



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA – DISEÑO MECÁNICO

Desarrollo y Puesta en Marcha de un Sistema para Exponer Documentos
Históricos

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

Peña Belmont Jonathan Valter

TUTOR PRINCIPAL
DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. ENERO 2013

1.- Introducción.

2.- Planteamiento de oportunidad de diseño.

2.1. Objetivo general

2.2. Objetivos específicos

2.3. Alcances de proyecto

3.- Antecedentes

3.1. Preservación de documentos

3.1.1. Causas de alteración y sus efectos

3.2. Análisis de problema

3.2.1. Vitrina de exhibición

3.2.2. Especificaciones de vitrina de exhibición

3.2.3. Especificaciones de documentos

4.- Diseño Conceptual

4.1. Soluciones existentes

4.1.1. Carta de libertades EUA

4.1.2. Colección de momias

4.1.3. Constitución de la India

4.1.4. Re-encapsulado cartas de libertades

4.1.8. Encapsulados de Massachusetts

4.2. Estudio comparativo

4.3. Descomposición funcional

4.3.1. Sistema de almacenamiento

4.3.2. Sistema de sujeción

4.3.3. Sistema de hermeticidad

4.4. Análisis comparativo

4.5. Generación de conceptos

(Por sistemas)

5.- Diseño de detalle

- 5.1. Sistema de almacenamiento
- 5.2. Sistema de sujeción
- 5.3. Sistema de hermeticidad
- 5.4. Planos de construcción y de ensamble

6.- Fabricación y pruebas de encapsulados

- 6.1. Fabricación de prototipos
- 6.2. Fabricación de los encapsulados
- 6.3. Especificaciones de los encapsulados
 - 6.3.1. Tratamientos de los encapsulados
 - 6.3.2. Dimensiones
- 6.4. Pruebas de funcionamiento

7.- Montaje en sala de exhibición

8.- Simulaciones en CAD

9.- Pruebas experimentales

- Resultados

10.- Conclusiones

Resumen

Este trabajo de tesis presenta el desarrollo y ejecución del proyecto que se realizó para conservar y exhibir documentos históricos. El proceso de diseño muestra los aspectos funcionales que se investigaron y analizaron, tomando en cuenta los más importantes para la ejecución de este proyecto, dados los tiempos de entrega y las restricciones ya establecidas.

Para lograr este proyecto se construyó y diseñó completamente por el equipo del centro de diseño y manufactura, a pesar de construirse estos sistemas en un plazo muy corto se consideraron todos los puntos importantes para mantener los documentos en un estado de conservación óptimo.

Se realizaron pruebas y en especial se comprobaron los sellos para mantener hermético el sistema, realizando pruebas en los sellos experimentalmente y con simulaciones con herramientas de CAD.

Durante todo el proyecto y la exhibición siempre se mantuvo en constante vigilancia, incluyendo una nueva etapa del proyecto de re-ubicación de los encapsulados, lo que implicaría un análisis y mejoras en la sala con el fin de acondicionar un nuevo espacio para exhibir plenamente los sistemas.

1.- Introducción

El presente trabajo reporta el desarrollo de un proyecto de innovación tecnológica que fue llevado a cabo en el centro de diseño mecánico y de innovación tecnológica de la facultad de ingeniería de la UNAM, es uno de los proyectos más interesantes que se han realizado dentro de esta Institución, ya que involucro el trabajo con documentos de gran valor histórico y la colaboración de diferentes especialistas e instituciones gubernamentales como el Archivo General de la Nación (AGN) y la Presidencia de la Republica.

Actualmente el desarrollo de este tipo de tecnologías no se han creado en nuestro país por lo que las instituciones gubernamentales acudieron a la UNAM para la realización de este tipo de sistemas que generan un gran reto.

La realización del proyecto conto con la participación de diferentes áreas disciplinarias, y con recursos restringidos que se debían apegar a los tiempos de entrega, la ejecución del diseño conto con un tiempo limitado por lo que fue necesario tomar decisiones lo más rápido posible sin poner en riesgo los documentos, y por ultimo evitar la toma de decisiones equivocadas que pudieran retrasar la manufactura y ensamble de los dispositivos.

2.- Planteamiento de Oportunidad de Diseño

Dentro del área de conservación de documentos históricos, en nuestro país existe una gran basta oportunidad de investigación y desarrollo de nuevos sistemas por lo que el Archivo General de la Nación solicito el apoyo a la UNAM para crear un sistema que logre exponer algunos de los documentos más importantes para el pueblo de México y pueda tener el placer de conocerlos y observarlos. Lo solicitado por parte del Archivo General de la Nación fue crear un sistema para documentos que cumpla la función de proteger y exhibir documentos dentro de una sala de exhibición durante un año, dentro del cual los documentos permanezcan intactos.

Teniendo en cuenta la responsabilidad de preservar y exhibir documentos históricos como el acta de independencia y los sentimientos de la nación, expertos restauradores del Archivo General de

la Nación expusieron sus principales consideraciones para su conservación en una vitrina de exhibición.

En primer lugar, mejorar las condiciones de exhibición creando un sistema, por lo que es necesario establecer una atmosfera dentro de un espacio, ya que existen muchos agentes que pueden dañar los documentos, en particular el oxigeno que puede llegar a ser destructivo para los documentos.

En segundo lugar, la presencia de demasiada humedad relativa o muy poca también contribuye al deterioro. Es necesario determinar y establecer una atmósfera que rodee los documentos en condiciones estables de humedad relativa.

Por último, la sujeción de los documentos no debe alterar sus condiciones físicas durante su exhibición.

Para el desarrollo del sistema se enlazaron los siguientes campos para contar con una mejor estructura en la realización del proyecto.

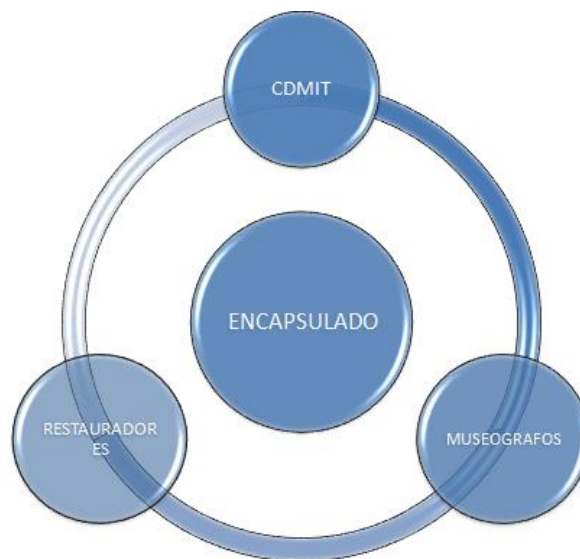


Figura 2.1.

2.1. Objetivo General

Diseñar y construir un sistema para proteger documentos dentro de una sala de exhibición, Manteniendo un equilibrio entre los materiales del sistema y la manipulación de los documentos para que no alteren las condiciones físicas durante su exhibición

2.2. Objetivos específicos

Para lograr desarrollar el proyecto se definieron los siguientes puntos, esto con el objetivo de lograr un entendimiento general del proyecto para su pronta realización.

- Diseñar un sistema similar o mejor a lo existente para exhibir documentos históricos.
- Mantener una atmosfera dentro del sistema evitando la introducción de otro ambiente.
- Crear una atmosfera de gas inerte para el sistema, con las recomendaciones de los restauradores.
- Sujetar el documento sin dañarlo durante el tiempo de exhibición
- Diseñar el tipo de cierre del sistema creando un sello no permanente.
- Acondicionar el lugar de ensamble del sistema.
- Crear un prototipo 1:1 y montarlo en la sala de exhibición.

2.3. Alcances del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se propuso al Archivo General de la Nación y a Palacio Nacional entregar dos sistemas para preservar y exhibir documentos históricos que se exhibirán dentro de una galería con condiciones climáticas museográficas. Los sistemas se exhibirán durante un año y serán constantemente monitoreados los parámetros ambientales. Los alcances del proyecto son los siguientes:

- Mantener los documentos históricos lejos de algún ambiente que llegaran a afectarlo.
- Preservar los documentos en condiciones intactas.
- Exhibir por primera vez los documentos históricos.

Para lograr los alcances se efectuaron las siguientes actividades:

- Búsqueda de información
- Análisis y síntesis de la información adquirida
- Generación de opciones de solución
- Constante asesoramiento con expertos restauradores
- Evaluación y selección de la mejor solución al problema
- Elaboración del diseño de configuración de la solución propuesta

- Elaboración del diseño de detalle
- Construcción de prototipos
- Supervisión de la fabricación del sistema
- Ensamble del sistema y creación de un espacio para realizar pruebas.

3.- Antecedentes

La conservación de documentos históricos en México usando la tecnología para conservar no es muy conocida en México, las técnicas que se utilizan son todavía convencionales, lo cual no permite mantener intactas sus propiedades físicas durante el tiempo que se encuentran dentro de las salas de exhibición.

El hecho de involucrar a expertos restauradores y a un equipo de diseño se da un lazo para crear un sistema para conservar documentos y exhibirlo sin dañarlos, dentro de salas de exhibición, así de esta manera se logra exponer documentos con mayor seguridad evitando que se deteriore el documento por agentes externos.

Para lograr la conservación de un documento lo recomendado es mantener los parámetros ambientales dentro de un espacio sin que sean alterados. Un encapsulado el mejor sistema, simplemente no permita la entrada ni salida de aire, por lo cual se requiere especificar a detalle los materiales a utilizar.

Actualmente existen encapsulados desarrollados por diferentes países que se encuentran en exhibición, la idea del desarrollo de encapsulados, surge del deterioro de piezas de colección a causa de la inestabilidad de la atmosfera que se encuentra en su entorno, con esto no quiere decir que se esté deteriorando la pieza, lo que se quiere evitar es esto. Los encapsulados existentes son muy escasos y cumplen la función de conservar y exhibir documentos.

Los expertos en el cuidado de documentos históricos anteceden que el daño que podría ocasionar el encerrar un documento con una atmosfera con altos niveles de oxigeno deterioraría el documento y se formarían seres orgánicos. Para la construcción de un encapsulado no existen

normas específicas para desarrollar un encapsulado pero si existen normas para el cuidado de documentos históricos.

