

Seguretat líquids criogènics

Volum màxim als dewars dels imants

Nota: Les dades del DNP són una estimació. Caldrà consultar la documentació dels imants per si s'esmenta el volum real dels dewars de nitrogen i heli líquid.

Imant	Volum màxim d'heli líquid (autonomia teòrica)	Volum màxim de nitrogen líquid (autonomia teòrica)
B-C 70/30 USR	800 litres (1 any)	n.a.
600 US	158 litres (130 dies)	170 litres (17 dies)
500 US	70 litres (105 dies)	114 litres (18 dies)
400 NB	84 litres (220 dies)	84 litres (14 dies)
400 WB	40 litres (100 dies)	86 litres (14 dies)
360	25 litres (45 dies)	60 litres (10 dies)
250 (auto)	54 litres (110 dies)	53 litres (10 dies)
250 (robot)	54 litres (110 dies)	53 litres (10 dies)
DNP	50 litres (110 dies)	60 litres (12 dies)

n.a. no s'aplica

Accidents relacionats amb LIN o amb nitrogen gas

En els casos més greus l'accident és fatal,

- [Safety problems led to lab death](#). Aquesta és la trista història d'un treballador que tenia per feina "to fill two storage vessels inside the unit from a tap controlling a 2.000 litre tank of liquid nitrogen outside the building connected by a metal hose" i que un bon dia "[was found] collapsed on the floor unconscious and frozen" perquè no es varen observar les mínimes normes de seguretat.
- [Exitus letalis durch flüssigen Stickstoff. Death by liquid nitrogen](#). Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1997; 32(8): 522-525. (Un estudiant de 24 anys a Göttingen, Alemanya)
- [Case report: Clinical and morphological aspects of death due to liquid nitrogen](#). Int J Legal Med 1998; 111(4): 191-195 (El mateix estudiant de la notícia anterior)
- [Evaporated liquid nitrogen-induced asphyxia: a case report](#). J Korean Med Sci. 2008 Feb;23(1):163-165. (Un investigador de 27 anys a Corea)
- [On an accident by liquid nitrogen--histological changes of skin in cold](#). Forensic Sci Int. 1995 Nov 30;76(1):61-67. (Dos investigadors joves al Japó)
- [Accident: 95669.015 - Employee Is Asphyxiated When Respirator Is Hooked To Nitrogen Line](#). An employee was preparing to paint a car. The employee hooked up his airline respirator to a nitrogen hose instead of to the compressed air hose, resulting in the employee suffering asphyxiation. Degree: Fatality.
- [Accident: 83288.015 - Employee Enters Vessel And Is Killed](#). At 6:00 a.m. on February 24, 2016, an employee was found unresponsive in the bottom of a testing vessel/containment box

containing liquid nitrogen. The employee died. Degree: Fatality.

- [Accident: 200212843 - Employee Is Killed While Working With Liquid Nitrogen](#). On October 30, 2010, Employee #1, a production supervisor, had installed a liquid nitrogen jacket around the outside of the conductor pipe and was flowing liquid nitrogen in order to form a plug. Employee #1 was found by coworkers, collapsed in the hole. He was removed by his coworkers, but he had already died. Degree: Fatality.
- [Accident: 200033223 - One Is Killed, Two Are Injured From Nitrogen Exposure](#). Employee #1 started a cooling process that utilized large quantities of compressed liquid nitrogen to lower the temperature. The [device] had a ventilation system designed to remove excess nitrogen, however, on that particular day, the ventilation system became compromised. The nitrogen, which entered into the [device], exceeded the [device] capacity and leaked into the control room, causing an oxygen deficient atmosphere. Employee #1 entered the control room, and a surveillance video of the area showed that within minutes of entering the control room, Employee #1 became unconscious. Employee #1 was pronounced dead at the hospital. Degree: Fatality.
- [Inert Gas Asphyxiation: A Liquid Nitrogen Accident](#). Morales, Ivan et al. CHEST, Volume 152, Issue 4, Supplement, page A378, October 2017.
 - [Georgia deputy dies trying to save worker inside sperm bank](#).
 - [UPDATED with the response from Airgas](#).
 - [Sperm Bank Death: How Does Liquid Nitrogen Kill?](#)

