



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Ingeniería

Licenciatura en Ingeniería Industrial

**“Construcción de una celda protectora especial
para medición de resistividad”**

Tesis

Que para obtener el título de:

Ingeniero industrial

Presenta:

P.I.I. César Márquez Martínez

Director de Tesis

Dr. Eduardo Morales Sánchez

Algunos de los resultados del presente trabajo han sido presentados en los congresos siguientes:

Proceedings del Congreso SOMI XX 2005.

León, Guanajuato, 24 al 28 de Octubre de 2005.

ISBN: 970-32-2673-6.

Proceedings del 4o. Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas

14-18 de Noviembre de 2005. pp. 259-261

ISBN: 970-36-0291-6

2º. Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales.

Morelia, Michoacán, México. 7-9 Diciembre 2005.

Vol 2(2005) pp. 159-167.

ISBN: 970-9798-01-4.



CIAII

Este trabajo de investigación y desarrollo fue apoyado con recursos para proyectos PROMEP y se realizó en el Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial (CIAII) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

A dios.

Por darme la vida y una familia que siempre me apoyo en todo.

Por darme la oportunidad de estudiar una profesión y culminarla con éxito.

A mi familia.

Gracias a mis padres: Aureliano Márquez Encarnación y Josefina Martínez Cruz por el gran apoyo tanto moral como económico, la confianza y el sacrificio que me brindaron durante el trayecto de mi carrera profesional.

Gracias a mis hermanos: Alfonso Márquez Martínez y Ricardo F. Márquez Martínez por el apoyo moral y la confianza que me brindaron durante el trayecto de mi carrera.

A mis sobrinos Axel, Erick y Eduardo por el cariño y fortaleza que me hacen sentir por seguir adelante.

A mí cuñada Felicitas, por la motivación que me brindo durante mi trayectoria de mi carrera profesional.

¡Gracias Familia...los quiero mucho!

A mis tíos y primos.

Por el apoyo moral que siempre me brindaron durante mi carrera.

A mis amigos.

Con cariño y respeto a cada uno de ellos(as) por sus consejos que siempre me alentaron para mi formación profesional; en especial a la memoria de Alfredo Aguilar velázquez... el sabrá por qué.

Al Ing. German Zepeda Cruz y José Barrera Aguilar por brindarme sus conocimientos en software de Autocad.

Al M en I.: Marcelino Rodríguez Camacho por la motivación, los consejos y el apoyo que me brindo para seguir adelante durante este proyecto.

A mi asesor:

Al Dr Eduardo Morales Sánchez, por su paciencia, por su confianza, por sus enseñanzas, el excelente trabajo en equipo y por la oportunidad que me brindo para cumplir esta etapa de mi vida, ¡Gracias!.

A la UAEH:

A la UAEH y cada uno de sus catedráticos que me impartieron clases y que me brindaron sus conocimientos y experiencias para enfrentarme a la vida.

Y a todos aquellos que de alguna forma intervinieron en este logro.

Resumen

En este trabajo fue posible determinar la geometría, dimensiones, etc. Y construir una celda protectora especial para la medición de la resistividad en función de la temperatura. La celda consta de un cuerpo metálico cilíndrico, de 2 tapas con mirillas centrales para observación del experimento, 2 espigas para introducción de gases o de vacío, 2 pasamuros para conexiones eléctricas y tornillos sujetadores alrededor de las tapas. Las tapas, espigas, pasamuros y mirillas tienen o'rings para sellar el interior de la celda y poder introducir gases o utilizar vacío en la medición de resistividad. Es material que se utilizó es aluminio comercial ya que es muy ligero, fácil de maquinar, muy duradero y tiene un costo accesible, la celda se diseñó en una forma cilíndrica para ahorrar costos y tener un fácil maquinado.

Índice General

Índice general.....	1
Índice de tablas.....	4
Índice de figuras.....	5
I. Introducción.....	7
II. Antecedentes.....	8
2.1.- Resistividad.....	8
2.2.- Condiciones de medición de resistividad.....	8
2.3.- Diseño.....	10
2.3.1.- Fases del diseño.....	10
2.3.3.- Identificación de necesidades y definición del problema.....	11
2.3.4.- Consideraciones o factores de diseño.....	12
2.3.5.- Evaluación y presentación.....	13
2.4.- Productos comerciales protectores de experimentos.....	14
2.4.1.- Campanas Extractoras de Gases.....	14
2.4.2.- Campanas de Guantes.....	15
2.4.3.- Cabinas Estériles.....	17
2.4.4.- Campanas para vacío.....	18
2.4.5.- Liofilizadoras.....	19
2.4.6.- Campanas para Cultivos Celulares, y Tejidos.....	19

III. Objetivos.....	21
3.1.- Objetivo general.....	21
3.2.- Objetivos específicos.....	21
	17
IV. Justificación y alcance del trabajo.....	22
4.1.- Justificación del trabajo de tesis.....	22
4.2.- Alcances.....	22
V. Hipótesis.....	22
VI. Metodología.....	23
6.1.- Metodología.....	23
6.2.- Métodos.....	24
6.2.1.- Técnica de 4 puntas para medición de resistividad.....	24
VII. Identificación de necesidades y especificaciones.....	24
7.1.- Necesidades para la construcción del prototipo.....	25
7.2.- Necesidad 1: Protección del ambiente externo.....	25
7.3.- Necesidad 2: Temperatura máxima de medición de 200° C.....	27
7.4.- Necesidad 3: Mediciones en vacío o en ambiente controlado.....	27
7.5.- Necesidad 4: Visualización del experimento.....	28
7.6.- Necesidad 5: Conexiones eléctricas para mediciones automáticas.....	29
7.7.- Necesidad 6: Material para el prototipo.....	30
7.8.- Resumen de necesidades y especificaciones a cumplir.....	31
VIII. Síntesis y Presentación.....	33
8.1.- Partes de la celda protectora propuesta.....	33
8.2.- Detalle del cuerpo cilíndrico con orificios.....	33
8.3.- Detalle de tapas circulares con mirilla de vidrio templado y sello.....	35
8.4.- Detalle de espigas para entrada de gases o vacío.....	37
8.5.- Detalle de pasamuros para conexiones eléctricas.....	38

8.6.- Detalle de orificios y tornillos de sujeción.....	39
8.7.- Dibujos a detalle de la celda protectora propuesta.....	41
IX. Construcción y prueba de la celda protectora de una medición	
De conductividad 4 puntas.....	42
9.1.- Construcción de la celda protectora.....	42
9.2.- Adaptación de accesorios a la celda protectora construida.....	45
9.3.- Ensamble total de la celda protectora.....	45
9.4.- Prueba.....	48
9.4.1.- Introducción.....	48
9.4.2.- Arreglo del medidor de resistividad utilizado para las pruebas.....	48
9.4.3.- Prueba de resistividad a una muestra de GeSbTe sin celda protectora.....	49
9.4.4.- Prueba de resistividad a una muestra de GeSbTe con celda protectora.....	51
X. Conclusiones.....	53
XI. Recomendaciones.....	54
XII. Bibliografía.....	55
Anexos.....	57
Glosario.....	70

Indice de tablas.

Tabla 1. Necesidades y especificaciones de una celda protectora de una Medición de conductividad 4 puntas.....	32
Tabla 2. Especificaciones a cumplir para construir la celda protectora.....	34
Tabla 3. Dimensiones de los orificios para la espiga y pasamuros.....	35
Tabla 4. Especificaciones de la cuerda de la espiga.....	38
Tabla 5. Especificaciones de la cuerda del pasamuros.....	39

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama esquemático de la medición de resistividad por 4 puntas colinéales.	9
Figura 2. Diagrama esquemático del proceso de diseño	11
Figura 3. Campana comercial extractora de gases	15
Figura 4. Campanas de guantes.	16
Figura 5. Cabina estéril.	17
Figura 6. Campana de vidrio para vacío	18
Figura 7. Liofilizadoras.	20
Figura 8. Campanas para cultivos celulares.	20
Figura 9. Diagrama esquemático de la medición de resistividad por 4 puntas colinéales	24
Figura 10. Arreglo de 4 puntas para medición de conductividad	26
Figura 11. Pasamuros típico de una tapa de un evaporador.	30
Figura 12. Cuerpo cilíndrico de la celda protectora con dimensiones	34
Figura 13. Perspectiva de las tapas del cilindro.	36
Figura 14. Perspectiva del anillo Nylamid	36
Figura 15. Vista frontal de la tapa.	36
Figura 16. Corte de la tapa.	37
Figura 17. Dibujo de espiga para gases diseñado	38
Figura 18. Dibujo del pasamuros para conexiones eléctricas diseñado.	40
Figura 19. Tornillo de cabeza Allen	40
Figura 20. Tornillo de cabeza hexagonal	41
Figura 21. Cuerpo cilíndrico de la celda maquinado en Aluminio	42
Figura 22. Tapas de la celda maquinada en vista frontal y vista lateral.	42
Figura 23. Anillo de Nylamid para sujetar al vidrio circular templado	43
Figura 24. Vidrio circular templado utilizado como mirilla.	43
Figura 25. Espigas maquinadas para la introducción de gases o de vacío	44
Figura 26. Pasamuros maquinados para la conexión eléctrica	44
Figura 27. Pasamuros con conexiones eléctricas	46

Figura 28. Conexión a una bomba de vacío por medio de las espigas	46
Figura 29. Ensamble total de la celda protectora	47
Figura 30. Arreglo de 4 puntas dentro de la celda protectora	47
Figura 31. Arreglo total de un medidor de resistividad con la celda Protectora construida	48
Figura 32. Programa utilizado para realizar la medición de resistividad por PC. . .	49
Figura 33. Arreglo utilizado para la medición de resistividad sin celda protectora. .	50
Figura 34. Gráfica de una medición de resistividad contra temperatura de una película delgada de GeSbTe sin utilizar la celda de protección construida	50
Figura 35. Arreglo utilizado para la medición de resistividad con celda protectora..	51
Figura 36. Grafica de una medición de resistividad contra temperatura de una película delgada de GeSbTe utilizando la celda de protección construida	51
Figura 37. Comparación de la medición de resistividad contra temperatura con y sin celda protectora construida	52

I. Introducción.

La medición de resistividad (propiedad eléctrica de un material) nos proporciona la información necesaria para poder clasificar a los materiales como: conductores, semiconductores y aislantes.

La medición de resistividad depende de las condiciones ambientales a las cuales el material está expuesto. Cuando un metal está expuesto al ambiente se genera una pequeña capa de óxido sobre la superficie ocasionando que la resistividad cambie superficialmente.

Para estos casos la medición de resistividad debe realizarse en ambientes inertes o en vacío (sin moléculas de oxígeno). En otros casos la situación es inversa, es decir, se requiere conocer el efecto del oxígeno sobre una película metálica o bien algún cambio físico-químico de un material en función de la temperatura en presencia de algún gas a controlar.

Por lo tanto en la medición de resistividad es muy importante tener una celda especial que permita proteger tanto al material como a la medición de los efectos del ambiente, tal como ráfagas de viento o bien impurezas del ambiente. Este tipo de celda debe tomar en cuenta que la medición se puede realizar con temperatura, o que la medición se debe realizar bajo la supervisión del investigador facilitando su observación.

En resumen este trabajo de tesis pretende construir una celda metálica que sirva como protección del ambiente al realizar la medición de resistividad por la técnica de 4 puntas en función de la temperatura. La celda a construir será un prototipo para proteger las pruebas y poder realizar la medición de resistividad por lo que no se considerará su fabricación en serie.

II. Antecedentes.

2.1. Resistividad.

La medición de resistividad (inverso de la conductividad eléctrica) nos proporciona la información necesaria para poder clasificar a los materiales como: conductores, semiconductores y aislantes [1].

Para poder medir la conductividad en diferentes materiales es necesario tener contactos óhmicos en la superficie de la película. En el caso de semiconductores con una banda prohibida mayor a 1 eV es relativamente difícil obtener contactos óhmicos. Normalmente se evaporan contactos de oro, plata, aluminio y se realizan pruebas para determinar que se tiene un buen contacto electrodo-película.

Cuando no se tiene la infraestructura para evaporar contactos sobre la superficie del material a medir, se utiliza la técnica de medición de la conductividad por 4 puntas colinéales (ver Figura 1). Esta técnica tiene la ventaja de que no son necesarios contactos óhmicos en la superficie de la película.

