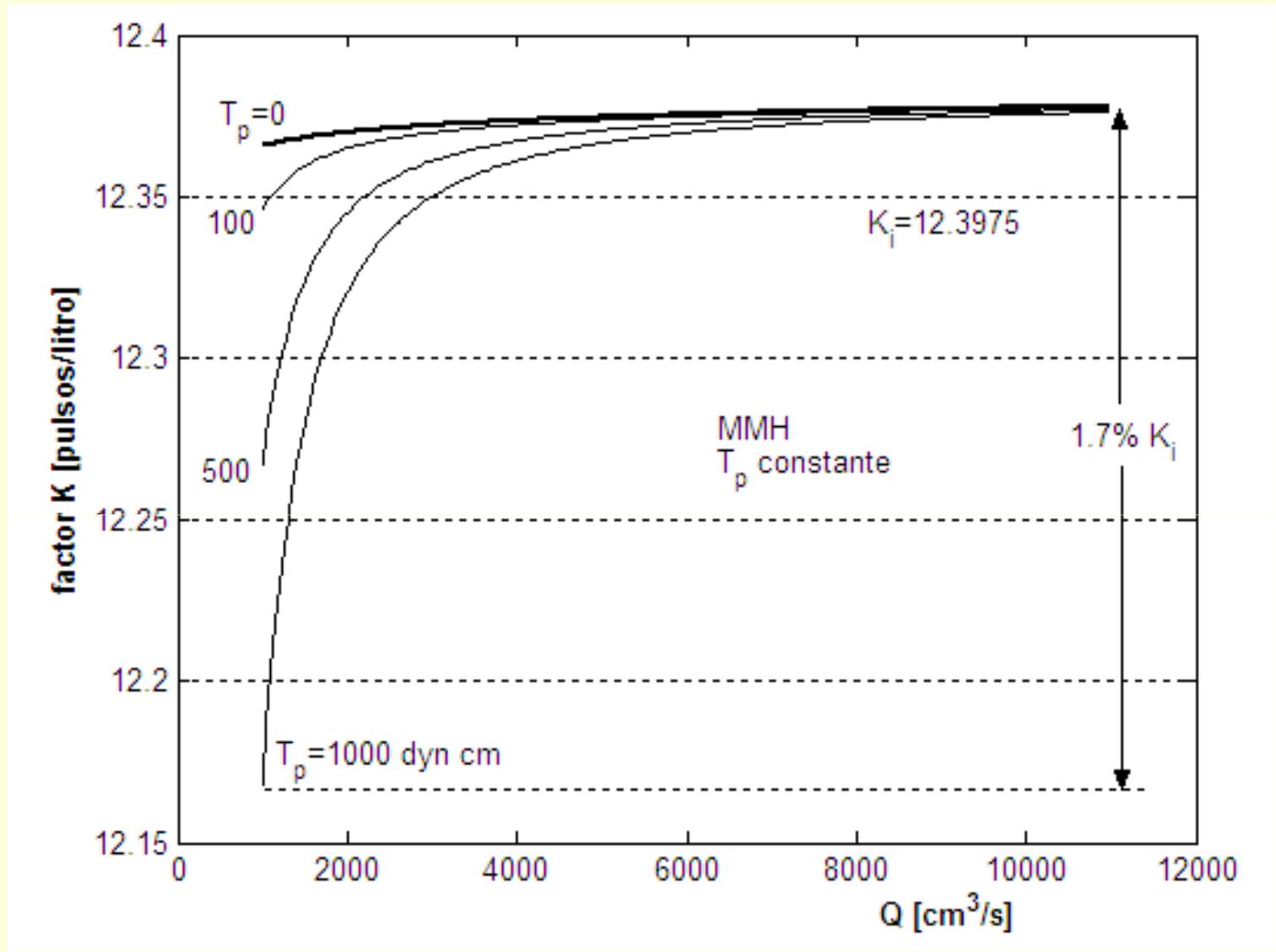
La constante de tiempo $\tilde{\tau}$ para escalones de caudal.

Factor K

$$K = 3000 \frac{\omega}{2\pi Q} = \frac{3000}{2\pi} \left[\frac{\tan(\beta)}{A r_{\text{rms}}} - \frac{F_{dt} r_m + T_p}{\delta Q^2 r_{\text{rms}}^2} \right]$$