3.1. Preservación de documentos

Dentro del campo de conservación de documentos es importante saber cuáles son los factores o mecanismos de alteración de documentos, consultando referencias bibliográficas y a los expertos en conservación se da a conocer que los documentos sufren constantes cambios en su composición física, lo cual pone en peligro la información consignada en ellos.

La conservación de documentos citando al autor (Viñas, 1988 p2) define al concepto como “el conjunto de operaciones que tienen por objeto prolongar la vida de un ente material, merced a la previsión del daño o a la corrección del deterioro” nos da una clara idea al tipo de manipulación que se podría tener a un documento para su conservación.

Los factores que afectan las condiciones y contribuyen al deterioro de obras de arte dentro de museos se pueden clasificar en 2 categorías:

- La primera categoría incluyen los aspectos ambientales como humedad relativa, temperatura, luz, contaminantes, micro-organismos e insectos.
- La segunda categoría corresponde al cuidado adecuado de las piezas de colección este factor es denominado como factor humano.

3.2. Causas de alteración y sus efectos

Las causas que pueden llegar a alterar los documentos se pueden clasificar en varias categorías, ya que existen muchas razones que pueden deteriorar y destruir el papel. Estos factores tienen naturaleza: física, química, o biológica, pueden actuar conjunta o individualmente, inclusive de naturaleza catastrófica como inundaciones, incendios etc.

La preservación de documentos históricos se enfoca en el cuidado y conservación de documentos en la que los parámetros ambientales se encuentran en un entorno adecuado, estos parámetros

son los siguientes: Humedad relativa, temperatura, luz, contaminación. Manteniendo estos parámetros ambientales en un rango establecido se logra conservar en buen estado las piezas a exhibir.

De acuerdo con la investigación realizada de distintas fuentes, para lograr que un documento histórico se mantenga en óptimas condiciones se siguen estrictamente las normas de conservación para lograr un equilibrio entre la pieza y su entorno de exhibición.[]

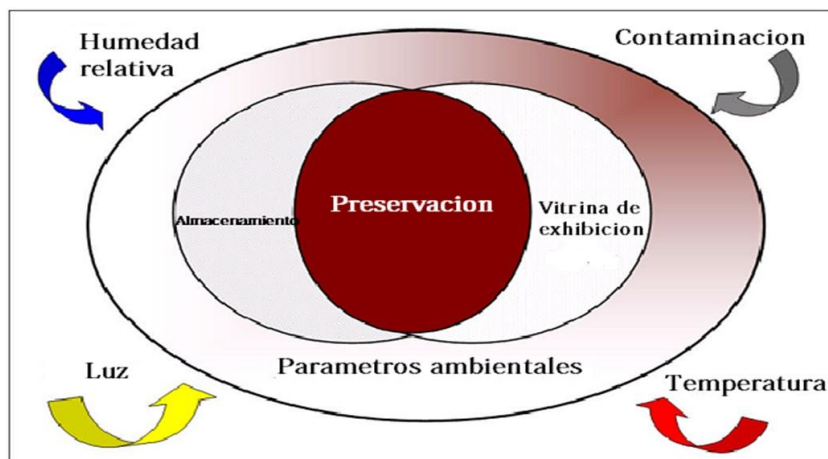


Figura 3.1.

Parámetros ideales para preservar documentos históricos:

- Humedad relativa: 50 %
- Temperatura: 18 °C – 20 °C
- Luxes: 50 a 60 luxes

Estos son los factores ambientales básicos que pueden afectar la conservación del papel.

El control de factores ambientales permitirá eliminar por completo la población de microorganismos, el método propuesto para la conservación es el de eliminar el oxígeno completamente del ambiente en que se encontraran los documentos históricos.

3.1.1. Causas de alteración y sus efectos

En la atmosfera existen una gran serie de impurezas entre los que destacan el CO₂, este tipo de contaminación afecta directamente al papel ya que reacciona con la humedad de los documentos, esta reacción es visible al comenzarse a oscurecerse el papel. En la atmosfera también se pueden encontrar pequeñas partículas de polvo constituidas por diversos materiales que podrían transportar esporas de microorganismos, estas producirían efectos de contaminación biológica.

Los documentos necesitan una determinada humedad para que las fibras conserven su flexibilidad sin embargo un ambiente con un nivel alto de humedad y temperatura elevada favorecen a la generación de microorganismos como hongos y bacterias, esto llevaría a la destrucción de documentos. En contraste una atmosfera seca disminuirá la humedad de los documentos haciendo que las fibras se debiliten sin embargo una atmosfera seca a alta temperatura aceleraría el envejecimiento del papel.

3.2. Análisis del Problema

El desafío que se planteo al equipo de trabajo desde un inicio fue crear un sistema para poder exponer los documentos históricos sin que se deterioren durante su exhibición, anteriormente estos documentos nunca habían sido expuesto al público debido a que no cuentan con los elementos necesarios para que se expongan en una vitrina de exhibición. Como se muestra en la figura []. Los documentos se mantenían resguardados en una pequeña guarda y el único material que impedía que los documentos se expongan al polvo es una hoja de mylar que protege a los documentos, una de las características de este material para protegerlos y no afecte la integridad de los documentos , es un material neutro, transparente y no afecta a los documentos.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



3.2.1. Vitrina de exhibición

El desarrollo del proyecto se realizó en conjunto con la galería de Palacio Nacional por lo que fue necesario tener una gran comunicación entre los arquitectos y por nuestra parte como equipo. Una de las especificaciones del proyecto fue la de respetar las dimensiones de la vitrina en las que se exhibirían los encapsulados [] dado que la galería ya había construido el lugar donde se exhibirían los encapsulados, por lo que fue necesario adaptarse a sus restricciones.

3.2.2. Especificaciones de la vitrina de exhibición

Por parte del equipo de diseño se hicieron constantes visitas a la galería de palacio nacional para corroborar el lugar de exposición y se tomaron medidas de la vitrina de exhibición []

La vitrina de exhibición es el lugar más importante para el sistema, debido a que ya estaba construido se tenía como restricción el volumen para poder instalar los encapsulados dentro de la vitrina

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



3.2.3. Especificaciones de los documentos

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



4.- Etapa de Diseño

En esta etapa de diseño se plantea seguir el siguiente diagrama, durante la etapa se plantea seguir el esquema de diseño comparativo, en el que se desarrollo el proceso para elegir las mejores características del sistema.

Identificando las funciones principales encapsulados se logro separar en partes cada sistema y así de esta manera se identificaron las funciones principales de cada encapsulado. Con la información investigada se selecciona cada sistema y se des una de las funciones y se realiza un estudio de sus diferentes tipos, comparando sus propiedades y otros factores como materiales, formas y manufactura.

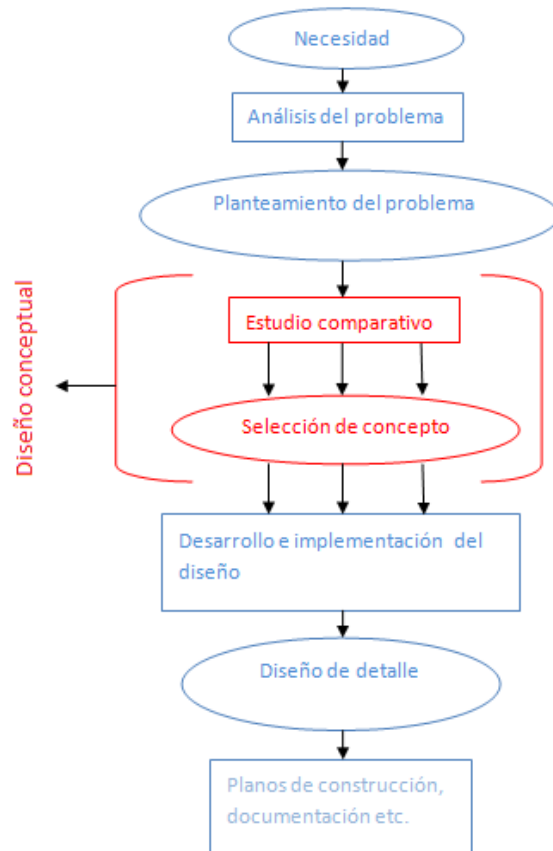


Figura 4.1.

La descomposición del proyecto se manejo de la siguiente manera, utilizando el siguiente esquema [], de esta manera se fue realizando el proyecto dado que los tiempos de entrega se encontraban muy limitados se desarrollo de manera sencilla pero a la vez concisa.

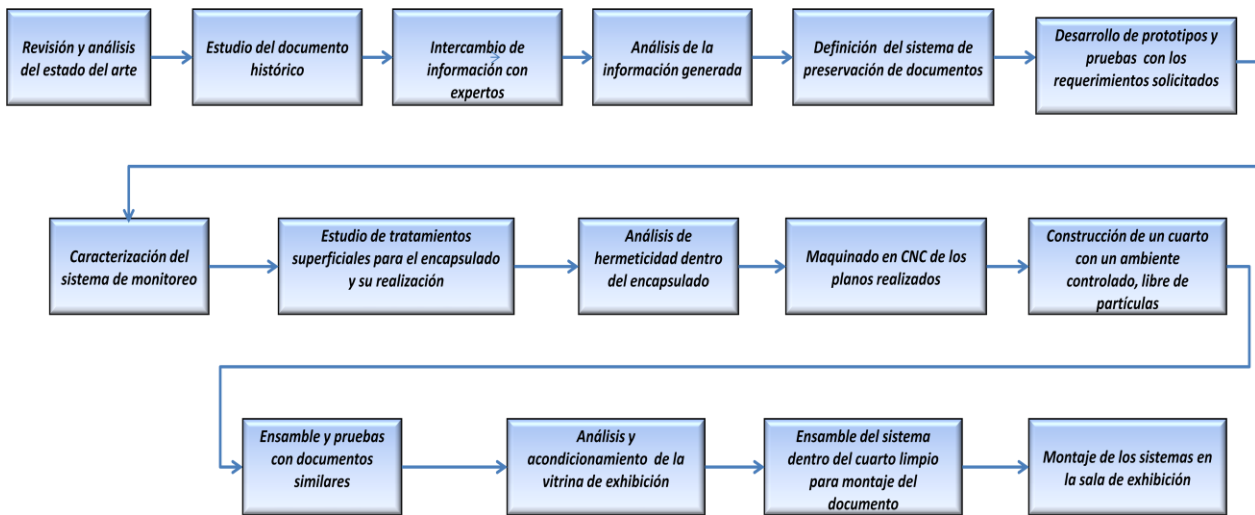


Figura 4.2.

