

	GERENCIA DE FÍSICA - GAIyANN Materia Condensada / Bajas Temperaturas	INT-INN_03BT-008
	Informe Técnico	Página: 1 de 10
TÍTULO: Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual		
1. OBJETIVO Describir en forma resumida los procedimientos a llevar a cabo para poner en marcha el magnetómetro Cri.Ar.		
2. SOLICITANTE Este documento se genera por solicitud del LaTe Andes S.A. (Laboratorio de Termocronología y Geocronología para Sudamérica y Andes Centrales), como una descripción de los procedimientos a llevar a cabo durante el inicio de una medición empleando el magnetómetro Cri.Ar.		
Preparó		
Nombre y Apellido (Filiación)		Firma
Pablo PEDRAZZINI (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CONICET – Instituto Balseiro) Víctor Félix CORREA (Lab. Bajas Temperaturas-CAB - CONICET – Instituto Balseiro) Marcelo VÁSQUEZ MANSILLA (Lab. Resonancias Magnéticas-CAB - CONICET) Javier LUZURIAGA (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CNEA – Instituto Balseiro) Ignacio ARTOLA (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CNEA) Santiago HANSEN (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CNEA) Rodolfo FUENTES (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CNEA) Ernesto CRISTALLINI (Dep. Ciencias Geológicas-UBA – LaTe Andes S.A.) Nicolás HERNANDEZ (LaTe Andes S.A.) Mariano GÓMEZ BERISSO (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CONICET – Instituto Balseiro) Julio GUIMPEL (Lab. Bajas Temperaturas-CAB – CONICET – Instituto Balseiro)		
Aprobó		
Nombre y Apellido	Fecha	Firma
Alejandro FAINSTEIN	28-05-2019	 Dr. Alejandro FAINSTEIN Gerente FÍSICA
NOTA: Este documento es propiedad de CNEA y se reserva todos los derechos legales sobre él. No está permitida la explotación, transferencia o liberación de ninguna información en el contenido, ni hacer reproducciones y entregarlas a terceros sin un acuerdo previo y escrito de CNEA.		

CNEA	Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual	INT-INN_03BT-008 Página: 2 de 10
-------------	---	-------------------------------------

INDICE

1. OBJETIVO.....	1
2. SOLICITANTE.....	1
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. ABREVIATURAS.....	3
5. DESARROLLO: Puesta en marcha del magnetómetro.....	4
5.1 Controles previos al encendido del compresor.....	4
5.1.1 Vacío.....	4
5.1.2 Compresor del Criogenerador PTR.....	4
5.1.3 Termometría y control de temperatura.....	5
5.2 Inicio del proceso de enfriamiento.....	5
5.3 Cancelación de campo magnético remanente.....	5
5.4 Control de los SQUIDs.....	7
5.5 Apagado del magnetómetro.....	8
6. REFERENCIAS.....	9
7. INFORMACIÓN DE CONTACTO.....	9
8. ANEXOS.....	10
8.1 ANEXO A: Esquema de las distancias involucradas en el posicionamiento de muestras.....	10

CNEA	Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual	INT-INN_03BT-008 Página: 3 de 10
-------------	---	-------------------------------------

3. INTRODUCCIÓN

El magnetómetro Cri.Ar es un instrumento sensible capaz de medir el momento magnético vectorial, \mathbf{m} , de muestras de dimensiones estandarizadas (10 cm^3 en las utilizadas en Paleomagnetismo) con límite inferior del orden de $|\mathbf{m}| < 10^{-8} \text{ emu}$ (magnetización $|\mathbf{J}| \sim 10^{-9} \text{ emu/cm}^3$). Debido al efecto de la señal espuria proveniente del portamuestras, actualmente el límite inferior de sensibilidad es 10^{-7} emu (magnetización $|\mathbf{J}| \sim 10^{-8} \text{ emu/cm}^3$). Para lograr la alta sensibilidad, el magnetómetro Cri.Ar basa su funcionamiento en SQUIDS, es decir dispositivos superconductores que permiten sensar cambios extremadamente pequeños de flujo magnético [CriArGeneralidades]. A este tipo de magnetómetros se los conoce habitualmente como SRM. Los módulos que actualmente componen el magnetómetro son:

