



10521
1
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

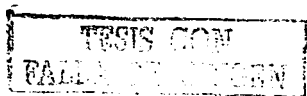
**“ INSTALACION DEL EQUIPO DE BAJAS TEMPERATURAS
EN EL LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
PRESENTAN:
MARIA ESTHER BAEZA HERNANDEZ
RENE ORTEGA CERQUEIRAS

ASESOR: M. EN C. ANA LETICIA FERNANDEZ OSORIO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2003



A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

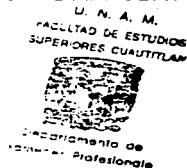
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Instalación del equipo de bajas temperaturas en el laboratorio de
Materiales Cerámicos.

que presenta la pasante: María Esther Baeza Hernández
 con número de cuenta: 9656376-8 para obtener el título de :
Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de Abril del 2003

PRESIDENTE Dr. Adolfo Obaya Valdivia

VOCAL M. en C. Ana Leticia Fernández Osorio

SECRETARIO I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura

PRIMER SUPLENTE M. en C. Ma. Ines Nicolas Vázquez

SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Bernardo Francisco Torres



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Instalación del equipo de bajas temperaturas en el laboratorio de
Materiales Cerámicos.

que presenta al pasante: Rene Ortega Cerqueiras
con número de cuenta: 9203928-3 para obtener el título de :
Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de Abril del 2003

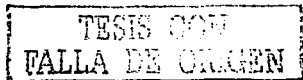
PRESIDENTE Dr. Adolfo Obaya Valdivia

VOCAL M. en C. Ana Leticia Fernández Osorio

SECRETARIO I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura

PRIMER SUPLENTE M. en C. Ma. Ines Nicolas Vázquez

SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Bernardo Francisco Torres



C

DEDICATORIAS

A Dios:

*Por iluminar mi camino y
estar siempre a mi lado.*

A mis Padres:

*Porque creyeron en mí.
Gracias por su apoyo y sacrificio.*

A mi Hija:

*Porque eres el regalo más preciado
que me ha otorgado la vida y la fuerza
que me impulsa para lograr mis objetivos.*

A ti Oscar:

*Gracias por apoyarme siempre
y aguantar mis malos ratos.
Te Amo.*

A mi amigo:

*Porque gracias a esto, he conocido
a una persona muy valiosa, a quien
le he compartido lo mejor de mí.
¡¡ Lo logramos !!*

A nuestra asesora Ana Leticia:

*Por la paciencia y el apoyo total
para la culminación de éste trabajo.*

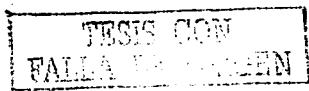
A los Sinodales:

*Por otorgarme parte de su valioso
tiempo en la revisión de éste trabajo.*

**A la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán:**

*Por la hospitalidad y apoyo
brindado durante la carrera.*

**Atentamente,
Ma. Esther Baeza Hernández**



≡

DEDICATORIAS

A Dios:

Por no desampararme en los momentos más difíciles.

A mis Padres:

Por darme la vida y su incondicional apoyo.

A mi Hijo:

Por ser la razón más importante para continuar.

A ti Wendy:

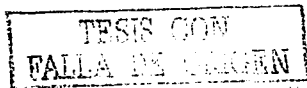
Por creer siempre en mi y darme la oportunidad de estar contigo.

A mis hermanos:

Por darme su amistad y apoyo en la vida.

A mis amigos:

Por todas aquellas cosas que nos unieron a lo largo de la carrera.



A handwritten mark consisting of a horizontal line with a short vertical stroke extending downwards from its right end, resembling a stylized signature or the number 7.

A ti Ma. Esther:

*Por darme la oportunidad de haber
terminado éste trabajo contigo
a pesar de las cosas que nos pasaron.
¡¡Gracias!!*

A nuestra asesora Ana Leticia:

*Por darnos la oportunidad y paciencia
para la culminación de éste trabajo.*

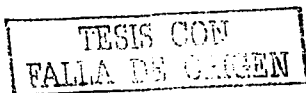
A los Sinodales:

*Por otorgarme parte de su valioso
tiempo en la revisión de éste trabajo.*

**A la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán:**

*Por la hospitalidad y apoyo
brindado durante la carrera.*

**Atentamente,
René Ortega Cerqueiras.**

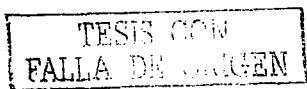


67

CONTENIDO

<i>Objetivos</i>	1
<i>Introducción</i>	2
Capítulo I. Generalidades	6
1.1 <i>Antecedentes</i>	6
1.2 <i>Ciclo termodinámico de un sistema criogénico</i>	14
1.3 <i>Descripción del equipo</i>	22
1.4 <i>Principio de funcionamiento</i>	31
Capítulo II. Instalación y Operación del Equipo	36
2.1 <i>Instalación del equipo</i>	36
2.1.1 <i>Compresor de helio y cabeza expansora</i>	36
2.1.2 <i>Conexión del crioenfriador al compresor</i>	39
2.1.3 <i>Carga del gas</i>	41
2.1.4 <i>Instalación de la Carga</i>	43
2.2 <i>Operación del equipo</i>	44
2.2.1 <i>Arranque y procedimiento del enfriamiento</i>	44

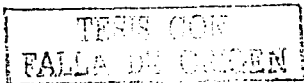
2.2.2	<i>Descarga</i>	45
2.2.3	<i>Funcionamiento de la cabeza de enfriamiento</i>	45
2.2.4	<i>Motor de la cabeza de enfriamiento</i>	47
2.2.5	<i>Estabilización de la presión de la carga de helio</i>	49
2.2.6	<i>Bomba de vacío</i>	51
2.2.7	<i>Controlador de temperatura</i>	52
2.2.8	<i>Fuente de voltaje</i>	55
 <i>Capítulo III. Calibración</i>		 57
3.1	<i>Controlador de Temperatura</i>	57
3.2	<i>Fuente de Voltaje</i>	58
 <i>Capítulo IV. Aplicaciones</i>		 59
 <i>Conclusiones y Perspectivas</i>		 74
 <i>Glosario</i>		 78
 <i>Apéndice</i>		 80
 <i>Bibliografía</i>		 84



H

Objetivos:

- 1) Realizar la medición de un compuesto superconductor con bajas temperaturas.
- 2) Interpretar los resultados obtenidos y determinar la variación en las propiedades eléctricas de dicho compuesto.
- 3) Proponer otras aplicaciones del equipo en función de adaptar otros dispositivos.
- 4) Instalar el equipo de bajas temperaturas en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campus 1.



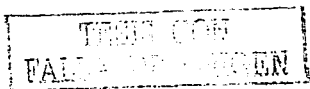
INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describe la instalación de un equipo de bajas temperaturas 4 °K (- 269 °C) con el objeto de estudiar los comportamientos eléctricos y magnéticos de los diversos materiales.

Es bien conocido, que los materiales cambian su estructura cristalina y sus propiedades a bajas temperaturas.

La fisicoquímica de bajas temperaturas es un campo relativamente nuevo dentro de la ciencia de materiales, y ha tenido especial importancia a partir de descubrimientos de materiales superconductores, en 1911 cuando al licuar mercurio este perdía su resistencia eléctrica.

Los primeros trabajos en la física de bajas temperaturas realizados por los químicos británicos Humphry Davy y Michael Faraday entre 1823 y 1845 allanaron el camino para el desarrollo de la criogenia. Davy y Faraday generaron gases calentando una mezcla adecuada en un extremo de un tubo estancado con forma de V invertida. El otro extremo se mantenía en una mezcla de hielo y sal para enfriarlo. La combinación de temperaturas reducidas y altas presiones hacía que el gas generado se licuara. Al abrir el tubo, el líquido se evaporaba rápidamente y se enfriaba hasta su punto de ebullición normal. Evaporando a bajas presiones dióxido de carbono sólido mezclado con éter, Faraday obtuvo una temperatura de aproximadamente 163 °K (-110 °C).

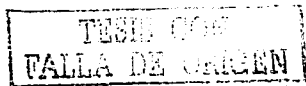


A temperaturas criogénicas, muchos materiales se comportan de forma desconocida en condiciones normales. El mercurio se solidifica y la goma se hace tan quebradiza como el vidrio. El calor específico de los gases y los sólidos disminuye en una forma que confirma las predicciones de la teoría cuántica. La resistencia eléctrica de muchos metales y metaloides —aunque no de todos— cae bruscamente hasta cero a temperaturas de unos pocos °K. Si se introduce una corriente eléctrica en un anillo metálico enfriado hasta hacerlo superconductor, la corriente sigue circulando por el anillo y puede ser detectada horas después. La capacidad de un material superconductor para mantener una corriente ha permitido diseñar módulos experimentales de memoria de ordenador que funcionan a estas temperaturas bajas. No obstante, las computadoras súper refrigeradas aún no resultan prácticas, incluso con el descubrimiento de materiales que presentan superconductividad a temperaturas algo mayores que las del helio líquido.

La superconductividad fue descubierta en 1911 por Kamerlingh Onnes como resultado de su descubrimiento de la baja licuefacción del helio. Él caracterizó el estado de superconductividad de $I = 0$ en función de su resistividad eléctrica.

Los materiales superconductores que se han descubierto desde 1911 hasta la fecha abarcan varios elementos de la tabla periódica, compuestos, aleaciones, compuestos orgánicos, compuestos ternarios, y óxidos. No fue sino hasta 1986 que se tuvieron los primeros indicios de la existencia de superconductividad a temperaturas relativamente altas. La mayoría de estos elementos superconductores son elementos de transición.

Otro descubrimiento fascinante fue que el helio no se congela, sino que a unos 2° K pasa de ser un líquido ordinario, denominado He ^I, a convertirse en He ^{II}, un líquido superfluido que no tiene viscosidad y presenta una conductividad térmica unas 1000 veces

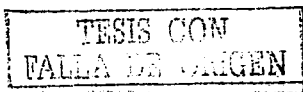


mayor que la de la plata. El He^{II} puede formar películas que se desplazan hacia arriba por las paredes del recipiente que lo contiene y traspasa con facilidad materiales como el platino. Aun no hay una teoría plenamente satisfactoria para este comportamiento.

Los investigadores observaron que el helio (He^{IV}) líquido, cuando se enfriaba por debajo de $2.17 \text{ }^{\circ}\text{K}$ (-270.98°C), podía fluir sin dificultades a través de orificios extremadamente pequeños, algo que no puede hacer por encima de dicha temperatura. También comprobaron que el helio superfluido formaba en las paredes del recipiente una película delgada (con un espesor aproximadamente de 100 átomos) que fluía en contra de la gravedad hasta el borde del recipiente y se desbordaba. La temperatura de $2.17 \text{ }^{\circ}\text{K}$ se denomina punto lambda (λ), porque la gráfica del calor específico del helio líquido presenta a dicha temperatura un máximo en forma de lambda.

A la presión atmosférica, el helio se licúa a una temperatura de $4.2 \text{ }^{\circ}\text{K}$. Entre esta temperatura y el punto lambda, el helio se comporta como un líquido normal, y se denomina He^{I} . El He^{II} es el estado líquido por debajo del punto lambda. Su conductividad térmica es elevada, unos tres millones de veces superior a la del helio $^{\text{I}}$. El helio superfluido (He^{II}) fluye de manera espontánea desde una región fría a otra de mayor temperatura; el He^{I} , en cambio, fluye en sentido opuesto.

Como podemos ver, la aplicación de la Física de bajas temperaturas va aumentando cada día, debido a las necesidades que se requieren en la investigación de más compuestos superconductores, que harían nuestra vida más fácil y práctica.



El estudio Físicoquímico de bajas temperaturas es un campo interesante de la Ciencia de Materiales por sus aplicaciones en la tecnología actual.

El equipo de bajas temperatura que se instaló en el laboratorio de Materiales Cerámicos ubicado en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campus Uno, proporciona de forma segura, el manejo de temperaturas criogénicas, en periodos largos y continuos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I. Generalidades

1.1 ANTECEDENTES

La **Criogenia**, se encarga del estudio del comportamiento de materiales a temperaturas muy bajas, no se ha acordado un límite superior para las temperaturas criogénicas, pero el Instituto Nacional de Modelos y Tecnología de los Estados Unidos ha sugerido que se aplique el término 'criogenia' para todas las temperaturas inferiores a $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($123\text{ }^{\circ}\text{K}$). Algunos científicos consideran el punto de ebullición normal del oxígeno ($-183\text{ }^{\circ}\text{C}$) como límite superior. Las temperaturas criogénicas se obtienen por la evaporación rápida de líquidos volátiles o por la expansión de gases confinados a presiones de entre 150 y 200 atmósferas. La expansión puede ser simple, es decir, a través de una válvula que comunica con una región de menor presión, o tener lugar en el cilindro de un motor alternativo, donde el gas impulsa el pistón del motor. El segundo método es más eficiente, pero también es más difícil de aplicar. Si un gas a temperatura moderada se expande a través de una válvula, su temperatura aumenta. Pero si su temperatura inicial está por debajo de la llamada temperatura de inversión, la expansión provoca una reducción de temperatura: es lo que se llama efecto Joule-Thomson. Las temperaturas de inversión del hidrógeno y el helio, dos gases criogénicos fundamentales, son extremadamente bajas, para lograr una reducción de temperatura por expansión, deben enfriarse primero por debajo de sus temperaturas de inversión: el hidrógeno mediante aire líquido y el helio con hidrógeno líquido. Generalmente, este método no logra la licuefacción de gases en un solo paso, pero encadenando los efectos en cascada, el físico francés Louis Paul Cailletet y el físico suizo Raoul Pierre Pictet, de forma

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

independiente, lograron producir en 1877 algunas gotas de oxígeno líquido. El éxito de estos investigadores marcó el final del concepto de gases permanentes, y estableció la posibilidad de licuar cualquier gas mediante una compresión moderada a temperaturas inferiores a la temperatura de inversión.(1)

El físico holandés Heike Kamerlingh Onnes montó la primera planta de producción de aire líquido en 1894, utilizando el principio de cascada. A lo largo de los siguientes 40 años, investigadores de Gran Bretaña, Francia, Alemania y Rusia desarrollaron diversas mejoras del proceso. El químico británico James Dewar fue el primero en licuar el hidrógeno en 1898, y Kamerlingh Onnes licuó el helio (el gas más difícil de licuar) en 1908. Desde entonces se ha dedicado una atención cada vez mayor al estudio de fenómenos a bajas temperaturas. Uno de los retos ha seguido siendo mejorar la eficiencia haciendo que un gas refrigerante opere en un motor alternativo o una turbina. Fueron notables los trabajos del físico ruso Piotr Kapitsa y el ingeniero estadounidense Samuel Collins. Un licuador de helio basado en el diseño de Collins ha hecho posible que muchos laboratorios no especializados puedan realizar experimentos en el punto de ebullición normal del helio, 4.2 °K (-268.9 °C).(1)

En la Tabla 1.1 se muestran los primeros resultados obtenidos en la producción magnética de bajas temperaturas. (27)

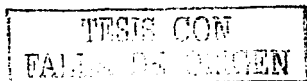
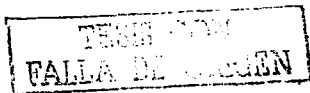


Tabla 1.1 Primeros resultados obtenidos por algunos investigadores en la producción magnética de bajas temperaturas.