Con el objetivo de encontrar las características, requerimientos y especificaciones de diseño que necesita un encapsulado es necesario primero conocer las soluciones existentes, hacer un estudio comparativo y analizar sus principales funciones para llegar a un diseño final.

4.1. Soluciones existentes

La búsqueda de información referente a encapsulados es muy limitada y son manejados con mucha discreción lo cual dificulta averiguar los aspectos más importantes sobre cada encapsulado.

Dentro de la búsqueda de encapsulados dentro de nuestro país no se encontraron sistemas que cumplan la función de preservar y exhibir documentos históricos

A continuación se describe cada uno de los encapsulados que se investigaron

4.1.1. Carta de Libertades EUA – 1951

El encapsulado desarrollado por los Estados Unidos de Norteamérica que por primera vez resguarda los documentos “Cartas de libertad” fue construido en 1951 por el NIST, es uno de los

primeros encapsulados que se encontró registro, dentro de este sistema se maneja una atmósfera inerte en el interior del encapsulado para conservar dichos documentos [1] y utilizaron un sello permanente.

La exhibición de estos documentos se encuentra dentro de una vitrina como se puede observar en la figura [2].



Figura 4.3.

La exhibición de este encapsulado dejó de mostrarse al público en el año 1998 al percatarse los conservadores que visualmente los documentos se comenzaban a deteriorar. Inmediatamente los investigadores del NIST realizaron pruebas sin abrir el encapsulado y confirmaron que efectivamente contenía un exceso de humedad relativa dentro del encapsulado [3].



Figura 4.4.a



Figura 4.4.

4.1.2. Carta Magna EUA

Otro de los encapsulados desarrollado por los EUA fue construido por dos de las instituciones más importantes, por el lado tecnológico la institución NIST y por el lado de conservación NARA. El resultado de este proyecto fue mucho más elaborado que el anterior encapsulado, este

encapsulado cuenta con un sistema de distribución de gas, un sistema de monitoreo y se cuidaron los efectos que podrían ocasionar materiales corrosivos dentro del encapsulado [1].

La exhibición de este encapsulado se encuentra dentro de una vitrina como se muestra en la figura (a). De acuerdo a los registros [1] el encapsulado se mantiene en condiciones estables y se mantiene en un rango aceptable para la conservación.



Figura 4.5.a.

Este encapsulado puede ser observado de forma frontal durante su exhibición dentro de su vitrina, de acuerdo a la investigación realizada y mostrándose en la fig [a] se observa que el encapsulado se puede observar lateralmente.



Figura 4.5.b.

4.1.3. Colección de Momias Egipto

La investigación de encapsulados para conservar piezas de colección, no solo se enfocó en la conservación de documentos. Se encontraron registros de encapsulados para resguardar las

momias reales de Egipto, el desarrollo de este sistema fue construido por el Instituto de Conservación del Getty bajo los estrictos requerimientos para la conservación de momias.

La construcción de este tipo de encapsulados surgió de la necesidad de proteger las piezas de las inclemencias de tiempo, al encontrarse en una zona muy alta de riesgo por deteriorarse las momias. La vitrina de exhibición se encuentra cerrada herméticamente y cuenta con un sistema que mantiene el interior libre de oxígeno, es monitoreado constantemente los parámetros ambientales del encapsulado.

El desarrollo del sistema cuenta con el mismo principio de conservación de documentos al mantener una atmosfera completamente aislada y el encapsulado puede ser exhibido al público.

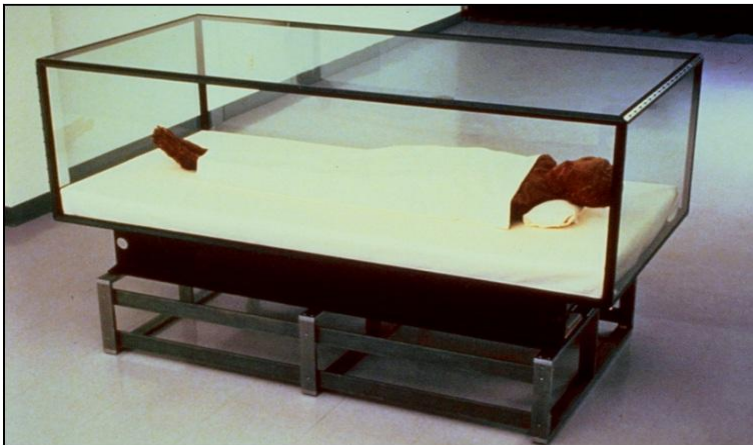


Figura 4.6.

4.1.4. Constitución de la India

El instituto de conservación del Getty desarrollo el encapsulado para conservar la Constitución de la India, al igual que el encapsulado de las momias reales de Egipto, el sistema mantiene una atmosfera de gas inerte.

Dentro de las funciones principales del encapsulado, lo destacado del diseño son las uniones que mantienen cerrado herméticamente el encapsulado.

El diseño de este encapsulado como se muestra en la fig [] puede ser observado por ambos lados, el diseño de los encapsulados tanto de las momias como el de la constitución de la India mantienen su hermeticidad atreves del sistema para contener a presión entre las paredes un sello con O-rings.



Figura 4.7.

4.1.5. Constitución de Puerto Rico

La investigación de encapsulados existentes, logro identificar diferentes casos de estudio en el cual no solo se conservan documentos históricos con materiales metálicos como los vistos anteriormente. El encapsulado que conserva la constitución de Puerto Rico se puede observar que al ser un libro su constitución decidieron mostrar todo su contenido por cada hoja separado y que sea exhibido por ambos lados.

El desarrollo del encapsulado para conservar la constitución de Puerto Rico sirve como referencia para poder abrir la posibilidad y tomar en cuenta el diseño para lograr exhibir un documento por ambos lados aunque el diseño creado sea un austero y con una manufactura que demanda mucho diseño por la dificultad de ser un material no muy resistente

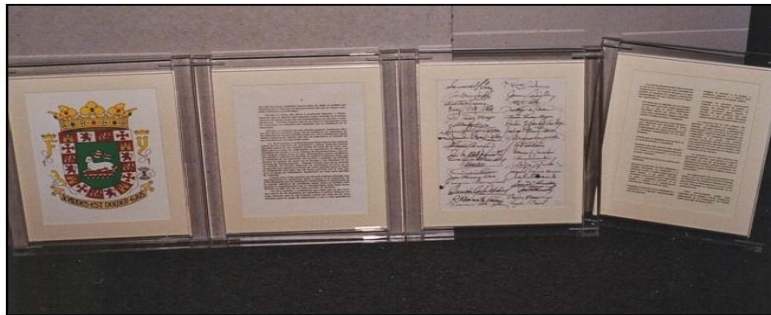


Figura 4.8.

Debido a que la manufactura en acrílico es muy delicada se corre el riesgo de ser un sistema muy frágil, como se puede observar en la figura [] al maquinar el acrílico se pierde resistencia y el diseño se ve involucrado al quedar residuos dentro de los barrenos. El acrílico es un material muy frágil si nos tratado con las medidas necesarias.

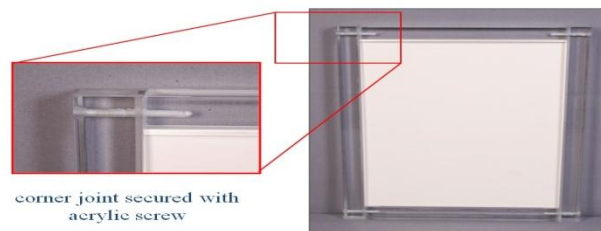


Figura 4.9.

4.1.6. Re-Encapsulamiento Cartas de Libertades EUA

El diseño que se mostro anteriormente en el encapsulado de la cartas de Libertad del año 19()() al pasar los años científicos americanos desarrollaron pruebas para determinar si realmente se estaba conservando adecuadamente el documento, dado que el primer encapsulado se cerro permanentemente soldándolo solo se pudieron realizar experimentos externamente , con los datos encontrados se llego a la conclusión que el documento no se encontraba dentro de los parámetros de conservación principalmente de humedad relativa.



Figura 4.10.a.

Por lo que el NIST comenzó a desarrollar un nuevo sistema para conservar las cartas de libertad, el diseño realizado por parte de esta institución fue mucho más innovador construyéndolo con materiales ligeros y utilizando por primera vez recursos tecnológicos para monitorear los parámetros ambientales dentro del sistema, el sistema se diseño para no cometer el mismo error que el diseño anterior resolviéndolo al sellarlo con un ensamble no permanente pero que la mismo tiempo sea completamente hermético.

El sistema diseñado por parte del NIST se puede observar en la siguiente figura [] en un corte transversal.

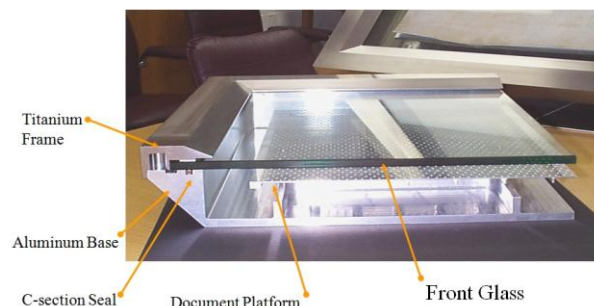


Figura 4.10.b

4.1.7. Mapa mundial Waldseemuller

El NIST con la experiencia de desarrollar sistemas para conservar documentos históricos comenzó a diseñar lo que es el encapsulado más grande que se ha construido, tomando el mismo principio que se utilizó para salvaguardar las cartas de libertad, se utilizaron materiales ligeros para el sistema debido al tamaño de la pieza de colección, de la misma manera que el encapsulado anterior se monitorea de manera constante los parámetros ambientales dentro del sistema.

La figura [] muestra el sistema en una etapa de ensamble, tomando el documento con sumo cuidado, para ensamblar el sistema y se mantenga herméticamente cerrado, se utilizaron sellos de viton.



Figura 4.11.a.



Figura 4.11.b.

4.1.8. Encapsulados de Massachusetts

La universidad MIT desarrollo el encapsulado con mayor investigación registrada, ya que desarrollaron su propio sistema para crear el ambiente adecuado dentro del encapsulado, cuenta con suficientes sensores para monitorear los parámetros ambientales.

