

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO PARA EL SUMINISTRO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR DILUCIÓN CRYOGEN FREE.

PRIMERA.- OBJETO Y NECESIDADES A SATISFACER.

La línea de investigación en computación cuántica del Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) requiere un nuevo equipo de refrigeración de dilución como aparato clave para poder desarrollar todos los objetivos científicos del proyecto 'Nanofabrication-Enhanced Superconducting Qubit Quality (NESQQ)', financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU-MICINN(PRTR-C17.11) y por la Generalitat de Catalunya.

Este tipo de refrigerador es específico puesto que logra temperaturas de pocas milésimas de grado por encima del cero absoluto. Estas condiciones de temperatura son imprescindibles para activar la funcionalidad de los dispositivos cuánticos que el grupo de investigadores del IFAE desarrollará en el seno del proyecto de computación cuántica.

El refrigerador se instalará en el espacio del taller de IFAE que ha sido habilitado para alojar el laboratorio del grupo de Quantum Computing Technology, complementando los equipos de medida ya existentes.

SEGUNDA.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

2.1 Condiciones generales.

El sistema de refrigeración debe ser de tipo "cryogen-free". Esto implica que no se requerirá helio líquido para pre-enfriar el sistema a los 3 grados Kelvin. Para ello, el sistema debe operar con un solo compresor de helio de tubo pulsado que proporcione la potencia necesaria para operar el sistema de forma continua.

El sistema criogénico será utilizado para el desarrollo de prototipos en el que será necesario caracterizar multitud de dispositivos de forma simultánea. Esto requiere que el diámetro del plato más frío (donde se ubica la cámara de mezcla) sea por lo menos de 45cm. Además, el tiempo de enfriamiento por debajo de 50 mK (millikelvin) no debe superar las 24 horas para garantizar un tiempo rápido para reemplazar dispositivos. En este equipo se llevarán a cabo medidas de larga duración del orden de meses, por lo que el sistema debe poder operar de forma prolongada durante estos períodos de tiempo sin interrupciones.

El sistema criogénico debe operar de forma completamente automatizada, permitiendo el uso en modo manual cuando sea necesario. Debe existir un proceso automático de

recuperación de la mezcla de gases He3/He4 en caso de emergencia, por fallo de alimentación o pérdida de presión de aire comprimido, evitando así cualquier tipo de pérdida. El sistema debe poder recuperarse automáticamente en caso de caída de tensión del sistema eléctrico, incluso cuando no esté conectado a un ordenador de control.

El sistema debe incluir la instalación de por lo menos 2 sets de 24 líneas DC ("direct current"). Estas líneas deberán ser superconductoras en la zona por debajo del plato de los 4 Kelvin hasta el plato de la cámara de mezcla. También debe tener espacio para la instalación de por lo menos 20 cables de banda ancha, hasta los 20 GHz (gigaherzios). Estos cables de banda ancha no serán incluidos en la oferta del licitante.

Dado el reducido espacio disponible en el laboratorio del IFAE, se valorará muy positivamente que el equipo ocupe el mínimo espacio posible en operación. En concreto, el sistema no debería exceder los 3.1 metros de altura cuando esté en operación ni cuando se requiera un mantenimiento en el sistema en sí o para instalar dispositivos o cableado en su interior. Si fuera necesario, el criostato debe tener un sistema motorizado de elevación del criostato para garantizar este tipo de operabilidad en un espacio reducido.

2.2 Especificaciones técnicas:

Las especificaciones del sistema en el momento de entrega, previo a la instalación de cableado, deben ser las siguientes:

- Temperatura base de 15mK o inferior.
- Diámetro del plato de la cámara de mezcla superior a los 45 cm.
- Tiempo de enfriado por debajo de 50mK de 24h o inferior.
- Un circuito cerrado para pre-enfriar el sistema con nitrógeno líquido.
- Potencia de enfriamiento a los 100mK de 200 μ W (microwatios) o superior.
- Operación continua del sistema a la temperatura base durante meses.
- Operación sin bote de 1K.
- Todas las bombas y el compresor utilizados para la circulación de la mezcla deben operar sin aceite.
- Altura máxima total del criostato en operación de 3.1 metros, incluyendo sistema de elevación del criostato.
- Ordenador con software dedicado a la monitorización de las temperaturas y presiones del sistema.
- Una batería UPS para mantener las válvulas en operación en caso de fallo en la alimentación del sistema.
- Puente de resistencias para monitorizar las temperaturas del sistema.
- Amplitud de vibración del sistema de menos de 50nm/sqrt(Hz) (nanómetros por raíz cuadrada de herzio) a la frecuencia de 1.5Hz (herzios).

