

Área de especialización: Ensayos en criogenia de aplicación espacial.

Supuesto Práctico 1

Se desea abordar la campaña de ensayos en condiciones de termo-vacío de un telescopio espacial operando en el espectro visible (450-650 nm) en un rango no-operacional comprendido entre +60 y -90 °C, y operacional entre +40 y -20°C. El ensayo deberá contemplar el ciclado térmico de la unidad a niveles de calificación y realizar medidas de la calidad óptica inyectando un estímulo luminoso desde el exterior.

Conteste a las siguientes preguntas:

- 1) Identifique el tipo de instalación mínima necesaria para llevar a cabo el ensayo. Identifique y justifique la instrumentación auxiliar necesaria, centrándose exclusivamente en el ensayo de termo-vacío, esto es, excluyendo aquella para realizar pruebas ópticas.
- 2) Defina un perfil térmico del ensayo e identifique los puntos de inspección para realizar las pruebas de verificación de la calidad óptica.
- 3) Explique qué actuaciones para control de la contaminación por partículas y molecular tomaría y qué instrumentación incluiría para monitorizarla durante la ejecución del ensayo. Además del equipamiento propuesto enumere y describa brevemente aquellos otros que conozca para monitorización de la desgasificación.
- 4) La unidad a ensayar tiene una envuelta cilíndrica de aluminio que rodea la óptica. Se necesita establecer un gradiente de temperatura de 20°C entre ambos extremos de esa estructura. Discuta sobre una propuesta para cumplir este requisito centrándose en los siguientes puntos: materiales seleccionados, sistema de refrigeración/calentamiento, control y precisión en el conocimiento del gradiente.
- 5) Enumere y desarrolle todas las actividades que deben incluirse en el procedimiento de ensayo incluyendo las actividades de preparación y verificación del adecuado estado de la cámara de termo-vacío.

Área de especialización: Ensayos en criogenia de aplicación espacial.

Supuesto Práctico 2

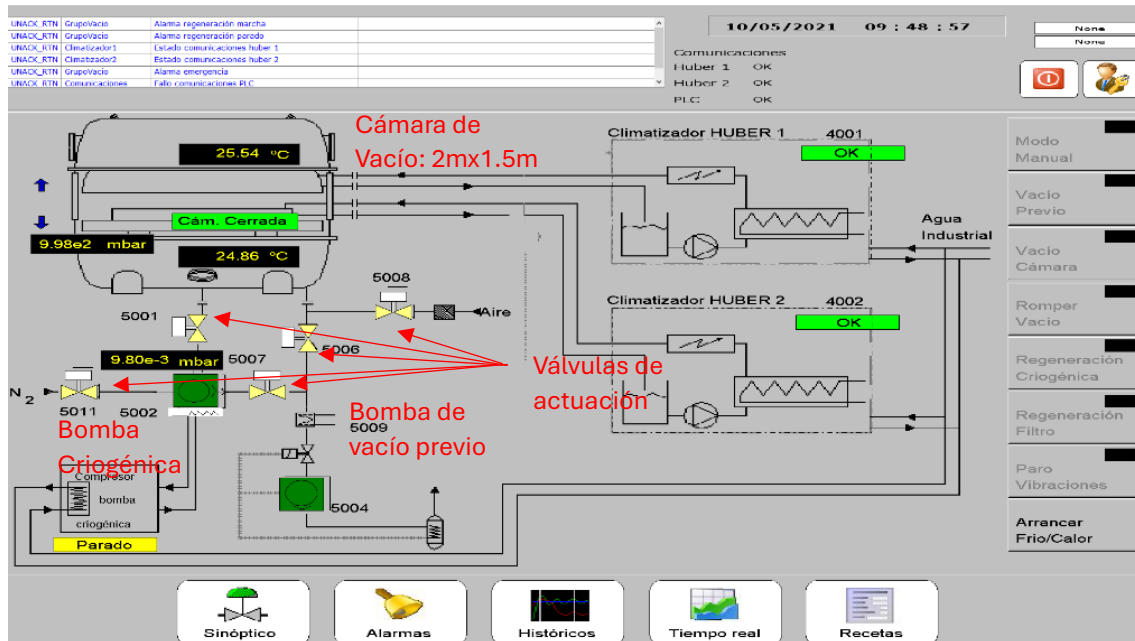
Una cámara de vacío para ensayos en criogenia se puede asemejar a un cilindro de 2,5 m de largo por 1,5 m de diámetro (ver sinóptico). La cámara consta de una bomba de vacío previo y de unidad criogénica que permite llegar al campo denominado alto vacío (3×10^{-7} mbares). Para monitorizar los niveles de vacío obtenibles existen dos sondas de vacío, una **sonda pirani** y una **sonda penning** que combinadas permiten visualizar los niveles de presión existentes en la cámara. Las actuaciones de cada elemento del sistema se realizan mediante una línea de aire comprimido que actúa sobre las válvulas indicadas en el sinóptico. Estas válvulas ponen en contacto las bombas de vacío con los diferentes subsistemas de la cámara de vacío.