- un criogenerador de ciclo cerrado de tipo PTR que permite enfriar los SQUIDS a una temperatura $T < 4\text{K}$ ($4\text{K} = -269^\circ\text{C}$). Se suma como accesorio un controlador de temperaturas que permite fijar valores de temperaturas estables de trabajo entre 3K y 10K.
- Un sistema de bombeo, que permite evacuar la cámara de vacío del magnetómetro.
- El sistema de apantallamiento de campo magnético, compuesto por un blindaje externo de alta permeabilidad, un blindaje interno superconductor y arreglos de bobinas de compensación. Este sistema tiene como accesorios un Fluxgate para medir campos magnéticos de hasta pocos nT ($1 \text{ nT} = 1 \mu = 0.01 \text{ mG}$) y múltiples fuentes de corriente programables implementadas mediante un módulo DAC.
- El sistema de detección asociado a los SQUIDS, con una electrónica de control dedicada. Opcional: osciloscopio.
- El sistema de desplazamiento, posicionamiento y rotación de la muestra.
- Computadora con software de control que permite realizar las mediciones, monitoreo y control general del magnetómetro.

A estos módulos se suman otros periféricos destinados a controlar los procesos de desmagnetización de las muestras. En este documento sólo se describe el proceso de puesta en marcha y apagado del magnetómetro propiamente dicho.

4. ABREVIATURAS

DAC	Conversor digital-analógico (Digital-to-Analog Converter)
PTR	refrigerador de tubo de pulsos (<i>Pulse Tube Refrigerator</i>)
SRM	magnetómetro para rocas basado en SQUIDS (<i>Superconducting Rock Magnetometer</i>)
SQUID	dispositivo superconductor de interferencia cuántica (<i>Superconducting Quantum Interference Device</i>)

CNEA	Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual	INT-INN_03BT-008 Página: 4 de 10
-------------	---	-------------------------------------

5. DESARROLLO: Puesta en marcha del magnetómetro

La puesta en marcha del magnetómetro consiste en tres etapas que demandan una jornada aproximadamente. Dichas etapas pueden ser descriptas como:

- Controles previos al encendido del compresor, en la que se verifican las condiciones adecuadas para poder enfriar el equipo: **2 horas** aproximadamente.
- Inicio del proceso de enfriamiento, en la que se inicia el compresor y se monitorea el proceso de enfriamiento: **6 horas** aproximadamente.
- Cancelación del campo remanente, en la que mediante la aplicación de corrientes en bobinas compensadoras se logra reducir el campo magnético espurio en el espacio de medición de la muestra: **30 minutos** aproximadamente.

A continuación, se presenta en forma detallada cada uno de dichos procesos.

5.1 Controles previos al encendido del compresor.

Empezar por el proceso “Vacío”. Luego de iniciada la evacuación del equipo realizar los controles “Compresor del Pulse Tube” y “Termometría y control de temperatura”.

5.1.1 Vacío

El equipo debe ser evacuado previo a su puesta en marcha. Para ello, conectar la bomba mecánica de vacío **Dosivac Dvr II-DVP2A** (130 litros/minuto) mediante una manguera de vacío a la boca del equipo. Prender la bomba y proceder según sea el caso:

- **Si el sistema ya se encuentra en vacío**, con la válvula cerrada esperar del orden de 2-3 minutos para evacuar la manguera. Entonces abrir la válvula completamente y **bombear por un lapso de 60 minutos** aproximadamente.
- **Si el sistema está a presión atmosférica**, abrir lentamente la válvula durante un período total de 5 a 10 minutos. Si se hace con demasiada celeridad se verá una gran cantidad de “humo” (aceite de bomba) saliendo del escape de la bomba. Una vez que la válvula está completamente abierta **bombear por un lapso de 120 minutos** aproximadamente.
- Una vez pasados varios minutos, no debería observarse “humo” saliendo de la bomba. En caso de falla, consultar el Informe Técnico correspondiente [CriArMecánico].