El método de medición de resistividad por 4 puntas consiste en colocar 4 electrodos colinéales sobre la muestra, entonces por los electrodos laterales se circula una corriente constante I y en los electrodos internos se inducirá un voltaje V . La resistividad se calcula a partir de la densidad de corriente y el voltaje inducido. Considerando que las líneas de corriente son radiales entonces la densidad de corriente y el voltaje inducido están dados por:

$$J = \frac{\hat{i}r}{2\pi\delta r} - \frac{\hat{i}r'}{2\pi\delta r'} \quad V = -\rho \int_{2s}^s J dr \quad (1)$$

$$V = \frac{i\rho}{2\pi\delta} \int_s^{2s} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{3s-r} \right) dr \quad (2)$$

$$V = \frac{i\rho}{2\pi\delta} (2\ln(2)) \quad (3)$$

despejando la resistividad se tiene la expresión siguiente [5]:

$$\rho = \left(\frac{V}{I} \right) \left(\frac{\pi\delta}{\ln 2} \right) = (4.5324)(\delta) \left(\frac{V}{I} \right) \quad (4)$$

Donde:

ρ es la resistividad dada por ohm-cm.

δ es el grosor de la película en cms.

V es el voltaje medido volts.

I es la corriente aplicada en amperes.

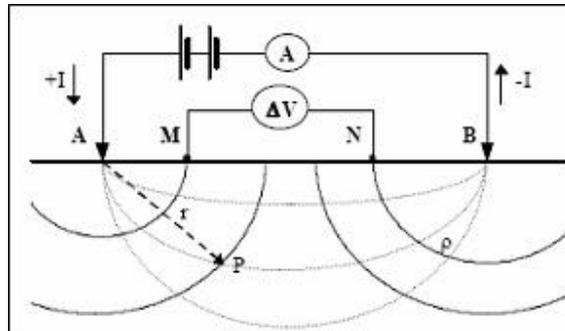


Figura 1. Diagrama esquemático de la medición de resistividad por 4 puntas colinéales. Fuente: www.wikipedia.org

2.2. Condiciones de medición de resistividad.

Existen materiales cuya principal característica es cambiar de estructura a una cierta temperatura. En estos casos la medición de la resistividad debe realizarse en función de la temperatura, es decir se requiere un arreglo especial de medición que permita controlar la temperatura.

También la resistividad depende de las condiciones ambientales a las cuales el material está expuesto. Cuando un metal está expuesto al ambiente se genera una pequeña capa de óxido sobre la superficie ocasionando que la resistividad cambie superficialmente.

Para estos casos la medición de resistividad debe realizarse en ambientes inertes o en vacío (sin moléculas de oxígeno). En otros casos la situación es inversa, es decir, se requiere conocer el efecto del oxígeno sobre una película metálica o bien algún cambio físico-químico de un material en función de la temperatura en presencia de algún gas a controlar por ejemplo estudio de resistencias térmicas usadas en analizadores de gases.

Por lo tanto en la medición de resistividad es muy importante tener una celda especial que permita proteger tanto al material como a la medición de los efectos del ambiente tal como ráfagas de viento o bien impurezas del ambiente.

Este tipo de celda debe tomar en cuenta que la medición se puede realizar con temperatura, o que la medición se debe realizar bajo la supervisión del investigador facilitando su observación.

2.3. Diseño.

2.3.1. Fases del diseño.

El proceso total de diseño es un tema actual de estudio; ¿Cómo empieza?, ¿Simplemente llega un ingeniero a su escritorio y se sienta ante una hoja de papel en blanco?, ¿Qué hace después de que se le ocurren algunas ideas?, ¿Qué factores determinan o influyen en las decisiones que se deben tomar? Por último, ¿Cómo termina este proceso de diseño?.

A menudo se describe el proceso total de diseño, desde que empieza hasta que termina, como se muestra en la figura 2. Principia con la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo al respecto.

Después de muchas iteraciones, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad. En las secciones siguientes se examinarán en detalle estos pasos del proceso de diseño [2].

2.3.2. Identificación de necesidades y definición del problema.

A veces, pero no siempre, el diseño comienza cuando un ingeniero se da cuenta de una necesidad y decide hacer algo al respecto. Generalmente la necesidad no es evidente.

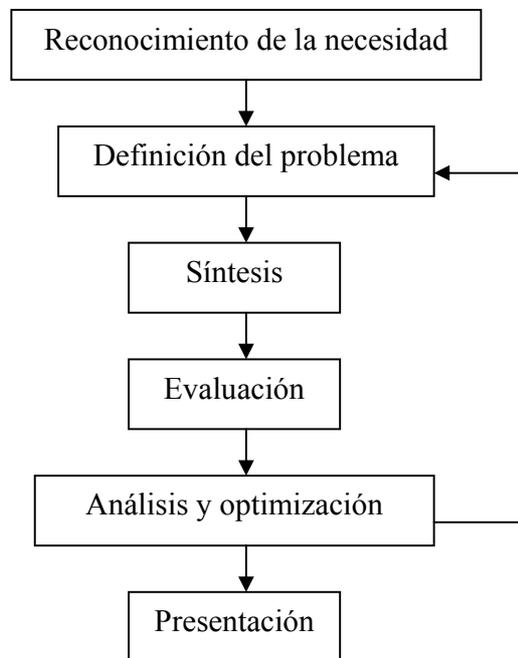


Figura 2. Diagrama esquemático del proceso de diseño.

Hay una diferencia bien clara entre el planteamiento de la necesidad y las definiciones del problema que sigue a dicha expresión; el problema es más específico. Si la necesidad es tener aire más limpio, el problema podría consistir en reducir la descarga de partículas sólidas por las chimeneas de plantas de energía o reducir la cantidad de productos irritantes emitidos por los escapes de los automóviles, o bien disponer de medios para apagar rápidamente los incendios forestales.

Una vez que se han definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas, formuladas por escrito, el siguiente paso en el diseño como se indica en la figura 2 es la síntesis de una solución óptima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y la optimización, puesto que se debe analizar el sistema a diseñar, para determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones. Dicho análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resultase satisfactorio en una de dichas pruebas o en ambas, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse otra vez.

Se ha indicado, y se reiterará sucesivamente, que el diseño es un proceso iterativo en el que se pasa por varias etapas, se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. En esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para, después, volver a la fase de síntesis y ver que efecto tiene sobre las demás partes del sistema.

Para el análisis y la optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático [2].

2.3.3. Consideraciones o factores de diseño.

A veces, la resistencia de un elemento es muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento, en tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño.

La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de algún elemento o, quizá, en todo el sistema. Por lo general se tienen que tomar en cuenta varios de esos factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, alguno de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás.

Por ejemplo, se suelen tenerse en cuenta los factores siguientes:

- ♦ Confiabilidad.
- ♦ Condiciones térmicas.
- ♦ Corrosión.
- ♦ Desgaste.
- ♦ Fricción o rozamiento.
- ♦ Procesamiento.
- ♦ Utilidad.
- ♦ Costo.
- ♦ Seguridad.
- ♦ Peso.
- ♦ Ruido.
- ♦ Estilización.
- ♦ Forma.
- ♦ Tamaño.
- ♦ Flexibilidad.
- ♦ Control.
- ♦ Rigidez.
- ♦ Acabado de superficies.
- ♦ Lubricación.
- ♦ Mantenimiento.
- ♦ Volumen.

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o procesos de fabricación o bien, a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema [2], [3].

2.3.4. Evaluación y presentación.

Como se indica en la figura 1, la evaluación es una fase significativa del proceso total de diseño, pues es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y, generalmente, incluye pruebas con un prototipo en el laboratorio. En este punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente la necesidad o las necesidades. ¿Es confiable?, ¿Competirá con éxito contra productos semejantes?,

¿Es de fabricación y uso económicos?, ¿Es fácil de mantener y ajustar?, ¿Se obtendrán grandes ganancias por su venta o utilización?

La comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso de diseño. Es indudable que muchos importantes diseños, inventos y obras creativas se han perdido para la humanidad, sencillamente porque los autores se rehusaron o no fueron capaces de explicar sus creaciones a otras personas.

La presentación es un trabajo de venta. Cuando el ingeniero presenta o expone una nueva solución al personal administrativo superior (directores o gerentes, por ejemplo) está tratando de vender o de demostrar que su solución es la mejor; si no tiene éxito en su presentación, el tiempo y el esfuerzo empleados para obtener su diseño se habrán desperdiciado por completo.

En esencia hay tres medios de comunicación que se pueden utilizar: la forma escrita, oral, y la representación gráfica. En consecuencia, todo ingeniero con éxito en su profesión tiene que ser técnicamente competente y hábil al emplear las tres formas de comunicación [2].

2.4. Productos comerciales protectores de experimentos.

2.4.1. Campanas Extractoras de Gases.

Una campana extractora de gases, es un equipo de ventilación donde los materiales químicos peligrosos pueden ser manejados con seguridad.

El propósito de estas campanas, es el de retener los contaminantes, generalmente en forma de gases o vapores tóxicos, para prevenir que se escapen al laboratorio.

Esto se consigue extrayendo los contaminantes que están dentro del área del trabajo de la campana, minimizando de tal manera la inhalación y el contacto por el usuario. El flujo de aire hacia la campana se realiza mediante un extractor de aire, el cual atrae el aire del laboratorio hacia adentro de la campana. Un deflector, una rejilla (air foil) y

otros componentes diseñados aerodinámicamente, controlan el flujo del aire que se mueve a través y dentro de la campana.

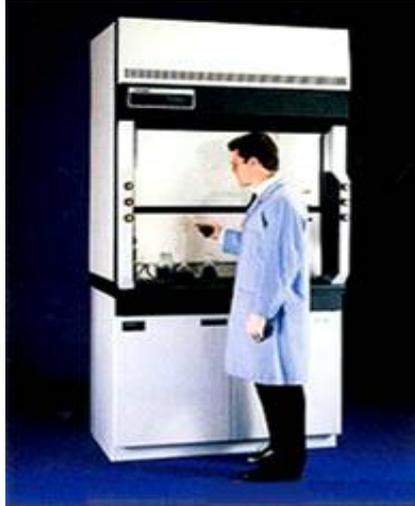


Figura 3. Campana comercial extractora de gases.

Fuente: <http://www.labconco.com>

Finalmente, el aire contenido dentro de la campana se diluye y sale al exterior, a través del sistema tuberías de la campana, donde se dispersa adecuadamente a una concentración baja y aceptable al medio ambiente. Figura 3. [4].

2.4.2. Campanas de Guantes.

Las campanas de guantes están compuestas de una cámara, sellada con aberturas para guantes, para manejar los materiales dentro de la cámara a través de guantes, una ventana de observación, y una cámara o puerta de transferencia para cargar y descargar las muestras.

La cabina de Clase III, se define como una cabina o campana impermeable a los gases, que tiene una construcción totalmente encerrada y ventilada. La cabina está mantenida a una presión de aire negativa de por lo menos 0.5" (12.7mm). Debido a que estas campanas de guantes proporcionan una barrera física entre el usuario y las muestras de su interior, son apropiadas para aquellas aplicaciones que requieran una protección tanto para el personal, como para el producto y el medio ambiente.

Las campanas de guantes para materiales peligrosos, como los radioisótopos y carcinógenos, filtran el aire de la campana antes de que se escapen al exterior, a través del sistema de tuberías. Otras campanas de guantes, usadas para mantener los materiales sensibles a la atmósfera, pueden ser conectadas a un sistema de tuberías para la extracción.

Las "campanas de guantes de atmósfera controlada", también llamadas "campanas de guantes secas", están compuestas por una cámara que mantiene un ambiente sin escapes para que los experimentos se puedan llevar a cabo bajo condiciones controladas, tales como niveles bajo en oxígeno y humedad, con presión positiva o negativa, o en presencia de un gas inerte. Las campanas de guantes de atmósfera controlada, se utilizan ampliamente en los materiales inorgánicos, orgánicos, organometálicos y bioquímicos, los cuales son sensibles al oxígeno.



Figura 4. Campanas de guantes.

Fuente: <http://www.labconco.com>

Las "campanas de guantes multi-riesgos" están compuestas por una cámara que protege al producto que está dentro de la campana de guantes, de las partículas contaminantes, protegiendo así al personal de los materiales potencialmente peligrosos mediante un filtro y una barrera física. Sus aplicaciones incluyen: pesada de reactivos sólidos, cargas de tubos capilares para la difusión de rayos X y la

transferencia de materiales de bajo nivel de radioactividad, carcinógenidad o riesgos biológicos. Figura 4. [4],[5].

2.4.3. Cabinas Estériles.

Las cabinas estériles, Clase 100, o cabinas de flujo laminar horizontal o vertical, están diseñadas para que el extractor interno le de una dirección al aire del laboratorio hacia un filtro HEPA y pase sobre la superficie de trabajo. Este flujo laminar horizontal o vertical de aire limpio y filtrado, protege el trabajo o muestras, de partículas contaminantes.

La limitación principal de este tipo de cabinas, es que solamente proporcionan protección para el producto; puesto que el usuario está constantemente expuesto a cualquier tipo de aerosoles que se producen al realizar un trabajo.