2.3 Componentes del sistema.

2.3.1 Refrigerador de tubo pulsado con compresor.

El refrigerador de tubo pulsado debe tener suficiente potencia para operar sin requerir helio líquido para alcanzar temperaturas inferiores a los 4K. La potencia de enfriamiento del refrigerador de tubo pulsado debe ser de 2W a 4K.

El refrigerador de tubo pulsado llevará a cabo una primera fase de enfriamiento de todos los componentes del sistema a 50K y 3K en las zonas superior e inferior del refrigerador, respectivamente.

El refrigerador de tubo pulsado deberá estar mecánicamente desacoplado del criostato para garantizar un nivel bajo de vibración en el sistema.

2.3.2 Inserto del refrigerador de dilución.

El inserto del refrigerador de dilución debe tener, por lo menos, los siguientes puertos de entrada directa a la cámara de mezcla ("direct line-of-sight") para cableado experimental: al menos 5 puertos de entrada de tamaño KF40 o equivalente para poder instalar cables de medida tipo coaxial. Puertos de entrada de mayor tamaño serán valorados positivamente. Además de estos puertos, el inserto deberá contener entradas para el sistema de monitorización de temperatura y otros parámetros del sistema, línea de vacío de condensación de He3, línea de bombeo de la mezcla, línea para hacer el vacío en la cámara de vacío, y contactos de corriente para calentamiento rápido del criostato.

El inserto debe operar sin bote de 1K ("1K pot").

La unidad de dilución y el tubo pulsado deben poder sustituirse sin alterar el cableado experimental.

La temperatura mínima del sistema en la cámara de mezcla debe ser de 15mK o inferior. La potencia de enfriamiento a 100mK deberá ser de 200 μ W o superior.

El sistema debe enfriar de temperatura ambiente (300K) a la temperatura en la cámara de mezcla de 50mK o menos en un tiempo inferior a las 24h.

2.3.3 Cámara de vacío.

El diseño de la cámara de vacío debe ser suficientemente flexible para que una sola persona la pueda manipular.

Deberán incluirse pantallas de radiación a todos los estadios de temperatura.

2.3.4 Sistema de manejo de gases para helio y vacío.

El sistema de circulación de mezcla y vacío debe estar completamente libre de aceite para evitar contaminación de la mezcla.

Para la bomba “scroll”, debe existir suficiente aislamiento para lograr un ritmo de fugas inferior a 1×10^{-8} mbar /l / sec (milibares por litro por segundo).

Debe existir por lo menos una trampa fría dentro del refrigerador y otra fuera del refrigerador para mantener la pureza de la mezcla de He3/He4.

El criostato debe estar eléctricamente aislado del sistema de bombas de vacío y de las válvulas.

El criostato debe estar mecánicamente aislado del sistema de refrigeración. Esto se deberá reflejar en una amplitud de vibración inferior a los $1.5\text{nm}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1.5 Herzios.

El compresor utilizado para circular la mezcla no debe ser de tipo membrana para evitar fugas.

2.3.5 Mezcla de He3/He4.

La cantidad necesaria de mezcla de He3/He4 será entregada por parte del IFAE a la empresa licitadora.

2.3.6 Dispositivo de lectura de temperatura y electrónica de control.

El sistema deberá tener un sistema electrónico de lectura de temperatura, presiones y otros parámetros relevantes de su operación, con sensores en los distintos niveles de temperatura y presión.

2.3.7 Estructura de soporte.

El sistema debe suministrarse con una estructura de soporte. La altura total del sistema una vez montado en la estructura de soporte no debe exceder en ningún punto la altura disponible en el espacio de laboratorio (3.1 m).

2.4 Especificaciones en inglés.

Se adjunta un anexo como parte de este pliego con las especificaciones técnicas en inglés. En caso de discrepancia prevalecerá lo escrito en castellano.

3. CONDICIONES DE SUMINISTRO.

3.1 Entrega e instalación del suministro.

Los suministros se entregarán bajo Incoterms DDP. El proveedor será responsable de su empaquetamiento y envío y deberá contar con los seguros de transporte adecuados.

El equipo será entregado al IFAE, en la siguiente dirección:

Edificio del Taller de l'Institut de Física d'Altes Energies (IFAE),
Campus Universitat Autònoma de Barcelona (UAB),



Calle de Can Magrans S/N,
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, España

El equipo será recepcionado por el responsable del contrato señalado en el apartado M del QR de la presente licitación o, en su defecto, por la persona designada por el IFAE. La identidad de la persona que deberá acusar la recepción del equipo será facilitada por el IFAE al contratista antes de la entrega del material.

La instalación será por cuenta de la empresa licitadora, sin que el IFAE deba asumir ningún coste por dicho concepto, y deberá efectuarse por personal especializado designado por el contratista. El contratista será responsable de que su personal pueda obtener la autorización de seguridad y los permisos de entrada requeridos por las autoridades, cuando proceda.