Investigadores	Fecha	Sal Paramagnética	Campo Inicial 10 A/m	Temperatura inicial °K	Temp. Magnética final T°
Giauque, Mc Dougall	1933	Sulfato de gadolinio	0.64	105	0.25
De Hass, Wiersma, Kramers	1933	Fluoruro de Cerio, Sulfato de disprosio,	2.20	1.35	0.13
		Sulfato de Cerio etilo	1.55	1.35	0.12
			2.20	1.35	0.085
De Hass, Wiersma De	1934 1935	Alumbre crómico potásico,	1.96	1.16	1.031
		Alumbre férrico armónico,	1.92	1.20	0.018
		Mezcla de alumbre,	1.92	1.29	0.0044
		Alumbre de cesio y titanio	1.92	1.31	0.0055
Hass, Wiersma, Kramers	1935	Sulfato de gadolinio	0.43	1.15	0.35
		Sulfato de manganeso y amonio	0.64	1.23	0.09
		Alumbre férrico armónico	1.12	1.23	0.038
			0.66	1.23	0.072
			0.39	1.23	0.114

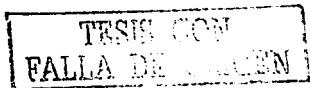
La evaporación de helio líquido a presión reducida produce temperaturas de hasta 0.7 °K (-272.45 °C). Es posible alcanzar temperaturas aún menores mediante la desmagnetización adiabática. En este proceso se establece un campo magnético en torno a una sustancia paramagnética, mantenida en helio líquido para enfriarla. El campo alinea los espines electrónicos; al desconectarlo, los espines recuperan su orientación aleatoria, con lo que reducen la energía térmica de toda la muestra. [51]



Con ello se logra que la temperatura baje hasta niveles de sólo 0,002 °K. Del mismo modo, el alineamiento de los espines nucleares seguido de la desconexión del campo magnético ha producido temperaturas cercanas a 0,00001 °K. [27]

La medida de temperaturas en la zona criogénica presenta dificultades. Un procedimiento consiste en medir la presión de una cantidad conocida de hidrógeno o helio, pero este método falla en las temperaturas más bajas. El empleo de la presión de vapor del He ^{IV}, es decir, helio de (número másico 4), o del He ^{III} (número másico 3), mejora el procedimiento anterior. La determinación de la resistencia eléctrica o las propiedades magnéticas de metales o semiconductores amplía aún más la escala de temperaturas medibles. [27]

Se cree que el helio está constituido por una mezcla de átomos superfluidos y átomos normales. La proporción de átomos superfluidos aumenta cuando la temperatura se aproxima al cero absoluto. Los átomos superfluidos se encuentran en su estado de energía más bajo (el estado fundamental), por lo que no transportan energía térmica. La ausencia de rozamiento puede explicarse por el hecho de que estos átomos superfluidos dejen su estado fundamental. La ausencia de energía térmica en los átomos superfluidos también explica las extrañas propiedades térmicas del He ^{II}. Su elevada conductividad térmica es el resultado del flujo de los átomos de helio normales, que llevan energía térmica a la zona de temperatura más baja, y el flujo sin rozamiento de los átomos superfluidos a la zona más caliente, donde se convierten en átomos normales. [51]



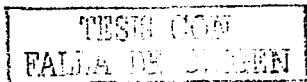
A temperaturas muy bajas (cerca del cero absoluto), muchos materiales presentan características sorprendentes. A comienzos del siglo XX, Onnes desarrolló técnicas para producir estas bajas temperaturas y descubrió la superconductividad del mercurio, que pierde toda su resistencia eléctrica a una temperatura de unos 4 °K. A muchos otros elementos, aleaciones y compuestos les ocurre lo mismo a una temperatura característica cercana a 0 °K y los materiales magnéticos se convierten en aislantes magnéticos. Desde 1986 se han fabricado varios materiales que presentan superconductividad a temperaturas mayores. La teoría de la superconductividad, desarrollada en gran medida por Bardeen y otros dos físicos estadounidenses, Cooper y Schrieffer, es extremadamente complicada, e implica el apareamiento de electrones en la red cristalina. [35]

Más tarde Meissner encontró que los superconductores tienen otras propiedades características de diamagnetismo. Así mismo, se define al efecto Meissner como el flujo magnético que pasa por el interior de las regiones superconductoras de los materiales. [37]

En 1986 Bednorz y Muller reportaron las abruptas caídas en la resistencia de los materiales de tipo $\text{La}_{(1-x)}\text{Ba}_x\text{CuO}_5$ ($0 < x < 1$), donde ($x=0,75-1,0$, y $y>0$) a una temperatura aproximadamente de 30 °K. Subsecuentemente, Takagi en 1987 reportó resistencia cero a 23 °K.

Una de las características primordiales en los superconductores es su baja resistividad eléctrica y su magnetización que varía en función de su temperatura, campo magnético y densidad de corriente. [7]

Algunos superconductores sólo se vuelven superconductores en forma de películas delgadas, bajo presión, o cuando se exponen a la radiación.



Entre los elementos, el Nb (Niobio) tiene la más alta temperatura de transición. Las mayores temperaturas críticas conocidas antes de 1986 se encuentran en los compuestos intermetálicos de estructura A15. Son compuestos cuya composición ideal es Nb_3X y V_3X donde X es Os, Rh, Pt, Au, In, Ga, Al, Ge, Si, Sn, Bi o Sb. Los monocristales de Nb_3Sn ($T_c = 18^\circ K$) sufren transiciones estructurales cúbica-tetragonal a temperaturas mayores que T_c . [17]

Un gran número de superconductores se encuentran en los compuestos de estructura B-1 (NaCl). Las más altas temperaturas críticas se encuentran en los compuestos que contienen Nb (Tabla 1.2), tal como NbN. El PdH, en aleación con Ag, es un superconductor metaestable con una T_c de alrededor de $17^\circ K$. [33]

Tabla 1.2. Temperaturas críticas de varios compuestos.

COMPUESTO	$T_c(^{\circ}K)$	COMPUESTO	$T_c(^{\circ}K)$
VC	0.03	TiC	3.4
VO	<0.3	TiN	5.5
ZnC	<0.3	TaN	6.5
HfC	<1.2	VN	8.5
NbO	1.4	TaC	10.4
YS	1.9	ZrN	10.7
TiO	2.0	NbC	12.0
ZrS	3.3	NbN	17.3

El campo de los óxidos superconductores comienza a mediados de la década de los 60 (Tabla 1.3). [29] Hasta 1985, sólo se conocía un número reducido de óxidos superconductores. Los primeros óxidos con propiedades superconductoras que se encontraron fueron NbO y TiO. El $SrTiO_3$ se hace superconductor a una temperatura muy baja $0.3^\circ K$. [31]

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

Tabla 1.3. Nuevos Óxidos superconductores descubiertos.

COMPUESTO	T_c °K	AÑO DE DESCUBRIMIENTO
TiO, NbO	1	1964
SrTiO ₃ X	0.7	1964
Bronces		
A _x WO ₃	6	1965
A _x MoO ₃	4	1969
A _x ReO ₃	4	1969
Ag ₂ O ₂ X	1	1966
LiTi ₂ O ₄	13	1974
Ba(Pb,Bi)O ₃	13	1975
(La,Ba) ₂ CuO ₄	35	1986
YBa ₂ Cu ₃ O ₇	91	1987
Bi/Sr/Cu/O	22	1987
Bi/Sr/Ca/Cu/O	110	1987
Tl/Ba/Ca/Cu/O	125	1988
K/Ba/Bi/O	30	1988

Después en 1986 se descubrieron los cerámicos a base de cobre (cupratos) los cuales se volvían superconductores a una temperatura de 91°K y finalmente en 1988 se descubre el compuesto a base de K, Ba,Bi,O el cual exhibe superconductividad a 30 °K. [31]

Sin embargo no solo el fenómeno de superconductividad se puede observar a temperaturas bajas, existen otras propiedades (eléctricas, ópticas, magnéticas) las cuales se manifiestan a estas temperaturas. Bajas temperaturas entonces significa el intervalo que va desde 1 hasta 125 °K. [39]

Las observaciones empíricas realizadas hasta antes de 1989 en los compuestos de cobre que presentan superconductividad de alta-T_c, conducen a las siguientes condiciones para la existencia de la superconductividad. [35]

Todos los cupratos de alta T_c tienen planos de Cu-O, en donde los átomos de Cu presentan una coordinación octaedral o piramidal con los átomos de O. [36]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los portadores de carga son hoyos que han sido dopados en compuestos antiferromagnéticos.

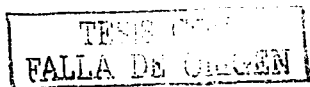
El hecho de que los materiales a bajas temperaturas exhiban propiedades nuevas se debe a que como la mayor parte de los sólidos muestran propiedades de cristal, sus estructuras cristalinas cambian en función de la temperatura, y lo mismo hacen sus propiedades. [13]

La resistividad de la mayoría de las muestras de cupratos superconductores de tipo p disminuye linealmente con la disminución de la temperatura en un amplio intervalo de temperatura. Los superconductores de electrones policristalinos presentan en general inhomogeneidades estructurales que hacen que resistividad pierda el comportamiento metálico. [46]

El compuesto no dopado Nd_2CuO_4 es un semiconductor típico y al doparlo con iones de Ce^{4+} aumenta su conductividad. Estas observaciones refuerzan el hecho de que el dopado con Ce^{4+} , o la remoción de oxígeno, introducen electrones móviles en estos compuestos. [14]

Además, cuando se induce el flujo de helio superfluido, aparecen espontáneamente diferencias de temperatura en el helio. [7]

En 1972 los estadounidenses Richardson y Osheroff descubrieron que el isótopo estable He^{III} también presentaba características de superfluidez a temperaturas inferiores a $0.00093 \text{ }^\circ\text{K}$; por este descubrimiento recibieron el premio Nóbel de Física en 1996. [12]



1.2 CICLO TERMODINAMICO DE UN SISTEMA CRIOGENICO

Casi todas las propiedades de la material presentan cambios interesantes a temperaturas inferiores a 20 °K. Por evaporación rápida del He^{IV} se obtienen con facilidad temperaturas del orden de 1 °K. Con el He^{III} es posible alcanzar hasta 0.3 °K. En 1926, Giaouque y Debye sugirieron, independientemente, que con sales paramagnéticas podrian alcanzarse temperaturas mucho más bajas. El fundamento principal es que la entropia de un subsistema iónico se representa en función de la temperatura para dos valores del campo magnético externo, 0 y H_i. A una temperatura próxima a 1 °K, donde la capacidad calorífica de la red de partículas no magnéticas es despreciable, la sal se imana isotérmicamente según el proceso $\kappa \Rightarrow i$. Para este proceso la ecuación es la siguiente: [27]

$$TdS = 0 + \mu_0 T \left[\frac{\partial M}{\partial T} \right]_H dH \dots (1)$$

La derivada $\left[\frac{\partial M}{\partial T} \right]_H$ es una medida de alineación de un sistema de imanes que acompaña a un incremento de temperatura (efecto de desorden) cuando se mantiene constante el campo externo (efecto de ordenación). Así mismo durante una imanación isotérmica se desprende calor. [27]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

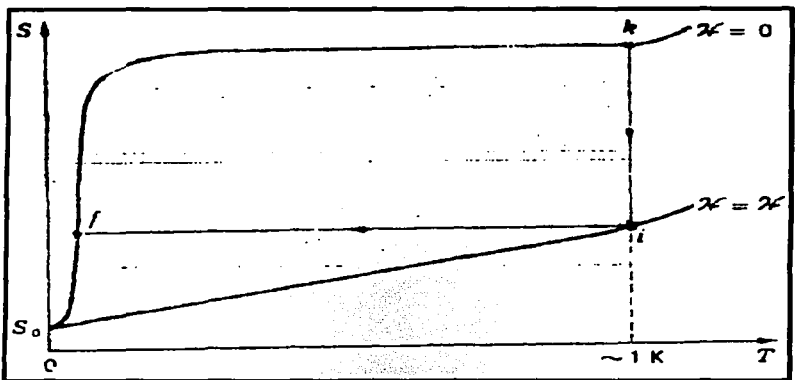


Figura. 1.1 En el incremento isotérmico del campo magnético $k \rightarrow i$, la entropía disminuye. En la reducción adiabática el campo magnético $i \rightarrow f$ (hasta campo nulo), la temperatura disminuye.

El segundo paso $i \rightarrow f$, es una disminución adiabática reversible de H en la cual:

$$0 = C_H \partial T + \mu_0 T \left[\frac{\partial M}{\partial T} \right]_H \partial H \quad \dots (2)$$

Puesto que $\left[\frac{\partial M}{\partial T} \right]_H$ y ∂H son ambos negativos, se deduce que ∂T es negativo, este cambio de temperatura se llama efecto magnetocalórico.

Una sal paramagnética se enfría hasta la menor temperatura posible con la ayuda de helio líquido, después se aplica un fuerte campo magnético, produciendo un aumento de temperatura en la sustancia y una consiguiente corriente de calor hacia el helio que la rodea, por lo cual algo de éste se evapora, la sustancia está fuertemente imanada y lo más

TESIS CON
FALLA DE CALIBRE

fría posible, en este momento se hace el vacío en el espacio que rodea la sustancia y se anula el campo magnético. [27]

La temperatura de la sal paramagnética desciende a un valor inferior.

La sal paramagnética puede ser un monocristal, un polvo prensado o una mezcla de pequeños cristales en forma de esfera, cilindro o esferoide. Se coloca en un espacio que se puede conectar unas veces a una bomba de vacío y otras a un suministro de gas, este espacio está rodeado por helio líquido cuya presión (y por tanto su temperatura) se puede variar. Alrededor del helio líquido hay nitrógeno líquido y el espacio intermedio está vacío.

Se admite gas helio en el espacio que contiene la sal paramagnética antes de accionar el imán, el aumento de temperatura producido por la acción del imán produce un flujo de calor a través del gas helio hacia el helio líquido. El gas helio se usa como conductor del calor para permitir que la sal paramagnética alcance rápidamente la temperatura de equilibrio (gas cambiador). Tan pronto como se ha alcanzado la temperatura de equilibrio, se extrae el gas cambiador, dejando la sal paramagnética térmicamente aislada. [11]

Últimamente se han construido solenoides de muchos millares de vueltas de hilo superconductor, a través del cual circulan corrientes de 10 a 1000 A.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Figura 1.2 se compara el aparato convencional experimental con el aparato moderno.

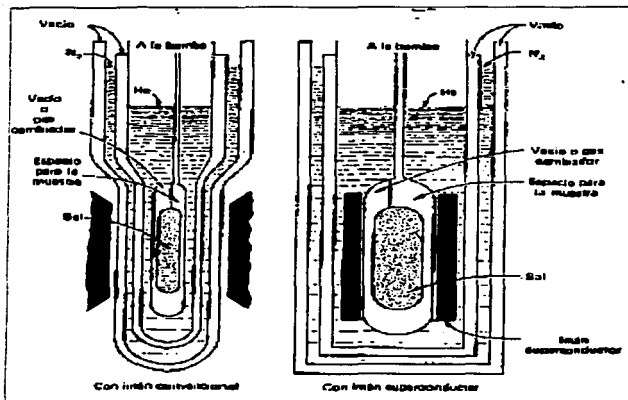


Figura 1.2 Las experiencias de reducción adiabática del campo magnético se realizan más fácilmente con un imán superconductor.

Con un imán superconductor, (1) puede ser mayor el espacio de la muestra, (2) el campo magnético se puede hacer más intenso, (3) el costo del imán puede ser la cuarta parte del imán convencional, y (4) la potencia necesaria es despreciable. [27]

El paso siguiente es calcular la temperatura. Para este fin se usan bobinas de hilo independientes que envuelven la sal paramagnética. Se mide la susceptibilidad paramagnética M/H , que es función de la temperatura, por medio de un circuito en puente especial. Se define ahora una nueva escala de temperatura con ayuda de la ecuación de

Curie. La nueva temperatura T^* , llamada Temperatura magnética, se define como:

$$T^* = \frac{\text{constante de Curie}}{\text{Susceptibilidad}} = \frac{C \cdot H}{M} \quad \dots (3)$$

En la región donde se cumple la ley de Curie, T^* es la temperatura °K real, mientras que en la región alrededor del cero absoluto se espera que T^* difiera algo de la temperatura °K. [27]

Existe un conjunto de condiciones, que se obtienen fácilmente en el laboratorio, bajo las cuales es posible calcular la temperatura final conseguida después de una desimación adiabática:

1.- La temperatura inicial es lo bastante baja para que las contribuciones de las partículas no magnéticas sean despreciables.