Al igual que los anteriores encapsulados este sistema se construyo con materiales que no dañaran los documentos.



Figura 4.12.a.



Figura 4.12.b.

El desarrollo de estos encapsulados es uno de los últimos construidos que se tenga registro, de acuerdo con los investigadores el sistema puede durar bastante tiempo sin que los documentos se vean afectados.

4.2. Estudio comparativo

En esta etapa se plantea seguir un estudio de diseño comparativo, este proceso se desarrolla para elegir las mejores características del sistema.

Identificando las funciones principales de los sistemas, se logra separar en partes cada sistema y de esta manera se comparan las funciones principales. Con la información investigada se selecciona cada sistema y se realiza un estudio comparando sus propiedades y otros factores como materiales, geometría y manufactura.

Así de esta manera se logra realizar un buen diseño, a pesar de contar con información limitada dentro de la investigación se reunirán los requerimientos y especificaciones más destacadas de cada uno de los encapsulados. Para lograr concretar un buen diseño es necesario realizar un estudio comparativo de los encapsulados existentes, con esta información se una configuración adecuada.

Una vez que se adoptaron los requerimientos, se planteó un proceso de selección para identificar las configuraciones para el sistema de encapsulado.

ENCAPSULADOS



Figura 4.13

4.3. Descomposición funcional

Con el objetivo de enfocar el problema para crear un diseño simple, es importante descomponer el proyecto en diversas partes, por lo que es necesario identificar las funciones principales del sistema que a continuación se muestran en el siguiente diagrama.

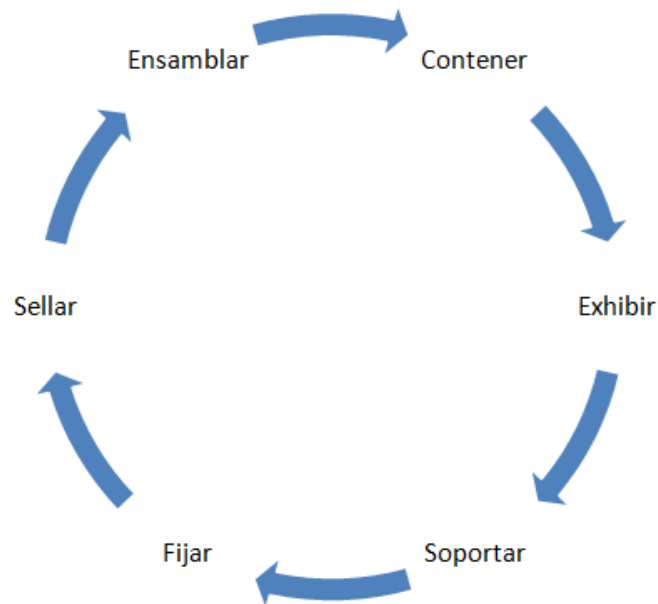


Figura 4.14

La relación de todas estas funciones enmarca lo que es un sistema para proteger y exhibir documentos separar cada todo el sistema en funciones sirve para el diseño del sistema, para aclarar cada una de las funciones se describirán a continuación

Contener documento

La investigación realizada nos da la pauta para analizar las configuraciones en las que los sistemas se mantienen dentro de un espacio en la que no sean dañados los documentos

exhibidos. La función de contener muestra la geometría en la que la mayoría de los encapsulados son diseñados y se pueden encontrar distintas configuraciones.

En la siguiente tabla se muestra las principales geometrías así como los materiales en los que se pueden diseñar diferentes sistemas para preservar y exhibir documentos históricos.

Función principal	Configuración	Materiales	Proceso
- Contener	Secciones -Planas -Cerradas -Semicerradas -Circulares	-Madera -Acero -Aluminio -Vidrio -Policarbonato -Cartón -Bronce	-Maquinado -Fundición -Extrusión -Laminado

Los sistemas de almacenamiento investigados se identificaron su forma, materiales, y manufactura. En base a ello, se analizó una de las principales funciones para almacenar documentos.

En la siguiente tabla se muestra las principales consideraciones que se tomaron para evaluar la función de contener en los encapsulados.

Encapsulados	Año	Geometría	Materiales	Manufactura
Cartas de libertad			Bronce	
Carta Magna EUA			Acero	
Momias de Egipto			Aluminio	
Constitución de la India			Aluminio	
Constitución de Puerto Rico			Acrílico	
Re-Encapsulamiento Cartas de			Aluminio	

Libertades EUA				
Mapa mundial Waldseemuller			Aluminio	
Encapsulados de Massachusetts			Aluminio	

Con la información obtenida se logro obtener una idea más concreta acerca de la manufactura de los encapsulados existentes, la mayor parte de los sistemas en cuanto a su geometría y su forma comparten la misma relación.

La manufactura de la mayoría de los encapsulados registrados es maquinado en aluminio de alta dureza, la relación de los encapsulados en cuanto a geometría es bastante similar.

En la figura siguiente se muestra una tabla de opciones de los mejores aluminios para maquinar.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Para seleccionar el mejor material

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



TABLA []

Principales Funciones	Configuración	Materiales	Proceso
A. Exhibir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cara Frontal 2. Vista Posterior 3. Vista Lateral 	<ol style="list-style-type: none"> a. Vidrio b. Policarbonato 	<p>Laminado</p> <p>Fundición</p>

B. Soportar Documento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Base 2. Rejilla 3. Hilos 4. Mallas 	<ol style="list-style-type: none"> a. Aluminio b. Policarbonato c. Papel Ph Neutro 	<p>Laminado</p> <p>Maquinado</p>
-----------------------	--	---	----------------------------------

C. Fijar Documento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presión 2. Sujeción Removible 3. Pegamento 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cartulina Ph Neutro b. Policarbonato c. Mylar 	
--------------------	---	--	--

D. Prevenir Aire	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sello permanente 2. Sello No permanente - Sección circular.... 	<ol style="list-style-type: none"> a. Soldadura b. O-Rings c. Cable- Indio 	
------------------	---	---	--

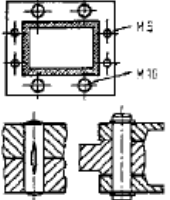
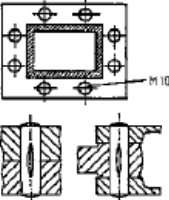
E. Ensamblar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tornillos 2. Pernos 3. Soldadura 	<p>Posición</p> <p>Arriba</p> <p>Abajo</p> <p>Lateral</p>	
--------------	---	---	--

F. Presurizar Gas	1. Gas Argón 2. Gas Helio 3. Gas Nitrógeno		
-------------------	--	--	--

4.3.2. Sistema de sujeción

Los sistemas de sujeción de los encapsulados que a continuación se describen muestran como realizaron sus diseños, analizando estos encapsulados se identifica si realmente son buenos diseños y se pueden adaptar a nuestras necesidades. Como se menciona en el capítulo anterior se dividió en secciones todo el sistema y en esta sección se describe los tipos de sujeción que se diseñaron.

Dentro de este pequeño análisis comparativo se identifican las características de los encapsulados existentes

Standardise interfaces				
St Ha Jo	Use identical connecting elements, if possible even for different functions.	MA AA		

4.3.3. Sistema de hermeticidad

Es importante definir lo que es un sistema hermético, se define como un sello dentro de un encapsulado que permite eliminar completamente fugaz en el ensamble y mantiene una atmosfera dentro del sistema. El sistema de sellado influye directamente en la confiabilidad de los documentos, la función de los sellos afecta inmediatamente, si el sello falla su importancia se vuelve evidente y permitiría la introducción de una atmosfera que no deseamos.

Con base a los encapsulados existentes se analizo su forma para mantener la hermeticidad de cada sistema.

La siguiente tabla muestra las principales características de cada encapsulado para mantener aislada una atmosfera.

Encapsulados	Sello	Tipo de sello	Numero de sellos	Contacto de sello
Cartas de libertad	Permanente	Soldadura	1	Laterales de todo el marco
. Carta Magna EUA	No permanente	NA	0	-----
Momias de Egipto	No permanente	O-rings	4 por pared	Vidrio – Perfiles esquinados
Constitución de la India	No permanente	O-rings	4 por pared	Vidrio – Perfiles esquinados
Constitución de Puerto Rico	NA	Na	NA	NA
Re-Encapsulamiento Cartas de	No permanente	C-ring – Indium Wire	1	Base - Vidrio

Libertades EUA				
. Mapa mundial Waldseemuller	No permanente	O-rings	2	Base - vidrio
Encapsulados de Massachusetts	No permanente	O-rings	2	Base – vidrio – marco

Se identificaron una gran variedad de configuraciones para mantener sellado herméticamente los sistemas.

La mayoría de los encapsulados manejan sellos no permanentes comúnmente llamados anillos de elastómeros O-rings, existe una amplia gama de materiales de elastómeros que pueden ser utilizados para fabricar sellos, la forma más común de fabricar sellos es en sección circular aunque pueden diseñarse en otras secciones.

Las configuraciones de los sellos juegan una parte importante ya que utilizan diferentes diseños, estos diseños varían dependiendo de cómo se exhiben.

A continuación se describen los casos de estudios de los encapsulados, mostrándose en un orden cronológico.