3.2 Documentación.

En el momento de la entrega se proporcionará un conjunto completo de ficheros técnicos sobre los esquemas electrónicos y el diseño mecánico, los manuales operativos, los manuales de mantenimiento y la documentación del software en inglés.

3.3 Plazo de entrega.

El contratista entregará el equipo y procederá a su instalación en los términos establecidos en el presente pliego en el plazo máximo de treintaseis (36) semanas desde la fecha de la firma del contrato. Dicho plazo podrá ser mejorado por los licitadores en sus ofertas.

3.4 Prueba de aceptación en fábrica.

La aceptación técnica en fábrica consistirá en una prueba de rendimiento del instrumento y en la entrega del correspondiente informe técnico antes de la entrega en IFAE. El personal del proveedor realizará las pruebas en fábrica.

En particular, serán comprobadas la temperatura base del sistema, así como la potencia de enfriamiento a 20 mK y a 100 mK.

3.5 Prueba de aceptación en sitio.

La aceptación técnica del suministro se somete al resultado de las pruebas destinadas a evaluar las prestaciones del equipo. La temperatura base y la potencia de enfriamiento serán comprobadas en sitio, y comparadas con los resultados de la prueba en fábrica.

El personal del proveedor realizará las pruebas en las instalaciones de IFAE.

Cualquier defecto residual tendrá que ser corregido por el contratista antes de la emisión del acta de recepción.

3.6 Formación.

El contratista proporcionará una formación adecuada para permitir el correcto funcionamiento y mantenimiento del instrumento por parte del personal de IFAE.

La formación se impartirá por personal designado por el contratista y deberá consistir, como mínimo, en una sesión de formación en inglés.

Dicha sesión de formación deberá tener lugar, como máximo, en el plazo de 15 días desde la entrega y puesta en servicio del instrumento en IFAE, siempre que las pruebas de aceptación hayan sido satisfactorias.

La formación se llevará a cabo con los instrumentos encargados en los días siguiendo la instalación del equipo.

3.7 Acta de recepción

El acta de recepción del equipo será expedida por IFAE, como máximo, en el plazo de 15 días desde la finalización de la formación ofrecida por el contratista.

El acta de recepción será firmada tanto por IFAE como por el contratista y determinará la fecha de inicio del período de garantía establecido en la cláusula V del QR.

4. CONDICIONES DE PAGO.

Las condiciones de pago son las que constan en la cláusula O del QR

5. GARANTÍA

5.1 Plazo.

El plazo de garantía será el que figure en la cláusula V del QR. Dicho plazo podrá ser mejorado por los licitadores en sus ofertas.

5.2 Alcance de la Garantía.

La garantía cubrirá partes manufacturadas por el contratista, así como productos de terceros. Durante el plazo mínimo de garantía, esta no estará condicionada a la realización de cualquier tipo de mantenimiento.

La garantía cubre tanto el software como el hardware.

Durante el período de garantía, las actualizaciones del software se proporcionarán de forma gratuita.

La garantía comprenderá mano de obra, partes y costes de viaje del personal técnico especializado que deba realizar las reparaciones así como, si es el caso, el coste de desmontaje, transporte y nueva instalación de piezas o partes del equipo que deban ser reparadas.

6. SOPORTE TÉCNICO

Además de la formación subsiguiente a la instalación de los equipos el contratista pondrá a disposición del IFAE, durante toda la vida útil del equipo, incluido también el periodo de garantía, un correo electrónico habilitado para resolver problemas técnicos y operativos menores con el equipo.

Este soporte deberá ser ofrecido por personal especializado en este tipo de sistemas, provisto por el contratista, por sí mismo o a través de terceros.

El contratista se compromete a establecer un sistema de respuesta rápida a las dudas planteadas en el plazo máximo de un día (24h) hábil.

7. DIRECTIVAS Y NORMATIVA A CUMPLIR

Se deben seguir las normas y reglamentos europeos. El sistema debe ser entregado con certificado CE.

8. INFORMACIÓN ADICIONAL

8.1 Información sobre fondos del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

Este expediente de contratación podría contar con financiación del programa "Equipamiento Científico Técnico 2019" si el proyecto "Criostato de dilución para la medida y caracterización de dispositivos cuánticos (Cryo-Q)" con código EQC2019-000828-C es financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

ANEXO – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN INGLÉS

Cryogen-free dilution refrigerator with base temperature below 15mK with at least 45cm diameter mixing chamber plate.

1. Technical specifications

1.1 General description

The refrigeration unit must be of the type “cryogen-free”. This implies that no cryogenic liquid is required. Instead, the system must operate with a helium pulse-tube compressor that provides the necessary cooling power to operate the system continuously.