2.- La temperatura nunca se hace inferior a la de la cola de la curva de schottky, donde

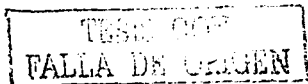
$$CM = \frac{A}{T_s} \quad \dots (4)$$

3.- Los valores $\frac{H}{T}$ son siempre lo bastante pequeños para que se cumpla la ley de Curie,

$$\frac{M}{H} = \frac{C_s}{T} \quad \dots (5)$$

4.- El campo magnético externo se reduce a un valor bajo en el cual la imanación es M_f . Tanto H_f como M_f se pueden hacer igual a cero. [27]

La menor temperatura que se puede obtener fácilmente con He^{IV} líquido es del orden de 1 °K. Esto se consigue bombeando el vapor lo más rápidamente posible a través de un



tubo ancho. Con bombas especiales de gran velocidad se han alcanzado temperaturas del orden de 0.7 °K, pero esto es raro. No se pueden conseguir temperaturas inferiores a 0.7 °K por bombeo de He^{IV} líquido debido a que una capa de He^{II} trepa por las paredes del tubo de bombeo, se vaporiza y después se vuelve a recondensar. [27]

Uno de los principales métodos para alcanzar temperaturas significativamente inferiores a 1 °K es el uso del criostato de evaporación de He³. El límite inferior de bombeo de un baño líquido de He^{IV} es una temperatura de unos 0.7 °K, pero el límite inferior para He³ está ligeramente por debajo de 0.3 °K. Hay dos razones para un mejor funcionamiento con He³ es, a cualquier temperatura, mayor que la presión de vapor del He^{III} a la misma temperatura. Segundo. A estas temperaturas no hay capa de He^{III} superfluido que suba por las paredes, como en el caso de la fase II del He^{II}, He^{IV}

Así, se puede bombear a un baño de He^{III} usando un tubo de diámetro ancho sin necesidad de recurrir a una construcción para suprimir el arrastre de la capa de líquido. La temperatura crítica de He^{III} es 3.32 K y su presión crítica es 116 Kpa, de manera que el bombeo de He^{III} proporciona un intervalo de temperaturas de trabajo desde 3.3 a 0.3 °K en el criostato de evaporación de He^{III}. [27]

La Tabla 1.4 muestra las propiedades del gas helio:

Tabla 1.4 Propiedades del gas helio

GAS	P. CRITICO	P. EBULLICION	P. TRIPLE	P. SUBLIMACION
HELIO ^{IV}	5.20 °K 229KPa	4.224 °K 101KPa	2.172 °K 5.05 Kpa	—
HELIO ^{III}	3.32 °K 116KPa	3.195 °K 101KPa	0.026 °K 3.4 Mpa	—

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El enfriamiento se produce cuando el He^{III} de la fase concentrada cruza la interfase hacia la fase diluida, análogamente al enfriamiento de un frigorífico de evaporación cuando las moléculas se evaporan de la fase líquido a la fase vapor. [27]

En la siguiente Figura se muestran las condiciones referentes a la interfase de helio.

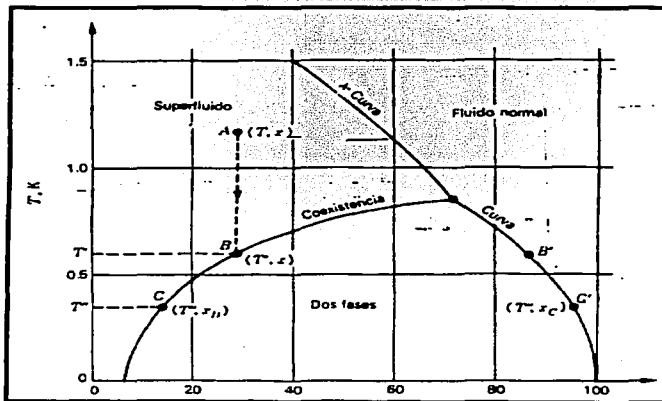


Figura. 1.3 Diagrama de fases de helio

Por medio de una bomba de vacío se extraen continuamente átomos de He^{III} de la fase diluida, enfriando así el sistema. A diferencia de lo que sucede en un frigorífico de evaporación, en el que la presión de vapor se aproxima rápidamente a cero a medida que disminuye la temperatura, el transporte de He^{III} a través de límite de las fases continuará, debido a la solubilidad del 6.4 % de He^{III} en He^{IV} incluso en el límite del cero absoluto. [27]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Figura 1.4 se muestra un esquema simplificado de un frigorífico de dilución típico.

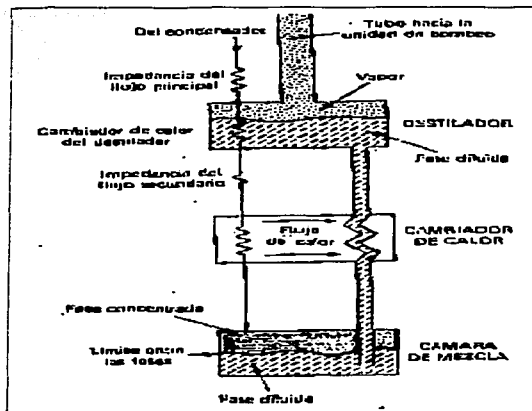


Figura 1.4 Esquema frigorífico de dilución del Helio.

El gas He^{III} que entra se preenfria primeramente hasta 4.2 °K y después se condensa por contacto con He^{IV} a una temperatura aproximadamente de 1.3 °K. La presión de He^{III} se mantiene suficientemente alta para la condensación por medio de una restricción que limita el flujo, llamada impedancia del flujo principal. El líquido entra entonces en el intercambiador de calor, donde se enfría a la temperatura del destilador. Seguidamente, pasa a través de la impedancia del flujo secundario hacia otro intercambiador de calor, aumentando un enfriamiento, antes de que entre en la cámara de mezcla. [4]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la cámara de mezcla tiene lugar la separación de fases y la refrigeración. El proceso continuo, resultado de disolver continuamente He^{III} de la fase concentrada de la parte superior de la cámara de mezcla con la fase diluida del fondo, se obtiene por circulación de He^{III} en el sistema. Después de cruzar el límite de las fases en el interior de la cámara de mezcla. Los átomos de He^{III} son arrastrados por un gradiente de presión osmótica a lo largo de un tubo de retorno al primer intercambiador. Un calentador dentro de éste eleva a la temperatura hasta aproximadamente 0.5 °K para evaporar He^{III} hacia un tubo conectado a la unidad de bombeo. Allí se comprime el He^{III} y se recircula hacia el frigorífico de dilución, proporcionando así un funcionamiento continuo en circuito cerrado.

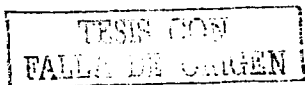
[9]

1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Este equipo criogénico consiste básicamente de tres subsistemas que operan en forma conjunta: un sistema de refrigeración, un sistema de vacío y un software para lectura del cambio de resistividad de la muestra. [10]

La cámara donde se coloca la muestra a medir está formada por un cilindro de acero inoxidable relativamente pequeño, donde se produce alto vacío (aproximadamente 10^{-5} Torr) y temperaturas criogénicas hasta de 4°K. [10]

El sistema de refrigeración opera con base en He y utiliza un refrigerador de ciclo cerrado al cual se envía este gas a muy alta presión. Ahí, por el proceso de compresión, expansión y regeneración, baja su temperatura. Se tiene también un compresor al que se regresa el He a muy alta presión para que circule y aparte, un sistema de enfriamiento recirculante con agua únicamente para este compresor. [10]



Este tipo de enfriadores que trabajan con helio es análogo a los refrigeradores comunes utilizados en nuestras casas. [30]

Este equipo criogénico modelo CCS-550 Marca Janis, instalado en el Laboratorio de Materiales cerámicos de campo 1, consta de los siguientes elementos:

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO EN GENERAL:

- Cámara estática e isotérmica para la muestra con gas He
- La chaqueta de vacío óptica y escudo de la radiación (C.C.P.-550, 950)
- El OFHC chapado de oro en el poseedor de cobre de la muestra
- Conexión eléctrica de 10 pin para el conector eléctrico en el área de la muestra
- Dos conexiones a puertos para acceso eléctrico
- La válvula de evacuación y seguridad de presión de alivio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La Figura 1.5. muestra el esquema del equipo de bajas temperaturas marca "Janis"

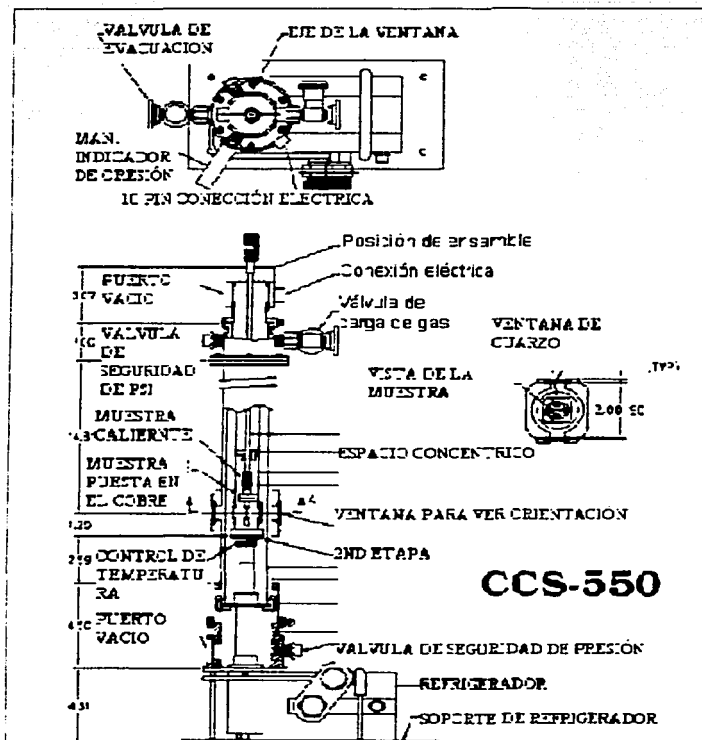


Figura 1.5 Esquema general del equipo de bajas temperaturas marca Janis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las especificaciones del equipo son las siguientes:

El rango de temperatura	(12 - 300) °K	(15 - 300) °K
El tiempo de enfriamiento inicial	(-3 hrs. a 12) °K	(-3 hrs. a 15) °K
Tiempo de enfriamiento subsiguiente	(300 a 10) °K	-hrs. -2 hrs.
Tiempo para cambio de muestra	2 min.	2 min.
Capacidad de enfriamiento	-0.35 vatios @ 20 °K	-0.35 vatios @ 20 °K
El peso del sistema	205 lb.	190 lb.
El peso de cabeza de enfriamiento	45 lb.	30 lb.

La cabeza de enfriamiento *modelo 22* cuya longitud es de 9.1 pulgadas por 11.25 pulgadas, su peso aproximado es de 14 libras, la capacidad de enfriamiento se describe más adelante mediante las graficas correspondientes en el capítulo II. (1)

Un controlador modelo 8001 CTI-CRYOGENICS cuyo peso es de 30 libras y los requerimientos de energía (operando con un compresor modelo 8300) son los siguientes:

Requerimientos mínimos de energía del equipo:	
Voltaje nominal:	230 V a 60 Hz y 1 fase. (1)
Corriente nominal:	9.0 amperes
Voltaje de operación:	a 60 Hz va de 198-250 Volts
Consumo:	1.8 KW

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Un compresor modelo 8300 CTI-CRYOGENICS cuyas características son las siguientes:

Peso:	128 libras
Presión de Helio:	
Estática:	245-250 psig (1690-1725 kPa) de 70 a 80°F (21 a 27 °C)
Retorno:	95 psig (655kPa)
Temperatura de operación:	50 a 100 ° F (10 a 38 °C)
Requerimientos del agua de enfriamiento:	Agua a 70°F, 0.5 gpm, 3.5 psig
Temperatura máx. de agua de salida	90°F
Temperatura mín. de entrada	40 °F
Presión máx. del agua de entrada	100 psig. [30]

Este compresor ha sido diseñado para operar con agua cuyo pH esté entre 6.0 a 8.0 y cuya concentración de carbonato de calcio sea menor a 75 ppm (agua potable). [30]

Consta de un depósito de He de forma cilíndrica cuyo diámetro es de 9.09 in y de altura 15.30 in aproximadamente. [30]

Un multímetro *modelo 2002 KEITHLEY*.

Un controlador de temperatura automático *modelo 320 LakeShore* con una resolución de hasta 0.1 grados leídos en °K o °C. [30]

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

Una fuente de corriente programable modelo 224 KEITHLEY.

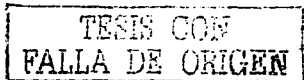
Una bomba de alto vacío (0.01 a 100 mTorr) con carátula digital integrada. [30]

En este sistema, el helio líquido utilizado proporciona rápidamente un enfriamiento de 1.4 - 325 °K (en 15 minutos o menos hasta 4.2 °K).

Todos estos sistemas consisten en una varilla que se introduce en la cámara principal y se conoce como "dedo frío", un escudo de radiación poseedor de la muestra, la chaqueta de aluminio de vacío ligero, el conector eléctrico que pone a trabajar a una alta eficiencia los seis pies del criogénico que transfiere la línea este sistema puede operarse en cualquier orientación con sólo variaciones menores de eficiencia. Las temperaturas de las muestras son variadas por medio de un controlador conectado al (dedo frío) que permite un mando preciso encima de la temperatura de la muestra.

Los sistemas normales producen temperaturas de muestra entre (4.2 - 325) °K. El funcionamiento continuo a temperaturas por debajo de 4.2 °K se logra reduciendo la presión al puerto dando salida del sistema. Las temperaturas debajo de 4.2 °K pueden mantenerse durante siete minutos aproximadamente sin carga de calor externa bombeando helio al dedo frío. [30].

El equipo de bajas temperaturas modelo 22C/350C marca Janis, instalado en el laboratorio de Materiales cerámicos en Campo I proporciona de forma segura temperaturas criogénicas en periodos largos y continuos. El uso de este tipo de equipos ofrece un grado de libertad más en cuanto al diseño, en semejanza con otros aparatos (en particular en tamaño y operación). Una ventaja inmediata de un enfriador criogénico como éstos, es que el sistema de enfriamiento puede ser operado de cualquier forma sin pérdidas de eficiencia.



Así mismo, antes y después de un periodo de operación del criofriador, la temperatura en el sistema de enfriamiento puede ser elevada a la temperatura ambiente de un corto lapso de tiempo. [30]

Este equipo consiste en múltiples combinaciones de cualquiera de los modelos 22 y/ó 350 Cp en el sistema de enfriamiento.

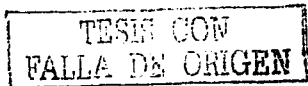
Este equipo de bajas temperaturas usa como elemento refrigerante al helio. El uso de éste tipo de equipos ofrece un grado de libertad más en cuanto al diseño, en semejanza con otros aparatos (en particular en tamaño y operación). Una ventaja inmediata de un enfriador criogénico como éstos, es que el sistema de enfriamiento puede ser operado de cualquier forma sin pérdidas de eficiencia. Antes y después de un periodo de operación del criofriador, la temperatura en el sistema de enfriamiento puede ser elevada a la temperatura ambiente en un corto lapso de tiempo. [30]

Las temperaturas pueden reducirse debajo del punto normal de ebullición reduciendo la presión simplemente. Uno de los requisitos importantes para obtener bajas temperaturas es la habilidad de aislar la muestra térmicamente del fluido criogénico (He).

En un sistema bien diseñado, el descenso de la temperatura de la muestra debe ocurrir al mismo tiempo que el del fluido criogénico, sin aumentar la proporción de consumo de éste último significativamente. [30]

Otro método para obtener la variación de la temperatura sobre el punto de ebullición normal, es encauzar un flujo pequeño del fluido criogénico en la región de la muestra y vaporizar el fluido criogénico con una fuente de calor externa y así levantar su temperatura al nivel deseado.

Este método trabaja muy bien con líquidos que tienen un calor bajo de vaporización como el helio. Otros ejemplos de fluidos criogénicos son el oxígeno, el argón, el hidrógeno entre otros. [30]



Las muestras cuyo comportamiento se va a estudiar, se colocan dentro del equipo de bajas temperaturas como se muestra en la Figura 1.6.