Una presión baja de trabajo asegura el desacople térmico entre el plato frío y el ambiente. La señal más clara de fallas en la presión de trabajo dentro de la cámara (debido a un mal vaciado inicial o la aparición de pérdidas) es el deterioro de la temperatura en estacionario e incluso la condensación de humedad en las paredes de la camisa de vacío.

5.1.2 Compresor del Criogenerador PTR

La verificación previa al inicio de operación del compresor es sólo la lectura del nivel de presión de gas en el compresor Phigh y Plow, que **deben ser iguales y superiores a 170 psi**. Notar que condiciones de operación adversas (por ejemplo, temperaturas ambiente demasiado elevadas) podrían resultar en una interrupción automática de la marcha. El criogenerador de tipo “pulse tube” opera en base a compresión/descompresión y circulación de gas He. El compresor tiene una lógica que permite controlar toda su operación, incluido un “log” de fallas ocurridas.

CNEA	Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual	INT-INN_03BT-008 Página: 5 de 10
-------------	---	-------------------------------------

5.1.3 Termometría y control de temperatura

La medición y control de temperatura se realiza con el Controlador **Lakeshore 335**. En su pantalla pueden observarse las temperaturas del plato frío (CANAL A) y de la etapa intermedia (CANAL B). Adicionalmente, se observa el estado del calefactor de la etapa fría, como un porcentaje de fondo de escala de corriente aplicada. Verificar que:

- ambos canales estén midiendo una temperatura próxima a ambiente, es decir $T \sim 298$ K. Puede existir una leve diferencia (del orden de 1 K) entre ambas lecturas.
- Desconectar de la parte posterior del instrumento el calefactor (conector negro de dos terminales banana). Confirmar con un multímetro una resistencia del orden de 45Ω . Volver a conectar.
- La operación anterior puede ser realizada en forma automática ajustando un SETPOINT superior a la temperatura ambiente. Si el sistema aplica potencia, se confirma el buen funcionamiento del calefactor.
- En caso de falla, consultar el Informe técnico correspondiente [CriArCriogenia].

5.2 Inicio del proceso de enfriamiento.

El proceso de enfriamiento se inicia al prender el compresor: se levanta una llave de tipo “térmica” ubicada en el panel frontal y luego de algunos segundos durante los cuales se inicia el programa de control, se puede presionar el botón de inicio (verde).

Inmediatamente luego del encendido del compresor se observa un rápido descenso de la temperatura de la etapa intermedia (CANAL B). La temperatura final de trabajo $T \sim 4$ K no se logra hasta **transcurridas unas 6 horas de operación**.

Notar que las presiones alta (P_{high}) y baja (P_{low}) de operación del compresor se estabilizan aproximadamente en el mismo lapso en el que se alcanza la temperatura de trabajo, es decir unas 6 horas. Tiempos de enfriamiento muy superiores a las 6 horas detalladas podrían deberse a alguna falla en:

- Vacío de la cámara (verificar ausencia de condensación, etc.),
- Compresor (confirmar ausencia de cortes de luz, etc.),
- Termometría (termómetros desconectados, calefactor de control prendido, etc.)

5.3 Cancelación de campo magnético remanente

El magnetómetro cuenta con un blindaje externo de metal μ , un blindaje interno de plomo superconductor y con múltiples arreglos de bobinas de cancelación de campo. Por dichas bobinas se hace circular distintos valores de corriente provistas por un **módulo DAC marca MCC USB-3112** de tensión variable limitada por resistencia. Con el campo producido por dichas bobinas se busca cancelar cualquier campo remanente no apantallado por el blindaje de metal- μ .

Para poder medir el campo remanente se emplea un **fluxgate Applied Physics 534D** de tres ejes. Inicialmente se posiciona el fluxgate en el tubo de cuarzo, con la cara que contiene las inscripciones hacia la parte posterior del magnetómetro, ver la figura siguiente. En “Operaciones Manuales” del programa de manejo del Magnetómetro iniciar “Succión”.