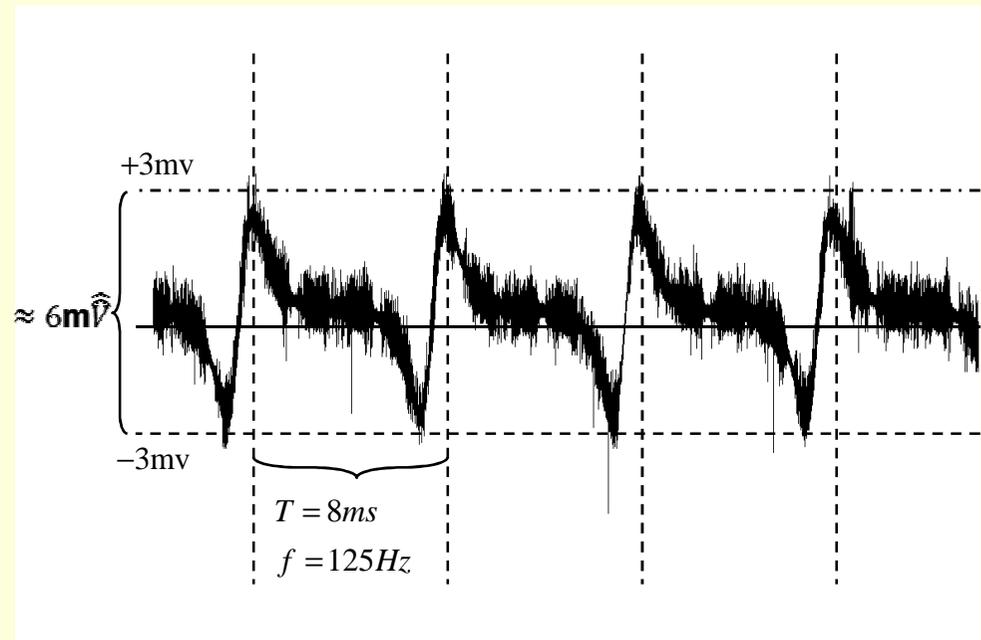
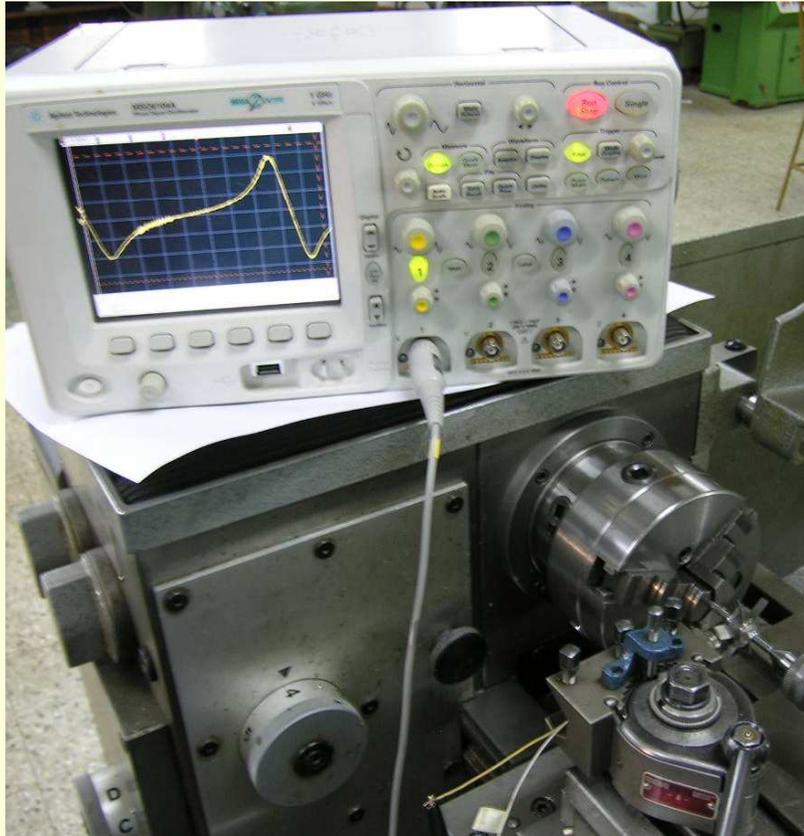
Dependencia del factor K respecto del caudal para MMH y NTO, con cuplas parásitas nulas.



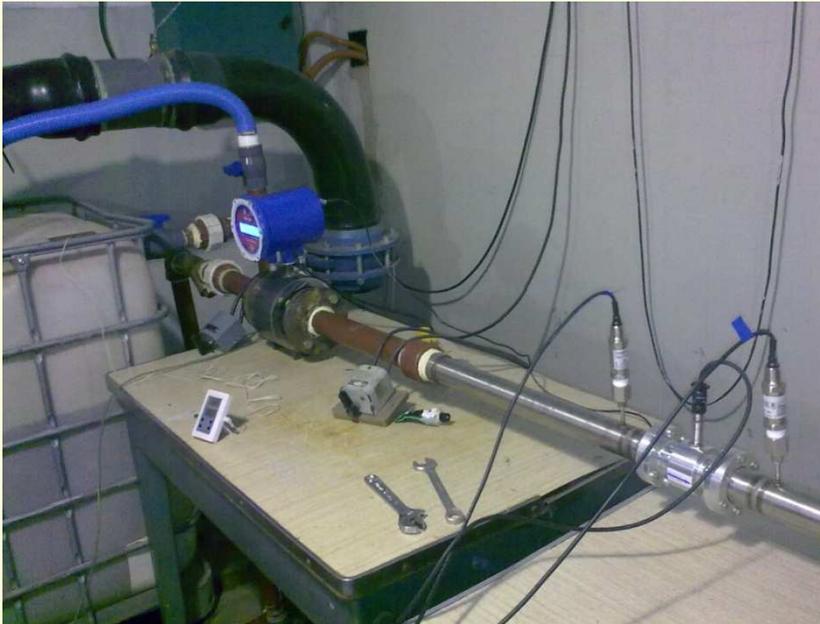
El factor K para MMH: influencia de cuplas parásitas constantes.
 Para el NTO en iguales condiciones la variación es de 1.05% K_1 .