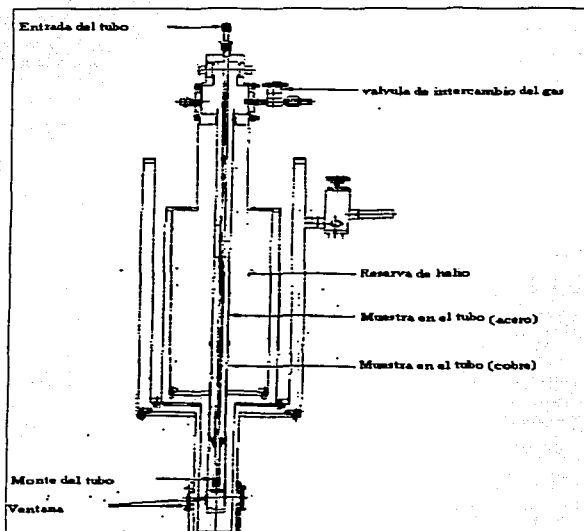


Figura. 1.6 Colocación de la muestra dentro del equipo de bajas temperaturas

Donde dicho cilindro está térmicamente aislado; la muestra está a la misma temperatura que el fluido criogénico. Cuando se introduce a través de un calentador, cualquier fluido criogénico en contacto con la "montaña de la muestra" (ver Figura) se evapora, mientras se produce una burbuja de vapor encima de la montaña de la muestra, que es la una forma de impedancia térmica necesaria para aislar la montaña de la muestra del fluido criogénico. Para temperaturas debajo del punto normal de ebullición del fluido criogénico, la presión de éste último está reducida. (30)

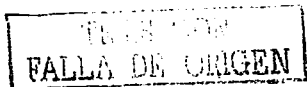
Otro método para variar la temperatura de la montaña de la muestra, es por forma indirecta a la fuente del enfriador a través de un gas (normalmente He) a la presión atmosférica. Como la presión del gas esta variando entre 760 torr y 10^{-4} torr, el eslabón térmico entre la fuente refrescante y la montaña de la muestra bajará severamente la temperatura.

Una de las ventajas de éste tipo de crióstato es que la temperatura de la muestra se puede controlar mediante el vapor de helio que hace contacto con la muestra. Esto se mide atando un sensor de temperatura cerca de la muestra que manda una señal muy exacta desde que se enfria hasta que vuelve a su temperatura ambiente. (30)

Una temperatura típica es 4.2 °K y la temperatura del cuarto toma de 30 a 45 minutos aproximadamente para permanecer constante.

Otro ventaja de este sistema es el funcionamiento debajo de 4.2 °K que se lleva a cabo sin necesidad de reducir la presión en el depósito principal; normalmente evapora 40% de helio liquido y esto aproximadamente enfria a 2 °K; desde la válvula de helio puede ajustarse la pendiente de presión para proporcionar un flujo grande o pequeño de helio en el tubo de la muestra. (30)

La estabilidad de la temperatura en el rango de (4.2 - 25) °K es normalmente bueno con un ± 0.1 °K usando un controlador de temperatura apropiado. (30)



Este sistema nos permite medir las propiedades eléctricas a bajas temperaturas de cualquier compuesto esto se hace a través de un interruptor, que consiste en una longitud pequeña de alambre superconductor que pone en corto circuito los términos de un imán con una pequeño alambre del calentador envuelto alrededor del tubo. El calentador es capaz de subir la temperatura del interruptor, esto permite enviar la corriente a través del imán. (30)

1.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

Este tipo de enfriadores que trabajan con Helio es análogo a los refrigeradores comunes utilizados en nuestras casas. En este último el fluido activo (freón) está comprimido, el calor de compresión es quitado por el enfriamiento por aire en los cambiadores de calor, y el gas es entonces expandido para producir un descenso de la temperatura ambiente.

Los sistemas de baja temperaturas CRYODYNE operan eficazmente a temperaturas debajo de 6 °K (-4490 °F). El logro de tal extremo de la temperatura se debe al uso de un fluido activo (helio) con el cual obtenemos aproximadamente el cero absoluto (-459.6 °F o -273.1 °C). (30)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El flujo de He en el enfriador es cíclico. La sucesión de los funcionamientos pueden ilustrarse por un monocilindro y pistón como se muestra en la Figura 1.7. [30]

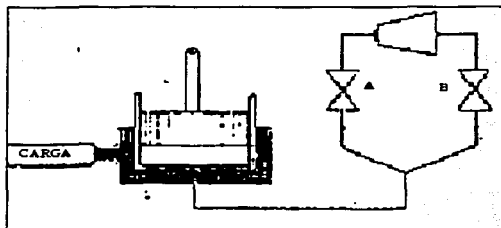


Figura 1.7 Descripción del enfriador.

Una carga de gas comprimido está conectado en el fondo del cilindro a través de una válvula de alta presión que sale del compresor (válvula A). La válvula B se encuentra en la línea de baja presión. Cuando la válvula de descarga se abre, el pistón se mueve hacia arriba y el cilindro se llena con el gas comprimido. Con la válvula B cerrada (descarga), la válvula A abierta (carga), el pistón llega a su máximo nivel. Cuando la válvula A se cierra y la válvula B se abre, el gas se extiende por debajo de la línea de descarga de presión y se enfría. El gradiente de temperatura resultante originado en las paredes del cilindro causa un flujo de calor de la carga al interior del cilindro, como resultado el gas se calienta y vuelve a su temperatura original. [30]

Con la válvula B abierta y la válvula A cerrada, el pistón desciende desplazando el gas restante a la línea de descarga y el ciclo es completado.

Este sistema elemental no producirá las bajas temperaturas requeridas para los enfriadores CRYODYNE, ya que se tendría que enfriar el gas de entrada con el gas de

TESIS LOW
FALLA DE ORIGEN

salida del cilindro compensando temperaturas. Esto se puede obtener mediante un regenerador añadido en el ciclo el cual extraiga calor del gas entrante y aumente la temperatura del gas que sale como se muestra en la Figura 1.8. (30)

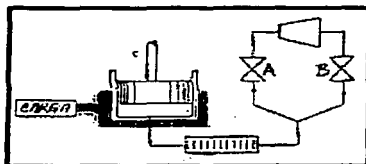


Figura 1.8 Enfriador con regenerador

Un regenerador es un dispositivo que invierte el flujo en el intercambiador de calor a través del cual el helio pasa alternativamente en cualquier dirección. Este último se condensa mediante un material de área superficial grande, con un calor específico alto y una conductividad térmica baja, el cual deberá absorber rápidamente el calor del helio (si la temperatura del helio es superior) o proporcionarle este calor (si la temperatura del helio es inferior). (30)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lo anterior se puede describir mediante los siguientes pasos como lo muestra la Figura 1.9:

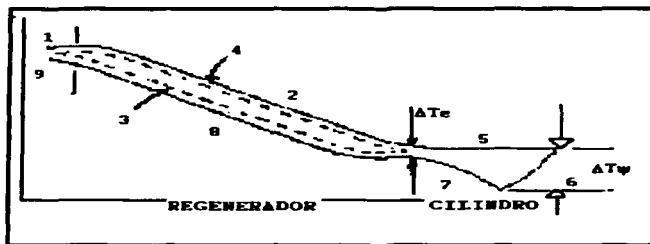


Figura 1.9 Esquema de operación del sistema monocilindrico, pistón y regenerador.

1. - Con el pistón al fondo del cilindro el gas comprimido entra a través de la válvula A, a la estación de enfriamiento (1).
2. - Al ir pasando el gas por el regenerador, el pistón asciende, la matriz (cámara) absorbe el calor del gas enfriándolo hasta (3 o 4) °K.
3. - Todavía a la presión de entrada, el gas enfriado llena el espacio debajo del pistón, y la temperatura del gas en éste punto (5) es el mismo que el de la carga.
4. - La válvula A cierra y descarga, la válvula B abre permitiendo que el gas se expanda y se enfríe más allá del punto (6). Este gradiente de temperatura (ΔT_c) es el responsable del efecto de refrigeración.
5. - Los flujos de calor de la carga a través de las paredes del cilindro, calientan ligeramente el gas obteniéndose un (ΔT_e) que está dentro del cilindro.
6. - El gas que pasa a través del regenerador se calienta hasta el punto (8), porque recibe el calor de la cámara (matriz) y ésta se enfría del punto (4) al punto (3).

7. - El pistón desciende empujando el gas frío remanente fuera del cilindro y a través del generador. Sin embargo como el regenerador no trabaja al 100% de eficiencia siempre hay diferencias de temperatura entre la cámara y el gas: así, en cualquier punto del diagrama el gas de descarga está ligeramente más frío que el gas de entrada.

8. - El gas de baja presión que sale a través de la válvula B está aproximadamente a la temperatura del cuarto. En el sistema de la Figura (2), el pistón requeriría una presión más alta y tendría que ser diseñado para resistir fuerzas desequilibradas. Una forma más práctica para este tipo de sistema es el que se muestra en la Figura 1.10. [30]

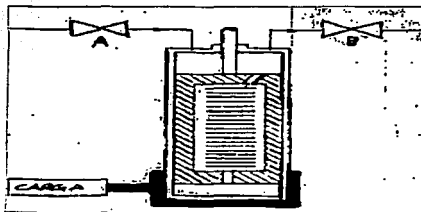


Figura 1.10 El Sistema cilindro con aletas.

Este sistema usa un cilindro con aletas y pistón largo, hecho con un material con baja conductividad térmica, el cual requiere de dos etapas y puede alcanzar temperaturas inferiores a los 6 °K. [30]

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO II. Instalación y Operación del Equipo

2.1 INSTALACION DEL EQUIPO

2.1.1 COMPRESOR DE HELIO Y CABEZA EXPANSORA

Se conectó el compresor a la línea trifásica. Igualmente se conectaron las mangueras con cuidado de identificar suministro y retorno. La salida del suministro del compresor va a una conexión de derivación que conecta a la entrada del suministro de la cabeza refrigerante y lo mismo para el retorno. Se conectó la línea de potencia de compresor a la cabeza enfriadora como se muestra en la Figura 2.1.

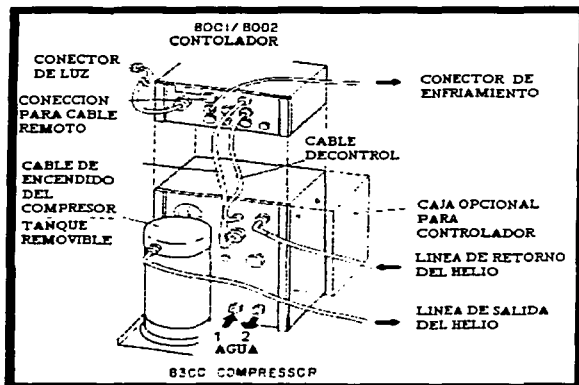


Figura 2.1 Conexiones eléctricas del sistema

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se conectó el cable director de mando de compresor a

Interfase del compresor.

2. Se conectó el cable de energía (luz trifásica) director de compresor a

Interfase del compresor.

3. Se conectó cable de poder de cabeza frío a director y

el conector de poder de cabeza frío.

4. Se verificó que el cable director entre adecuadamente lo mismo que el cable de poder.

5. Se verificó y asegurar que todas las conexiones del sistema se instalan propiamente.

6. El sistema de compresión está ahora listo para el funcionamiento

7. Entrada de agua y 2 salida de agua [44]

Antes de encender el compresor, se checa la presión de reposo de helio en las líneas que es alrededor de 200 psi en el indicador de presión de retorno. Si la presión está muy baja, es necesario adicionar helio de ultra alta pureza (99.999 %). Se conectó el tanque de helio con el regulador ajustado a 200 psi. Se purgó la línea del puerto y del compresor de recarga (la carga de gas) dejando escapar un poco de helio. Se conectó la línea en puerto.

Se estableció presión en línea. Abrir la válvula de recarga lentamente mientras se ve el indicador de presión de retorno. Subir hasta 200 psi. y cerrar. Si la presión está demasiado alta, dejar escapar helio muy despacio, viendo el efecto en el indicador de presión de retorno.

Encender el compresor. Verificar la presión de operación la "presión de suministro" se va como a 300 psi y la presión de retorno debe estar entre (60 y 130 psi) (100 psi nominal). La "presión de retorno" debe estar fuera de las zonas marcadas en rojo del indicador. [44]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Cabeza chica modelo 22: 3 soplidos por segundo. En cada soplido se escuchan 3 veces el mismo sonidos ó golpes: (cco-cco-cco). El soplido debe ser como de aire en un fuelle. A veces se escucha un golpe fuerte y seco recién al comenzar a trabajar, (un solo golpe por segundo). Éste debe desaparecer en unos 10 minutos.

Si el ruido es notablemente diferente desde un principio y la temperatura aumenta en vez de disminuir, es posible que las fases en la línea trifásica estén invertidas. La alimentación a la cabeza viene del compresor y consiste de dos fases y neutro generadas a partir de L1, L2 y L3, pero distintas a cualquiera de ellas. Hay dos fusibles dentro del compresor y puede fallar uno solo. (44)

En caso que se escuche golpeteo en las cabezas, como cascabeleando, particularmente si el sistema lleva encendido más de unos 20 minutos, es posible que exista impureza en las cabezas. Proceder a realizar un purgado. Hay dos formas posibles de hacerlo:

Purgado parcial de helio. Apagar el compresor. Dejar escapar el helio hasta que la presión baje a 100 psi. Conectar el tanque con helio ultra-alta pureza (99.999%) y llevar la presión a 200 psi. Hacer operar el compresor y las cabezas durante 10 minutos y volver a apagar. Repetir la operación de purgado una vez más.

Purgado total: Apagar compresor. Dejar escapar todo el He. Desconectar la línea de presión de suministro del compresor y conectar la bomba de vacío. Hacer vacío por un buen tiempo. Recargar helio por el puerto de recarga. Esta operación se lleva como 500 psi de un tanque normal. (44)

TRABAJA CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.2 CONEXIÓN DEL CRIOENFRIADOR AL COMPRESOR.

Se verificó que la presión estática del contenedor del helio fuera la apropiada confirmando que los rangos de presión manométrica y de la temperatura ambiente sean los especificados en el manual del Compresor.

La presión estática que aplica a los típicos crioenfriadores múltiples es para 10 pies de la interconexión de líneas.

Si la presión estática es más alta que el rango de (245-250 psia) a una temperatura de (70 a 80 °F) se reduce como sigue:

- 1) Se abre la válvula de carga del gas hasta leer la correspondiente presión.
- 2) Cierre la válvula.

Si la presión es mas baja que la indicada, introduzca gas helio como describe posteriormente. [45]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Figura 2.2 se indican los componentes más importantes del compresor modelo

8300

ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR MODELO 8300

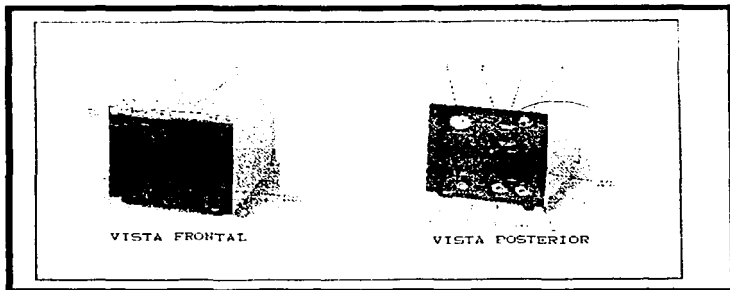


Figura 2.2 Componentes del sistema de compresión y requisitos del equipo

- Indicador de encendido del compresor 1
- Tapa 2
- Indicador de Presión de helio de retorno 3
- Receptáculo de poder del compresor 4
- Receptáculo de mando del compresor..... 5
- Conector de gas de retorno de helio 6
- Válvula de carga del gas de helio 7
- Indicador de Agua de Enfriamiento 8
- Entrada de agua de enfriamiento 9
- Carga del gas helio 10
- Conector del suministro de gas helio 11

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este compresor se opera con las condiciones que se muestran a continuación:

Presión de helio:	
Estática	245-250 psig. A 70-80 °F
Retorno en operación normal	95 psig.
Temperatura de operación:	50 – 100 °F
Agua de enfriamiento:	70 °F, 0.5 GPM, 3.5 psi (pressure drop)
Temperatura máxima de salida	90 °F
Temperatura mínima de entrada	40 °F
Presión máxima de entrada	100 psig
pH	6 – 8

2.1.3 CARGA DEL GAS

Hay dos condiciones que se requieren para la adición del gas helio:

- 1.- Con el compresor fuera de operación la presión de helio debe ser 245 psig o más.
- 2.- Con el compresor en operación la presión de helio debe ser 95 psig.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se abre la válvula del regulador del compresor (0 – 3000/0 – 400 psig) para cargar la línea de helio y purgar como lo muestra la Figura 2.3 [45]

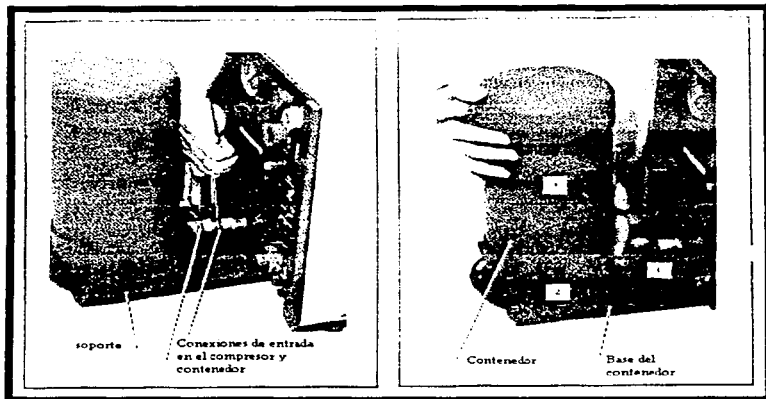


Figura 2.3 Pasos a seguir para realizar la carga del gas helio.