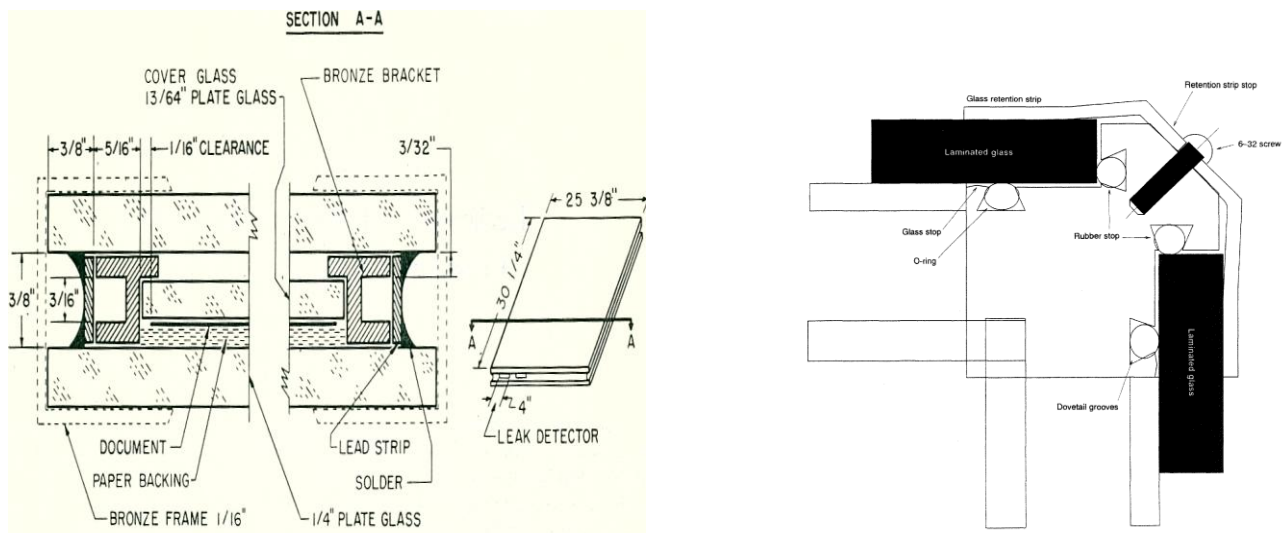
Tenemos uno de los primeros encapsulados fabricados, se desarrollo completamente diferente a lo que se tiene en estos tiempos, su principal objetivo fue desarrollar un sistema para conservar documentos históricos lo que implico crear un sistema completamente aislado de su atmosfera por lo que su diseño es más sencillo y a la vez más complicado, al manejar un sello hermético permanente eliminan completamente fugas de gas.



El sistema que se desarrollo para resguardar los documentos de EUA cumpli3 su funci3n correctamente pero al transcurrir los a3os surgieron peque3as variaciones en los par3metros dentro del encapsulado, 3l sistema al encontrarse soldado dificulta el desensamble por lo que es necesario realizar an3lisis desde fuera del encapsulado para verificar las condiciones de los documentos.

Este es el caso del primer encapsulado del a3o [] que se exhibi3 durante mas de 40 a3os y al comenzar a deteriorarse los documentos decidieron abrir el sistema

La siguiente figura [] muestra el dise3o del sistema



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Las características que nosotros buscamos se deben ajustar a los tiempos de entrega para la

4.4. Análisis comparativo.

Se realizó un estudio comparativo siguiendo la metodología () con el análisis de información obtenida a través de algunos sitios de internet [] dado que el desarrollo del proyecto y el proyecto en sí, muchos países guardan celosamente su información por seguridad de los documentos conservados. Dentro de lo que se logró investigar se desarrolló un análisis que consistió en elaborar diagramas funcionales y dividir en secciones el principal objetivo de conservar un documento.

Con base en la elaboración de estas fichas se realizó un marco comparativo logrando la identificación de los principales componentes o funciones que contribuyen a conservar un documento dentro de una exhibición.

Principales funciones para lograr conservar un documento dentro de una sala de exhibición

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



5.- Diseño de detalle

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



5.4. Planos de construcción y de ensamble

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



6.- Fabricación y pruebas de encapsulados

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



6.1. Fabricación de prototipos

CONFIDENCIAL

6.2. Fabricación de encapsulados

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



6.3. Especificaciones de los encapsulados

(CONFIDENCIAL)

6.3.1. Tratamientos de los encapsulados

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



CONFIDENCIAL

6.3.2. Dimensiones

(CONFIDENCIAL)

[Anexos]

6.4. Pruebas de funcionamiento

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



(CONFIDENCIAL)

7.- Montaje en sala de exhibición

En este capítulo se presenta el proceso de montaje de los sistemas dentro de la galería donde se exhibieron durante un año, por lo cual se presentan los lineamientos que se siguieron, los cuales deben cumplir los requerimientos de los restauradores.

La asignación del lugar de exhibición de los encapsulados como anteriormente se había descrito en el capítulo [], el lugar donde se colocaran los encapsulados como ya se había construido antes de iniciarse el proyecto.

Se tomaron los parámetros que puedan afectar a los documentos. Por lo que se analizó cada detalle:

Comprobación de ángulo de inclinación

Medición de luxes

Comprobación de medidas

Para la comprobación de Angulo de inclinación de los encapsulados dentro de la vitrina de exhibición se construyeron replicas idénticas con las dimensiones reales, se montaron sobre los brazos para poder realizar modificaciones y que se ajustaran a el angulo requerido. Con su debido tiempo se mejoraron los brazos que mantendrían en una posición correcta y se reforzaron para que soporten el peso de cada encapsulado.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Con los instrumentos necesarios se registraron los valores

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Montaje de los encapsulados en vitrina

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Puesta en Marcha durante toda la exhibición.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Durante todo un año se mantuvieron estables todos los parámetros dentro de los rangos de conservación.

Uno de los parámetros que se mantenía en constante vigilancia para asegurar que los sistemas no

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Comenzando una nueva etapa de re-ubicación de las capsulas se efectuó un análisis para evaluar la nueva zona de exposición.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Uno de los análisis que se efectuaron dentro de la nueva zona de exposición fue la medición de luxes, el mayor problema que se detecto en esta zona fue la elevada exposición de luz solar dentro de la nueva galería.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



La imagen a continuación demuestra un espectro de luces donde incide mas luz solar, tomando como referencia la medición de luxes en puntos específicos se realiza una interpolación. Todo este análisis se efectúa por medio del software Matlab y con la ayuda de un experto en procesamiento de imágenes.

La incidencia de la luz solar es demasiada, por lo que la nueva galería debe realizar importantes modificaciones.

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Por lo que el equipo de diseño planteo soluciones para la re-ubicación,

Filtros especiales en las vitrinas de exposición

Obstaculización de la entrada principal de luz solar

Luces dimeables dentro de la sala de exhibición

Instalación de focos completamente de Leds

Para la obstaculización de la entrada de luz, se tomaron las medidas adecuadas para que la incidencia de la luz solar no

Durante este proyecto se inicio una nueva etapa, la cual consistió en la reubicación de los encapsulados en una nueva galería que se comenzaría a construir para que se exhibieran de nuevo los encapsulados por que fue necesario realizar las mediciones necesarias para verificar que el lugar sea apto para una correcta exhibición.

Se cuidaron los principales aspectos para que se exhibiera correctamente, los cuales fueron los siguientes.

- Incidencia de la luz exterior
- Medición de luxes
- Temperatura
- Humedad relativa del lugar

Todos estos parámetros se midieron durante la construcción del nuevo lugar de exhibición, los resultados obtenidos no fueron favorables para el lugar de los encapsulados por lo que fue necesario dar nuevos lineamientos para la obstaculización de la incidencia de la luz, recomendando la construcción de un muro que limite la entrada de la luz directamente hacia las vitrinas de exhibición

CONFIDENCIAL

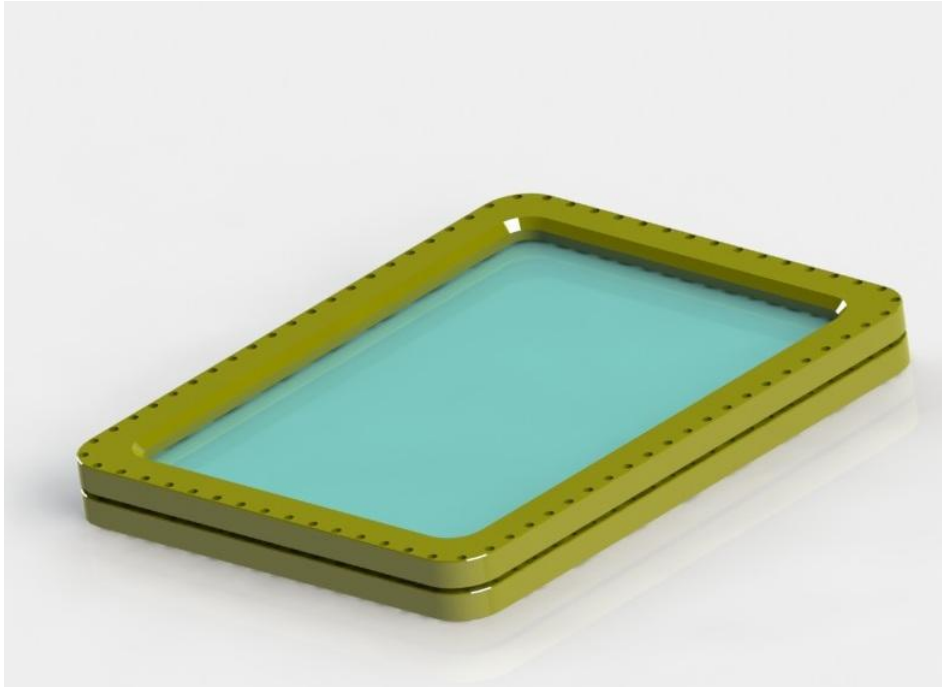
Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



ANALISIS DE DETALLE

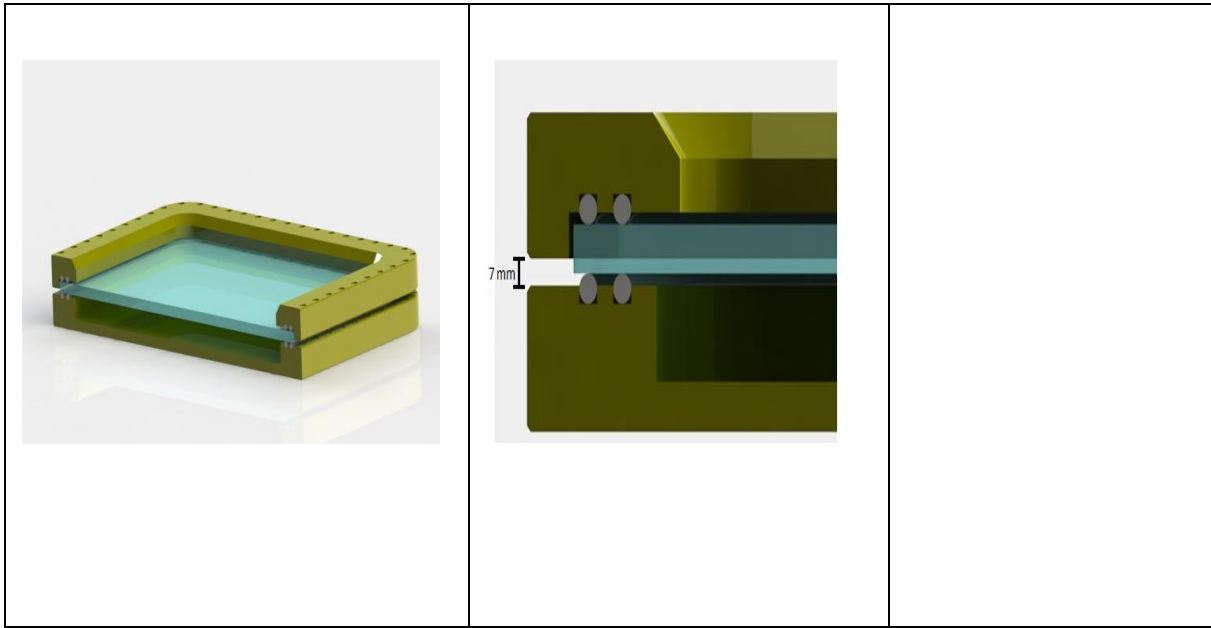
Para mostrar el entendimiento de cómo se realizaron los ensambles y cómo interactúan las fuerzas aplicadas durante el ensamble se realizó la simulación del sistema con modelos en elemento finito bajo las mismas condiciones experimentales.