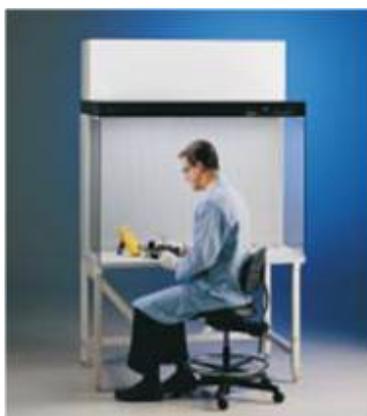


Figura 5. Cabina estéril.

Fuente: <http://www.labconco.com>

Estas cabinas son ampliamente usadas en las industrias electrónicas, farmacéuticas, y también en los laboratorios de investigación para cultivo de tejidos, preparaciones de medios de cultivo celular, en los hospitales y farmacias para llenar jeringas. La cabina química purificadora Purifier® Clase 100 es una cabina estéril de escape total que está diseñada para usarse en varias aplicaciones. Esta cabina protege al trabajo de la contaminación ambiental y al usuario del humo de sustancias químicas. Figura 5. [4].

2.4.4. Campanas para vacío.

La campana o cámara de vacío es el espacio hermético en que se realizan las reacciones, procesos o manipulaciones en las condiciones de baja presión requeridas. Generalmente la campana es un espacio de experimentación y en ocasiones se construyen cámaras especialmente adaptadas para fines específicos, por ejemplo campanas para ultra alto vacío.



Figura 6. Campana de vidrio para vacío.

Fuente: www.cientificosaficionados.com

La campana es generalmente un espacio construido con capacidad para adaptarse a muchas situaciones o experimentos diferentes logrando conectarse a la mayoría de las tomas de vacío, introducción de gases, medición, corrientes etc.

La cámara de vacío debe ser de apertura fácil para poder modificar la situación de los componentes o cambiar los materiales a tratar, debe resistir la presión del aire atmosférico, el calentamiento que puede suponer descargas eléctricas internas y a veces el efecto de agentes corrosivos.

La forma más tradicional de una campana de vacío es un recipiente cilíndrico terminado en una cúpula esférica que esta apoyado en una base metálica plana sobre la cual se realiza el cierre de el vacío. A través de esta base metálica se suelen hacer pasar las tomas descritas con anterioridad.

Las campanas comerciales suelen ser de unos 25 cm. de diámetro y 30 cm de altura, o mayores. Hay campanas realmente grandes, como por ejemplo las empleadas para metalizar los espejos de los grandes telescopios.

Las campanas se fabrican en vidrio pirex, de al menos 4 mm. de espesor para que soporten bien los cambios de temperatura y la presión atmosférica. Téngase en cuenta que una campana de este tipo soporta normalmente una presión equivalente al peso de 500 kg.

La cúpula semiesférica es imprescindible para campanas de las dimensiones descritas ya que asegura una buena transmisión de los esfuerzos mecánicos necesarios para que el vidrio no implote. Figura 6. [6].

2.4.5. Liofilizadoras.

La liofilización es un proceso en el que la humedad de un producto biológico congelado, se elimina al vacío con el fin de preservar la integridad, la estructura y las actividades químicas de los productos biológicos.

El secado convesional causa que el material se encoja, dañando las células. Existe una variedad de estilos y capacidades, desde 1L, 4.5L, 6L, 12L hasta 18L.Figura 7. [4].

2.4.6. Campanas para Cultivos Celulares, y Tejidos.

Estas campanas proporcionan una zona de trabajo sin ventilación y libre de circulación, diseñadas para reducir la contaminación cruzada en las técnicas de laboratorio.

La campana "Protector" de cultivo celular, se puede usar para técnicas tales como la preparación de medios, teñidos de tejidos, crecimiento y cultivos de virus.



Figura 7. Liofilizadoras

Figura 7. Fuente: <http://www.labconco.com>

La campana "Protector" PCR, ayuda a eliminar la contaminación por DNA en las reacciones de cadena de la polimerasa; esta unidad también dispone de una luz ultravioleta para ayudar en la descontaminación, después de la esterilización de la unidad. Figura 8. [4]



Figura 8. Campanas para cultivos celulares.

Fuente: <http://www.labconco.com>

III. Objetivos.

3.1.- Objetivo general.

Construir una celda a nivel prototipo que sirva para proteger del ambiente una medición de resistividad realizada por la técnica de 4 puntas colinéales en función de la temperatura.

3.2.- Objetivos específicos.

Determinar características a cumplir por la celda protectora de medición de resistividad de 4 puntas en función de la temperatura.

Diseñar la celda protectora de medición de resistividad de 4 puntas en función de la temperatura.

Construir la celda protectora de medición de resistividad de 4 puntas en función de la temperatura.

Realizar pruebas de la celda protectora de medición de resistividad de 4 puntas en función de la temperatura.

IV. Justificación y alcance del trabajo.

4.1.-Justificación del trabajo de tesis.

La medición de conductividad se ve afectada por factores externos, los cuales deben controlarse o minimizarse. Por ello una forma de controlar todas las variables del experimento en una medición de conductividad es protegiendo la medición del ambiente externo. Entonces se propone la construcción de una celda que permita medir la conductividad sin que se vea afectado por el ambiente externo, tal como, el flujo de aire que puede alterar la medición en la temperatura y también proteger la medición de impurezas del ambiente.

4.2.-Alcances.

Diseñar, construir y probar una celda protectora que permita realizar mediciones de conductividad en vacío o en un medio ambiente inerte, debe poder proteger del aire externo o partículas extrañas a la medición de conductividad. Debe permitir la conexión eléctrica de medición de conductividad con el exterior, y debe soportar temperaturas de 200° C. Esta temperatura corresponde a la máxima temperatura a medir en una medición de conductividad. También la celda tendrá conectores para conectar un termopar el cual es un sensor de temperatura y conexiones eléctricas para calentar la resistencia que incrementa la temperatura.

V. Hipótesis.

La medición de conductividad se ve afectada por factores externos los cuales deben controlarse o minimizarse. Por ello una forma de controlar todas las variables del experimento en una medición de conductividad es protegiendo la medición del ambiente externo. Entonces, la hipótesis a manejar en este trabajo es que una celda protectora ayudará a mejorar la medición de conductividad de materiales en función de la temperatura.

VI. Metodología.

6.1. Metodología.

La metodología a seguir para realizar este trabajo es el siguiente:

- 1) Revisión bibliográfica: Se hará una revisión bibliográfica de la medición de conductividad, factores que alteran la medición de conductividad y de dispositivos protectores que se usan en la ingeniería.
- 2) Identificación de necesidades: Primero se hará un estudio acerca de las características que debe cumplir una celda protectora del ambiente para un medidor de conductividad. ¿Qué tipo de material?, ¿Qué rango de temperatura debe soportar?, ¿Cómo introducir conexiones eléctricas dentro de la celda?, Etc.
- 3) Especificaciones: De acuerdo a las necesidades se obtendrán especificaciones concretas para el diseño de la celda protectora. Tal como dimensiones, forma, material, etc.
- 4) Síntesis: Se propondrá un diseño mecánico de la celda protectora que cumpla con las especificaciones y las necesidades en general. Se realizara un análisis acerca de la funcionalidad del diseño mecánico propuesto.
- 5) Se harán dibujos a detalle para maquinar la celda protectora.
- 6) Se construirá la celda protectora.
- 7) Se realizará la conexión eléctrica interna y externa de la celda así como la conexión de gases externos.
- 8) Se realizará una prueba de la celda construida haciendo una medición de la resistividad en función de la temperatura partiendo de temperatura ambiente hasta 200°C con una razón constante de calentamiento de 5°C por minuto. Se realizara otra medición idéntica pero sin la celda. Se compararán los resultados.
- 9) Conclusiones.

6.2. Métodos.

6.2.1. Técnica de 4 puntas para medición de resistividad.

Esta técnica tiene la ventaja de que no son necesarios contactos óhmicos en la superficie de la película. Figura 9.

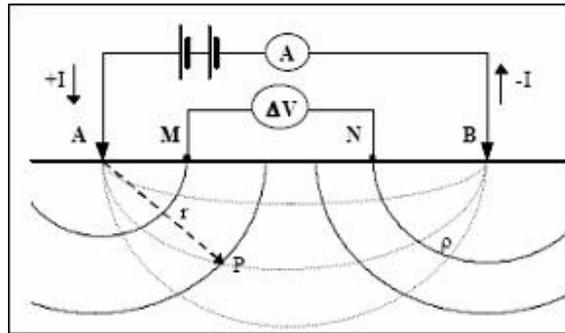


Figura 9. Diagrama esquemático de la medición de resistividad por 4 puntas colineales. Fuente: www.wikipedia.org

La resistividad para un arreglo de 4 puntas colineales se calcula por medio de la expresión:

$$\rho = \left(\frac{V}{I}\right) \left(\frac{\pi\delta}{\ln 2}\right) = (4.5324)(\delta) \left(\frac{V}{I}\right) \quad (5)$$

Donde:

ρ es la resistividad dada por ohm-cm.

δ es el grosor de la película en cms.

V es el voltaje medido volts.

I es la corriente aplicada en amperes.

VII. Identificación de necesidades y especificaciones.

El diseño de un nuevo producto comienza con la definición de especificaciones y las especificaciones se dan en función de las necesidades del usuario.

Por lo tanto, primero se hará un estudio acerca de las necesidades ¿qué características debe cumplir una celda protectora del ambiente para un medidor de conductividad. [7].

7.1. Necesidades para la construcción del prototipo.

De acuerdo a lo que se planteo en la parte de antecedentes podemos resumir que:

Producto: Celda protectora de una medición de conductividad.

- Necesidad:
- i) Proteger del ambiente a una medición de conductividad.
 - ii) Realizar mediciones a temperatura máxima de 200°C.
 - iii) Realizar mediciones a vacío o con ambiente controlado.
 - iv) Visualización del experimento.
 - v) Permita conexiones eléctricas para automatización.
 - vi) Material para el prototipo.

Estas serian las 6 principales necesidades que se debe cumplir para la celda protectora, esto ayudará a mejorar la medición de conductividad de materiales en función de la temperatura. A continuación haremos un análisis de cada necesidad y propondremos una especificación a cumplir para la construcción del prototipo.

7.2. Necesidad 1: Protección del ambiente externo.

En éste punto solo interesa que la medición sea protegida del ambiente. Principalmente de las ráfagas de aire que ocasionan que la temperatura fluctúe. En la literatura se encuentran diferentes diseños para proteger del ambiente a un experimento o a un producto. Por ejemplo se utilizan cajas de guantes, o bien se utiliza campanas de cristal o cilindros metálicos con ventanas de cristal [4].

De acuerdo al medidor de resistividad que se utilizará, este tiene un arreglo de 4 puntas. Este arreglo de 4 puntas consta de una resistencia plana, conexiones eléctricas, un soporte de la resistencia y un conector de 4 puntas como se muestra en la figura 10. Las dimensiones del arreglo de 4 puntas son de: 5.9plg \times 5.9plg \times 5.9plg. Entonces la primera especificación de la celda protectora es que debe permitir introducir en su interior un arreglo experimental que tendrá unas dimensiones máximas de: 5.9plg \times 5.9plg \times 5.9plg.

Por lo tanto la celda tendrá un tamaño mínimo de: 5.9plg \times 5.9plg \times 5.9plg+20% para que el arreglo experimental tenga cierta libertad. Es decir se requiere que la celda tenga un tamaño mínimo de: 7.1plg \times 7.1plg \times 7.1plg en su interior.

Primera especificación. Volumen: volumen interior mínimo de: 7.1x7.1x7.1 plg³.



Figura 10. Arreglo de 4 puntas para medición de conductividad.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

Una vez definido el volumen mínimo, se tiene que proponer una forma adecuada, y de acuerdo a la literatura ([4],[5],[6]) se pueden tener cualquiera de las siguientes configuraciones, las cuales cumplen con el requisito de que son protectoras del ambiente y que también cumplen con el volumen mínimo requerido:

Caja de guantes.

Campana de cristal.

Cilindro metálico con ventanas.

En esta etapa del diseño se propone que la celda protectora tenga cualquiera de estas formas. Posteriormente de acuerdo a las otras necesidades se decidirá cual sería la más adecuada.

Segunda especificación. Forma: **Caja de guantes.**
 Campana de cristal.
 Cilindro metálico con ventanas.

7.3. Necesidad 2: Temperatura máxima de medición de 200° C.

Esta necesidad es concreta. La celda protectora debe soportar temperaturas internas de 200°C. Por lo tanto, para cumplir con esta necesidad será necesario definir de qué material estará hecha la celda protectora. Como es de suponer se deshecha que el material sea de plástico o acrílico.

La celda entonces debe de ser o de vidrio o de metal. En caso de que fuera de vidrio debe ser de vidrio refractario para soportar el estrés generado por estas temperaturas y evitar su ruptura. Sí es de metal, se puede proponer que sea de acero inoxidable o aluminio.