Para instalar el depósito de helio se siguieron los pasos descritos a continuación:

1. Se usaron dos llaves para evitar soltar el cuerpo del acoplamiento de su adaptador y se pueda llevar acabo un buen acoplamiento de ambas conexiones.
2. Se destornillaron los dos acoplamientos, sellando rápidamente para minimizar el goteo del gas.
1. Se desconectó el cartucho de entrada como se muestra en la figura
2. Se quitaron las saetas y las nueces que tapaban las entradas
3. Se quito el anaquel de apoyo

A continuación se siguen las instrucciones descritas y se marca con un * los puntos donde se debe de tener cuidado para que el equipo opere adecuadamente y no presente fallas:

- Abrir el regulador y ajustar aproximadamente entre $1/8$ y $1/4$
- Rápidamente se abre la válvula del recipiente de helio, y se purga el regulador y la línea de 10 a 15 seg.
- *Deje abierto el regulador hasta que el flujo de helio deje de circular
- *Para cargar el compresor hay que abrir la válvula del contenedor de helio

2.1.4 INSTALACION DE LA CARGA:

La carga puede ser introducida a la cabeza fría, cuando la instalación de la carga ha sido completada, se tiene que verificar que la bomba de vacío marque 5×10^{-2} torr o más; cuando se cierra la válvula de la cabeza fría, los gases residuales de la bomba de enfriamiento, el vacío en el compartimiento, deberá ser de 10^{-4} a 10^{-5} Torr, esto debido a que los sistemas de refrigeración están proyectados para la circulación solamente de refrigerante y aceite en su interior. Cuando se instala un equipo, o se da servicio al mismo, entra aire en el sistema. El aire contiene oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y vapor de agua, todo lo cual va en un detrimento del sistema. Estos gases causan dos problemas. El nitrógeno es conocido como un gas incondensable. No se condensará en el condensador correspondiente y ocupará en él un espacio que debería ser normalmente empleado para la función de de condensación. [44]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ello motivará el aumento de la presión de alta en el sistema. Los otros gases antes mencionados también son incondensables y producen reacciones químicas con la consiguiente formación de ácidos en el sistema. Los gases incondensables se expulsan del sistema por medio de una bomba de vacío después de haber efectuado la prueba de fugas. La presión en el interior del sistema queda entonces reducida a un vacío casi total.

2.2 OPERACIÓN DEL EQUIPO

2.2.1 ARRANQUE Y PROCEDIMIENTO DEL ENFRIAMIENTO:

- 1) Debe verificarse que las válvulas del sistema de enfriamiento estén bien cerradas
- 2) Enseguida se enciende el compresor, no olvidando leer la presión y temperatura durante el inicio del enfriamiento.
- 3) El enfriamiento se lleva a cabo en intervalos de 15 minutos por cada libra de masa de carga.

La regulación de la presión durante el enfriamiento es automática, la presión del compresor variará durante el enfriamiento, pero usualmente tendrá valores nominales durante los 45 minutos después del enfriamiento.

PRECAUCIÓN: durante las primeras 100 horas de operación del sistema, debe cuidarse el nivel del aceite en la bomba. (45)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.2 DESCARGA

- Se cierra la válvula de alto vacío que esta entre la cabeza fría y el compartimiento del vacío.
- Se desconecta el compresor para aliviar la presión del compresor y de la cabeza de enfriamiento. Esto tomará algunas horas, para que el cilindro de la cabeza de enfriamiento llegue a la temperatura ambiente.
- La necesidad de recuperar el refrigerante de un sistema, antes de expulsarlo al aire ambiente, está siendo cada vez más imprescindible. Llegará un tiempo en que será necesario recuperar todo el refrigerante. Existen varios métodos de recuperación y equipos adecuados para este fin. Todos ellos requieren tiempo y cierto tecnicismo en su función. [45]

2.2.3 FUNCIONAMIENTO DE LA CABEZA DE ENFRIAMIENTO.

La función de la cabeza de enfriamiento es producir el enfriamiento del ciclo cerrado del sistema a temperatura constante que depende de la carga de calor que se imponga; el rango está entre (40 a 100 °K) para la primera fase y de (10 a 20 °K) para la segunda fase.

La cabeza de enfriamiento tiene tres componentes principales: la unidad de paso, el cilindro, y el regenerador que se localiza dentro del cilindro.

La unidad de paso consiste en lo siguiente: el motor del paso, el cárter del cigüeñal, y el mecanismo del paso que se localiza dentro del cárter del cigüeñal. [45]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La capacidad de enfriamiento de la cabeza fría se muestra en la Figura 2.4

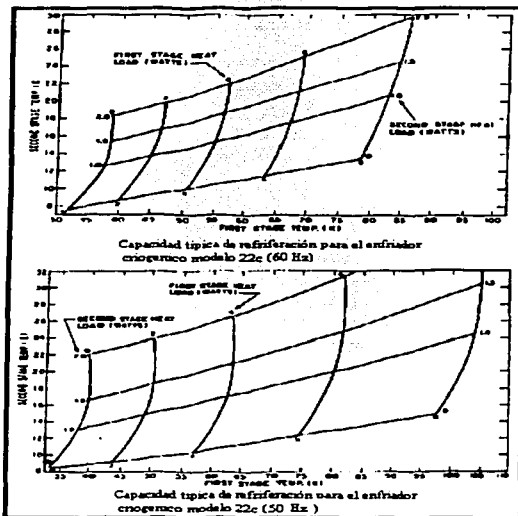


Figura 2.4 Capacidad de enfriamiento para dos modelos de enfriadores

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.4 MOTOR DE LA CABEZA DE ENFRIAMIENTO

El motor que se emplea en la unidad de paseo, es un motor de velocidad constante que opera a velocidades de 50 o 60 Hz.

Cada albergue del motor tiene dos conectores: uno es el conector a la fuente de energía, y el otro es el conector de retorno del gas de Helio.

En la Figura 2.4 se esquematiza la cabeza de enfriamiento y sus partes principales. [44]

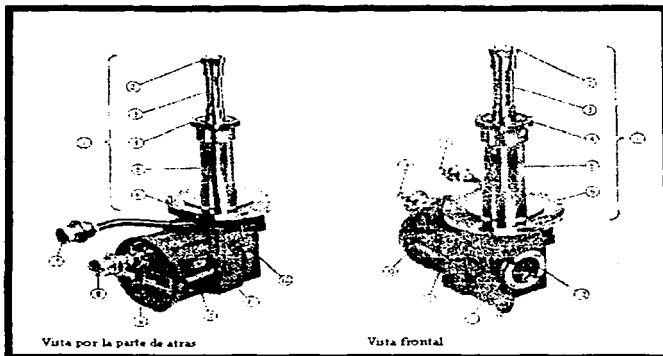


Figura 2.4 Partes de la cabeza de enfriamiento

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Partes principales de la cabeza de enfriamiento:

1. El cilindro
2. Segunda-fase de la Estación Fria
3. Cilindro de la segunda-fase
4. Primera-fase de la Estación Fria
5. Cilindro de la primera-fase
6. Cubre Pestaña
7. Conector de retorno de gas helio (con gorra contra polvo)
8. Conector de suministro de gas de helio (con la gorra contra polvo)
9. Conector de encendido eléctrico
10. Control del Motor
11. Cáster de cigüeñal
12. Válvula de presión de alivio
13. Vaso

Funcionalmente, el gas de helio de alta presión entrante del compresor, entra en la cabeza de enfriamiento a través del conector de suministro del gas helio. El gas pasa entonces al regenerador en contraflujo, que se encuentra en el cáster del cigüeñal, a través del albergue del motor, y finalmente a través del conector de retorno del gas de Helio al compresor. La expansión de gas de helio en el regenerador proporciona enfriamiento en la primera y segunda fase en las estaciones frías, cada una a temperaturas diferentes. (44)

TEXTO CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.5 ESTABILIZACION DE LA PRESION DE LA CARGA DE HELIO.

- 1) Se interconectan los componentes como se describe anteriormente
- 2) Se conecta el depósito de helio, el regulador y la línea de carga del compresor.
- 3) Encendido el interruptor se verifica que el sistema de enfriamiento empiece a trabajar correctamente.
- 4) Inmediatamente después de encender el interruptor la lectura de la Presión de helio debe marcar 50-100 psig (345-690 Kpa).
- 5) Si es necesario se reduce o incrementa la presión de helio como se indicó anteriormente.
- 6) El sistema de enfriamiento debe alcanzar una temperatura de 20 °K o menos, después se ajusta la presión de helio si es necesario como indica el paso (5) hasta que se alcance una presión de 80-100 psig (550-690 Kpa) mientras el compresor está trabajando.
- 7) Cuando el compresor y la cabeza de enfriamiento salen fuera de operación, se debe dar un tiempo para que el sistema alcance la temperatura ambiente, esto normalmente toma aproximadamente cuatro o cinco horas.
- 8) Se debe asegurar que la válvula de carga de helio en el compresor esté bien cerrada.
Después se cierra el depósito de helio. (45)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Figura 2.5 se ilustra la forma en que debe de quedar conectado el equipo.

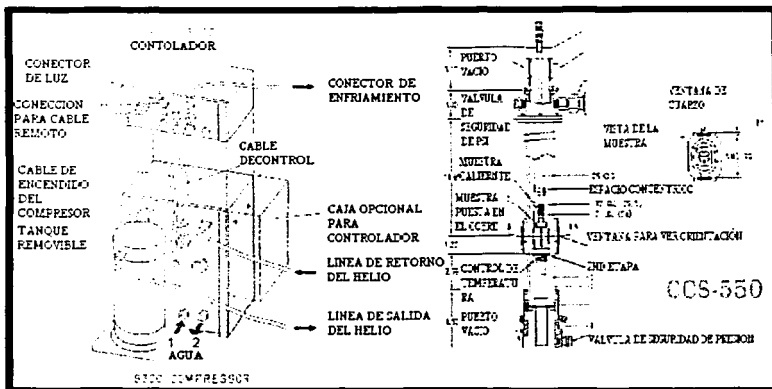


Figura 2.5 Esquema general del equipo instalado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.6 BOMBA DE VACIO

Es necesario disponer de una bomba capaz de hacer descender la presión hasta un punto muy bajo de vacío. Las bombas de vacío empleadas generalmente en la industria frigorífica se fabrican con compresores rotativos. Las bombas de alto vacío son bombas de vacío rotativas de acción doble. [13]

En la Figura 2.6 se ilustra la bomba de vacío que sirve para trabajar el equipo y proporciona los requerimientos antes descritos.

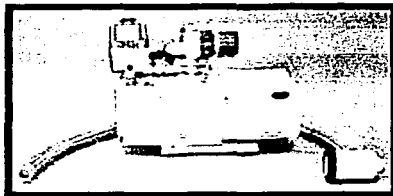


Figura 2.6 Bomba de vacío

Esta bomba de vacío puede reducir la presión en un recipiente exento de fugas hasta 0.1 micrón. No resulta práctico llegar a un vacío tan bajo en el sistema de una instalación, ya que puede hervir muy ligeramente el aceite creando vapor. El vacío normal que requieren los fabricantes se halla alrededor de los 200 micrones, aunque algunos puedan necesitar llegar hasta 50 micrones.

Cuando existe humedad en el sistema, nos provoca un buen vacío y hará que dicha humedad hierba y se convierta en vapor que expulsará la bomba de vacío hacia la atmósfera. [13]

2.2.7 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

En la Figura 2.7 se muestra la carátula principal del controlador de temperatura.

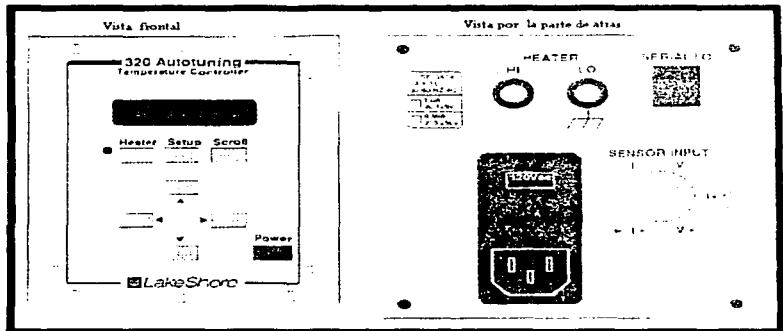


Figura 2.7 Controlador de temperatura

Funciones principales del Controlador de temperatura:

Se describen tres botones de funcionamiento: Heater, setup y scroll. Estas funciones se usan para seleccionar modos del despliegue o modos de cambio. Las teclas del Cursor se usan para hacer los cambios en los parámetros de acuerdo al funcionamiento de nuestro sistema.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"Scroll":

La función scroll, se usa para barrer los datos a través de los despliegues del instrumento. Estos despliegues incluyen el censer de mando leído, el punto de selección y la corriente de rendimiento de calentador.

"Setup":

Se usa para seleccionar los parámetros del arreglo. Cada uno de estos parámetros puede configurarse conforme a las aplicaciones individuales. Pueden accederse unidades, número de la curva, parámetros de autofuncionamiento, parámetros de afinación manuales, etc.

"Heater":

Tiene la sola función de encender y apagar el calentador.

Cursor:

El cursor (o flecha) junto con las funciones anteriores, para hacer los cambios en los parámetros específicos seleccionadas en el despliegue.

Configuración:

El instrumento se configurará en cuanto se encienda. Todos los parámetros, incluso el rango del calentador, los puntos de inicio, etc. se guardarán en la memoria; las unidades y número de la curva se conservarán, incluso cuando el cordón de la línea esté desconectado de la unidad. [30]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para iniciar el instrumento, se hace lo siguiente:

1. Apague el instrumento.
2. Presione la tecla "septup" y encienda el instrumento. No suelte la tecla mencionada.
3. Continúe sujetando la tecla "setup" hasta que el instrumento entre en funcionamiento normal.
4. Verifique el número de la curva (esta curva se indica en el manual de este equipo) para el funcionamiento apropiado.

Errores:

Al encender el instrumento, automáticamente se realiza un chequeo de la memoria interior. En caso de existir algún problema, un mensaje de error se desplegará en el tablero frontal del instrumento.

Er01

En el despliegue, indica que hay un problema del hardware en la memoria del instrumento. Este error no es corregible por el usuario y debe consultarse con el distribuidor.

Er02

En el despliegue indica que hay un error suave en la memoria del instrumento. En algunas situaciones este error puede ser corregido por el usuario, inicializando de nuevo el controlador. [30]

2.2.8 FUENTE DE VOLTAJE

En la Figura 2.8 se ilustra la fuente de voltaje del equipo así como sus principales funciones.

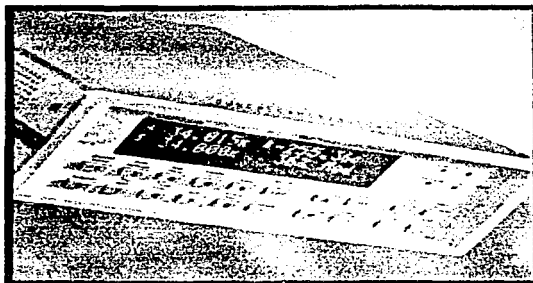


Figura. 2.8 Fuente de voltaje

Controles de la fuente de voltaje.