I fins i tot quan l'accident no és fatal, les conseqüències poden ser molt greus,

- [An unusual cause of gangrene: cold injury caused by liquid nitrogen](#). Schweiz Med Wochenschr. 1989 Feb 11;119(6):192-195.
- [Liquid nitrogen injury: a case report](#). Burns. 1997 Nov-Dec;23(7-8):638-640.
- [Severe liquid nitrogen freeze injury: a case report](#). J Trauma. 2007 Jun;62(6):E7-E10.
- [Self-injury with liquid nitrogen](#). Z Unfallchir Versicherungsmed. 1993;86(2):90-6.
- [Accident: 106061.015](#) - Employee Sustains Back Laceration When Container Ruptures. There was no pressure relief device on the container. Degree: Hospitalized injury.
- [Accident: 97101.015](#) - Employee Is Exposed To Liquid Nitrogen And Suffers Amputation of an Unspecified Extremities. The incident investigation revealed that the space contained liquid nitrogen. Degree: Hospitalized injury.
- [Accident: 202634606](#) - Employee's Leg Is Lacerated Struck By Object. Employee was calibrating a device using liquid Nitrogen, the temperature overshot to -65 degrees, the employee turned off the liquid nitrogen tank supplying the equipment for checking purposes, when a steel hose blew off and struck his left leg causing a 2-in. laceration. Degree: Hospitalized injury.
- [Wine bar fined after woman's stomach removed following liquid nitrogen shot](#). The Guardian, 2015-09-17.
- [First hand experience of the dangers of Liquid Nitrogen](#).
- [Top 10 Worst Liquid Nitrogen Accidents](#). YouTube video, 2017-06-08.

Enllaços d'interès

- [USA OSHA - Safety and Health Topics. Confined Spaces](#)
- [Boston College - NMR Facility Safety Plans, 2008](#)
- [National Agricultural Safety Database, NASD](#)
- [OSHA Confined Space Entry Poster](#)
- [Johnson Space Center \(JSC\) Safety & Health Handbook - 2008](#). By the National Aeronautics and Space Administration (NASA). Chapter 6.5. Working safely with cryogenic fluids

- [Hazards of Nitrogen Asphyxiation](#). A Safety Bulletin by the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, No. 2003-10-B | June 2003.
 - [FINAL REPORT: Safety Bulletin - Hazards of Nitrogen Asphyxiation](#).
 - [FINAL REPORT: Power Point Presentation on Nitrogen Hazards](#)
- [Hazards of Nitrogen Asphyxiation in Confined Spaces](#). Safety Bulletin 2005-17 (Update), December 2005.
- [Nitrogen inhalation in the human](#).
- [Liquid Nitrogen - Code of practice for handling](#). Birkbeck, University of London.
- [Acts of God, Acts of Man](#), by Jordan Barab. WorkingUSA. The Journal of Labor and Society.
- [Nitrogen asphyxiation](#) (proposed capital punishment method).
- [Respirator Fact Sheet](#). What You Should Know in Deciding Whether to Buy Escape Hoods, Gas Masks, or Other Respirators for Preparedness at Home and Work. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- [Nitrogen Asphyxiation Hazards](#), by Dr. Saraf, June 2010. Risk and Safety Blog.
- [Educational Bulletin on the HAZARDS OF NITROGEN ASPHYXIATION](#) (Apparently requires Internet Explorer to display correctly).
- [Hazard Alert: Risk of Asphyxiation with Liquid Nitrogen](#). Monash University, November 2003.
- [Cryogenics Information. Liquid Nitrogen Facts](#). Goddard Space Flight Center, NASA.
- [Safetygram #7, Liquid Nitrogen](#). Air Products.
 - [Product Safety](#). Air Products.
- [Liquid Nitrogen Classroom Demonstrations](#). Sam Barro PowerLabs.
- [Change of volume with nitrogen](#). This shows the volume change as liquid nitrogen changes into a gas.
- [The Liquid Nitrogen Show](#). Motivate, Millennium Mathematics Project, University of Cambridge.
- [Assessing risks of superconductive magnet quenches](#).
- [Safety instructions when working in the NMR area](#). University of Cambridge.
- [General Safety Considerations for the Installation and Operation of Superconducting Magnet Systems](#). Bruker Biospin.
- [Riesgos por nitrógeno líquido en sala criogénica de banco de médulas óseas: ¿cómo evitarlos?](#). Formación de Seguridad Laboral, nº 147, junio de 2016, pp. 86-89.
- [Riesgos de los líquidos criogénicos](#).
- [Botellas de gas. Riesgos en la utilización de gases licuados a baja temperatura](#). Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral, Universitat Politècnica de València.