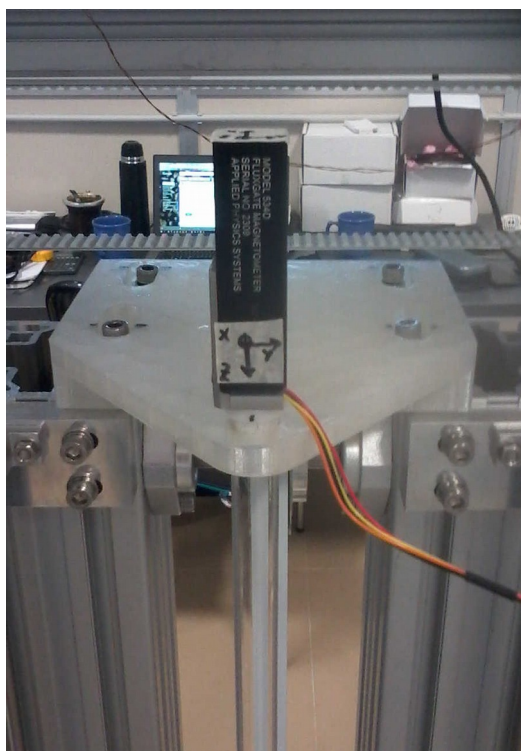


Figura 1: Magnetómetro de tipo fluxgate colocado en el tubo de cuarzo correspondiente al sistema de posicionamiento de muestras. Dicho sensor de campo magnético se emplea en el proceso de cancelación de campo remanente del SRM.

Notar que el programa de control del magnetómetro reasigna los valores medidos por el fluxgate y los presenta con coordenadas del magnetómetro. Adicionalmente, notar que los sensores de campo a lo largo de **x**, **y**, **z** están centrados en distintas posiciones del Fluxgate, ver manual.

El programa de control permite realizar mediciones en posición fija o realizar barridos a lo largo de la coordenada **z**. Estas dos alternativas pueden ser empleadas para cancelar el campo remanente en un punto único o ensayar la cancelación del campo en una región extensa. Recordar que el fluxgate sensa distintas componentes de campo en posiciones ligeramente distintas.

Para cancelar el campo en la región de medición:

- Suprimir el blindaje superconductor: en el controlador de temperatura poner **SETPOINT en 9.5K**. Se verá que la temperatura aumenta hasta estabilizarse a 9.5K al cabo de unos 5 minutos.
- Posicionar el fluxgate en la posición deseada: La coordenada **z** con la que trabaja el magnetómetro corresponde al centro de una muestra (11 mm sobre el tubo de cuarzo que la sujeta). Los sensores de campo dentro del Fluxgate se encuentran a unos 47 mm sobre dicha posición, por lo que hay que descontar esa distancia. Como ejemplo: con el centro de medición en **z = 775**, llevar el fluxgate a la posición **z = 775-47 = 728**. En el Apéndice A se muestra un esquemático de las distancias

- En simultáneo, en el programa de control del Magnetómetro, trabajar con las ventanas “Fluxgate” y “Control del DAC”. Introducir los valores medidos por el fluxgate para las componentes X, Y, Z como tensiones invertidas del DAC. Por ejemplo, si la lectura es $B=(B_x, B_y, B_z)=(-3, 40, -80)$ nT introducir tensiones $V_x=0.03$, $V_y=-0.4$ y $V_z=0.80$. Estos valores debieran resultar en una cancelación de los valores medidos con el fluxgate a pocos nT. Retocar los valores en caso de que sea factible mejorar la anulación del remanente B.
- Activar el blindaje superconductor: en el controlador de temperatura poner **SETPOINT en 3K**. Esperar algunos minutos hasta que la temperatura **descienda de 4.5K**, aproximadamente.
- Retirar las tensiones del DAC, poniendo los distintos valores a 0.
- Después de este procedimiento, debería confirmarse un valor inferior a 10 nT en cada una de las componentes del FG. Eventualmente repetir el procedimiento.
- Retirar el FG. Esto es fundamental para poder confirmar el nivel de ruido de los SQUIDS, según se describe en la próxima sección.