1. Cuadro indicador (características principales)

ERR	Lectura cuestionable
REM	En remoto
TALK	Destinado para hablar
LSTN	Destinado para escuchar
SRQ	Demanda del servicio
REAR	Adquirieron lecturas de las entradas traseras
REL	Lectura relativa en el indicador
FILT	Filtro digital habilitado

MATH El cálculo de matemáticas habilitado

4W Lectura del indicador de los 4-alambre de resistencia

AUTO Auto rango habilitado

ARM Función no habilitada

* (El asterisco) Lectura o dato a ser guardado [30]

2. Entrada de las funciones

Selección de la función a medir (DC y voltaje AC, DC y Ac, resistencia de 2 alambres y de 4 alambres, frecuencia y temperatura)

3. Los controles del rango

Los movimientos al rango más alto; incremento de dígitos

Los movimientos para bajar el rango; decrementos de dígitos

EL AUTORANGO ENCENDIDO/APAGADO

- 4. La agarradera (no mostrado) Arranque y rueda a la posición deseada*
- 5. Controles para almacenar datos*
- 6. Controles para programar el equipo y condiciones de pruebas.*
- 7. Conexiones de entrada para medir dc, ca y resistencias.*
- 8. Selecciona las entradas para las conexiones de la entradas posteriores y del panel frontal. [30]*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III. Calibración

3.1 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

La calibración del equipo se lleva a cabo, con el controlador de temperatura, cuya carátula se muestra en la Figura 3.1

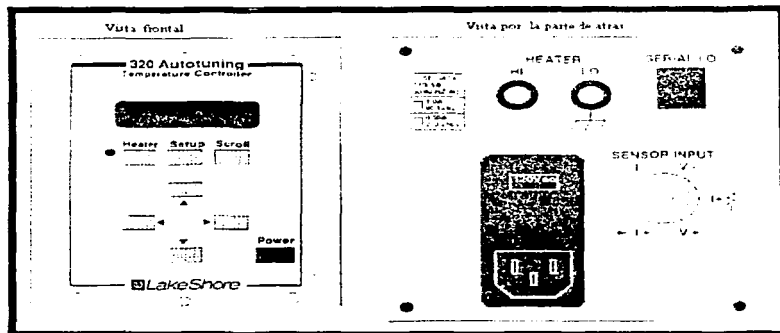


Figura 3.1 Carátula frontal y trasera del controlador de temperatura

Pasos a seguir para la calibración del equipo:

- 1.- Se enciende
- 2.- Se selecciona el rango y unidades de temperatura
- 3.- Se pone en funcionamiento con los demás dispositivos del equipo.
- 4.- El instrumento se configurará en cuanto se encienda. Todos los parámetros, incluso el rango del calentador, los puntos iniciales de operación, etc, se guardarán en la memoria; las unidades y

número de la curva se conservarán, incluso cuando el cordón de la línea esté desconectado de la unidad. (30)

3.2 Fuente de voltaje:

La Figura 3.2 muestra la parte frontal de la fuente de voltaje.



Figura 3.2. Parte frontal de la fuente de voltaje

La fuente de voltaje se calibra de la siguiente manera:

- 1.- Se enciende
- 2.- Se selecciona los parámetros a medir (resistividad, tipo de voltaje ca, cd.)
- 3.- Se programa el intervalo de intensidad de corriente a medir.
- 4.- Se pone en funcionamiento con los demás dispositivos del equipo. (30)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV. Aplicaciones

La principal aplicación de este equipo es determinar el cambio de propiedades físicas y químicas, que experimentan los materiales a bajas temperaturas.

Las propiedades de los materiales dependen de sus estructuras cristalinas, y éstas cambiarían en función de la temperatura. [6]

El fenómeno de superconductividad en óxidos cerámicos, es un ejemplo muy claro, de cómo se generan propiedades interesantes cuando se presenta un cambio en las fases cristalinas. [2]

Uno de los sistemas más estudiados es el Ba-Y-CuW-O. En este sistema se ha observado que cuando la concentración de tungsteno se incrementa, la mezcla se separa en tres fases. A una temperatura de 1200 °C el tungsteno y el bario reaccionan para formar $BaWO_4$, ocasionando la formación de la fase superconductora $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. [29]

La Figura 4.1, muestra la resistividad eléctrica en función de la temperatura del sistema $Ba_2YCu_3WO_7$. La resistividad de este compuesto es del orden de 100 Ohm-cm. Se observa que las propiedades eléctricas cambian con la variación de la temperatura. Si la muestra se incrementa a una temperatura de 1200 °C y se enfría rápidamente con aire. La resistividad aumenta considerablemente. [21]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

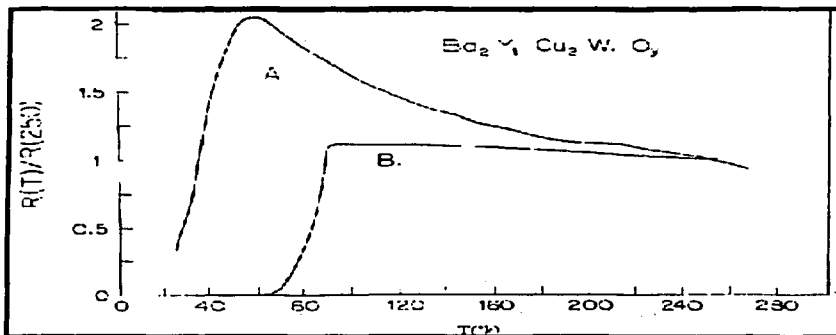


Figura 4.1. Comportamiento de la resistividad eléctrica en función de la temperatura

Cuando se pasa por corriente de aire a la muestra, la resistividad se encuentra en el orden de 100 Ohm-cm y se muestra un comportamiento superconductor. Este comportamiento es similar al observado en el sistema La_2CuO_4 con deficiencia de Lantano preparada con flujo de aire a una presión de 1 atm. [21]

El sistema $Ba_2YCu_3WO_7$, no es superconductor cuando se acerca a 1130 °C, pero lo es cuando se enfría rápidamente. [15] De ésta forma el sistema muestra filamentos de tipo superconductor similares a los del sistema La_2CuO_4 , y se concluye que el efecto de enfriamiento rápido sobre elementos no conductores desarrolla un efecto de filamentos de superconducción en los sistemas antes mencionados. [32]

Entre las muchas aplicaciones industriales importantes de la criogenia está la producción a gran escala de oxígeno y nitrógeno a partir del aire. El oxígeno tiene múltiples usos, por ejemplo, en motores de cohetes, en los altos hornos, en sopletes de corte y soldadura o para hacer posible la respiración en naves espaciales y submarinos. El nitrógeno se emplea en la producción de amoníaco para fertilizantes o en la preparación de alimentos congelados que se enfrían con suficiente rapidez para impedir que se destruyan los tejidos celulares; se utiliza también como refrigerante y para el transporte de alimentos congelados.

[25]

La criogenia ha hecho posible el transporte comercial de gas natural licuado. Sin la criogenia, la investigación nuclear carecería de hidrógeno y helio licuados para los detectores de partículas y para los potentes electroimanes necesarios en los grandes aceleradores de partículas. Estos imanes también se emplean en la investigación de fusión nuclear. Algunos dispositivos infrarrojos, máseres y láseres también requieren temperaturas criogénicas. [28]

La cirugía criogénica o criocirugía se emplea en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson: se destruye tejido de forma selectiva congelándolo con una pequeña sonda criogénica. Una técnica similar también se ha empleado para destruir tumores cerebrales y detener el avance del cáncer de cuello de útero. [26]

Otras propiedades que se pueden determinar son:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a). DUCTILIDAD EN BAJAS TEMPERATURAS

El efecto de la temperatura sobre la ductilidad es una serie de mecanismos que suceden sobre el sistema cristalino del elemento.

1.- En metales, la ductilidad con estructura tipo ccc (cúbica de cara centrada) es relativamente despreciable con respecto al decremento de la temperatura. Las estructuras cristalinas y la ductilidad están relacionadas por la facilidad que tienen las rejillas unitarias de las estructuras para deslizarse, por ejemplo el cobre, níquel y todas las aleaciones de cobre-níquel, así como el aluminio y sus aleaciones. De esta manera se puede decir que éste tipo de materiales permanecen dúctiles a bajas temperaturas. [2]

En la Tabla 4.1 se muestran los materiales que permanecen dúctiles a bajas temperaturas y los que tienden a fracturarse:

Tabla 4.1 Comparación de diversos materiales con respecto a la ductilidad a bajas temperaturas.

<i>Materiales que permanecen dúctiles a bajas temperaturas</i>	<i>Materiales que se fracturan a bajas temperaturas</i>
COBRE	HIERRO
NIQUEL	CARBON Y ALEACIONES BAJAS
ALEACIONES COBRE-NIQUEL	MOLIBDENO
ALEACIONES ALUMINIO	NUBIDIO
ACEROS CON 7NIQUEL Y MAS	ZINC
ZIRCONIA	METALES BCC
TITANIO	PLASTICOS
METALES CON FCC	
POLITETRAFLUOROETILENO	

2.- En elastómeros o plásticos el esfuerzo a romperse no sucede como en los metales. En los elastómeros su enlazamiento entre los átomos es menor, puesto que se da mayor elasticidad en sus largas cadenas de moléculas y su deslizamiento de una a otra. A bajas temperaturas, a menudo, las fuerzas de atracción molecular son más fuertes y el material suele a deformarse menos. (11)

La curva de ductilidad contra temperatura generalmente tiene forma de S como se muestra en la Figura 4.2. En este caso el material muestra que tiene una ductilidad mayor a temperaturas altas y que a bajas temperaturas suele fracturarse. Todos los materiales tienen una dependencia específica con respecto a la temperatura. Si el material es poco dúctil o quebradizo el rango de temperatura solo se muestra en la porción de T_2 y T_1 . (11)

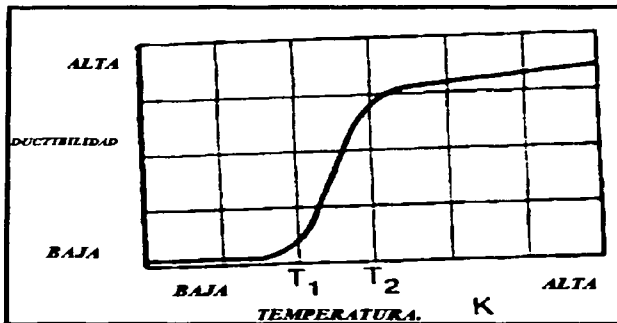


Figura. 4.2 Curva general de ductilidad vs. temperatura

La región de transición al quebrarse es el rango de temperatura donde la reacción al esfuerzo se vuelve nulo. Esta respuesta de mecanismo incluye la movilidad de deslocalización para un metal y la habilidad de las moléculas de deslizarse una sobre otra en un polímero. Un caso particular de comportamiento a fracturarse se muestra en la Figura 4.3, donde se maneja un acero con baja cantidad de carbón. [41]

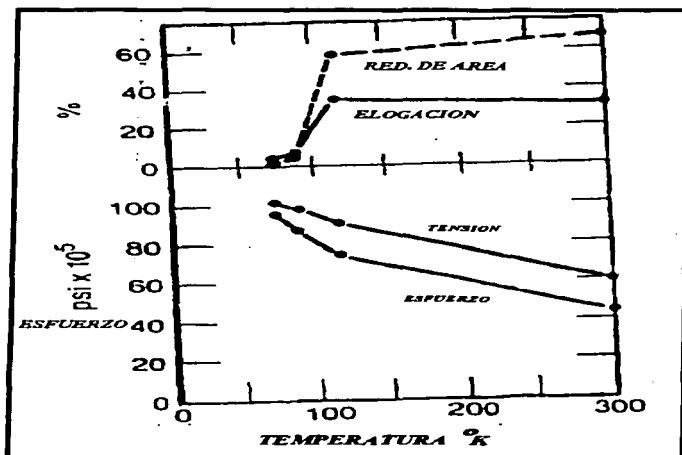


Figura. 4.3 Curva esfuerzo vs. Temperatura.

b). **ESFUERZO EN SÓLIDOS:** a bajas temperaturas el esfuerzo de sólidos en general el esfuerzo de tensión de un material sólido es mucho mayor a bajas temperaturas que a una temperatura ordinaria. Esto se aplica en estructuras cristalinas y monocristales, así como en algunos materiales heterogéneos. [34] Para metales el esfuerzo a 4 °K puede ser de 2 a 5 veces mayor que la temperatura del cuarto. Para plásticos el esfuerzo a 76 °K es de 1.5 a 8 veces mayor que la temperatura del cuarto. En vidrio se observa un menor esfuerzo a bajas temperaturas; a 76 °K el vidrio está entre 1.5 a 2 veces con respecto a la temperatura del cuarto. [8]

En las Figuras 4.4 y 4.5 se muestran algunos ejemplos de dos aceros diferentes:

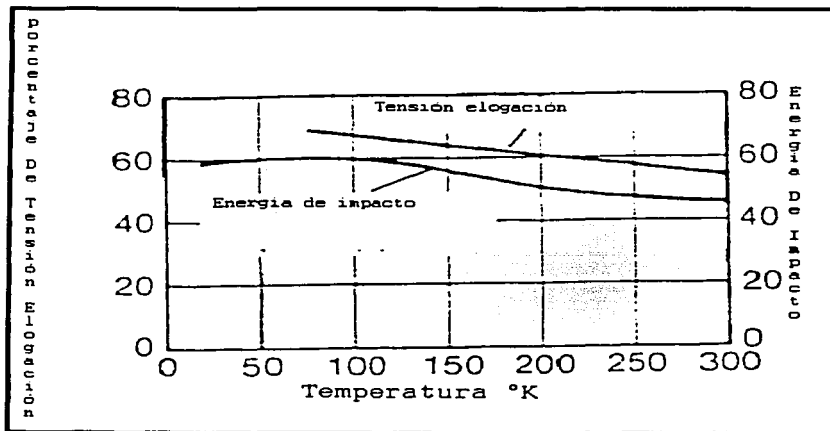


Figura. 4.4 Tensión de elongación y energía de impacto vs temperatura

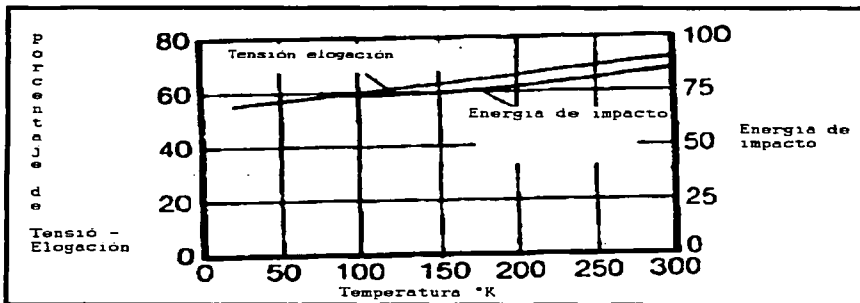


Figura. 4.5 Tensión de elongación y energía de impacto de los aceros al carbón

Otra propiedad muy importante que se involucra en la física de bajas temperaturas es la resistividad eléctrica y en la conductividad. Esta última es una de las propiedades más notables en los metales. [19]

Un campo eléctrico aplicado a un metal produce una gran concentración de electrones. La resistencia que este flujo encuentra es debida a la dispersión de electrones por los obstáculos en su camino. Esta dispersión es debida por la vibración térmica de las rejillas cristalina por una parte y por otra debida a las imperfecciones cristalinas. El efecto de la temperatura sobre la resistencia puede ser deducida por consideración del efecto de la temperatura sobre éstas dos resistencias mecánicas, que es la colisión de electrones con las imperfecciones de la estructura cristalina. La primera se conoce como dispersión dinámica y la segunda como dispersión estática. [20]

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Como en el caso de conductividad térmica, estos mecanismos pueden ser considerados independientes a una aproximación muy buena, y podemos escribir para la resistividad eléctrica la siguiente ecuación:

$$\rho = \rho_i + \rho_r$$

Donde: ρ_i = resistividad ideal del cuerpo cristalino (resistividad de esparcimiento)

ρ_r = resistividad residual de cristal a 0 °K (cuando el esparcimiento tiende a ser nulo).