En la **figura “niveles de vacío”** anexa se muestran dos curvas que recogen los niveles de vacío obtenidos en la cámara de manera global y los valores obtenidos por las **sondas pirani y pennig** de manera individual, ambas en escala logarítmica. En el eje horizontal se muestra el tiempo transcurrido en unidades relativas durante el ensayo.

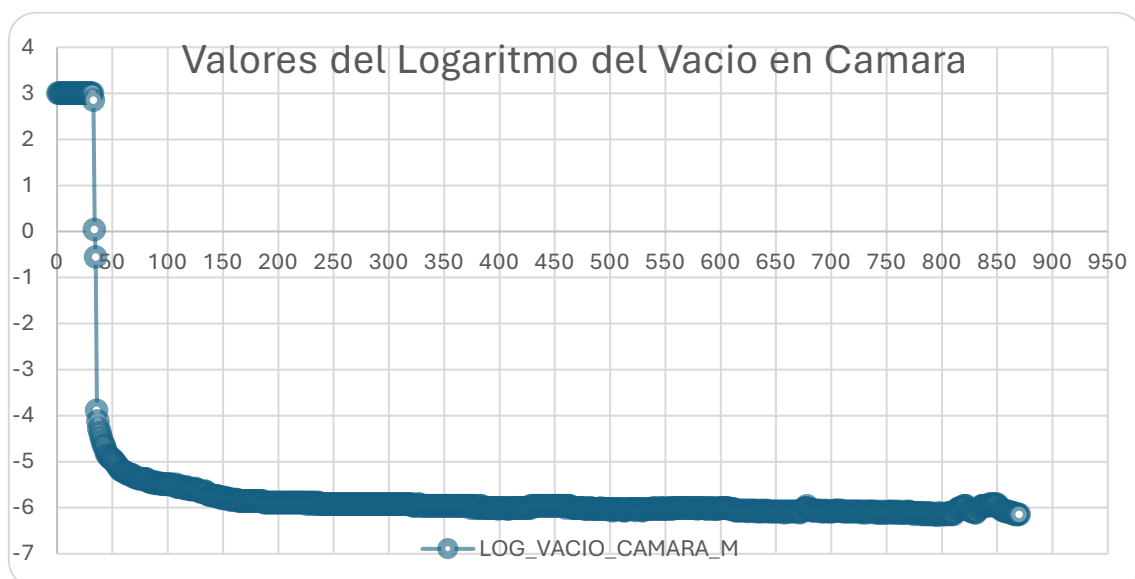
- 1) Describa brevemente que pasos seguiría para llegar al nivel del alto vacío que puede generarse en la cámara, es decir, defina el orden en el que arrancarían las bombas de vacío mencionadas y a qué nivel de vacío arrancarían la unidad criogénica.
- 2) Estime en su experiencia, el tiempo que se tardaría en alcanzar el régimen de alto vacío desde condiciones atmosféricas hasta el campo de 10^{-7} mbares y determine mediante el análisis de la curva anexada los rangos en los que la sonda pirani y pennig realizan la medida de presión. Expréselos en milibares.
- 3) Determine de la misma figura en que unidad de tiempo relativo considera que arrancó la criogénica. Justifique la respuesta.
- 4) Describa en que consiste:
 - a. el proceso de regeneración de la bomba criogénica, relaciónelo con la línea de N₂ que aparece en el sinóptico
 - b. el proceso de rotura de vacío una vez terminado el ensayo, relaciónelo con la línea de incorporación de aire que aparece en el sinóptico.
- 5) Para monitorizar la contaminación molecular durante un ensayo óptico en criogenia describa que sistemas de detección de contaminación propondría: RGA (Residual Gas

Analyzer), QCM (Quartz Crystal Microbalance, MOC (Molecular Organic Contamination monitor), etc.