En la siguiente figura puede observarse un perfil de campo obtenido luego del proceso de cancelación empleando el protocolo descrito anteriormente [CriArBlindaje].

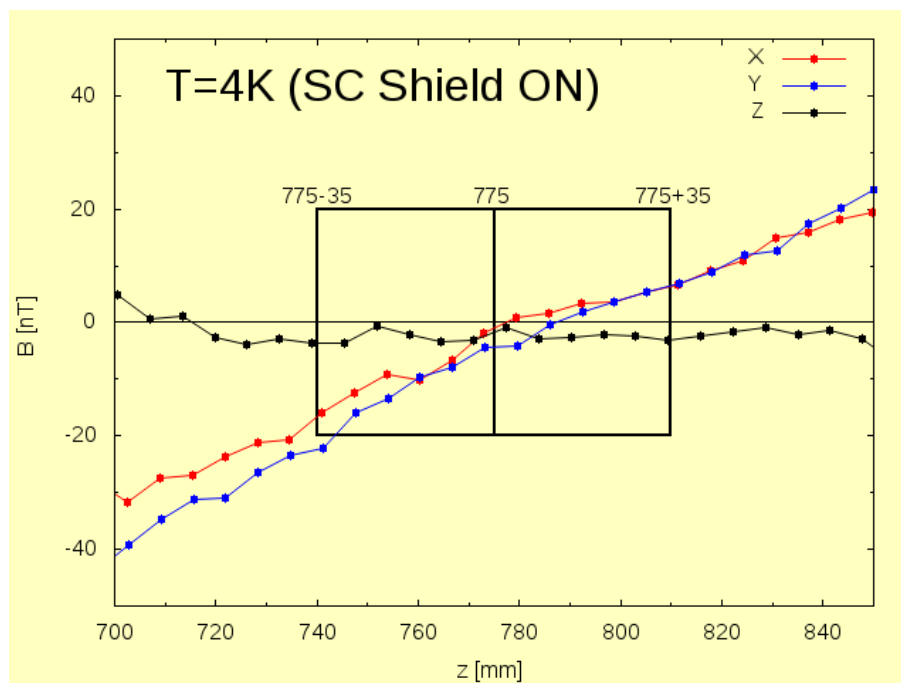
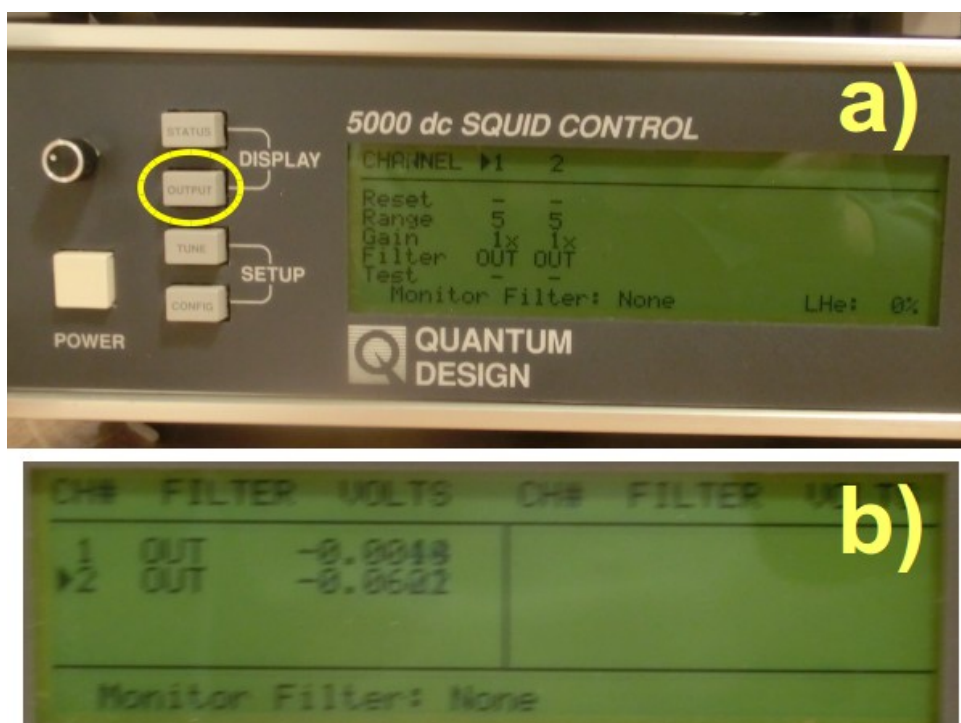


Figura 2: Ejemplo del perfil de campo obtenido en la zona de medición de la muestra después de aplicar el proceso de cancelación de campo magnético descrito en el texto.