Tercera especificación. Material: **Vidrio refractario.**
 Acero inoxidable.
 Aluminio.

7.4. Necesidad 3: Mediciones en vacío o en ambiente controlado.

En la literatura ([4][5][6]) se recomiendan dos tipos de estructuras para realizar vacío: las campanas de vidrio y las cámaras cilíndricas metálicas con mirillas y tapas.

Las campanas de vidrio se utilizan cuando se van a manejar vacíos del orden de 10^{-1} a 10^{-5} torr. Las cámaras cilíndricas metálicas se utilizan cuando se manejan vacíos mayores de entre 10^{-4} a 10^{-9} torr. Tanto la cámara cilíndrica como la campana de vidrio debe estar sellada para evitar fugas de vacío. El sello se realiza con o-rings.

Con respecto al ambiente controlado se utilizan cámaras cilíndricas metálicas con válvulas de flujo. Los gases que se utilizan principalmente son: Argón y Nitrógeno.

De acuerdo a esta necesidad la especificación a cumplir es la forma o de campana de vidrio o de cámara cilíndrica metálica.

Cabe mencionar que de acuerdo a la necesidad de ambiente controlado, la forma más idónea es la cámara cilíndrica debido a que permite poner las válvulas de flujo en cualquier parte de la cámara para permitir un flujo arriba-abajo o un flujo de cruce o un flujo de abajo-arriba.

En una campana de cristal el flujo se realiza de abajo-arriba, es decir por la base de la campana. Para la conexión de los gases se requiere poner espigas para conexión de gases. Se recomienda que sean 2 espigas metálicas para conexión de aire y/o vacío con bomba mecánica.

Cuarta especificación. Forma: Cámara cilíndrica sellada con 2 espigas metálicas para introducir gases o conectar vacío.

7.5. Necesidad 4: Visualización del experimento.

Esta necesidad se refiere a la facilidad del usuario de visualizar el interior para monitorear el experimento. De acuerdo a lo expuesto anteriormente cualquiera de las formas propuestas cumple con esta necesidad.

Si es una caja de guantes, estas son de acrílico normalmente, por lo cual se tiene el experimento a la vista; en caso de una campana de vidrio, igualmente el experimento

esta a la vista. En el caso de una cámara cilíndrica metálica se propone que en la tapa se pongan mirillas de vidrio refractario para visualizar el experimento.

En este caso específico se propone que la cámara cilíndrica metálica tenga dos tapas (arriba y abajo) y que cada tapa tenga su mirilla de vidrio refractario (ventana). Esta estructura facilita la visualización del experimento por el usuario de acuerdo a sus necesidades.

Quinta especificación. Forma: cámara cilíndrica metálica con tapas con mirillas de vidrio refractario.

7.6. Necesidad 5: Conexiones eléctricas para mediciones automáticas.

Esta necesidad se refiere a poder conectar eléctricamente del exterior al interior de la celda protectora, los diferentes dispositivos eléctricos que son necesarios para realizar una medición automática de resistividad de 4 puntas en función de la temperatura.

El usuario especifica que las conexiones eléctricas que se requieren son:

- ♦ 4 cables del # 22 o 24 que sirven para realizar la medición 4 puntas.
- ♦ 2 cables del # 20 para conectar voltaje a una resistencia plana para el control de temperatura.
- ♦ 2 cables del # 24 correspondientes a un termopar tipo K.

De acuerdo a la literatura [6], la mejor forma de hacer conexiones del exterior al interior de una cámara sellada es a través de dispositivos llamados pasamuros.

En la figura 11 muestra un pasamuros típico; como se puede observar el pasamuros sella a través de un o´ring el interior con el exterior.

La estructura idónea para los pasamuros es una cámara cilíndrica metálica, la razón es que es posible maquinar el cuerpo de la cámara al tamaño de los orificios que se requiera de los pasamuros.



Figura 11. Pasamuros típico de una tapa de un evaporador.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

Sexta especificación. Pasamuros: cámara cilíndrica metálica con 2 pasamuros para conexiones eléctricas.

7.7. Necesidad 6: Material para el prototipo.

Esta necesidad está directamente relacionada con precios y con calidad. De acuerdo a las necesidades y al funcionamiento planteado en los antecedentes una medición de conductividad puede realizarse en aire, en presencia de gases inertes, gases oxidantes, gases reductores y en vacío.

El material que no permite la oxidación de sus paredes es el acero inoxidable y el vidrio. El acero inoxidable es caro, es un material costoso para maquinar y dependiendo de los volúmenes de trabajo es difícil de conseguir o fundir; sin embargo es el material recomendable para este tipo de aplicaciones.

El vidrio es de bajo costo pero para aplicaciones de vacío es relativamente caro, difícil de conseguir y el vidrio no permite traspasarlo con pasamuros. Las campanas de vidrio templado son recomendables para aplicaciones de vacío; sin embargo su principal defecto es que es un material que en cualquier momento se puede romper, fracturar y puede lastimar a los usuarios.

El aluminio es un material económico, fácil de maquinar, fácil de fundir, tiene una densidad baja por lo que no es pesado, y se recomienda para estas aplicaciones aunque tiene el problema que se oxida superficialmente, cabe mencionar que el óxido que se forma en la superficie del aluminio es alumina; la alumina es un óxido muy estable que soporta altas temperaturas y protege al aluminio interior evitando que se oxide a mayor profundidad.

De acuerdo a lo anterior se propone que el material a utilizar para el diseño de la celda protectora de una medición de conductividad 4 puntas sea el aluminio por su facilidad de maquinado, costo y peso.

Séptima especificación. Material: Aluminio.

7.8. Resumen de necesidades y especificaciones a cumplir.

De acuerdo a lo anterior se realiza una tabla para tener presente todas las necesidades, características y especificaciones de la celda protectora de una medición de conductividad de 4 puntas.

Tabla 1. Necesidades y especificaciones de una celda protectora de una medición de conductividad 4 puntas.

	Volumen	Forma	Tempe- ratura	Vació Amb.	Pasa muros	Ventanas	Material
Caja	X					X	
Campana	X	X	X	X		X	
Cámara	X	X	X	X	X	X	
Acero	X	X	X	X	X	X	
Aluminio	X	X	X	X	X	X	X
Acrílico	X	X				X	
Vidrio	X	X	X	X		X	X

De acuerdo a la tabla resumimos que, las especificaciones a cumplir para construir la celda protectora para una medición de conductividad 4 puntas son:

- Forma: Cámara cilíndrica metálica.
- Material: Aluminio.
- Sello: Sellos para vacío con o´ring de neopreno.
- Ventanas: 2 Tapas metálicas con mirillas de vidrio templado.
- Pasamuros: 2 pasamuros para conexiones eléctricas.
- Vacío: 2 espigas metálicas para entrada de gas o vacío.

Entonces la estructura ideal según este análisis es la CAMARA CILÍNDRICA METÁLICA DE ALUMINIO CON 2 TAPAS METÁLICAS CON MIRILLAS DE VIDRIO TEMPLADO CON 2 PASAMUROS EN EL CUERPO PARA CONEXIONES ELÉCTRICAS CON 2 ESPIGAS PARA GASES O VACÍO EN EL CUERPO Y CON SELLOS O´RING DE NEOPRENO EN LAS TAPAS PARA SELLADO, PASAMUROS, ESPIGAS Y TAPONES.

VIII. Síntesis y Presentación.

Una vez definido las especificaciones generales de construcción de la celda protectora de una medición de conductividad 4 puntas, se procede a la etapa de síntesis la cual corresponde a definir el detalle de cada parte que estará formada la celda protectora. Es decir se presentará un dibujo de cada parte con dimensiones y formas adecuadas a las especificaciones. Una vez obtenido el prototipo a detalle se hará su presentación en dibujo a detalle.

8.1. Partes de la celda protectora propuesta.

De acuerdo al resumen realizado en el capítulo anterior se llegó a la conclusión de que la celda a construir es una cámara cilíndrica metálica. Ahora de acuerdo a la síntesis se debe proponer a detalle las partes de que consta esta cámara cilíndrica a nivel prototipo son:

- 1 Cuerpo cilíndrico con orificios.
- 2 Tapas circulares con mirillas de vidrio templado y sellos.
- 2 espigas para entrada de gases o de vacío con sello.
- 2 pasamuros para conexiones eléctricas con sello.
- Tornillos y orificios de sujeción.

Las unidades de medida que utilizaremos en las especificaciones del prototipo serán dadas en el sistema inglés.

8.2. Detalle del cuerpo cilíndrico con orificios.

El cilindro será redondo, en sus paredes tendrá cuatro barrenos a una distancia equidistante, estos serán para colocar los pasamuros y las espigas; En la parte superior y en la parte inferior del cilindro se le realizarán cuatro barrenos machuelados. La celda será diseñada de forma cilíndrica, porque así puede resistir con mayor facilidad la presión externa, el maquinado se facilita y se disminuyen costos. [8], [9]. El cuerpo cilíndrico hueco se muestra en la Figura 12 (El dibujo no está a escala).

Las dimensiones del cuerpo, los orificios de los pasamuros y espigas son:

Tabla 2. Especificaciones a cumplir para construir la celda protectora, orificios de los pasamuros y espigas.

Diámetro interno:	7 7/8 inch.	20 cm.
Diámetro externo:	9 inch	23 cm.
Alto:	7 7/8 inch	20 cm.
2 Orificios al centro del cuerpo a 180 ° de separación:	1 ½ inch	3.8 cm.
2 Orificios al centro del cuerpo a 180 ° de separación:	½ inch	1.27 cm.

Los orificios en el cuerpo corresponden a los orificios para introducir los pasamuros y las espigas. Se propone que tanto los pasamuros como las espigas se introduzcan por medio de rosca y que permitan sellar con o´ring.

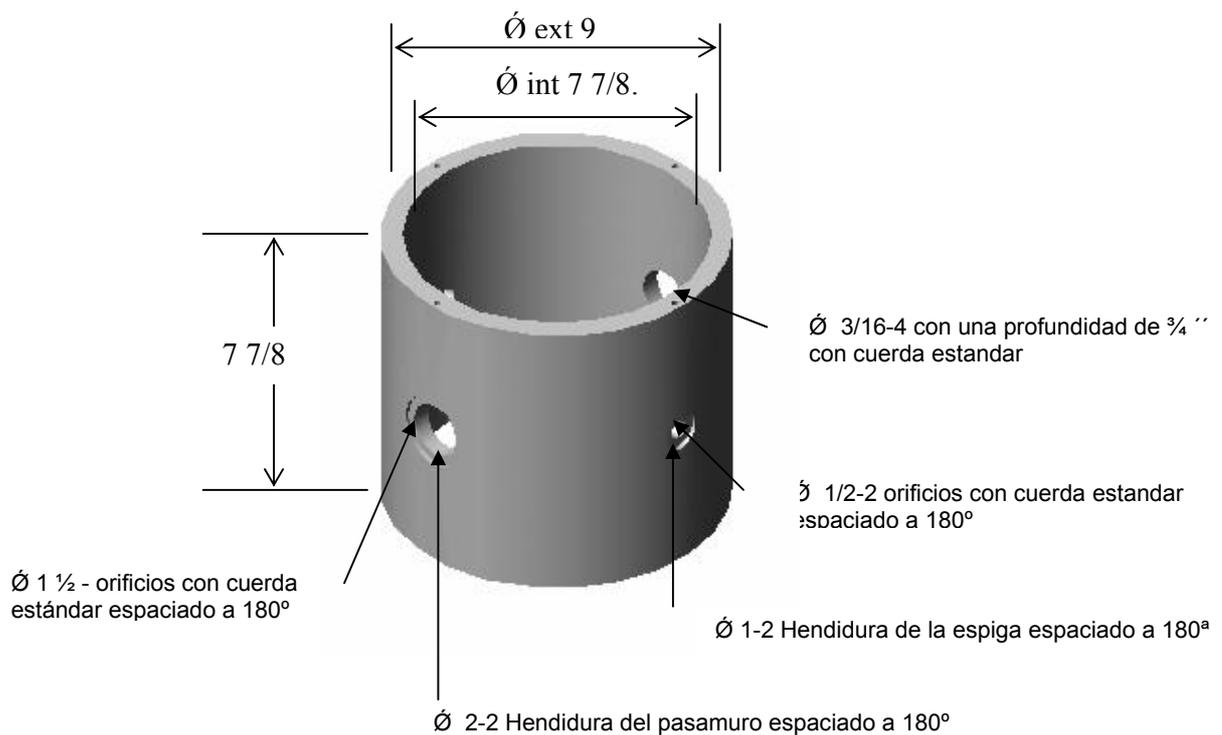


Figura 12. Cuerpo cilíndrico de la celda protectora con dimensiones.

Como las dimensiones de los pasamuros y de las espigas son diferentes

A continuación se da una tabla con las dimensiones de los orificios correspondientes.

