

PROCESO SELECTIVO PARA EL INGRESO, POR EL SISTEMA PROMOCIÓN INTERNA, EN LA ESCALA DE CIENTÍFICOS SUPERIORES DE LA DEFENSA 26044 (Resolución 400/38497/2023), de 18 de diciembre, B.O.E. N° 305 de 22 de diciembre de 2023).

TRIBUNAL CALIFICADOR nº 2

ESTRUCTURA Y MECANISMOS AEROESPACIALES

CASO PRÁCTICO Nº 3

Se requiere simular por la técnica de Modelos de Elementos Finitos (MEF) un **criostato** para la realización de ensayos en Tierra de sensores de rayos-X, utilizando software como Patran o similar (Pre/post), y un programa de cálculo estructural MEF como NASTRAN, ANSYS, etc.

El **criostato a simular** está formado de (ver Figura 3):

- Una estructura soporte compuesta de 3 tubos fabricados en material compuesto (fibra de Carbono, resina epoxy), siendo la dirección de la fibra la dirección longitudinal del tubo.
- Los extremos de los tubos son embutidos o “abrazados” por herrajes metálicos de Aluminio con una rigidez muy alta (en una primera aproximación se podrían considerar como rígidos). Cada herraje tiene un Interface (I/F) plano con 4 tornillos. Los herrajes inferiores se atornillan a tierra, mientras que los superiores se atornillan a zonas “rigidizadas” de la vasija externa del cristato.
- Vasija externa: es una estructura de Aluminio con forma cilíndrica y espesor reducido, y tiene 2 tapas planas: inferior y superior. La vasija tiene zonas rigidizadas (espesor incrementado): las zonas donde se atornillan los herrajes de la estructura soporte, y la zona donde se atornillan los tubos de unión al escudo térmico.
- Escudo térmico: El criostato incorpora 1 escudo térmico fabricado en Aluminio. Es una estructura de forma cilíndrica, también tiene 2 tapas: superior e inferior, es de espesor reducido, y su Temperatura de funcionamiento nominal es de 20 °K.
- La unión entre la vasija externa y el escudo térmico se realiza mediante 4 tubos en posición vertical: el escudo “cuelga” por así decir de la vasija externa. Los tubos están fabricados en material compuesto, la dirección de la fibra coincide con la dirección longitudinal del tubo, y al igual que antes los tubos llevan herrajes en sus extremos que embuten al tubo, y una I/F plana para la unión en 4 posiciones mediante tornillos, a las zonas “rigidizadas” de la vasija externa, y del escudo térmico.
- Placa interface (I/F) del sensor de rayos X: es una placa fabricada en Material compuesto (fibra de Carbono, resina epoxy). Se conoce el apilado, espesor de las diferentes capas, etc.
- La unión entre el escudo térmico y la Placa I/F se realiza de nuevo mediante 4 tubos en posición vertical (la placa I/F cuelga del escudo térmico). Los tubos se fabrican de nuevo en material compuesto, la dirección de la fibra es la dirección longitudinal del tubo, y llevan herrajes en sus extremos para la unión al escudo térmico y a la placa I/F.
- Sensor de rayos X: para esta simulación se puede considerar como un elemento muy rígido (en comparación con el resto del equipo). Se conoce la masa, y la posición del CDG (centro de gravedad) del mismo, así como la posición de los 6 tornillos de su I/F.

- Elementos criogénicos: Al equipo estaría acoplado un crio-enfriador que tendría una parte unida a la vasija externa del criostato, y otra parte (dedo frío) unido al escudo térmico de 20K. En una primera simulación se podrían desprestigiar las propiedades estructurales del crio-enfriador. Sin embargo debido a que las masas de las 2 partes del crioenfriador resultan relevantes, sería necesario tenerlas en cuenta en las simulaciones.

El objetivo de la simulación MEF sería realizar un primer dimensionado del criostato (secciones de los tubos, espesores, etc.), y validar la configuración general del criostato. No sería necesario en esta primera fase entrar en análisis de detalle, ni análisis locales.