Mostrando en la figura



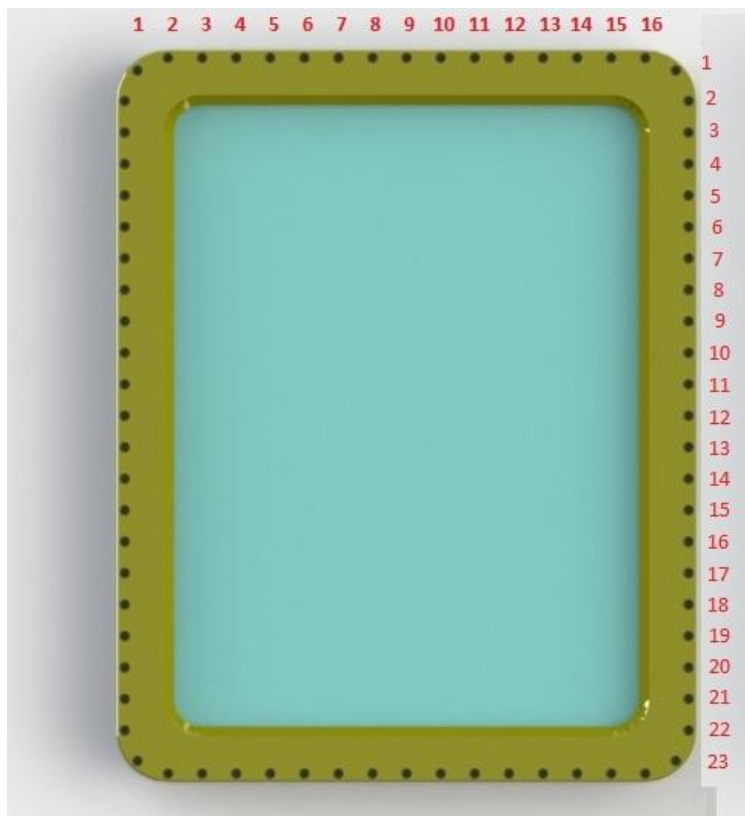
Para visualizar a detalle se muestra un corte transversal del encapsulado, en la figura [] se puede la posición de los sellos

Corte transversal		
-------------------	--	--



Secuencia de apriete sin considerar la deformación que había afectado el maquinado durante el proceso de fabricación, se considero una pieza

Mostrando CAD con se observa tornillos.



el modelo en una vista superior la posición de los

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Análisis computacional del sistema

CONFIDENCIAL

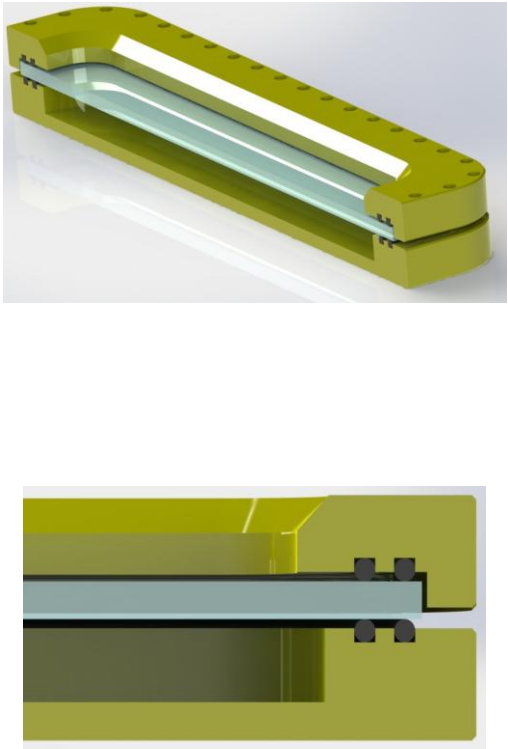
Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.

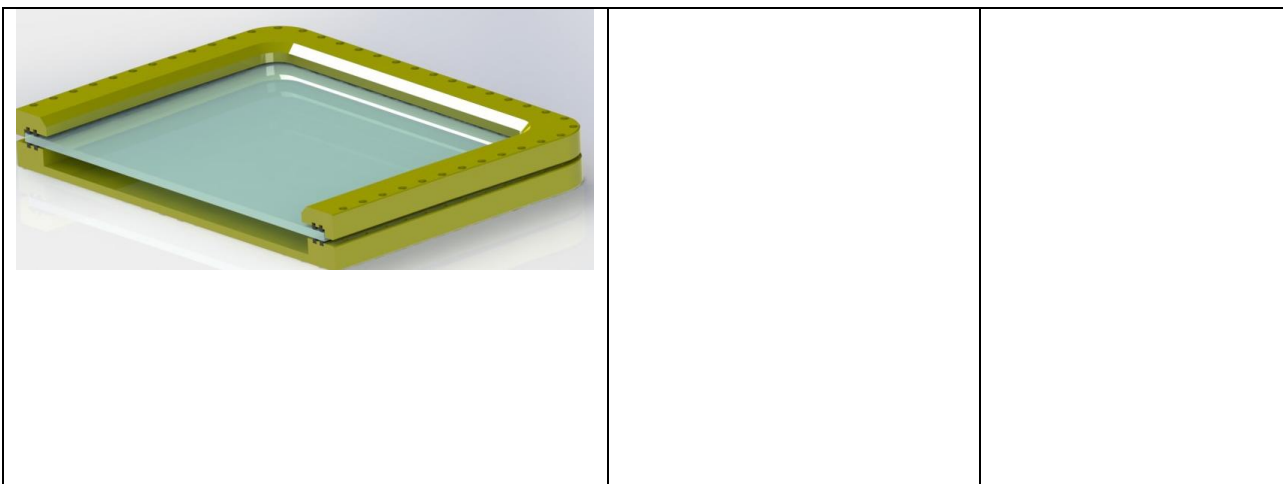


CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



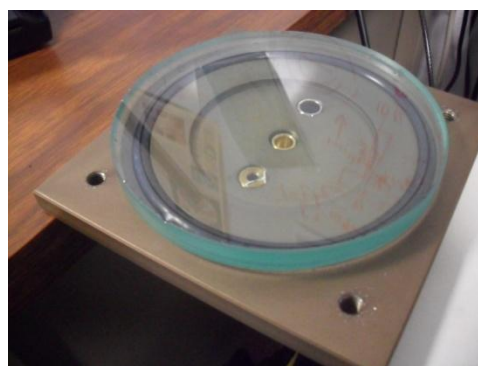
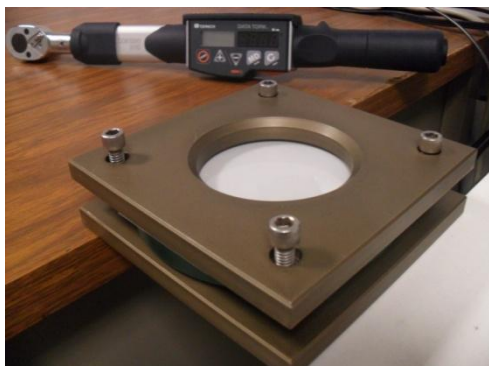
Corte transversal del sistema	Posición	Deformación
	<p style="text-align: center; color: red;">C O N F I D E N C I A L</p>	<p style="text-align: center; color: red;">C O N F I D E N C I A L</p>



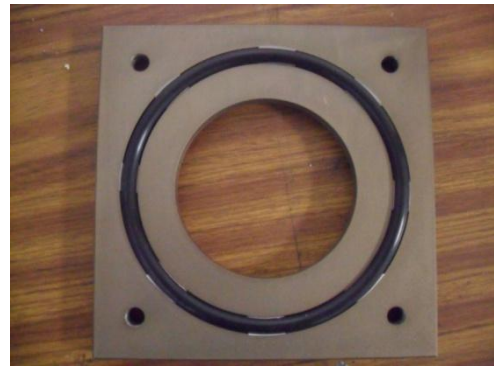
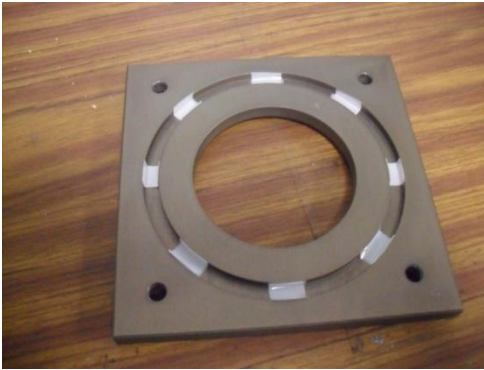
Pruebas con prototipo completamente funcional

Las pruebas realizadas durante la etapa experimental, consistieron en verificar los mismos parámetros de cada encapsulado, sometiendo el encapsulado a pruebas de hermeticidad en los sellos aplicándole el mismo par que se sometió en los encapsulados fabricados.

Como se muestra en la figura [] el sistema tiene las mismas características que los encapsulados maquinados a tamaño real. Debido a sus características se limito el sello a un sello. Para verificar el aplastamiento de los O-rings se decidió medir la variación de presión del sello de los O-rings para verificar el aplastamiento de los O-rings en el ensamble.