Vídeos at Google (abans Youtube)

- [Liquid Nitrogen](#)
- [MRI Magnet Accident](#)
- [Superconducting Magnet Quench](#)
- [Colorado-900-Quench-2005](#)

Protocols de càrrega

- [Procedures for Filling Magnets with Liquid Nitrogen and Helium](#). New Mexico State University.
- [NMR Facility Maintenance Procedures](#). Southern Illinois University Carbondale.
- [Safety Instructions for Nitrogen Fills on NMR magnets](#).
- [Safety Instructions for Helium Fills on NMR magnets](#).
- [General Standard Operating Procedures, Pines' Lab](#). University of California, Berkeley.

- [General Safety Considerations for the Installation and Operation of Superconducting Magnet Systems](#). Bruker Biospin.
- [Informe SPS 01-16 con Procedimiento de trabajo general para la Manipulación de Nitrógeno Líquido](#), Servicio de Prevención, CSIC.
- [Recomendaciones en la utilización de gases licuados a baja temperatura](#). Servicio de Prevención, CSIC.

Normativa legal i tècnica en prevenció de riscos laborals

- [Ley 31/1995, de 8 de noviembre](#), de Prevención de Riesgos Laborales, y sus modificaciones posteriores.
- [Ley 54/2003, de 12 de diciembre](#), de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- [Real Decreto 374/2001, de 6 de abril](#), sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
 - [Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos en los lugares de trabajo](#) - Año 2013.

Notes tècniques de prevenció (NTP)

- [NTP 340](#): Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes.
- [NTP 383](#): Riesgo en la utilización de gases licuados a baja temperatura.
- [NTP 430](#): Gases licuados: evaporación de fugas y derrames.

Portal de l'Institut Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

L' [Institut Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo](#) conté a l'apartat de documentació material normatiu i material didàctic sobre la seguretat al treball: notes tècniques de prevenció, guies tècniques,

Normativa legal i tècnica en manteniment d'instal·lacions

- [Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre](#), por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
 - ITC EP 4: Depósitos criogénicos [\(s'aplica al tanc exterior de nitrogen líquid\)](#)
 - ITC EP 6: Recipientes a presión transportables [\(s'aplica als dewars de transport d'heli líquid\)](#)
- [Real Decreto 656/2017, de 23 de junio](#), por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
 - [Guía técnica de aplicación del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos \(RAPQ\) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias \(mayo 2018\)](#)

Portal de Qualitat i Seguretat Industrial de la Sec. Gral. de Industria y Pyme

El portal [Temas de interés en Calidad y Seguridad Industrial](#) conté el recull oficial de normativa i guies sobre seguretat industrial.



Con la presente información, la SECRETARÍA GENERAL DE INDUSTRIA Y PYME a través de la DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y PYME, con la colaboración de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (FFII), pretende poner a disposición de los interesados información útil en el marco de las principales actividades en materia de Calidad y Seguridad Industrial de su competencia

En este sitio, podrá encontrar la reglamentación de referencia en la materia, los agentes que operan en el campo de calidad y seguridad industrial, datos sobre actividades como la inspección técnica de vehículos o las actuaciones en dirigidas a garantizar la unidad de mercado y la eficacia de la vigilancia del mercado.

Difusió

- [Instrucción Técnica Complementaria ITC EP 6 Recipientes a presión transportables](#)

Infraestructures crítiques i serveis essencials

- [Ley 8/2011, de 28 de abril](#), por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas.
- [Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo](#), por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas.