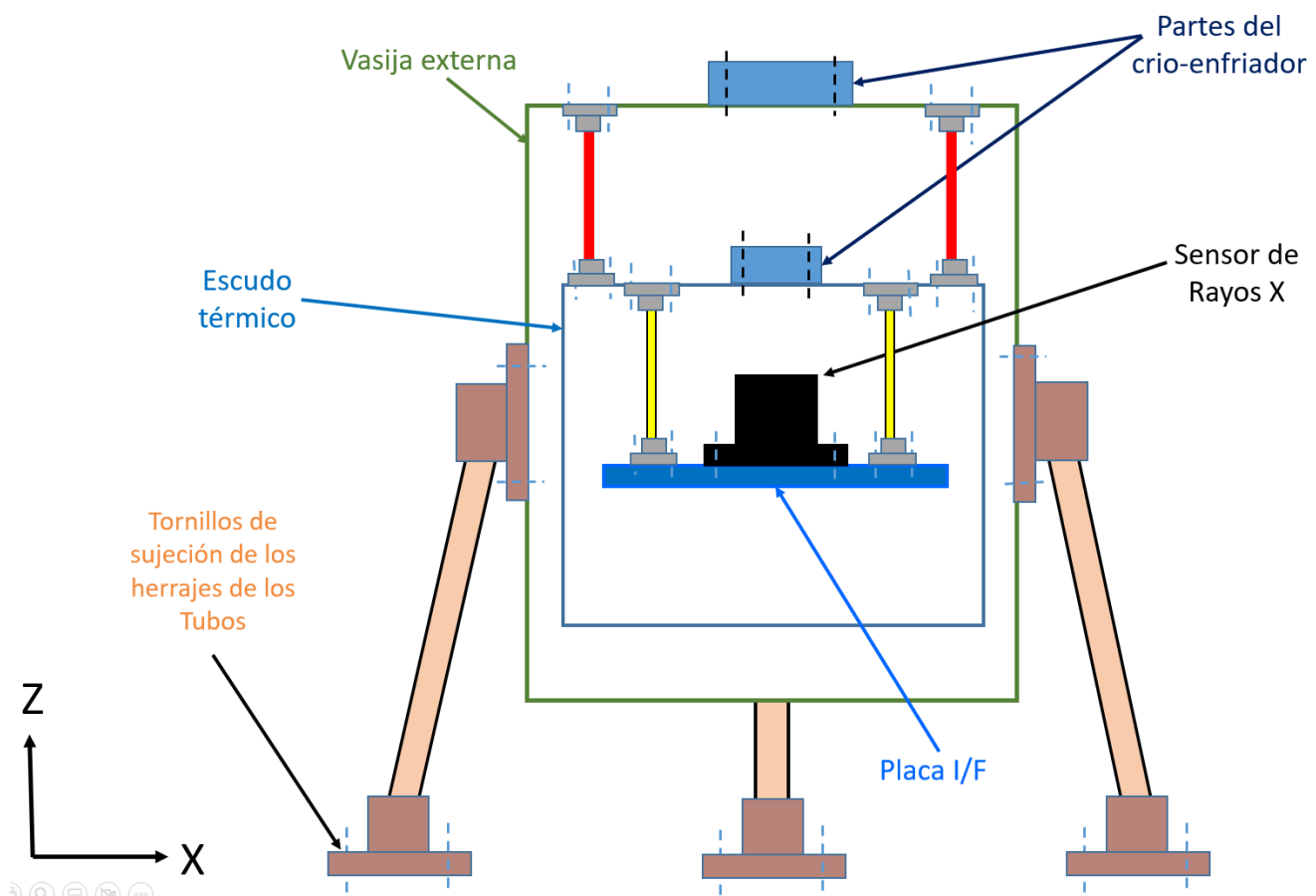


Figura 3: Esquema general del "criostato"

Los casos de carga a considerar serían 2:

Caso 1: Una composición de:

- La aceleración de la gravedad: 1 g según - Z (aplicada a todo el conjunto).

- Cargas de presurización: durante los ensayos en tierra se emplea una bomba de vacío para conseguir internamente vacío en el Criostato, mientras que en la cara exterior de la vasija estará sometida a presión ambiente.

Caso 2: Cargas estáticas equivalentes a las vibraciones dinámicas inducidas por el crio-enfriador:

- Aceleración gravitatoria (lateral) de 0,04 g en el plano XY
- Aceleración gravitatoria (axial) de 0,03 g según el eje Z.

Por otro lado, hay 3 **requisitos** aplicables al criostato:

1. Requisito de **resistencia**: la estructura ha de soportar el caso de carga 1 sin sufrir deformaciones permanentes, ni roturas.
2. Requisito de **desplazamiento** del sensor de rayos X en el caso de carga 2. El desplazamiento ha de ser $< 2 \mu\text{m}$ en cualquiera de los 3 ejes.
3. Requisito de **rigidez**: la primera frecuencia propia del criostato ha de ser $> 20 \text{ Hz}$.

PREGUNTAS

Explique cómo realizaría las siguientes tareas:

- 1 Para preparar el MEF con Patran que **tipos de elementos** usaría en las diferentes partes del criostato:
 - Estructura soporte
 - Herrajes de la estructura soporte
 - Vasija externa.
 - Escudo térmico
 - Placa I/F
 - Tubos de unión entre vasija externa y escudo térmico, y Tubos de unión entre escudo térmico y Placa I/F
 - Herrajes de los tubos de unión arriba explicados
 - Sensor de rayos X
 - Elementos criogénicos
- 2 ¿Cómo modelizaría las **propiedades de material** de las diferentes partes de la estructura:
 - Partes de la estructura en Aluminio: vasija externa, escudo térmico
 - Tubos de la estructura soporte, y Tubos de unión entre vasija externa y escudo térmico, y Tubos de unión entre escudo térmico y Placa I/F
 - Placa I/F
- 3 Explique qué hipótesis de **condiciones de apoyo** del MEF escogería, y como se aplicarían en Patran (o en el programa Pre/post escogido)
- 4 ¿Cómo haría la modelización de los casos de carga 1 y 2 sobre el MEF?

- 5 ¿Cómo se realiza el chequeo de modos rígidos del MEF?
- 6 Explique qué resultados pediría en el análisis NASTRAN para comprobar si el montaje cumple con el requisito de resistencia. ¿Cómo se calcularían los **Márgenes de Seguridad** de los tubos de la estructura soporte, la vasija externa, el escudo térmico, los tubos de unión entre vasija externa y escudo térmico, y la placa I/F?
- 7 ¿Qué resultados pediría en el análisis NASTRAN si se quiere comprobar el requisito de desplazamiento del sensor de medida?
- 8 ¿Cómo se verifica el **requisito de rigidez**?

Aclaraciones

- No se pide un desarrollo completo de conceptos teóricos, sino una introducción y explicación de la aplicación práctica de los mismos al supuesto que se plantea.
- Puede haber varias soluciones válidas para el supuesto. Se busca coherencia a lo largo del ejercicio, y una justificación adecuada de las respuestas.