El experimento realizado muestra también como la secuencia en que se aplica el par sobre los tornillos debe ser efectuado de una manera en que las fuerzas ejercidas sobre los O-rings deben ser uniformes lo que implica que se debe seguir la secuencia de forma de estrella como se muestra en la figura[1]. Colocando pequeñas muestras de papel de presión y ejerciendo la presión necesaria para deformar los O-rings se observó que la secuencia de apriete de los tornillos es importante.



CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Los resultados obtenidos durante las pruebas

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Resultados

CONFIDENCIAL

Dadas las condiciones que se especificaron en materia de confidencialidad entre la UNAM y AGN, la información presentada en los próximos capítulos se restringe su publicación. La información de estos capítulos se encuentra en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería.



Conclusiones

A partir de este proyecto que se realizó, se consiguieron grandes oportunidades de diseño a pesar de que se realizó en muy poco tiempo fue una gran experiencia practicar nuestros conocimientos como equipo, adentrándose a un área que no se tenía demasiado conocimiento en el campo de conservación de documentos.

Fue un gran desafío realizar este tipo de sistema ya que es la primera vez que se realiza un proyecto con esas características para un museo en un campo desconocido en el área de ingeniería, una vez que se conocieron los requerimientos y necesidades de nuestro cliente fue sencillo enfocar el proyecto. Aplicando las metodologías de diseño y posteriormente realizando análisis.

Se cumplieron los objetivos de la tesis, se conoció un amplio margen en el estado del arte. La metodología usada en esta tesis y durante el proyecto se realizó analizando detalladamente el encapsulado y como posibles imperfecciones pudieran afectar el sello, aceptando las imperfecciones se modificó la forma de ensamblar corrigiendo y analizando. Para lograr desarrollar un sistema es importante conocer cada función del sistema para que en conjunto se logre mantener a salvo los documentos, dentro del sistema el sello hermético es muy importante conocer los efectos de presión en las caras de los alojamientos ya que se comportan linealmente mientras se mantenga el paralelismo de las caras.

ANEXOS

Environmental Conditions for Exhibiting Library and Archival Materials

Abstract: This standard establishes criteria to minimize the effect of environmental factors on deterioration of library and archival materials on exhibit. Specific parameters are recommended for exposure to light, relative humidity, temperature, gaseous and particulate contaminants, display techniques, and case and support material components. The standard is intended as a guide for librarians, archivists, exhibition designers, and others involved in preparing library and archival materials for exhibition.

An American National Standard
Developed by the
National Information Standards Organization

Approved March 2, 2001
by the
American National Standards Institute

Published by the National Information Standards Organization
Bethesda, Maryland



NISO Press, Bethesda, Maryland, U.S.A.

1.2 Purpose

This standard is intended to set parameters for environmental and physical exhibit conditions that minimize the potential for damage to library and archival materials on display. The standard is intended to serve as a guide for librarians, archivists, exhibition designers, exhibition preparators, and others involved in the design and preparation of exhibitions of library and archival materials.

2. Definitions

air contaminants. Any unwanted gaseous, liquid, or particulate matter in the atmosphere. The principal outdoor contaminants include particulate matter, sulfur dioxide, oxides of nitrogen, and ozone. Some contaminants from indoor sources may include nitrogen oxides, mineral acids, aldehydes, sulfides from proteinaceous materials and rubbers, and acetic and formic acids.

angle of display. The angle formed by a horizontal surface and the plane of the text block and spine of the volume.

angle of opening. The angle formed between the front and back cover of an open bound volume.

backing shoulder. The ridge formed as the back edges of the sewn sections are hammered over to create a right angle into which the boards are seated before covering.

bound volume. Any structure of gathered sheets of paper secured by stitching or tying, and protected by stiff (hardback) or flexible (paperback) boards on the exterior.

cradle. A framework constructed of plastic, paperboard, or other material that serves to support a bound volume.

cumulative light exposure. The total amount of light an object has been exposed to for a given period of time.

drift. A gradual change of value of temperature or relative humidity over a long period of time, usually following seasonal changes.

encapsulation. A protective housing that can be used to support an exhibited item. It consists of two or more pieces of polyethylene terephthalate (PET) film larger than the item. These are placed behind and in front of the item and are sealed in the margins projecting beyond the item to form a protective supporting envelope.

fluctuation. Rapid changes of value including measurements such as temperature or relative humidity which are generally cyclic in nature. Typical causes are infiltration of unconditioned air, cycling of HVAC equipment, and thermal heat load variations.

fly leaf (leaves). A leaf or leaves at the beginning and end of a bound volume, being the leaf or leaves not pasted to the boards, or covers, of the bound volume.

footcandle. See Photometric terms.

fore edge. The edge of the bound volume opposite the spine, sometimes called the "front edge."

friable. Easily abraded, especially referring to layers of design media that are susceptible to being cracked or broken.

glazing. A protective transparent layer such as acrylic or glass (a) over the front of an object housed within a frame, or (b) covering the front, top, or sides of an exhibited item to protect it while allowing it to remain visible.

gouache. Pigment with a gum binder which is water soluble and generally applied in thick, opaque layers which can be vulnerable to cracking.

gutter. The adjoining inner margins of two facing pages, i.e., the margin at the sewn fold of a section of a bound volume.

hinge. Internal juncture of the pastedown and fly leaf of a bound volume.

impasto. Thick areas of paint applied to canvas or other support to form ridges, peaks, and other features that produce a raised surface texture.

incident light. Light that reaches the surface of the object.

infrared radiation (IR). Electromagnetic radiation lying in the wave-length interval from about 800 nanometers (nm) to an indefinite upper boundary sometimes set at 10,000 nm.

joint. The exterior juncture of the spine and covers of a bound volume.

leaf support. A sheet of archival paper or card stock that acts as a barrier between the displayed item and a suspect surface, or that adds support to or protects the edges of a bound page or unbound sheet of paper.

leather. A material made from animal skins by one of several procedures in which a tanning agent combines with the active sites in the protein (collagen) to form a material that is strong and durable, but not necessarily permanent. Used for centuries as a covering for bound volumes.

lux. See **Photometric terms.**

macroenvironment. (1) The general environment within a room or large area. Within such an area there are inevitable variations in temperature, relative humidity, dust concentrations, air flow, etc. (2) The space, or spaces, in an exhibition setting, not otherwise enclosed, such as an exhibit case or an item glazed and framed.

methyl cellulose. A cellulose ether made by the chemical alteration of cellulose fibers so that methyl groups are substituted for hydroxy groups on the cellulose molecule. This modification renders the material soluble in water. Methyl celluloses can have different physical properties (viscosity in solution, etc.), depending on how they are made.

microenvironment. (1) The environment in a confined, proximate area, such as that in a case or directly surrounding an object. The microenvironment within a properly designed case will have smaller variations and be more easily controlled than the macroenvironment in the room. One of the primary functions of a case is to moderate changes in the environ-

pressure-sensitive tape. A laminate consisting of a carrier or backing and an adhesive layer which, when applied to a surface under light pressure, forms a bond.

relative humidity (RH). The ratio of the quantity of water vapor in the atmosphere to the quantity of water vapor which would saturate the atmosphere at the existing temperature. Also, the ratio of the pressure of water vapor present in the atmosphere to the pressure of water vapor required to saturate the air at the existing temperature.

retaining strap. Straps of flexible, nonreactive transparent materials that hold pages or covers of a bound volume to a desired opening.

scavenger. A chemically active substance with absorption or adsorption properties that act to make innocuous or remove an undesirable substance.

set point. The temperature or RH of a climate control system that the sensing system is adjusted to so that if measured conditions are different from the set point, the climate control mechanism switches on.

skylight. Light that radiates from the sky because of scattering of sunlight by air. The ultraviolet component of skylight is of the same order of magnitude as that of direct sunlight.

squares. The projection of the boards or covers of the book beyond the text block.

starch paste. An adhesive prepared by cooking pure starch in water until it reaches a gelatinous state.

text block. The body of a book, consisting of the leaves, or sections of leaves, comprising the unit to be bound, exclusive of the cover.

text block support. A custom cut strip of mat board or similar material designed to support the weight of the text block when the book is exhibited open at an angle or closed. It conforms in width and length to the shape of the text above it and in thickness to the height of the squares.

ultraviolet radiation (UV). Roughly that part of the electromagnetic spectrum from 200 to 400 nanometers. The spectrum of sunlight and skylight reaching the earth extends down to about 260 nm. Because window glass filters out radiation shorter than about 330 nm, monitors of exhibitions are interested in ultraviolet radiation only between 330 and 400 nm.

vellum. See **Parchment**.

visible light. The visible spectrum ranges from about 400 to 800 nm. Only that part of the visible spectrum from 400 to about 450 nm is considered damaging to paper, although some fugitive dyes are faded by longer wavelengths of visible light.

3. Light

3.1 Duration of Exhibition

A maximum exhibition length shall be chosen for each exhibited item, based on its light

sensitivity, anticipated light level, and its cumulative past and projected exhibition exposure. In common practice, the exhibition duration for light sensitive items exhibited repeatedly (no more than once every 2 years) is 12 weeks. Commensurably longer exhibit durations may be set for moderately sensitive items or for items rarely exhibited (once every 10 years). Exhibitions covered by this standard shall have a finite length, generally no more than 52 weeks.

3.2 Intensity

The intensity of visible light should be kept low to minimize damage but should still allow adequate viewing. Visible light levels are commonly set at no more than 50 lux (5 footcandles) for very sensitive materials and at no more than 100 lux (10 footcandles) for moderately sensitive materials. Items that combine media of varying stabilities or where the light sensitivity is not known should be assumed to fall in the category of very sensitive media. Visible light levels should be further reduced or eliminated when exhibition areas are not open to the public. A few library and archival materials are known to be moderately sensitive: e.g., carbon black inks (such as printers' inks and India ink) on high quality paper or modern black and white gelatin silver and non-resin coated photographs.

3.3 Monitoring

Light levels shall be measured as intensity of incident light falling on the object. Light levels shall be measured when the lighting for an exhibit is established and whenever a change in lighting conditions occurs, including replacing bulbs or lamps in an ongoing exhibit.