La forma de la curva resultante de estos dos efectos tiene una cuesta empinada a las temperaturas más altas pero niveles fuera de alrededor de 40-80 °K y se hace constante a temperaturas bajas. [24]

La resistividad eléctrica para varios materiales en función de la Temperatura °K se indica en la Grafica 4.6 donde 1(Al), 2(Cu), 3(Fe), 4(Mg).

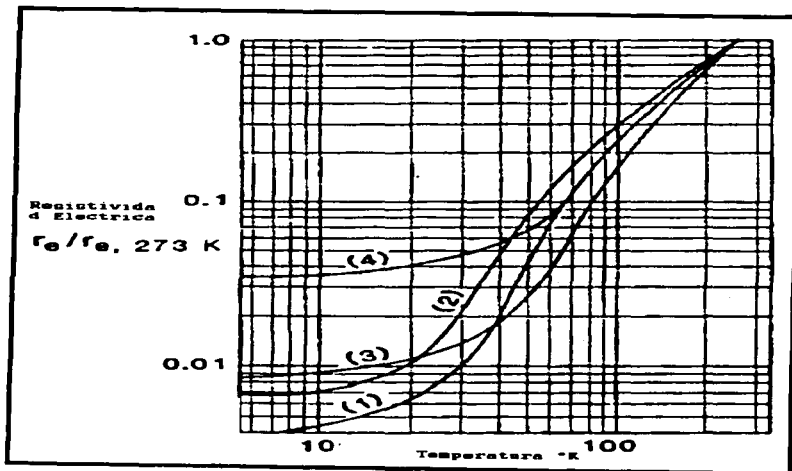


Figura 4.6. Resistividad eléctrica para varios materiales en función de la Temperatura °K

Los semiconductores tienen resistividades mucho más pequeñas que aquéllos aisladores y mayores que la mayoría de los conductores metálicos. La conducción de electricidad en los semiconductores se logra por portadores que pueden ser el exceso de electrones débilmente unidos en posiciones dimerizadas que se esparcen en espacios en donde no hay ningún electrón. En la presencia de un campo eléctrico estos electrones pueden emigrar a través de la celosía y pueden dirigir una corriente eléctrica. [24]

El coeficiente de temperatura de resistencia de los semiconductores es negativa (la resistencia disminuye cuando la temperatura aumenta) porque las vibraciones térmicas que acompañan a un aumento en la temperatura promueven la transición de un portador de un punto de la celosía al próximo. [24]

Tabla 4.2 Resistividad eléctrica de diversos elementos puros contra temperatura ^a

R/R ₀							
Temp.(K)	Al	Cu	Fe	Mg	Ni	Pb	Zn
193	0.641	0.649	0.569	0.674	0.605	0.683	0.678
173	0.552	0.557	0.473	0.59	0.518	0.606	0.597
153	0.464	0.465	0.381	0.505	0.437	0.53	0.516
133	0.377	0.373	0.292	0.419	0.361	0.455	0.435
113	0.289	0.286	0.207	0.332	0.287	0.38	0.353
93	0.202	0.201	0.131	0.244	0.217	0.306	0.271
73	0.12	0.117	0.062		0.156	0.232	0.188
53	0.071	0.014	0.027		0.112	0.157	0.108
33	0.049	0.012	0.014		0.089	0.075	0.041
20	0.0427	0.00629	0.011		0.085	0.0303	0.014

^a Los valores se dan como R/R₀, donde R es la resistencia del elemento a la temperatura indicada y R₀ es la misma resistencia a 273 K.

Tabla 4.3 Resistividad eléctrica de algunas aleaciones comerciales contra temperatura ^a

Resistividad (ohms.circ.mil/ft)				
Material	20 °K	76 °K	195 °K	273.2 °K
Manganin	255	267	282	284.8
Cupron	259	275	283	285.2
Advance	262	278	284.5	286.5
Acero tipo 304	332	337	425	616.5
Cromo A	613	617	627.5	632.5
Trophet A	653	655	665.5	670.5
Evahnohm	797		803	803

^a el valor está dado en ohms por pies de área sección transversal

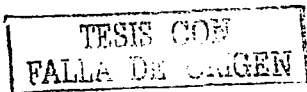
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tres características importantes de los superconductores son la temperatura crítica (temperatura debajo de donde ocurre el estado de superconducción), el campo magnético crítico, y la corriente crítica. Todos éstos son parámetros que pueden variarse y a veces pueden mejorarse usando los nuevos materiales y tratamientos de la metalurgia especiales. La ciencia y tecnología involucradas han definido las características útiles a un nivel en que el material (superconductores) está disponible para apoyar ésta nueva tecnología. [40]

La estructura cristalina que destaca como más favorable en la superconductividad es la estructura beta -tungsteno. Los compuestos con esta estructura son de la forma A_3B , y los átomos de los elementos de transición A es el lugar para formar cadenas lineales que corren a lo largo de las tres direcciones cúbicas. Un rasgo raro es eso a lo largo de las cadenas los átomos se acercan aproximadamente entre si 10% en sus formas elementales. Por lo menos 20 superconductores se han encontrado en el sistema A & B desde que Hulm y Hardy descubrieron la superconductividad en el compuesto V_3Si a 17 °K en 1952 en la Universidad de Chicago. [43]

En paralelo con la búsqueda experimental para los superconductores a bajas temperaturas en las estructuras, hay siempre la posibilidad de encontrar superconductividad en nuevos y raros compuestos esperando encontrar nuevas propiedades asociadas con las estructuras. [49]

Durante el último año se han realizado nuevas búsquedas experimentales renovadas para los superconductores de bajas temperaturas. Este esfuerzo ha aumentado por el descubrimiento inesperado de un óxido-basado en cobre superconductor en cerámica por Bednorz y Muller. Esta agitación de actividad mostrada en el figura 4.7, ha culminado en el desarrollo de una nueva clase de materiales de óxidos mixtos que son los superconductores a altas temperaturas sobre la temperatura de nitrógeno líquido. La conducta del superconductor



a granel de estos materiales de óxidos mixtos no sólo ha sido establecida por la discrepancia en la resistencia eléctrica, campo magnético, y expulsión de flujo (efecto Meissner) sino también a través de los estudios relacionados en las propiedades acústicas, termodinámicas, y electromagnéticas de los materiales. [49]

En nuestro país se realizan investigaciones tendientes a proporcionar las respuestas a estas preguntas. La Figura 4.7 muestra la levitación magnética producida por el efecto Meissner. Los superconductores que aparecen en la fotografía son cerámicas de $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$, elaboradas en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM. [47]

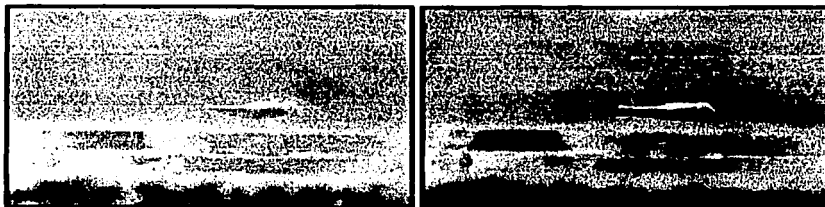


Figura 4.7 Muestra la levitación magnética producida por el efecto Meissner

Así pues, aunque las posibles aplicaciones de la superconductividad fueron advertidas desde el descubrimiento mismo del fenómeno, su utilización se veía muy remota, y quedó como gran reto para la ciencia de los materiales y como gran demanda de la humanidad el encontrar materiales superconductores a temperatura lo más alta posible, incluso a la temperatura ambiente. [47]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En su intento por satisfacer esta demanda, la humanidad ha dado los pasos que se muestran en la Figura 4.8, en la que es fácil observar que en 64 años (de 1911 a 1973) se logró un incremento de tan sólo 20 grados (de 4.2 K a 23.4 K), mientras que, tan sólo en 13 años (1973 a 1986), se logró un incremento de aproximadamente 67 grados! El avance ha sido enorme, espectacular, sobre todo si se toma en consideración que ahora sólo se requiere enfriar el material a la temperatura del nitrógeno líquido (-196°C) para obtener una resistencia igual a cero en el material, así como expulsión del campo magnético. [4]

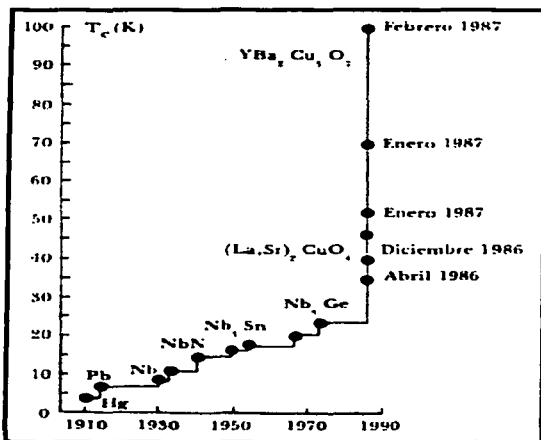


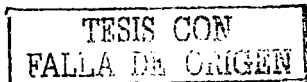
Figura 4.8 Representa los logros de la humanidad en su intento por comprender los efectos de la temperatura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por otra parte, no deja de llamar la atención que los materiales que ahora se conocen como "de alta temperatura de transición" son materiales cerámicos, los cuales tradicionalmente se han venido utilizando como aislantes. ¿No son acaso de porcelana los aislantes utilizados en las líneas de alta tensión? ¿Y no es la porcelana una cerámica? (5)

Los mecanismos responsables del fenómeno de superconductividad en estos nuevos materiales no han sido hasta la fecha debidamente dilucidados, y con toda seguridad habrán de llevarse a cabo muchas investigaciones para explicar lo que está ocurriendo en estas cerámicas superconductoras a alta temperatura. Ya se vislumbra que los mecanismos no son idénticos a los que dan lugar a la superconductividad de baja temperatura, y la cantidad de preguntas



CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- 1.- Se logró instalar el equipo de bajas temperaturas.
- 2.- Se pudo medir el comportamiento eléctrico a bajas temperaturas de un cerámico (4 °K) superconductor.
- 3.- Se pudo comprobar que las estructuras cristalinas de los materiales cambian en función de la temperatura.

Se espera en un futuro, adquirir las bobinas para poder observar el comportamiento magnético de los materiales a bajas temperaturas.

Por ejemplo los comportamientos eléctricos y magnéticos cambian según como la temperatura afecte o cambie la estructura cristalina de los materiales, pero uno de los fenómenos más interesantes es el comportamiento de estos materiales cuando se someten a bajas temperaturas y así observar el funcionamiento de estos materiales a temperaturas criogénicas, un estudio importante es ver cuales son aquellos materiales que presentan propiedades de semiconductores y que a temperaturas criogénicas se vuelven superconductores.

De esta manera se llegó a la necesidad de instalar un equipo que pudiera realizar dicho estudio (un equipo criogénico) en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo Uno. Con esto se da la posibilidad de analizar materiales que son de uso frecuente en los laboratorios y que por no contar con los análisis necesarios no sabemos que son materiales que

TESIS CON
FALLA DE ENLACE

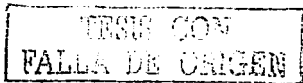
presentan diferentes comportamientos a diferentes condiciones de temperatura y que estas propiedades se deben de aprovechar en otras aplicaciones.

Ya instalado el equipo se pretende dar un apoyo en el análisis de dichos materiales a toda la comunidad interna y externa que requiera de un tipo de experimentación, análisis y desarrollo de nuevos materiales.

De esta manera se llevó a cabo la instalación del equipo criogénico marca Janis que entre sus principales elementos tiene un compresor de helio y cabeza expansora o de enfriamiento, un contenedor donde se deposita la muestra, una bomba de alto vacío, un controlador de temperatura, una fuente y un software que nos va a permitir la interpretación adecuada a los resultados obtenidos del equipo.

La propiedad principal observada en este equipo y en especial en nuestro estudio fue la resistividad eléctrica en la física de bajas temperaturas una propiedad muy notable en los metales en donde presenta cambios importantes a bajas temperaturas hasta casi llegar a ser despreciable, con esto se puede determinar los materiales que pasan de semiconductores a superconductores.

Se espera que la comunidad de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan y en general puedan utilizar éste equipo, tanto en trabajos de investigación como en el desarrollo de tesis de licenciatura y maestría, con ésto tratamos de colaborar para el beneficio de nuevas tecnologías para poder aprovechar todos los recursos materiales que puedan significar una ayuda para conservar nuestro hábitat y nuestro desarrollo.

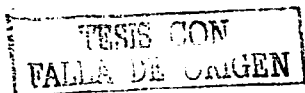


El panorama de la superconductividad es bastante interesante, se ha comprobado la capacidad superconductor de materiales en temperaturas tan altas como 135 °K, por otra parte, ya son cerca de cien las aleaciones que se consideran superconductoras.

Pero se han encontrado grandes problemas para el desarrollo de la superconductividad, por ejemplo, que cualquier uso importante que se le pueda dar parece que se concretaría hasta dentro de algunos años; lo que limita en cierta manera las investigaciones, puesto que ni el gobierno, ni los inversionistas están muy de acuerdo con ello. Aun así, podemos decir que se están haciendo investigaciones en muchas partes del mundo: en Japón se considera de gran importancia lograr adelantos sobre éste tema, en Canadá existen múltiples compañías que se preocupan por el diseño y desarrollo de ésta tecnología, por supuesto en Estados Unidos existen grandes corporaciones y Universidades que investigan nuevos medios de lograr la superconductividad.

En México, la Universidad Autónoma de Nuevo León, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Centro de Investigaciones y estudios avanzados (relacionados con el IPN), y la UNAM han creado programas de investigación sobre el tema.

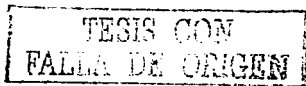
Nosotros pensamos que el desarrollo de los superconductores y sus aplicaciones podrían llegar a ser de gran importancia en un futuro no muy lejano. Ayudaría en cierta manera a solventar la crisis energética mundial, al no haber una notable pérdida de energía en la conducción de la corriente eléctrica. A la población le ayudaría significativamente.



En nuestra opinión, es necesario crear más programas de investigación y desarrollo de superconductores de altas temperaturas, de manera que ésta tecnología se aplicable lo más posible a la vida diaria; éstas investigaciones deben de resolver el problema que ha frenado en mayor parte el rápido desarrollo de la superconductividad: el que no exista un superconductor a temperatura ambiente.

Si se logra concretar éste hecho, el desarrollo de nueva maquinaria y sistemas a gran velocidad vendría por si solo y contaría con el apoyo y respaldo de muchos gobiernos, centros de investigación y empresas; pero ahora de una forma más comprometida que como se ha venido haciendo.

Se ha demostrado que la superconductividad se puede aplicar a varias ramas como la medicina, la computación, electrónica, transportes, etc.



GLOSARIO

SUPERCONDUCTIVIDAD.- Propiedad de los metales y aleaciones metálicas que pierden su resistencia eléctrica al ser enfriados a temperaturas próximas al cero absoluto.

LICUEFACCION.- Transformación de un gas en líquido.

RESISTIVIDAD ELECTRICA.- Es la tendencia de un material a oponerse al flujo de una corriente eléctrica.

COMPUESTO TERNARIO.- Compuesto químico formado por tres elementos.

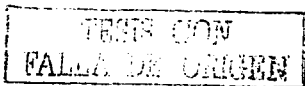
COMPUESTO ORGANICO.- Compuesto que por lo menos tiene un compuesto de carbono.

ELEMENTOS DE TRANSICION.- Clase de elementos que aparecen en la tabla periódica en tres series: del Escandio al Zinc; del Itrio al Cadmio y del Lantano al Mercurio. Todos éstos son metales.

DESMAGNETIZACION ADIABATICA.- Es un método de producción de temperaturas cercanas al cero absoluto. Al enfriar una muestra de sal paramagnética en helio dentro de un intenso campo magnético. Se elimina entonces el campo desmagnetizando la muestra, por lo que se enfria más.