ANEXO

Sectores estratégicos y Ministerios/Organismos del sistema competentes

Sector	Ministerios/Organismos competentes
Industria química.	Ministerio Interior.
Instalaciones de investigación.	Ministerio Ciencia e Innovación Ministerio Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Centro Nacional de Protección de Infraestructuras y Ciberseguridad (CNPIC)

El [Centro Nacional de Protección de Infraestructuras y Ciberseguridad \(CNPIC\)](#) es el órgano responsable del impulso, coordinación y supervisión de todas las políticas y actividades relacionadas con la protección de las infraestructuras críticas españolas y con la ciberseguridad en el seno del Ministerio del Interior. El CNPIC depende del Secretario de Estado de Seguridad, máximo responsable del Sistema Nacional de Protección de las Infraestructuras Críticas y de las políticas de ciberseguridad del Ministerio.

- [Contacto](#)
- [Preguntas frecuentes](#)

Comprovar



Instalacions tècniques

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA. ITC EP-1. CALDERAS

INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA. ITC EP-4. DEPÓSITOS CRIOGÉNICOS

INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA. ITC EP-6. RECIPIENTES A PRESIÓN TRANSPORTABLES

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS ITC-BT-01 a ITC-BT-52 aplicables.

Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.

Guía técnica de aplicación del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (mayo 2018)

Riscos laborals

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.

Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la

seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO de 12 de julio de 1999 (1999/519/CE) relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)

Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)

Directiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE).

Notas Técnicas de Prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) aplicables, entre altres:

NTP 198: Gases comprimidos: identificación de botellas

NTP 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales

NTP 359: Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades

NTP 397: Botellas de gas: riesgos genéricos en su utilización

NTP 432: Prevención del riesgo en el laboratorio. Organización y recomendaciones generales

NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación

NTP 598: Exposición a campos magnéticos estáticos

NTP 725: Seguridad en el laboratorio: almacenamiento de productos químicos

Tub de làtex per transferència de LIN

Aquestes són les dades dels tubs de làtex que fem servir actualment per connectar la canonada de nitrogen líquid al imants.



El làtex és un material flexible a temperatura ambient. A la temperatura del nitrogen



líquid es torna rígid i fràgil, i **es pot trencar fàcilment si se sotmet a una mínima flexió**. Per intentar pal·liar aquesta fragilitat fem servir tubs amb parets quelcom més gruixudes, tanmateix,

- **cal evitar tocar els tubs quan estan congelats i**
- **cal descartar els tubs que presentin fatiga o defectes.**

No recordo que hàgim tingut cap accident greu, com tubs que exploten sense previ avís i sense que ningú els estigui tocant, però sí que de vegades s'ha trencat algun tub per doblar-lo massa o per moure'l accidentalment.

Fins ara fèiem servir tubs de goma làtex de 10×16 mm de diàmetre (intern × extern), amb parets de 3 mm de gruix, que compràvem a AFORA, S.A. (Ref. ZGL1016), però des de la seva fusió amb Fischer Scientific, ja no està disponible.

Una possibilitat seria comprar-ne a un altre proveïdor, per exemple, [DH Material Médico, S.L.](#) (NIF: B-61751475, Av. de l'Ebre, nave 4 (Pol. Ind. Can Cortès Sud), 08184 Palau-Solità i Plegamans, Barcelona):

DH Material Médico	
Ref.	10659025914
Descripció	Tubo de goma de látex Rollo de 25 metros. Varias medidas
Mides	10×16 mm diàmetre (gruix de les parets: 3 mm)
Ús	Tub prim per la transferència de nitrogen i per la ventilació del dewar de nitrogen líquid de l'imant.

Alternativament, cas de no trobar un tub de 10×16 mm Ø, al catàleg de Scharlab hi ha uns tubs de làtex de mides semblants que podrien servir. Es venen en rotlles de 10 metres:

Scharlab	
Ref.	288-0430.6
Descripció	Tubo Goma Latex de 10×16 mm Ø. Rollo de 10 metros.
Mides	10×16 mm diàmetre (gruix de les parets: 3 mm)
Ús	Tub prim per la transferència de nitrogen i per la ventilació del dewar de nitrogen líquid de l'imant.
Ref.	288-0430.8
Mides	⚠ NO CAL 14×20 mm diàmetre (gruix de les parets: 3 mm)
Ús	⚠ NO CAL Tub gruixut per la connexió del tub prim a la clau de la canonada de nitrogen líquid rígida. Amb els adaptadors actuals es pot connectar directament el tub prim.