Tabla 3. Dimensiones de los orificios para la espiga y pasamuros.

	Cuerda Inch	Diámetro Orificio inch	Diámetro externo Hendidura inch	Profundidad Hendidura inch
Espiga	1/16	1/2	1	1/8
Pasamuros	3/32	1 1/2	2	1/8

8.3. Detalle de tapas circulares con mirilla de vidrio templado y sello.

Las tapas superior e inferior del cilindro serán redondas y de aluminio, en donde llevaran 4 orificios machuelados para colocar los tornillos y, en la parte central de la tapa se le realizara un orificio en donde se colocara una mirilla de vidrio templado [17] y con una acanaladura circular, en donde se introduce un o´ring para un sellado hermético. Los o´ring son de material neopreno.

La mirilla es igual al de una pequeña ventana en donde la persona que opera el aparato puede observar en el interior el proceso de medición de resistividad. En la parte superior del vidrio se le colocara un anillo plano y redondo de material Nylamid con sus cuatro orificios machuelados para colocar sus tornillos, la función del anillo es para que sujete al vidrio y en la parte de debajo de la tapa también se le colocara un o´ring para que se tenga un sellado hermético entre la tapa y el cilindro.

Las tapas serán redondas para que se tenga un maquinado más fácil y se disminuyan los costos.

La figura 13 muestra una perspectiva de las tapas, la figura 14, 15 y 16 muestran una perspectiva del anillo, Vista frontal de la tapa y un corte de la tapa respectivamente(Los dibujos no están a escala).

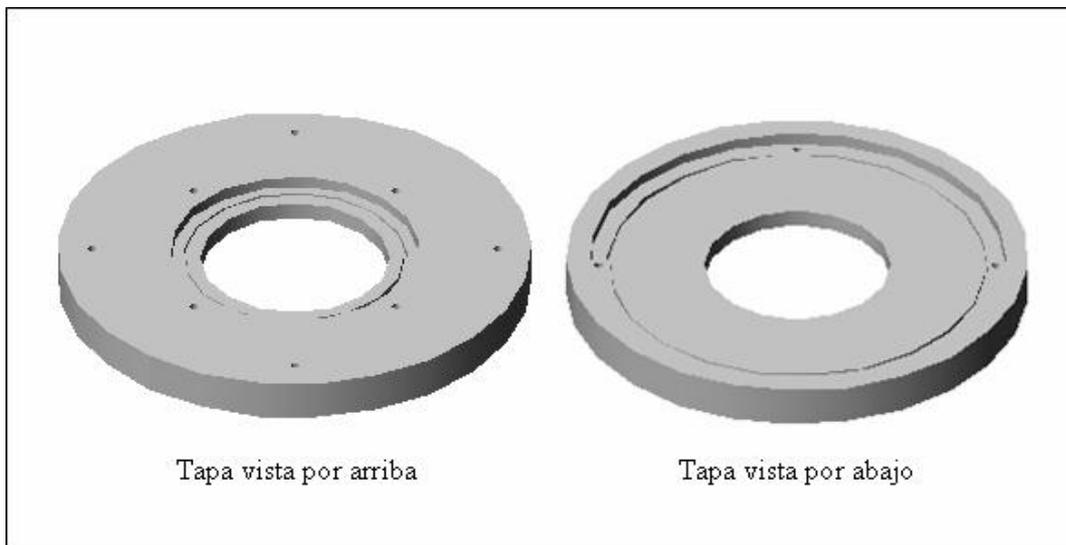


Figura 13. Perspectiva de las tapas del cilindro.

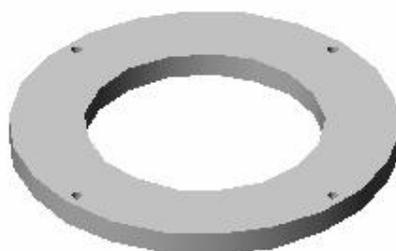


Figura 14. Perspectiva del anillo Nylamid.

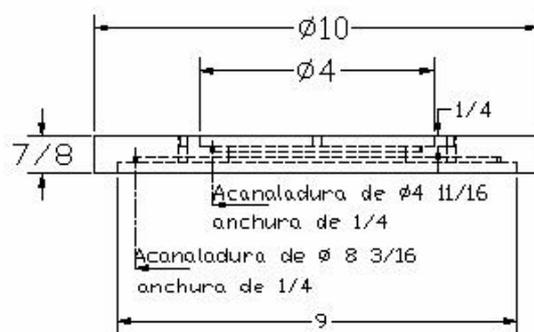


Figura 15. Vista frontal de la tapa.

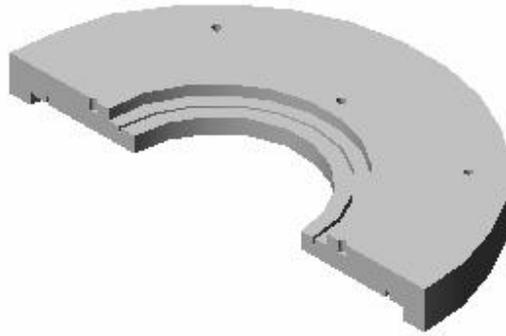


Figura 16.Corte de la tapa.

8.4. Detalle de espigas para entrada de gases o vacío.

Las espigas son tubos en forma de espiga que permiten la conducción de un gas que pasa por su interior; estos serán colocados en las perforaciones pequeñas de las paredes del cilindro.

Las espigas tiene una cuerda en un extremo por medio de la cual se podrá enroscar en el cuerpo y por medio de un o´ring podrá sellar herméticamente evitando la fuga del gas que se introduce.

En el otro extremo de la espiga se tendrán acanaladuras para introducir por presión mangueras de plástico o de goma por donde se introduce el gas inerte o bien se conectara una bomba de vacío. Ver figura 17(El dibujo no esta a escala).

Las especificaciones de la cuerda son [10]:

Tabla 4. Especificaciones de la cuerda de la espiga.

P	D1	D2	D
0.06	0.573	0.525	0.6

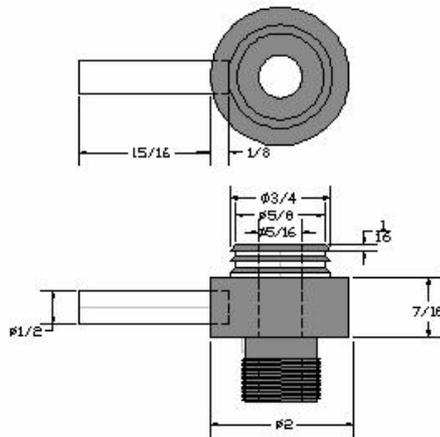
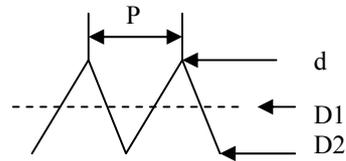


Figura 17. Dibujo de espiga para gases diseñado.

8.5. Detalle de pasamuros para conexiones eléctricas.

Los pasamuros son accesorios que permiten que los cables eléctricos pasen de un exterior a un interior sin que exista fuga de gases o pérdida de vacío. Los pasamuros serán fabricados de material Nylamid porque este material es aislante y no provocara cortos circuitos cuando se introduzcan los cables eléctricos [16],[17].

Tendrán una cara plana en donde se introduce un o´ring de neopreno, el cual hará el sello entre el pasamuro y el cilindro del cuerpo metálico. En un extremo tendrá cuerda para atornillar al cuerpo metálico y en el otro extremo tendrá una cara plana en donde se harán hoyos por donde se introducirán los cables eléctricos correspondientes a:

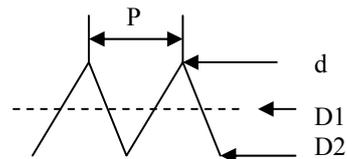
- Voltaje a medir de las 4 puntas.
- Corriente a aplicar a las 4 puntas.
- Voltaje para calentar la resistencia.
- Termopar para medir la temperatura.

A continuación se muestra un dibujo del pasamuros que serán colocados en el cilindro. Figura 18(El dibujo no esta a escala).

Las especificaciones de la cuerda son [10]:

Tabla 5. Especificaciones de la cuerda del pasamuro.

P	D1	D2	D
.092	1.55	1.5	1.62



8.6. Detalle de orificios y tornillos de sujeción.

Los orificios para los tornillos se harán con una broca de 3/16 de diámetro, después se le introducirá un machuelo para la realización de la cuerda estándar, esto se aplicara en todos los orificios; tanto para las tapas en donde se colocara el sujetador de anillo Nylamid, en el anillo Nylamid, la sujeción de las tapas, y en la parte superior e inferior del cilindro.

La profundidad de los orificios es de 7/8 para la sujeción de la tapa y para la sujeción del anillo Nylamid es de lado a lado, o sea el espesor del anillo y la profundidad en los orificios del cilindro, tanto superior como inferior es de 3/4.

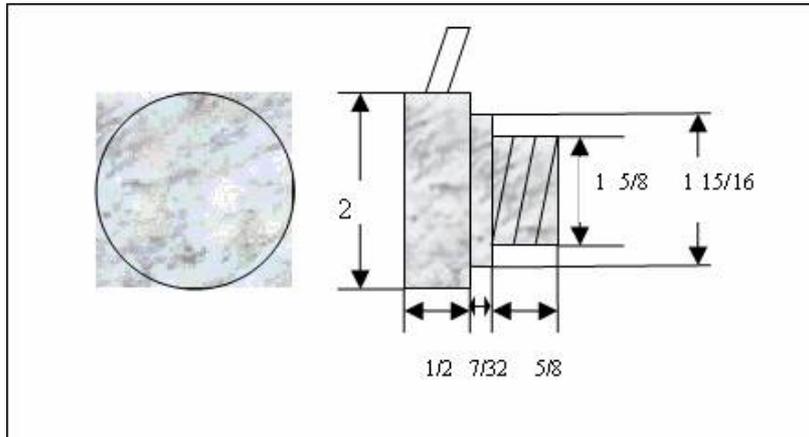


Figura 18. Dibujo del pasamuros para conexiones eléctricas diseñado.

Los tornillos a colocar en la celda son de dos tipos:

1.- Tornillo de cabeza Allen con cuerda estándar y de alta resistencia con su rondana.

Figura 19(El dibujo no esta a escala).

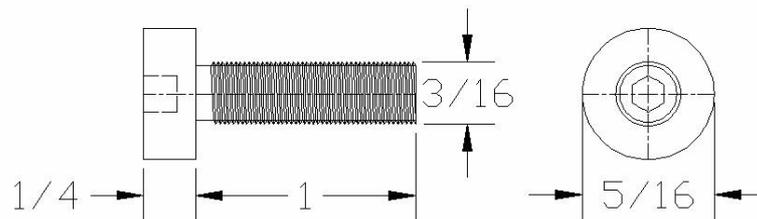


Figura 19. Tornillo de cabeza allen

Se colocaran 8 tornillos en la tapa superior y en la tapa inferior; en la cual 4 serán para la sujeción de anillo Nylamid estos tienen una separación equidistante y cuatro para la sujeción de las tapas igualmente espaciados.

2.- Tornillos de cabeza hexagonal con cuerda estándar y su rondana. Figura 20. [11], [12]. Se le colocaran 4 en la tapa de abajo que servirán como patas para detener la celda (El dibujo no esta a escala).

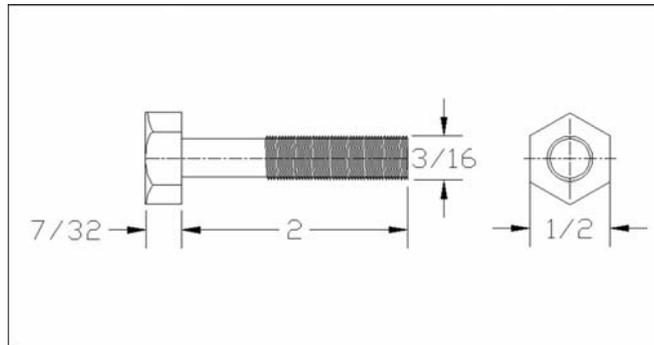


Figura 20. Tornillo de cabeza hexagonal

8.7. Dibujos a detalle de la celda protectora propuesta.

En el anexo A se muestra el dibujo a detalle de las diferentes piezas que conforman la celda protectora. Estos dibujos a detalle dan las especificaciones, formas y dimensiones que el tornero utilizara para maquinar la celda.

Los dibujos se trazaron en base a los protectores de experimentos que se citan en la parte de antecedentes de este trabajo. Las necesidades se basaron en requerimientos que necesitaba el usuario así como la información técnica para la fabricación de campanas [6].

También se consultaron varias fuentes bibliográficas para realizar a los dibujos a detalle [10], [13], [14], [15]. También se realizaron la simulación en 3 D de las piezas diseñadas.