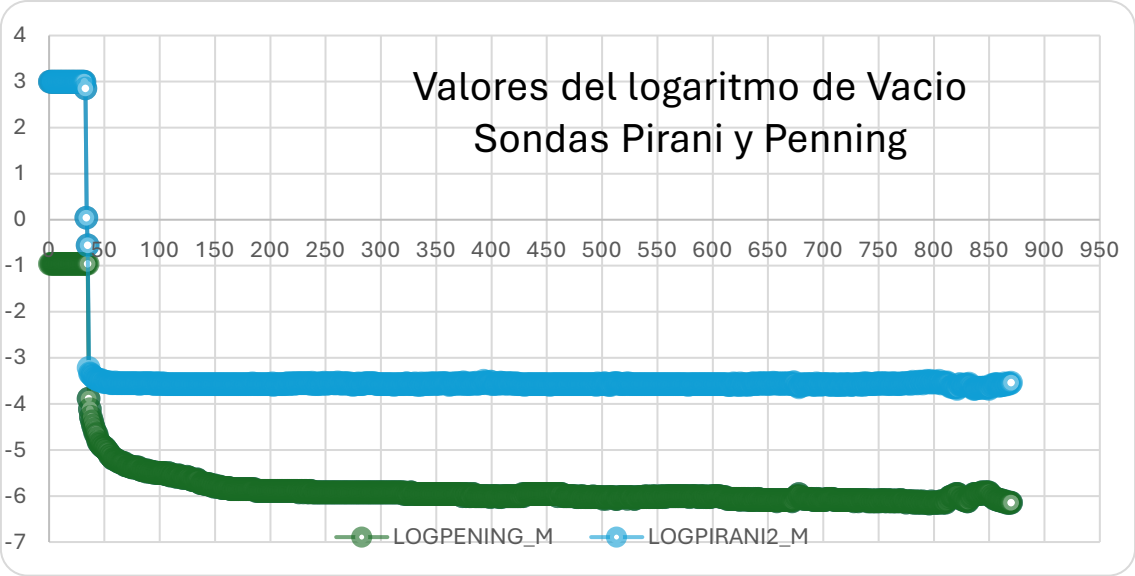
Sinóptico de la cámara de vacío problema.



Niveles de vacío en la Cámara



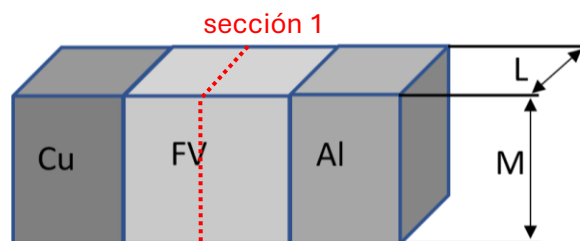
Niveles de vacío en sondas Pirani y Penning



Área de especialización: Ensayos en criogenia de aplicación espacial.

Supuesto Práctico 3

La pared de un criostato se ha construido mediante el empleo de varias capas de materiales diferentes. Las dimensiones transversales son $L=3\text{m}$ y $M=2\text{m}$. La primera capa es una lámina de cobre (Cu) de 1mm de espesor, la segunda está formada por fibra de vidrio (FV) de espesor 2.5 mm que actúa como aislante térmico y la tercera capa está constituida por una lámina de aluminio (AL) de 2 mm de espesor. (Ver figura)



La lámina de cobre se mantiene a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la lámina de aluminio a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Calcular, siguiendo la ecuación de Fourier, lo siguiente:

- 1) El flujo térmico a través de la pared del criostato. Considere régimen estacionario
- 2) La temperatura esperada en la sección 1 (mitad de la capa aislante FV).

Complete los siguientes apartados:

- 3) ¿Qué propuesta de espesor de la capa aislante considera que permitiría reducir el flujo térmico del caso 2) a un tercio de su valor?
- 4) Proponga qué materiales elegiría para mejorar el aislamiento
- 5) Describa en líneas generales el diseño de un criostato para ensayos de instrumentación óptica espacial de unas dimensiones de $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ en condiciones de criogenia.

Anexo: Datos Técnicos

Conductividad térmica de materiales.

Material		Conductividad térmica λ a 20°C (W/m·°C)
Metales	Aluminio	204
	Cobre	385
	Acero	50
	Acero inoxidable	16
	Plomo	35
Sólidos no metálicos	Carbón	130
	Alumina (óxido de aluminio)	30-35
	Alúmina	30-35
	Alumina sintética	30-35
	Alumina sintética sintética	30-35
	Alumina sintética sintética	30-35
Líquidos	Agua	0,6
	Alcohol	0,15
	Alcohol etílico	0,15
Gases	Aire	0,025
	Aluminio (óxido de aluminio)	30-35