Ensayo del sensor

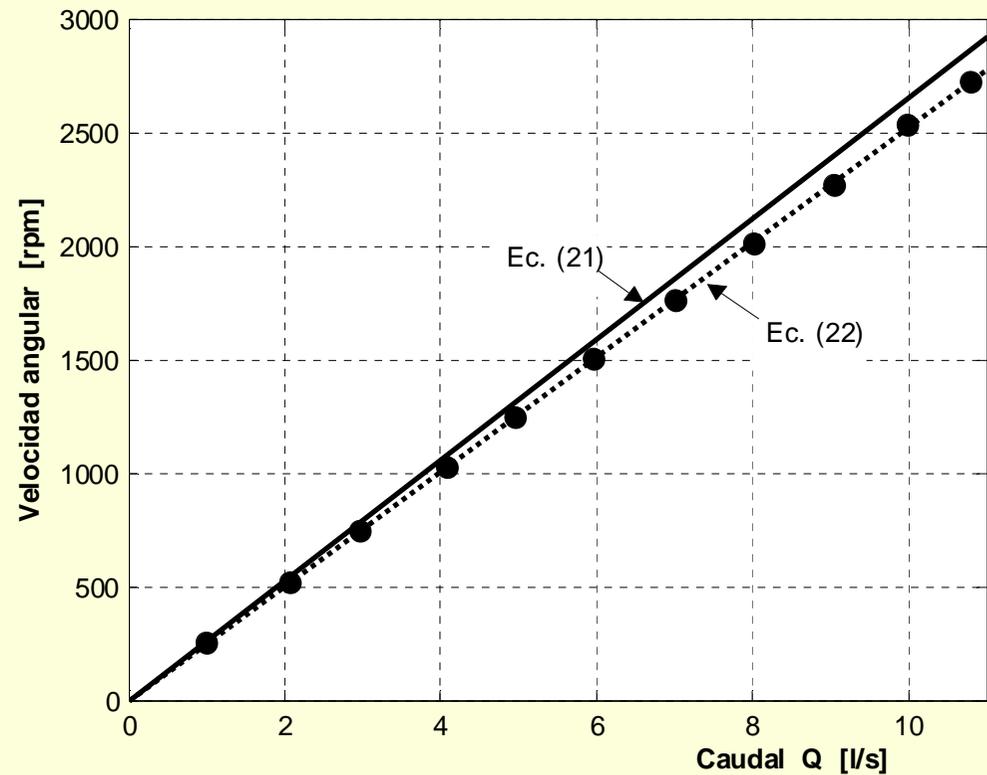
Velocidad de rotación: 2500 rpm



COMPARACIÓN ENTRE CÁLCULOS DE DISEÑO Y DATOS DE ENSAYOS



Disposición en banco para ensayos de caracterización.



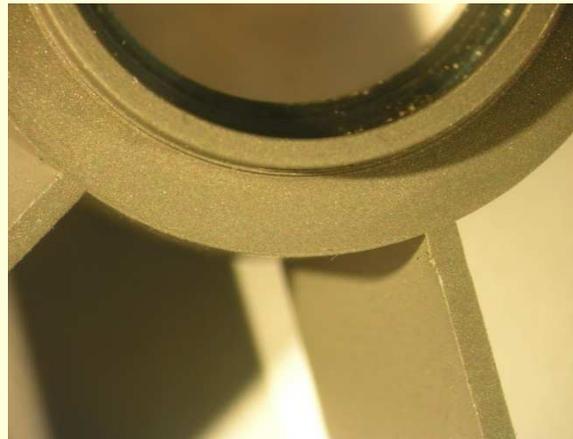
$$\omega_i [\text{rpm}] = 265.7 Q [\text{l/s}] \quad (21)$$

$$\omega [\text{rpm}] = -2.66 + 252.47 Q [\text{l/s}] \quad (22)$$

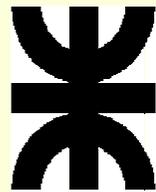
Modelo de ingeniería



Detalle de soldadura de los álabes al cubo de la turbina



Se agradece el apoyo institucional de:



**UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
NACIONAL**

FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA



**I NSTITUTO
U NIVERSITARIO
A ERONÁUTICO**

MUCHAS GRACIAS

Argencon 2012 |  **IEEE**
Córdoba, Argentina | 13 al 15 de Junio de 2012