IX. Construcción y prueba de la celda protectora de una medición de conductividad 4 puntas.

9.1. Construcción de la celda protectora.

Se mando a construir la celda con un tornero comercial. El cuerpo de la celda se hizo a partir de una barra hueca de aluminio. Se le dio los dibujos a detalle [10] y el tornero realizó el maquinado correspondiente. Los dibujos del prototipo se trazaron en base a los modelos de la literatura [4], necesidades a cumplir de la persona interesada para este proyecto, información técnica para la fabricación de campanas [6], literatura consultada [9] y consejos del tornero comercial.

Cuerpo de la celda.

La figura 21 muestra la fotografía del cuerpo de la celda en vista frontal y vista lateral.



Figura 21. Cuerpo cilíndrico de la celda maquinado en Aluminio.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

Tapas de la celda.

La figura 22 muestra la fotografía de las tapas de la celda protectora en vista frontal y vista lateral. Obsérvese las hendiduras maquinadas donde se introduce el o´ring que hará el sello con el cuerpo del cilindro.

Accesorios de las tapas.

La figura 23 muestra el anillo de Nylamid que sujeta a las mirillas, las cuales son vidrios templados en forma circular (Figura 24).

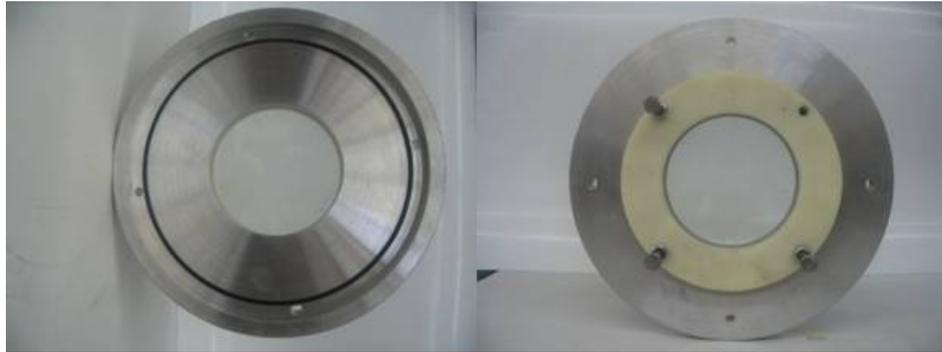


Figura 22. Tapas de la celda maquinada en vista frontal y vista lateral.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.



Figura 23. Anillo de Nylamid para sujetar al vidrio circular templado.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.



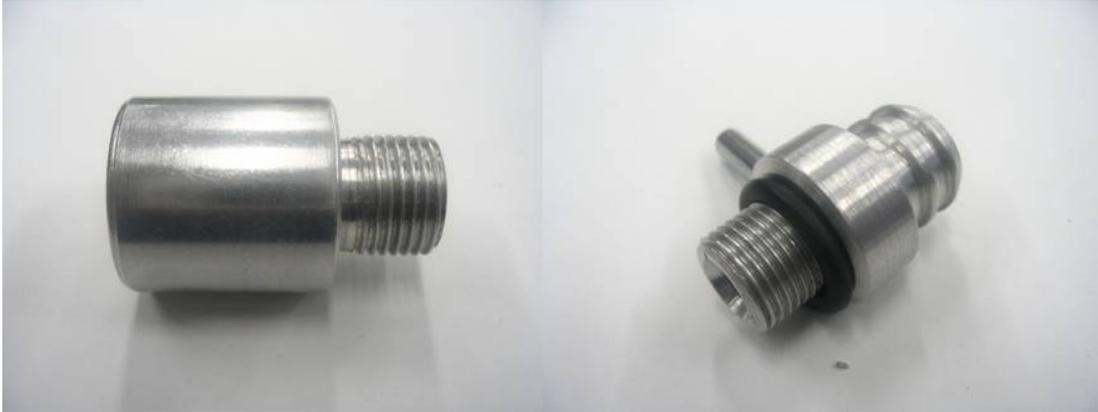
Figura 24. Vidrio circular templado utilizado como mirilla.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

Espigas

La figura 25 muestra la espiga maquinada para la introducción de gases o de vacío. También se muestra una espiga tapón para los casos que no se quiera introducir gases pero se utilice vacío.

Pasamuros



La figura 26 muestra los pasamuros maquinados para las conexiones eléctricas. El material utilizado es nylamid debido a que se requiere aislamiento eléctrico.

Figura 25. Espigas maquinadas para la introducción de gases o de vacío.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.



Figura 26. Pasamuros maquinados para la conexión eléctrica.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales

9.2. Adaptación de accesorios a la celda protectora construida.

Una vez construida la celda se procede a realizar las conexiones eléctricas utilizando los pasamuros y también la conexión de gases utilizando las espigas.

Como se ha mencionado anteriormente las conexiones eléctricas son:

- ♦ 4 cables del # 20 que sirven para realizar la medición 4 puntas. 2 cables son para el voltaje de 4 puntas y 2 cables son para la corriente de 4 puntas.
- ♦ 2 cables del # 20 para conectar voltaje a una resistencia plana para el control de temperatura.
- ♦ 2 cables del # 24 correspondientes a un termopar tipo K.

Los cables a utilizar son cables tipo telefónico de 2 hilos de cobre con cubierta plástica y un grosor de 1/8 de pulgada. Este tipo de cable cumple con las especificaciones arriba mencionadas.

El método a seguir para introducir los cables al pasamuros es el siguiente:

- 1.- Se realizan orificios a la medida de los cables a utilizar con broca de 1/8 de pulgada. Se hacen 4 orificios equidistantes.
- 2.- Se introducen los cables en cada orificio.
- 3.- Se sellan con pegamento acrílico las uniones de los cables y los pasamuros.
- 4.- Se enrosca el pasamuros al cuerpo cilíndrico para que el oring selle el cuerpo cilíndrico con el pasamuros.

La figura 27 muestra el pasamuros con las conexiones eléctricas utilizadas; y la conexión de las espigas para una bomba de vacío se muestra en la figura 28.

9.3. Ensamble total de la celda protectora.

Por ultimo se procede a unir todas las piezas de la celda protectora así como introducir el arreglo 4 puntas dentro de la celda, realizar las conexiones eléctricas y de vacío o de gases, y ensamblar totalmente a la celda protectora especial para medición de resistividad.

La figura 29 muestra el ensamble total de la celda protectora. La figura 30 muestra el arreglo de 4 puntas dentro de la celda protectora.

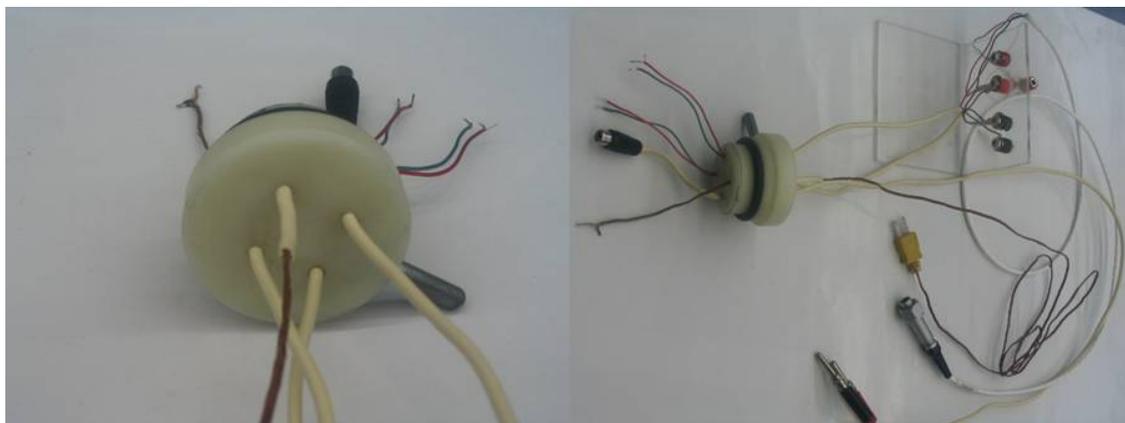


Figura 27. Pasamuros con conexiones eléctricas.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.



Figura 28. Conexión a una bomba de vacío por medio de las espigas

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.



Figura 29. Ensamble total de la celda protectora
Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

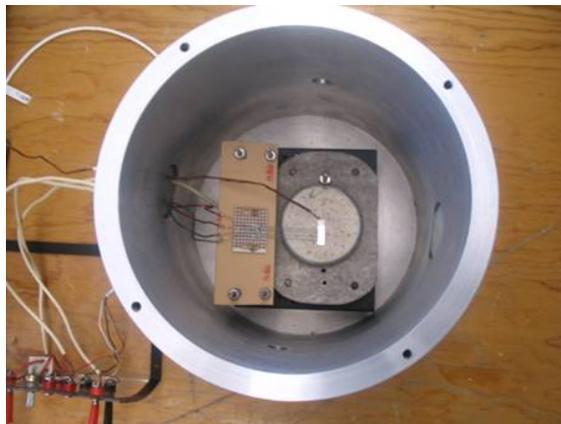


Figura 30. Arreglo de 4 puntas dentro de la celda protectora.
Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

9.4. Prueba.

9.4.1. Introducción.

Se realizará una prueba de la celda construida haciendo una medición de la resistividad en función de la temperatura. La medición de resistividad se hará por medio de un medidor de resistividad que ya esta construido.

Primero se realizará la medición de resistividad de una película delgada de GeSbTe pero sin la celda protectora desde temperatura ambiente hasta 200°C con una razón constante de calentamiento de 5°C por minuto. Posteriormente se realizará otra medición idéntica pero con la celda protectora.

9.4.2. Arreglo del medidor de resistividad utilizado para las pruebas.

La figura 31 muestra el arreglo total del medidor de resistividad construido en otro trabajo de tesis, con la celda protectora construida en este trabajo.

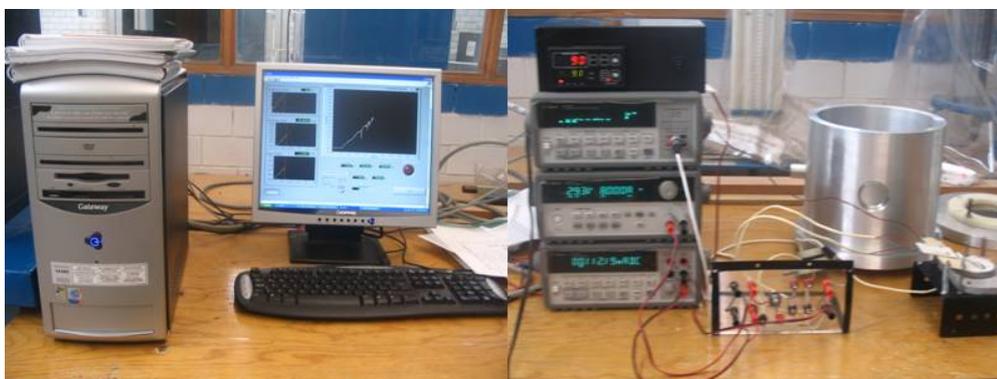


Figura 31. Arreglo total de un medidor de resistividad con la celda protectora construida. Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

Se puede observar que el medidor de resistividad consiste en 4 dispositivos electrónicos, controlados por computadora a través de interfase GPIB y, que miden el valor de resistividad a cada instante de tiempo y lo grafica por computadora.

Se utilizó un programa por computadora (diseñado especialmente en otro trabajo) que permite variar los parámetros de la medición de resistividad. Una vez que el experimento acaba, la computadora salva los datos en un archivo especial que puede ser utilizado para su posterior procesamiento. La figura 32 muestra la pantalla del programa que se utilizó para hacer las mediciones de resistividad.

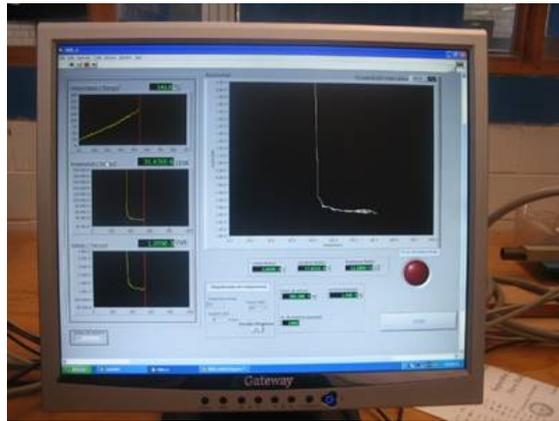


Figura 32. Programa utilizado para realizar la medición de resistividad por PC.

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

9.4.3. Prueba de resistividad a una muestra de GeSbTe sin celda protectora.

Se depositó una película delgada de GeSbTe (aproximadamente de 1 micrómetro de grosor) sobre vidrio corning [E. Morales et al, 2002], se tomó una muestra de 2cms x 0.5 cms para medir su resistividad, y se colocó en el arreglo de 4 puntas en cual se aplicó 10 micro amperes de corriente a la muestra. La figura 33 muestra el arreglo para la medición.