5.4 Control de los SQUIDS.

Una electrónica dedicada maneja dos SQUIDS que sirven para detectar las señales “longitudinales” y “transversales”. La **señal longitudinal** es debida a componentes del momento magnético medido a lo largo del eje z, es decir el eje de desplazamiento de la muestra. La **señal transversal** es aquella debida a componentes (x,y) en el plano de rotación de la muestra.

La electrónica de los SQUIDs ensaya permanentemente la sintonía de los sensores. Esto se logra a bajas temperaturas, por lo cual una vez concretados los pasos descritos en la sección anterior y la temperatura haya disminuido a $T < 4.5$ K, los sensores deberían encontrarse operativos. El software de control se encarga automáticamente de este proceso, pero si se desea verificarlo manualmente, presionar el botón **[OUTPUT]** del panel frontal del **5000 dc SQUID CONTROL** y confirmar una lectura estable de la tensión de la salida de ambos SQUIDs. La tensión leída es proporcional a la variación de cuantos de flujo magnético detectada por los sensores, en escala dada por el rango **Range** de medición. Ver la siguiente figura.



Una oscilación de varios voltios permanente en la lectura puede indicar que los SQUIDs no se hallan aún a la temperatura de trabajo. Esperar algunos minutos y ensayar nuevamente. Un osciloscopio monitoreando la señal de salida (MONITOR) puede ayudar a determinar si los SQUIDs funcionan correctamente y si el nivel de ruido es óptimo (típicamente 10 mV en la escala Range=5) [CriArAdquisición,CriArDetección].

5.5 Apagado del magnetómetro.

El proceso de apagado es sencillo. Simplemente se deben apagar los instrumentos de control de los SQUIDs y DAC. Finalmente, se apaga el compresor (botón rojo). Al cabo de unos segundos se puede cortar la térmica del panel frontal.

Debe recordarse que el sistema de detección del magnetómetro trabaja a bajas temperaturas, por lo que el sistema debe calentarse antes de poder ser abierto, etc. La temperatura del plato frío puede controlarse en el CANAL A del controlador de temperatura. Esperar hasta que dicha temperatura sea $T > 280$ K.

CNEA	Magnetómetro Cri.Ar: puesta en marcha manual	INT-INN_03BT-008 Página: 9 de 10
-------------	---	-------------------------------------

6. REFERENCIAS

[CriArAdquisición] “*Magnetómetro Cri.Ar: adquisición y procesamiento de datos*”, J. Guimpel *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-007 (2019).

[CriArBlindaje] “*Magnetómetro Cri.Ar: apantallamiento magnético*”, M. Vásquez Mansilla *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-004 (2019).

[CriArCriogenia] “*Magnetómetro Cri.Ar: aspectos térmicos y criogenia*”, P. Pedrazzini *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-005 (2019).

[CriArDetección] “*Magnetómetro Cri.Ar: sistema de detección*”, V.F. Correa *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-006 (2019).

[CriArGeneralidades] “*Magnetómetro Cri.Ar: generalidades sobre el proyecto*”, P. Pedrazzini *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-002 (2019).

[CriArMecánico] “*Magnetómetro Cri.Ar: diseño mecánico y vacío*”, M. Gómez Berisso *et al.*, Informe técnico CNEA INT-INN_03BT-003 (2019).

7. INFORMACIÓN DE CONTACTO

Por información referida a este reporte, contactarse con Pablo Pedrazzini (responsable del informe: pedrazp@cab.cnea.gov.ar), Julio Guimpel (responsable científico del proyecto: jguimpel@cab.cnea.gov.ar) o Nicolás Hernández (responsable por parte de LaTe Andes SA: hernandezn@lateandes.com).