Nombre i llargada dels tubs pels imants

	Tubs ventilació		Tub recàrrega	
	Quant.	Llargada	Quant.	Llargada
250-auto	2	2,00 m	1	3,00 m
250-robot	2	2,00 m	1	3,00 m
360	2	2,00 m	1	2,00 m
400nb	2	2,00 m	1	2,00 m

	Tubs ventilació		Tub recàrrega	
Imant	Quant.	Llargada	Quant.	Llargada
500	1	2,50 m	1	2,00 m
600	1	2,50 m	1	2,50 m
DNP	1	2,00 m	1	2,00 m
Total	23,00 m		16,50 m	

- Els *tubs de ventilació* han d'arribar gairebé al terra per reduir les esquitxades de nitrogen líquid al final del procés de recàrrega dels imants.
- Els *tubs de recàrrega* han de ser prou llargs com per anar des de l'aixeta de nitrogen líquid fins l'entrada de nitrogen líquid del dewar de l'imant, a ser possible, passant a través d'un dels forats per aixecar l'imant durant la instal·lació-reparació.

Tub de tefló-FEP

Hi ha un altre material que en podria interessar i que ens va recomanar el tècnic de Bruker que va instal·lar l'imant de 600 MHz. Es tracta del **tefló FEP**, un material plàstic que es manté flexible a la temperatura del nitrogen líquid,

FEP - Tefló FEP (propilè d'etilè fluorat)

Temp màx. ús ... 205°C

Temp HDT [1] 158°C

Temp fragilitat . -270°C

Transparència ... translúcid

Gravetat específic 2,15

Flexibilitat excel·lent

Permeab. N2 320

Permeab. O2 750

Permeab. CO2 2200

Absorció aigua .. <0,01

[1] Temperatura en que es presenta deformació a 66 PSI.

Es pot continuar fent servir el material però sense tensió.

Com es pot veure la **Temperatura de fragilitat** és de -270°C, de forma que a la temperatura del nitrogen líquid (-196°C) encara es manté flexible i no hi ha risc de ruptura/explosió. A més, a la taula de resistència química s'indica que no presenta dany després de 30 dies d'exposició a la majoria de productes químics.

Per transferir el nitrogen líquid durant el refredament de l'imant de 600 MHz, el tècnic de Bruker va fer servir un tub corrugat de tefló-FEP.

Tinc previst demanar alguns metres (és més car que el tub de làtex) la propera vegada que canviem els tubs de transferència actuals.

he encontrado unas páginas de proveedores con tubo corrugado de FEP-Teflon,

Parker-TexLoc, Mfr. of Precision Fluoroplastic Tubing & Heat Shrink
TUBERIAS FLEXIBLES CORRUGADAS EN FEP (ETILENO PROPILENO FLUORADO)

<http://www.texloc.com/z espanol/corrugadasFEP.html>

Tecno Products, S.L.

Tubos de FEP, PFA y PVDF

http://www.tecno-products.com/list_productos.php?cat=28

MEREFSA (Manufacturados Españoles de Resinas Fluoradas S.L.)

TUBOS COARRUGADOS DE PTFE - FEP - PFA

<http://www.merefsa.com/ES/products/113/ptfe-politetrafluoretileno/1124/tubos-coarrugados-de-ptfe-fep-pfa.html>

En la Wikipedia hay una página dedicada a este plástico

http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorinated_ethylene_propylene

en donde se cita una página de Dupont en donde comparan "Fluoropolymer Comparison - Typical Properties"

http://www2.dupont.com/Teflon_Industrial/en_US/tech_info/techinfo_compare.html

A lo mejor sería una buena idea preguntarles a los de Dupont qué plástico recomendarían ellos para transferir nitrógeno líquido...

DuPont FEP - Fluorocarbon Film

http://www2.dupont.com/Teflon_Industrial/en_US/assets/downloads/h55008_FEP_Film_Properties_Bulletin.pdf

From:

<https://sermn.uab.cat/wiki/> - SeRMN Wiki

Permanent link:

https://sermn.uab.cat/wiki/doku.php?id=seguretat_criogens&rev=1585698217

Last update: **2020/04/01 01:43**