La figura 34 muestra la gráfica de resistividad contra temperatura obtenida. Obsérvese las variaciones en la temperatura, ocasionando que la medición de resistividad sea muy ruidosa. Esto es debido a que como no se tiene la celda protectora; la medición de temperatura esta fluctuando de acuerdo a los cambios del ambiente ya sea por ráfagas de aire o bien por aire generado al acercarse caminando. Cabe hacer notar

que mientras más alta sea la temperatura más variaciones en la medición de temperatura se tiene, y por lo tanto en la medición de resistividad.



Figura 33. Arreglo utilizado para la medición de resistividad sin celda protectora
Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

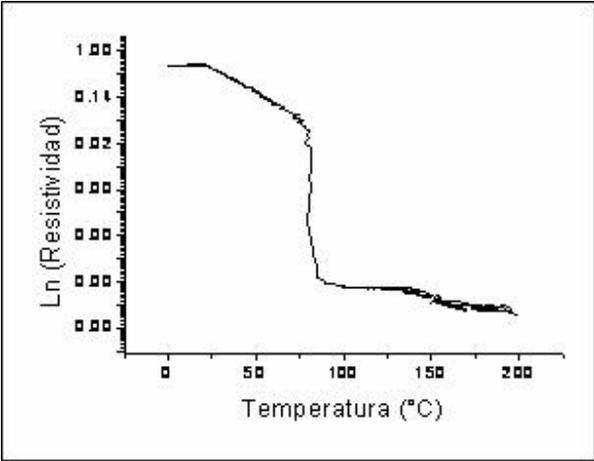


Figura 34. Gráfica de una medición de resistividad contra temperatura de una película delgada de GeSbTe sin utilizar la celda de protección construida.

9.4.4. Prueba de resistividad a una muestra de GeSbTe con celda protectora.

Se procede a medir la misma muestra de película delgada de GeSbTe, pero ahora con el arreglo de 4 puntas dentro de la celda protectora construida. La figura 35 muestra el arreglo utilizado para la medición de resistividad. La figura 36 muestra la gráfica de resistividad contra temperatura; se observa que la temperatura varía linealmente sin tener fluctuaciones. Por lo tanto la gráfica de resistividad también presenta menos fluctuaciones resultando en una medición de resistividad sin ruido.



Figura 35. Arreglo utilizado para la medición de resistividad con celda protectora

Fuente: foto tomada por Eduardo Morales.

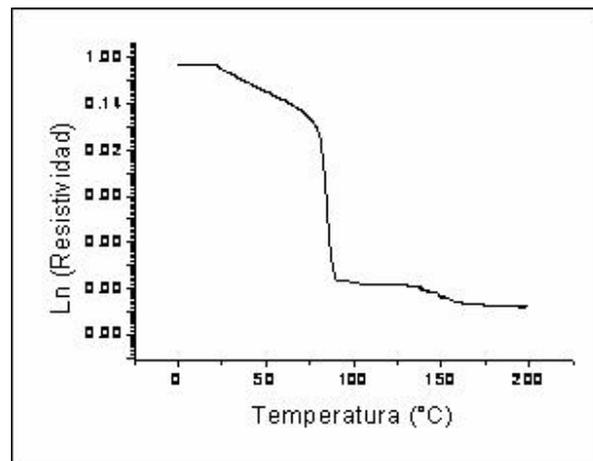


Figura 36. Gráfica de una medición de resistividad contra temperatura de una película delgada de GeSbTe utilizando la celda de protección construida.

Ahora procedemos a comparar las mediciones realizadas de resistividad. La figura 37 muestra las dos gráficas de resistividad contra temperatura obtenidas. Se puede observar que la medición de resistividad realizada con la celda protectora presenta un menor ruido y una gráfica más limpia en el valor de resistividad; con esto, se demuestra que la celda protectora funcionó adecuadamente y que las especificaciones de diseño se cumplieron.

La medición de resistividad se realizó hasta 200° C, se pudo observar el experimento por las mirillas de vidrio, las fluctuaciones del ambiente ya no afectaron a la medición de resistividad.

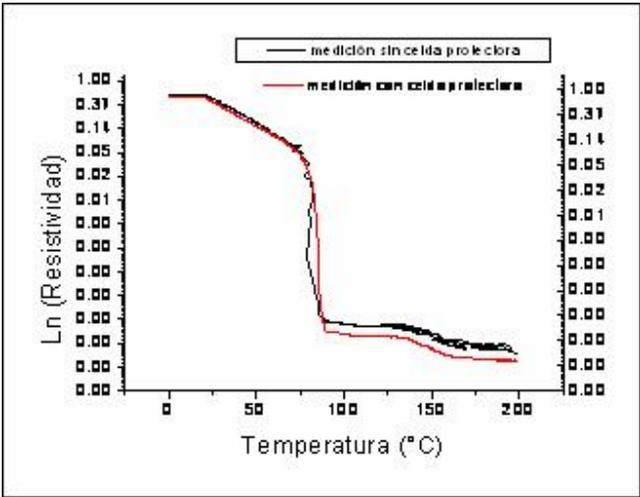


Figura 37. Comparación de la medición de resistividad contra temperatura con y sin celda protectora construida.

X. Conclusiones.

En este trabajo fue posible construir una celda protectora especial para la medición de resistividad en función de la temperatura. La celda consta de un cuerpo metálico cilíndrico, de 2 tapas con mirillas centrales para observación del experimento, 2 espigas para introducción de gases o de vacío, 2 pasamuros para conexiones eléctricas y tornillos sujetadores alrededor de las tapas. Las tapas, espigas, pasamuros y mirillas tiene o´rings para sellar el interior de la celda y poder introducir gases o utilizar vacío en la medición de resistividad. El material que se utilizo es aluminio comercial ya que es muy ligero, fácil de maquinar, muy duradero y tiene un costo accesible, la celda se diseñó en una forma cilíndrica para ahorrar costos y tener un fácil maquinado.

De acuerdo a las pruebas realizadas de resistividad de una película delgada de GeSbTe se concluye que la medición de resistividad realizada con la celda protectora tiene menos ruido y presenta menos fluctuaciones en la temperatura que la medición de resistividad obtenida a la misma muestra pero sin celda protectora. Por lo tanto la celda protectora disminuye las fluctuaciones de la temperatura generando una medición de resistividad sin ruido y más representativa de las propiedades eléctricas del material que se mida.

La celda construida cumplió con las especificaciones de diseño que fueron:

Realizar medición de resistividad hasta una temperatura de 200° C.

Observación del experimento a través de las mirillas

Conexiones eléctricas aisladas del exterior con el interior y selladas.

Realizar mediciones en vacío logrando el sellado con o´rings.

En conclusión se puede decir que el presente trabajo de construcción a nivel prototipo de una celda protectora para la medición de resistividad cumplió con los objetivos e hipótesis presentados.

XI. Recomendaciones

De acuerdo a lo hecho en este trabajo se podrían dar las siguientes recomendaciones:

1.- Utilizar acero inoxidable como material. El problema es que se incrementa en 3 veces el costo y también se dificulta el manejo por el peso sin embargo, el acero inoxidable es un material que puede soportar ambientes inertes pero también ambientes agresivos como humedad u otros gases como oxígeno.

2.-La celda protectora para medición de resistividad también se puede hacer en forma de campana de vidrio. Es económica, sin embargo es peligrosa para altos vacíos pero en caso de utilizar bajo vacío es una buena opción.

3.- Se recomienda que el diámetro de la celda sea de 12 pulgadas internas para facilitar el manejo del medidor de resistividad en el interior de la celda. En este trabajo se utilizó 8 pulgadas internas.

XII. Bibliografía.

[1] FREDERICK J. BEUCHE, Física general, Séptima edición, editorial Mc-grawhill, 1982.

[2] JOSHEP EDWARD SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, Quinta Edición, Editorial Mc-grawHill, 1990.

[3] JAMES P. SCHAFFER, Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería, Primera Edición, Editorial CECSA, 2000.

[4] Protectores de experimentos. <http://www.fishersci.com.mx/labconco.htm>

[5] Campanas de guantes. <http://labconco.com/pdf/pdf/spanish/guantes.pdf>

[6] Campana de vidrio.

<http://www.cientificosaficionados.com/TBO/camara%20de%20vacio/campanas%20para%20vacio.htm>

[7] M.F. SPOTTS, Proyecto de Elementos de Máquinas, M.F. Primera edición, Editorial Reverte, S.A., 1975.

[8] ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Máquinas, Segunda edición, Editorial Prentice Hall, 1995

[9] M.F. SPOTTS , Elementos de Máquinas, Séptima edición, Editorial Prentice Hall, 1999.

[10] CHAVALIER, Dibujo Industrial, Tercera Reimpresión, Editorial Limusa, 1997.

[11] FRENCH, THOMAS E., Dibujo de ingeniería, tercera edición, editorial Mc-Grawhill, 1989.

[12] INTRODUCCIÓN AL DIBUJO DE INGENIERIA: FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE INGENIERIA, Warren j luzzader, Primera edición, Editorial CECSA, 1993.

[13] CIENCIA DE LOS MATERIALES PARA INGENIEROS, James F. Shackelford tercera edición, editorial Prentice-hall, 1995.

[14] FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES, Whilliam F. Smith, tercera edición, Editorial Mc-Graw Hill, 1998.

[15] MECANICA DE SÓLIDOS, Egor P. Popov, Segunda Edición, Editorial Pearson Educación, 2000.

[16] MECANICA DE MATERIALES, Ferdinand P. Beer, Primera Edición, Editorial Mc GrawHill, 1982.

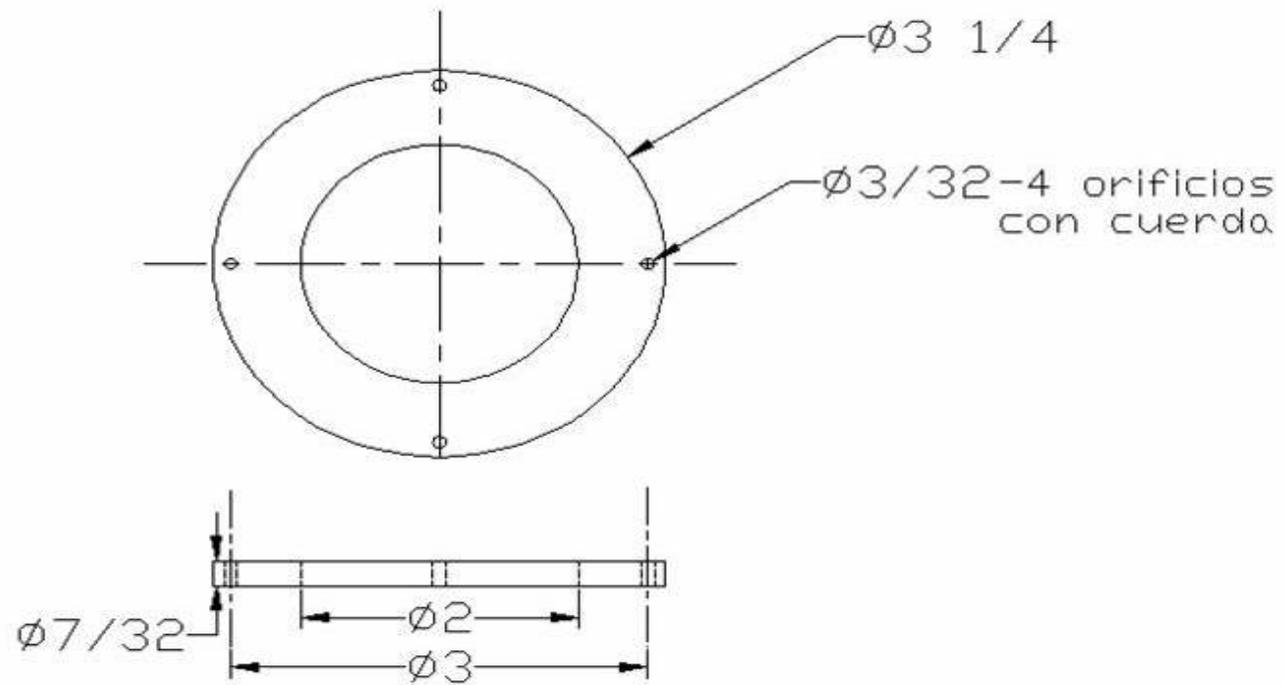
[17] MECANICA DE MATERIALES, Ryley William F., Primera edición, Editorial Wiley, 1982.

[18] Wikipedia. <http://wikimediafoundation.org>

Anexo A

Dibujos a detalle e isométricos 3D de las diferentes piezas de la celda protectora diseñada.