8. ANEXOS

8.1 ANEXO A: Esquema de las distancias involucradas en el posicionamiento de muestras

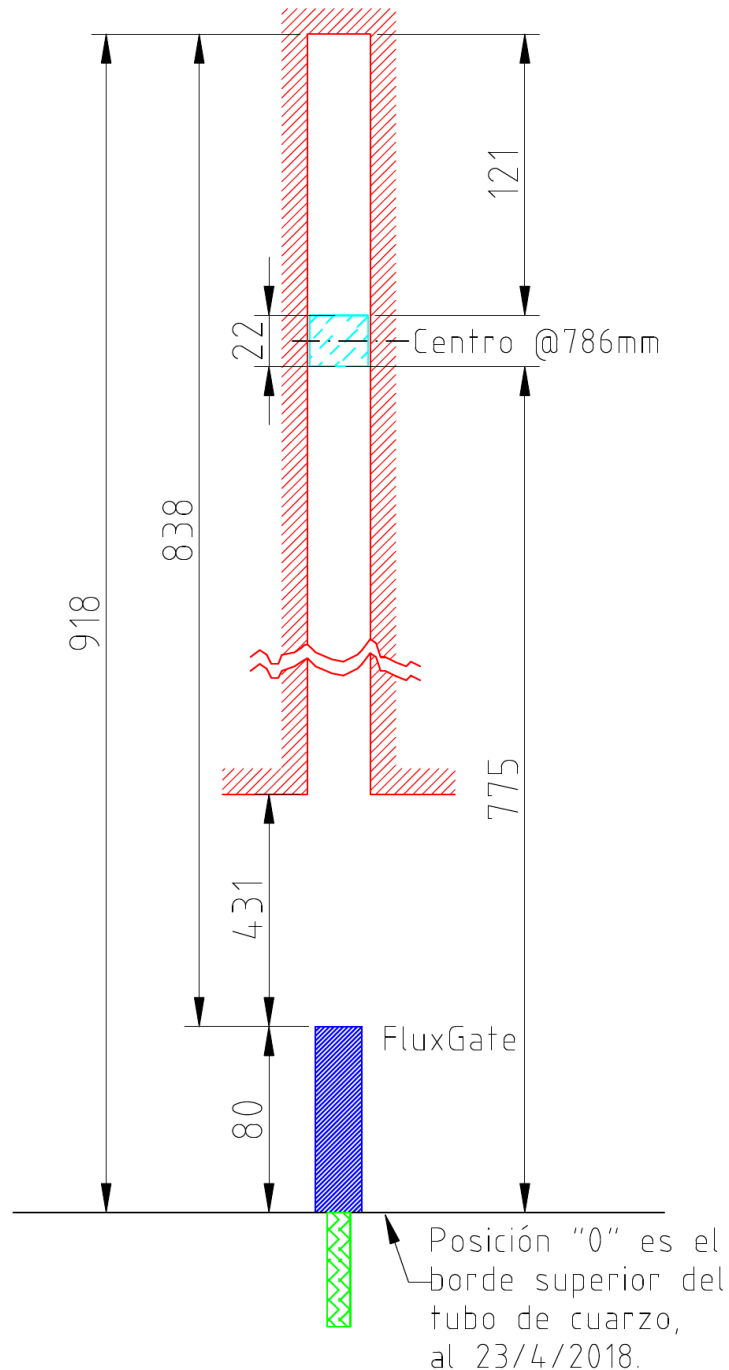


Figura A.1: Dibujo esquemático del entorno en el que se desplaza la muestra a ser medida. En la parte inferior se observa el tubo de cuarzo que posiciona a la muestra (operación de medición) o al Fluxgate (operación de cancelación de campo, comparar con la Fig. 1). El tubo rojo representa el volumen en el que ingresa la muestra para la medición propiamente dicha. Las dimensiones están dadas en mm. Corresponden a la configuración durante su instalación, es decir, Abril de 2018.