The cryogenic system will be used to develop prototype devices in which it will be necessary to characterize a multitude of devices simultaneously. This requires the diameter of the mixing chamber plate to be at least 45cm. In addition, the cooling time below a temperature of 50 mK (millikelvin) does not exceed 24 hours to guarantee a fast sample exchange time. In addition, occasional measurements of long duration on the order of several months must be possible. Therefore, the system must be able to operate continuously without interruption during those periods.

The cryogenic system must operate in a fully automatized way, allowing manual use when necessary. There must exist an automatic process to recover the He3/He4 gaseous mixture in case of emergency, due to a power outage or loss of air pressure, avoiding any losses. The system must be able to automatically recover its operating state in case of an interruption, even when it is not connected to a control computer.

The system must include the installation of at least two sets of 24 DC lines (direct current), which should be superconducting below the 4K stage of the fridge all the way to the mixing chamber. The available space in the system needs to be sufficient to install at least 20 cables of high bandwidth, up to 20 GHz. These high-bandwidth cables may not be included in the offer of the tenderer.

Given the reduced space in the IFAE laboratory, it will be very positively valued that the system occupies the least possible amount of space. In particular, the system must not exceed a height of 3.1m during operation, maintenance, or during any type of installation. If required, the refrigerator must contain a motorized system to be elevated to guarantee its operability in such a space.

The specifications of the system at the time of delivery, previous to the installation of cables, must be the following:

- Base temperature of 15mK or lower.
- Cooldown time under 50mK of 24 hours or lower.
- Cooling power of 200 μ W (microwatts) at 100mK, or higher.
- Continuous operation at base temperature for several months.
- Operation without 1K pot.
- All pumps and compressor used for the mixture circulation must operate without oil.
- Computer with a dedicated software to the monitoring of system pressures and temperatures.

- A UPS battery to maintain valves in operation in case of failure of the energy supply of the system.
- Resistance bridge to monitor all temperatures of the system.
- System amplitude vibrations below 50nm/sqrt(Hz) at 1.5 Hz.

1.2 System components

1.2.1 Pulse-tube refrigerator with compressor

The pulse-tube refrigerator must be sufficiently powerful to operate without requiring liquid helium to attain temperatures below 4K. The cooling power of the pulse tube refrigerator should be 2W at 4K.

The pulse tube refrigerator will pre-cool all system components at 50K and 3K in the upper and lower regions of the refrigerator, respectively.

The pulse tube refrigerator must be mechanically decoupled from the cryostat to guarantee a low vibration level.

1.2.2 Dilution refrigerator insert

The dilution refrigerator insert must contain at least the following input ports to the mixing chamber (direct line-of-sight) for the experimental cabling: 5 x KF40 (or equivalent). Larger-size ports will be positively valued. In addition to those ports, the insert must contain separate input ports to monitor the system temperature and other relevant parameters, a vacuum line of He3 condensation, a line to pump out the He3/He4 mixture, a line to pump out the vacuum chamber, and electrical contacts for faster warming up of the system.

The insert must operate without 1K pot.

Replacement of the dilution unit and the pulse tube must be possible without altering the experimental cabling.

The lowest system temperature at the mixing chamber stage must be of 15mK or lower.

The cooling power at 100mK must be 200 μ W or higher.

The system must cool down from room temperature (300K) to the lower possible temperature at the mixing chamber stage (50mK or lower) in 24h or less.

1.2.3 Vacuum chamber

The operation of the vacuum chamber must be sufficiently flexible so that a single person can manipulate it.

Radiation shields will be included at all temperature stages.

1.2.4 Gas handling system for helium and vacuum

The mixture circulation circuit must be completely free from oil to avoid mixture contamination.

For the scroll pump, sufficient isolation must exist to achieve a leak rate lower than 1×10^{-8} mbar / l / sec.

At least one cold trap inside and another one outside the refrigerator must be included to keep the He3/He4 mixture as pure as possible.

The cryostat must be electrically isolated from the pumps and valves system.

The cryostat must be mechanically isolated from the refrigeration system. This must be reflected in a level of vibrations of at most 50nm/sqrt(Hz) at 1.5Hz.



The compressor used to circulate the mixture must not be of membrane type in order to avoid any leaks.

1.2.5 He3/He4 mixture

The necessary amount of He4/He3 mixture will be provided by IFAE to the tenderer.

1.2.6 Control electronics and temperature monitoring

The system must include an electronic system of temperature monitoring, along with pressures and other relevant parameters for its operation, including sensors at the several temperature and pressure levels.

1.2.7 Support frame

The system must be delivered with a support frame. The total height once the system is mounted on the support structure must not exceed the available height (3.1 m) at any point in the laboratory space.

En Bellaterra, a 24 de Julio de 2024

Eugenio Coccia
Director