Los dibujos se realizaron en AutoCad 2006.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:2

ISOMETRICO
DEL
ANILLO
NYLAMID

DISEÑO: C. MARQUEZ

ACOTACIONES:
1 VULGARES

REVISOR: E. MORALES

FECHA:





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIÓN
1/8 CADAS

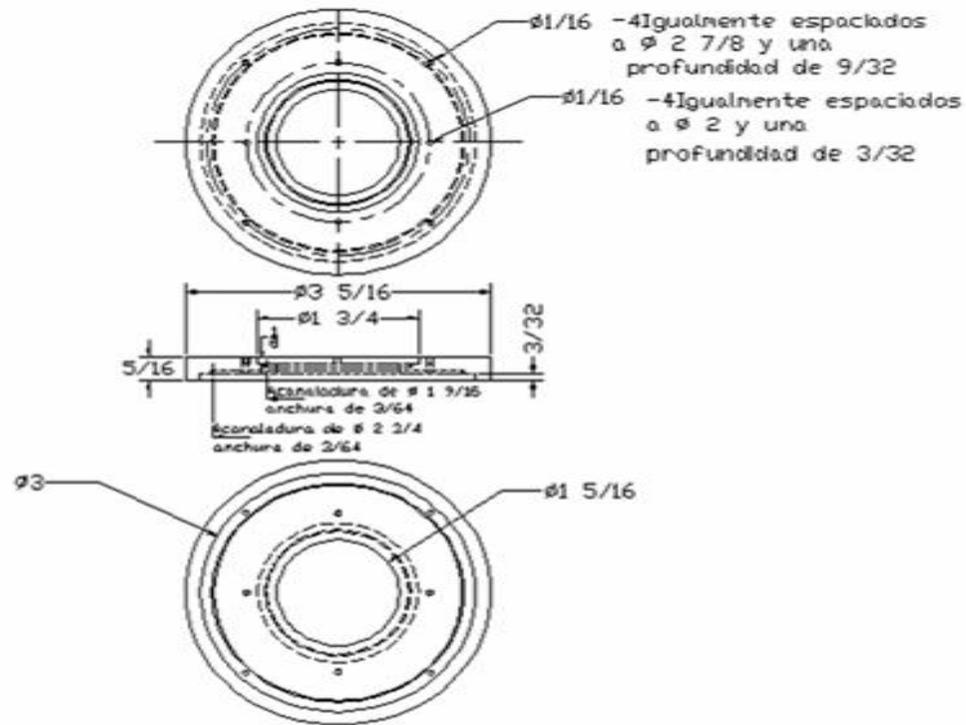
FECHA:

ISOMETRICO
DEL
ANILLO
NYLAMID

DISEÑO: C. MARQUEZ

REVISÓ: R. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:3

ACOTACIÓN
TELÉGRAFAS

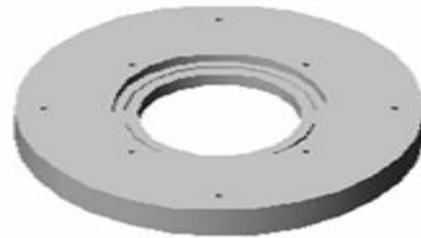
FECHA:

VISTAS
DE
TAPAS DE
ALUMINIO

DISEÑO: C. MARQUEZ

REVISÓ: E. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:3

ACOTACIÓN
1/8 CALIBRE

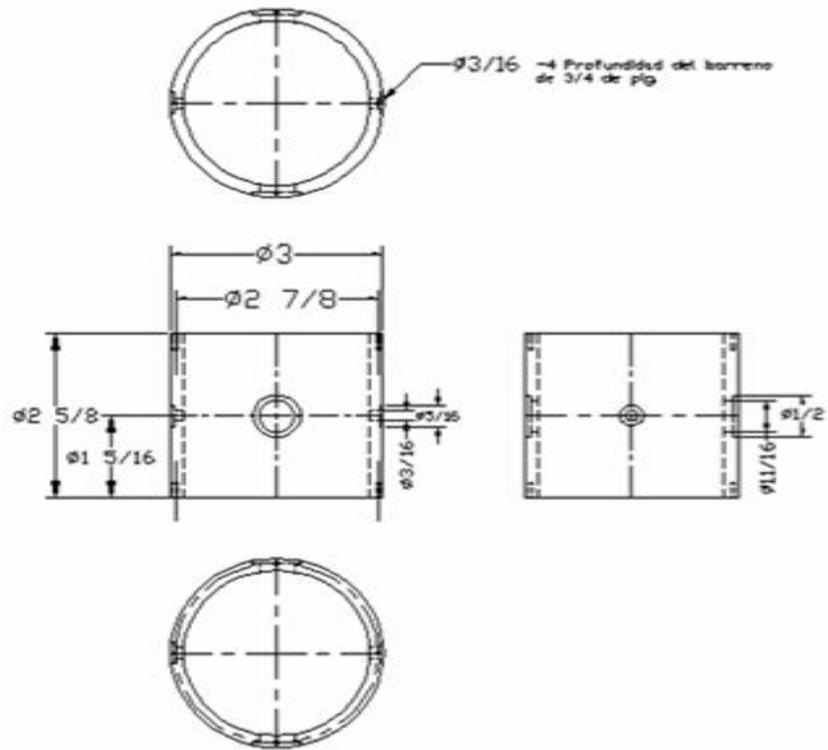
FECHA:

ISOMETRICO
DE
TAPAS DE
ALUMINIO

DESIGNO: C. MARQUEZ

PROFESOR: E. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIÓN
1/8 CADAS

FECHA:

VISTAS DEL
CUERPO DEL
CILINDRO

DISEÑO: C. MARQUEZ

REVISÓ: R. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:3

ACOTACIÓN
1/8 CADAS

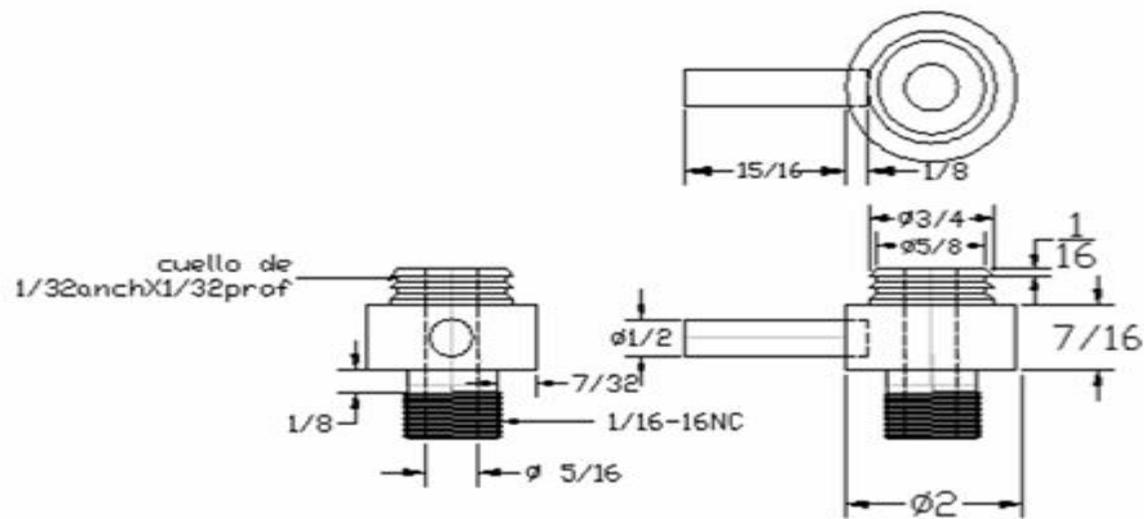
FECHA:

ISOMETRICO
DEL
CUERPO DEL
CILINDRO

DESIGNO: C. MARQUEZ

FECHAS: 15/06/2022





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIONES
Y ELIGADAS

FECHA:

VISTAS
DE LA
ESPIGA DE
ALUMINIO

DESIGNO: C. MARQUEZ

REVISO: E. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIÓN:
1/8 CADAS

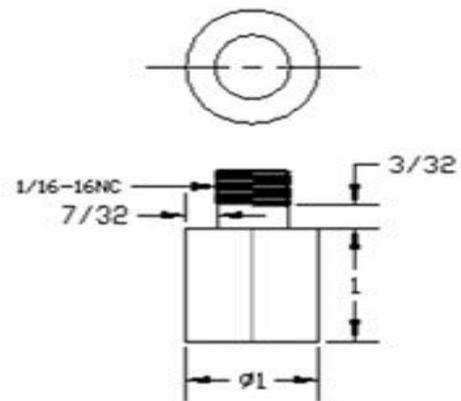
FECHA:

ISOMETRICO
DEL
ESPIGA DE
ALUMINIO

DISEÑO: C. MARQUEZ

DIBUJO: K. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

VISTAS DEL
TAPON DE
ALUMINIO

DISEÑO: C. MARQUEZ

ACOTACIÓN:
176 CADAR

REVISÓ: K. MORALES

FECHA:





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIONES
Y LUGARES

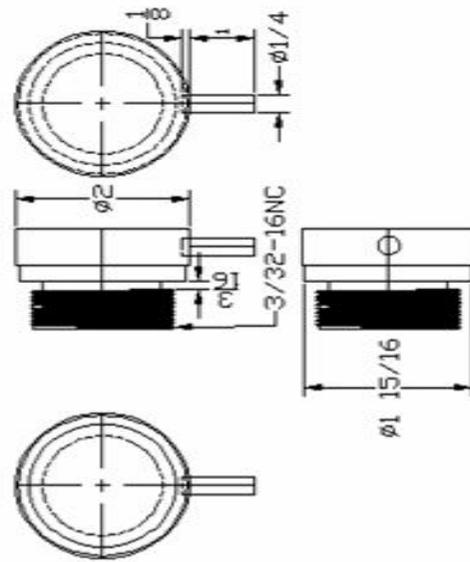
FECHA:

ISOMETRICO
DEL
TAPON DE
ALUMINIO

DESIGNO: C. MARQUEZ

REVISO: E. MORALES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
ESCALA: 1:1	VISTAS DEL PASAMURO DE NYLAMID	DISEÑO: C. MARQUEZ
ACOTACIÓN: 1/8 CADAS		REVISÓ: E. MORALES
FECHA:		



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCALA: 1:1

ACOTACIÓN:
1/8 CALDAZ

FECHA:

ISOMETRICO
DE
PASAMURO DE
NYLAMID

REVISOR: J. MARQUEZ

DISEÑO: R. MORALES



Glosario

Ambiente controlado: gas inerte que se introduce dentro de la cámara o espacio de trabajo para evitar que existan moléculas de oxígeno y oxiden o generen una capa de óxido sobre el metal que se está midiendo.

Acero inoxidable: Es un metal que resiste la corrosión debido a una película de óxido de cromo que se forma en la superficie del acero, en la actualidad el acero inoxidable se clasifica en: Austeníticos, Martensíticos, Ferríticos.

Aluminio: Está dentro de los materiales no ferreos su densidad es de 2.70 g/cm³. Un volumen dado de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero. Por su elevada conductividad térmica, el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna.

Aislante: Dicho material que impide la transmisión de calor, la electricidad, el sonido, etc.

Autocad: Es un sistema de diseño CAD (Computer Aided Design/Diseño Asistido por computadora).

Celda protectora: Es un espacio hermético en que se realizan procesos de medición de resistividad en las condiciones de baja presión requeridas a la cual llegan tomas de vacío, introducción de gases, medición de corrientes, etc., y protege del medio ambiente las mediciones de resistividad.

Conductividad: Propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor o la electricidad.

Contactos óhmicos: Se denomina contacto óhmico a los contactos que no tienen una contribución resistiva de interfase.

Inertes: Inactivo, Ineficaz, Incapaz de reacción.

Mirilla: La mirilla es igual al de una pequeña ventana en donde la persona que opera el aparato puede observar en el interior.

Sello O´ring: Sello en forma circular de plástico flexible utilizado para el sellado de superficies por contacto.

Resistividad: Resistencia proporcional de un material conductor según su longitud y anchura.

Semiconductor: Se dice de las sustancias aislantes, como el germanio y el silicio, que transforman en conductor por la adición de determinadas impurezas. Se usa para la fabricación de transistores, C.I. (circuitos integrados) y derivados.

Termopar tipo K: Es un dispositivo que sirve para sensar la temperatura.

Pasamuros: Los pasamuros son piezas mecánicas de metal con cerámica o metal con polímero; aislante que permite el paso de un conductor eléctrico a través de un muro o de una pared metálica.

Vacío: Extraer el aire u otro gas contenidos en un recipiente cerrado.

Vidrio templado: Se trata de vidrio recocido, el cual, una vez cortado se temple por medio de calentamiento, compresión y luego enfriamiento; tiene a su vez una gran resistencia al choque térmico, alrededor de los 300° c, en comparación con el vidrio convencional que soporta +/- 40°c.