SUSTANCIA PARAMAGNÉTICA.- Son sustancias que suelen variar con la temperatura de acuerdo con la Ley de Curie. En un campo externo un trozo de material paramagnético aumenta el campo; esto se debe a que los momentos magnéticos de las partículas se alinean en la misma dirección.

SEMICONDUCTORES.- Material que tiene una resistividad intermedia (en una escala logarítmica) entre los conductores y los aisladores.



SUPERFLUIDEZ . - Propiedad del Helio líquido a muy bajas temperaturas. A 2.186 °K, el Helio líquido hace una transición a un estado superfluido en el cual tiene una elevada conductividad térmica y fluye sin fricción.

RED CRISTALINA.- Es la disposición de puntos en el espacio en los cuales se sitúan los átomos o iones.

DÍAMAGNETISMO.- Comportamiento magnético de las sustancias que tiene susceptibilidad negativa, y se debe al movimiento de los electrones en los átomos bajo la influencia de un campo aplicado. Estos varían para oponerse al campo.

FERROMAGNETISMO . - Propiedad magnética de las sustancias que presentan como constituyente Fe^{3+} .

ELECTROIMANES.- Bobina de hilo conductor enrollada alrededor de un núcleo de hierro dulce. Cuando pasa corriente por el alambre, se forma un campo magnético y el medio queda magnetizado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

A P E N D I C E

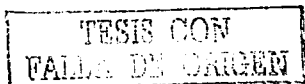
PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DEL HELIO

INTRODUCCIÓN: *Helio* (del griego *helios*, 'sol'), de símbolo He, es un elemento gaseoso, inerte, incoloro e inodoro. Pertenecce al grupo 18 (ó VIIIA) del sistema periódico, y es uno de los gases nobles. Su número atómico es 2.

El astrónomo francés Pierre Janssen descubrió el helio en el espectro de la corona solar durante un eclipse en 1868. Poco después, el químico británico Edward Frankland y el astrónomo británico Joseph Norman Lockyer lo identificaron como elemento y le dieron nombre. El gas fue aislado por vez primera a partir de fuentes terrestres en 1895, por el químico británico sir William Ramsay, que lo descubrió en la cleveita, un mineral que contiene uranio. En 1907, el físico británico lord Ernest Rutherford demostró que las partículas alfa son los núcleos de los átomos de helio, hecho confirmado por investigaciones posteriores.^[42]

PROPIEDADES Y ESTADO NATURAL

El helio está formado por moléculas monoatómicas, y es el gas más ligero exceptuando al hidrógeno. El helio tiene una temperatura de solidificación de $-272,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una presión superior a 25 atmósferas; una temperatura de ebullición de $-268,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una densidad de $0,1664\text{ g/l}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La masa atómica del helio es 4,003.

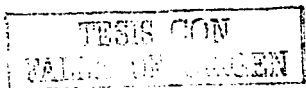


El helio, como todos los gases nobles, es químicamente inerte. Su única capa de electrones está llena, haciendo muy difíciles las reacciones con otros elementos, y los compuestos resultantes son bastantes inestables. Sin embargo, se han detectado moléculas de compuestos con neón (otro gas noble) y con hidrógeno, y se han sugerido otros compuestos. Debido a la abundancia de helio en el Universo, la existencia de esas reacciones, aunque sea rara, podría ser muy importante en cosmología.

El helio es el gas más difícil de licuar, y es imposible de solidificar a presiones atmosféricas normales. Esas propiedades convierten al helio líquido en un material extremadamente útil como refrigerante, y para experimentos de obtención y medida de temperaturas cercanas al cero absoluto. Puede llevarse casi hasta el cero absoluto a presión normal extrayendo rápidamente el vapor de encima del líquido. A una temperatura ligeramente superior al cero absoluto, se transforma en He^{II} , llamado también helio superfluido, un líquido con propiedades físicas únicas. No se puede solidificar, y su viscosidad es aparentemente cero. Atraviesa fácilmente grietas y poros diminutos e incluso puede trepar por las paredes y sobre el borde de un contenedor.

El He^{III} , el isótopo más ligero del He, de masa 3, con un punto de ebullición incluso más bajo que el He ordinario, muestra propiedades marcadamente diferentes cuando se licua.

El He es el segundo elemento más abundante en el Universo, después del hidrógeno. A nivel del mar, el He se produce en la atmósfera en la proporción de 5,4 partes por millón. La proporción aumenta ligeramente a alturas mayores. Más o menos una parte por millón del helio atmosférico es He^{III} , considerado actualmente como un producto de la desintegración

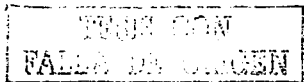


del tritio, un isótopo radiactivo del hidrógeno con masa 3. El isótopo común del helio, el He^{IV} procede probablemente de emisores de radiación alfa de las rocas. El gas natural, que contiene una media de un 0,4 % de helio, es la mayor fuente comercial de helio.

APLICACIONES

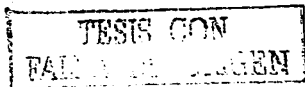
Debido a que es incombustible, el helio es un gas más adecuado que el hidrógeno para elevar globos en el aire; tiene un 92 % de la potencia elevadora del hidrógeno, aunque pesa dos veces más. El helio se usa para presurizar y endurecer la estructura de los cohetes antes del despegue, y para presurizar los tanques de hidrógeno líquido u otros combustibles, con el fin de forzar el combustible dentro de los motores del cohete. Es útil para esta aplicación porque sigue en estado gaseoso incluso a la baja temperatura del hidrógeno líquido. Un uso potencial del helio es como medio transmisor de calor en los reactores nucleares, porque permanece químicamente inerte y no radiactivo en las condiciones existentes en el interior de los reactores.

El helio se usa en soldadura por arco de gas inerte de ciertos metales ligeros, tales como las aleaciones de aluminio y magnesio, que de otra forma se oxidarían; el helio protege las partes calientes del ataque del aire. El helio se utiliza en lugar del nitrógeno como parte de la atmósfera sintética que respiran los buceadores, los trabajadores de las campanas sumergidas..., porque reduce la posibilidad de sufrir embolias gaseosas. Esta atmósfera sintética se usa también en medicina para aliviar los problemas de respiración,



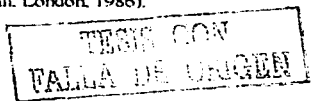
porque el helio se mueve más fácilmente que el nitrógeno por las vías respiratorias afectadas. En cirugía, los rayos de helio ionizado procedentes de sincrociclotrones son útiles en el tratamiento de los tumores oculares, porque estabilizan o incluso contraen los tumores. Estos rayos se usan también para disminuir las malformaciones de los vasos sanguíneos en el cerebro de los pacientes. [51]

El helio se transporta como gas en pequeñas cantidades, comprimido en pesados cilindros de acero. Cantidades mayores de helio pueden transportarse en estado líquido en contenedores aislados, reduciendo así los costos de transporte.

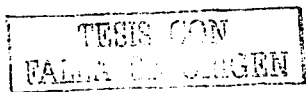


Referencias Bibliográficas

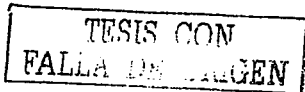
- 1.- Rose, A.C., "**low Temperature Laboratory Techniques**", (English Universities Press, London, 1973.)
- 2.- Anderson, P. W. (1984). "**Basic Notions of Condensed Matter Physics**", Benjamin Cummings, Menlo park, CA, p.287.
- 3.- Barron, R. F. "**CRYOGENIC SYSTEMS**", 2nd Ed. New York : Oxford University Press . Oxford : Clarendon Press 1985. XVII, 507 p.: 24 cm. Monographs on Cryogenics : 3. Apendices.- hidices. VACIO. CRIOGENIA. No. reg. : Biblioteca General.
- 4.- Bigelow, N.P. "**Low temperature physics without a cryostat**": laser cooling and trapping of atoms.; Low temperature physics, 1998, vol. 24, no. 2, pp. 106
- 5.- Buzdin, A., Tugushev, V. "**Extreme Science. Quantum**", 2001, vol. 1 Lno. 3, pp. 12.
- 6.- Cuomo, J.J. (1987). 29 April Meeting, "**American Ceramics Society**", Pittsburg, unpublished.
- 7.- Montgomery, D.V., "**Solenoid Magnet Design**" (R.E. Krieger Pub: Huntington, N. Y: 1980).
- 8.- Moran E., Nazzari, T.C., "**Physica C**", 160,30 (1989).
- 9.- Fiorini, E. "**low- Temperature Thermal Detectors as Probes for new Physics**". ; Soviet journal of nuclear physics, 1998, vol. 61, no. 7, pp.1143.
- 10.- Griffin, Allan. "**Low- temperature physics**": Condensate forced out of hiding.; Nature, 1998, vol. 391, no. 6662, pp. 25
- 11.- White, G.K., "**Heat Transfer**", (Oxford University Press, London, 1968).
- 12.- Gros, C.; Valenti, R., "**Test of the frustrated spin-cluster model to describe the low-temperature physics of NaV₂O₅**".; Physics Review, 2000, vol. 62, no.22, pp. R14617-R14620.
- 13.- Green, G.W., "**The Design and Construction of Small Vacuum Systems**", (Chapman and hall, London, 1986).



- 14.- Harris, Ruth; Hatfield, Jerry.: **"Research: From the Core to the Crust. Geotimes"**, 1998, vol. 43, no. 2, pp. 21
- 15.- Holmes, W.: Chm. **"The Development of the Low Temperature Microgravity physics Facility"**.; European Space Agency, 2001, vol. 454, no. VOL2, pp. 787-790
- 16.- J. Akimutsu. Appl. **"Physica"** 27, L1859 -1860(1988).
- 17.- Holman, J.P., **"Heat Transfer"**, (McGraw - Hill, New York, 1981).
- 18.- Benzinger, J.R., **"Properties of Cryogenic Grade Laminates"**, Electrical Electronics Insulation Conference, Boston, (1979).
- 19.- Market, J.T., **"Physica C"**, C158, 178 (1989).
- 20.- Market, J.T., Maple, M.B., **"Solid State Commun"**; en impresion (1989)
- 21.- Lynn, J.W., **"High Temperature Superconductivity"**, (Springer - Verlag, New York, 1989).
- 22.- Kirtley, John R, Tsuei, Chang., **"Superconductividad a Altas Temperaturas"**, Investigación y ciencias, Octubre, Barcelona . Prensa científica 1996.
- 23.- Kitazawa, K., Takagi, H., **"Physica"** (Amsterdam) 153 -155c. 9 (1988).
- 14.- Lionel, M. Levinson. **"Electronic Ceramics Properties"**, Devices, and Applications. 25 - Liu, F.- Ch.; Adriaans, M.J.; Israelsson, U.E. Research Opportunities on the Low Temperature Microgravity Physics Facility on the International Space Station..., **"Journal of Low Temperature Physics"**, 2000, vol. 119, no. 6, pp. 233.
- 26.- Liu, F.; Larson, M.; Pensinger, J. **"Scientific Research on the Low Temperature Microgravity Physics Facility on ISS"**.; European Space Agency, 2001, vol. 454, no. VOL2, pp. 787-790
- 27.- Zemansky, Mark W., Ph. D. **"Calor y Termodinamica"**, Sexta Edición, McGraw-Hill.
- 28.- Muthuvenkatraman, S., **"Antisite Arsenic Incorporation in the Low Temperature MBE of Gallium Arsenide"**, Physics and Modeling.; Journal of electronic materials, 1998, vol. 27, no. 5, pp. 472.



- 29.-Rajumon, D.D., "Solid State Commun", 70,S75(1989).
- 30.- Firmanus, M.N., Ph. D. Janis Research Company, Inc. "Introduction To Laboratorio Criogenics", March 1990.
- 31.- Wilson, M.N., "Superconducting Magnets", (Oxford University press, London, 1983).
- 30.- Mori, N. "Research Project for Solid State Physics under High Pressure and Low Temperature": Review of High Pressure Science and Technolgy,2001.vol 11,no. 1, pp. 44-
- 32.- Mori, N. "Research Project for Solid State Physics under High Pressure and Low Temperature": Review of High Pressure Science and Technolgy,2001.vol 11,no. 1, pp. 44-
- 33.- Ostrovskaya, Y.L, V.I. "Low Temperature tribology at the B". Verkin Institute for Low Temperature Physics & Engineering (historical review): Tribology International,2001.vol34,no. ER-4, pp. 265-276.
- 34 - Pluth, Joseph J.: "Third-generation synchrotron x-ray diffraction of 6-micrometer crystal of raite, approximately equal to $\text{Na}_3\text{Mn}_3\text{Tio}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, opens up new chemistry and physics of low-temperature minerals": Proceedings of the national academy of sciences, 1997, vol. 94, no. 23, pp. 12263.
- 35.- Barron, R., "Cryogenic Systems", McGraw - Hill, New York, 1966). 36.- R.B. Scott, "Cryogenic Engineering", (Met - Chem Research Inc: Boulder, 1963).
- 37.- Richardson, R.C. and E.N. Smith, Eds: "Experimental Techniques in Condensed Matter Physics" (Addison - Wesley, New York, 1988).
- 38 - Reed, R.P. and Clark, A.F, Eds: "Materials at low Temperatures", (American Society for Metals, Metals Park, OH, 1983).
- 39.- Siegel, R. and Howel, J.R., "Thermal Radiation Heat Transfer", (McGraw - Hill, New York, 1981)
- 40.- Sasaki, Y.; Ueno, T., Development of Magnetic Resonance Imaging Technique for Ultra Low Temperature Physics.: "Journal of low temperature physics",



1998, vol. 113, no. 5/6, pp. 921.

- 41.- Sinkevich, O. A. "Studies into the physics and technology of Low-Temperature Plasma" (A Review of the Publications made in High Temperature during the Period of 1992-1997); High temperature, 1998, vol. 36, no. 4, pp. 636.
- 42.- Sciver, S.W. van, "Helium Cryogenic", (Plenum Press, New York, 1986).
- 43.- Takeya, J.; Ando, Y., "Low-temperature Electronic Heat Transport in La₂-NsrNCuO₄ Single Crystals"; Unusual Low-Energy Physics in the Normal and Superconducting States; Physical Review Letters, 2002, vol 34, no 88, pp. 077001. 44 -
- 44.- Walker, G. "CRYOCOOLERS" : APPLICATIONS. New York and London : Plenum Press 1983. XXVI, 406 p. , 24 cm. International Cryogenics Monograph Series. Bibliogr. por cap.- Indices. VACIO. CRIOGENIA. Ubicacion. No. reg. : Biblioteca General.
- 45.- Walker, G. "CRYOCOOLERS" : FUNDAMENTALS. New York and London : Plenum Press 1983. XXVI, 365 p. ; 24 CM. International Cryogenics Monograph Series. Bibliogr. por cap.- Indices. VACIO. CRIOGENIA. Ubicacion. No. reg. : Biblioteca General.
- 46.- W. Obert, J.R., "Advances in Cryogenic Engineering", Vol. 25, p.293 (1982)
- 47.- "Proceedings of the 22nd International Conference on Low Temperature Physics held in Helsinki, Finland", 4-11 August 1999, Part II—Contributed Papers, Physics B,2000, vol. 284/288.
- 48.- Mezhov- Deglin, L. P. The Second Chernogolovka Workshop on Low Temperature Physics in Microgravity Environment (CWS-99), July 28—August 2, 1999; "Low Temperature Physics",2000, vol. 26, no.3,pp. 232.
- 49.- Peschansky, V. G. 31st Conference on Low Temperature Physics, Moscow, December 2-3, 1998.; " Low Temperature physics", 1999, vol. 25, no. 4, pp. 290.
- 50.- "Cryogenic coolers and refrigerators" : CITATIONS FROM THE U. S. PATENT BIBLIOGRAPHIC DATABASE. Springfield : National Technical Information Service 1990. V, 42 p. ; 28 cm. VACIO. CRIOGENIA. Ubicacion. No. reg. : Biblioteca General.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

51.- Sciver, S. W. Van. "**Helium Cryogenics**". New York and London : Plenum Press 1986.

XXII, 429 p. . 24 cm. The International Cryogenics Monograph Series. Bibliogr. por cap.-

Apendices- Indices. VACIO. CRIOGENIA. Ubicacion. No. reg. : Biblioteca General.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**