3.4 Light Sources

Artificial light sources shall be used to illuminate exhibitions. Direct sunlight shall not fall on exhibited items at any time. Skylight should be excluded.

3.5 Radiation

Nonvisible radiation should be excluded or prevented from falling on the exhibited object.

3.5.1 Ultraviolet light

Common practice is to limit ultraviolet light to no more than 75 microwatts per lumen at 10 to 100 lux.

3.5.2 Heat

Exhibited items should be protected from heat generated by light sources and associated electric systems.

3.6 Recordkeeping

Records of the exhibit history of each item shall include each exhibition the item is included in, the length of time it is exhibited (which may be the duration of the exhibit, unless some special shorter exhibit time is implemented) and the light level of the display. For multipage documents or volumes, the individual pages displayed should be noted.

3.7 Inspection

Exhibited items shall be inspected regularly for evidence of light-induced change.

4. Relative Humidity

4.1 Choice of Level

The relative humidity (RH) shall be chosen based on the preservation needs of the objects, the objects' component materials, storage history, exhibit length, prevailing climate, and the capability of the building and its heating and cooling system.

4.2 Range

The relative humidity for the object's environment shall be set at a value (set point) between 35 and 50%, inclusive. The maximum acceptable total relative humidity variation or operating range shall be 5% on either side of the set point. The relative humidity therefore shall not go above 55% or below 30% RH.

4.3 Optimal Levels

Stricter relative humidity controls involving optimal RH levels and smaller variations than given in 4.2 and 4.4 should be maintained for items or materials for which dimensional or other responses to RH changes are unacceptable. Common practice is to maintain such materials in a microenvironment at a constant RH.

4.4 Seasonal Drift

The relative humidity set point may vary to accommodate annual seasonal variation and the shift from heating to cooling equipment operation. Set point change shall not exceed 5% per month.

4.5 Monitoring

The RH of the display environment shall be monitored at intervals frequent enough and at locations sufficiently representative to maintain the standard.

4.6 Recordkeeping

Records of RH levels shall be kept in such a manner that compliance with the standard can be demonstrated.

4.7 Inspection

Displayed items shall be inspected regularly for evidence of R- induced change.

5. Temperature

5.1 Set Point

The temperature of the object's environment shall be set at a value (set point) not to exceed 72°F (21°C). For preservation purposes, cooler temperatures are recommended.

5.2 Range

A temperature range of 5°F (3°C) on either side of the set point shall be the maximum acceptable total temperature variation. The temperature shall not go above 77°F.

5.3 Monitoring

Temperature levels shall be monitored at intervals frequent enough and at locations sufficiently representative to maintain the standard.

5.4 Recordkeeping

Records of temperature levels shall be kept in such a manner that compliance with the standard can be demonstrated.

5.5 Inspection

Displayed items shall be inspected regularly for evidence of temperature-induced change.

6. Pollutants

6.1 Levels

Pollutant levels shall be minimized to prevent deterioration of materials on display.

6.2 Sources

Sources of pollutants shall be eliminated or controlled.

6.3 Choice of Construction Materials

Materials used to construct both the object chamber and supports for displayed items within the object chamber shall be chemically stable and physically non-damaging to displayed items.

6.3.1 Design and Construction

Object exhibit cases or chambers shall be designed and constructed so as to reduce the infiltration of external gaseous and particulate pollutants. Existing cases should be retrofitted to counteract the effect of any reactive materials present in the case and to reduce infiltration of external gaseous and particulate pollutants.

6.3.2 Scavengers

Scavenger materials should be incorporated within exhibit case design, to reduce risk of pollutant damage when the presence of pollutants is suspected and/or when vulnerable items are exhibited.

6.4 Inspection

Displayed items and display surfaces shall be inspected regularly for evidence of change induced by pollutants and particulates (dust).

6.5 Monitoring

Exhibits should be monitored frequently after an exhibit is installed or altered. Frequency can be gradually reduced if no problems develop. Newly constructed or modified cases should be evaluated for problems such as odors (outgassing) prior to installation.

6.5.1 Passive Monitors

Passive pollutant monitors should be used, especially when the presence of pollutants is suspected or when vulnerable items are exhibited.

6.6 Presence of Pollutants

If displayed items show change or if monitors indicate the presence of pollutants, the display shall be examined in an attempt to determine the cause and to remove it. If particulates and dust accumulation are noted, the item and its case shall be examined to determine the points of entry and to block them.

7. Exhibit Case Materials, Design, and Construction

7.1 Choice of Materials

Materials listed in Appendix B-1 used in the construction of exhibition cases are generally recognized to be safe and can be assumed to meet the standard. Materials listed in Appendix B-2 are generally recognized not to be safe and can be assumed not to meet the standard. If wood is used in the construction of exhibit cases, it should not be part of the object chamber surrounding the displayed item.

7.1.1 Evaluation

Materials that do not appear in Appendix B should be evaluated for appropriate application before use. The evaluation should encompass outgassing or contact-transfer potential of harmful substances, water solubility or dry-transfer potential of dyes, the dry-texture (tackiness) of paints, pH, and abrasiveness.

7.2 Curing and Drying

Adequate time should be allowed for curing or drying of construction materials prior to installation. Materials should be dry and odor free.

7.3 Environment

Exhibition cases shall be constructed or modified and positioned to minimize air infiltration and to provide a physically secure environment that meets the levels for relative humidity, temperature, light, and pollutants established by this standard.

7.4 Dimensions

Exhibit cases shall be of adequate dimensions in order to accommodate the range of items to be displayed and shall be of adequate stability and structural strength to ensure object safety in the event of impact or external vibration (including earthquakes). The interior of the exhibit case should be easily and safely accessible for installation and maintenance by staff, yet secure from unauthorized access.

7.5 Object Chamber

The object chamber shall be constructed of component materials that meet the criteria established by this standard. The object chamber shall be isolated from mechanical systems and any materials not meeting this standard. The object chamber should be designed so that environmental control systems and monitoring devices can be introduced, if necessary, to achieve desired conditions.

7.6 Mechanical and Electrical Components

Mechanical and electrical components should be exterior to the object chamber/case. Case design should take into account risks associated with the possible failure of mechanical and electrical systems.

7.7 Lighting

Where lighting is required for individual cases, the source of such lighting shall be located in a ventilated space isolated from the object chamber and shall be designed so that the lighting component of this standard can be achieved.

7.8. Flammability

Fire resistant or nonflammable materials shall be used in the construction of exhibit cases. Display materials in direct contact or close proximity to exhibited items should not be treated with fire retardant chemicals that are potentially corrosive.

7.9 Water Damage

Exhibits and cases should be designed to prevent or minimize water damage from sources such as sprinklers or leaks.

8. Display Considerations and Structures for Bound and Unbound Materials

8.1 Evaluation for Display

The condition and structure of the book, document, or other item must be examined in advance to determine what support is needed during exhibition to prevent damage from gravity, physical impact, chemical changes, vibration, and environmental factors.

8.2 Choice of Materials

Materials used in the construction of physical supports for exhibiting library and archival materials should be chemically and physically nondamaging. Materials listed in Appendix C-1 used in the construction of physical supports are generally recognized to be safe and can be assumed to meet the standard. Materials listed in Appendix C-2 are generally recognized not to be safe and can be assumed not to meet the standard.

8.2.1 Evaluation

Materials that do not appear in Appendix C should be evaluated for appropriate application before use. The evaluation should encompass outgassing or contact-transfer potential of harmful substances, water solubility or potential transfer of dyes through dry contact, as well as extreme values of pH and abrasiveness.

8.2.2 Metal Fasteners

Pins, screws, thumbtacks and other metal fasteners shall not pierce or come in direct contact with items on display. Nonreactive cushioning or isolating layers should be placed around mounting pins used as edge supports.

8.3 Placement

Physical supports used in exhibiting library and archival materials shall be constructed and attached to items in ways that minimize potential damage and prevent slipping, sagging, and distortion. Physical supports shall be of appropriate strength and size to support the item for which they are designed.

8.3.1 Safe Contact

The object being exhibited should not be placed directly on the floor or wall of the object chamber unless the floor or wall is constructed completely of materials known to be safe for contact with items.

8.3.2 Stacking

Items of different sizes shall not be stacked or otherwise overlapped while on display. If items of identical size are stacked, they should be stacked evenly to avoid differential light exposure and to prevent physical distortion.

8.3.3 Exhibit Labels

Exhibit labels shall not be laid on top of or overlap items on display.

8.3.4 Tapes

Pressure-sensitive tapes shall not come in direct contact with an item.

8.3.5 Angle of Display

The object should not be displayed at an angle that results in the distortion of the object.

8.4 Bound Materials

8.4.1 Angle of Opening

Bound volumes should be opened only as far as the binding allows without force. The angle of opening should not cause strain to the binding, the paper, or the sewing. Common practice is to open bound volumes no greater than 135 degrees. The angle of opening should not cause paper to fold sharply.

8.4.2 Supports

Bound volumes that open flat without causing stress to the spine or text block may be displayed open on leaf support cards without the support of a cradle. Fold-outs should be supported with card stock that is shaped to conform to the overall shape of the unfolded paper.

8.4.3 Blocks or Wedges

Some open volumes can be supported with a block or wedge to elevate a book cover to reduce strain at the book hinge. The height of the block or wedge must be sufficient to bear the weight of the cover without strain.

8.4.4 Angle of Display

Common practice is to limit the angle of display to no more than 30 to 45 degrees from horizontal.

8.4.5 Cradles

A cradle should be used to support bound volumes that are to be displayed open if they do not open flat without stress to the binding structure. Materials used to construct

cradles should be chemically and physically nonreactive. The cradle should be constructed so that it continuously supports the covers of the bound volume and relieves or minimizes any mechanical (physical) stresses to the text block, sewing structure, joints, or binding caused by display. When a bound volume is to be displayed with the spine at an angle to the case floor, the cradle should have a bottom ledge of adequate depth to support the volume.

8.4.6 Text Block Supports

Text block supports should be used when a bound volume's text block is greater than 1/2 inch thick, sags visibly, or is displayed on a cradle at an angle greater than 30 degrees (between the spine of the volume and a horizontal plane). The text block support can be an integral part of the book support structure, such as a bottom edge of a cradle.

8.4.7 Large and Heavy Volumes

The condition and structure of lectern, folio and other large or heavy bound volumes should be carefully examined to determine whether the book should be displayed closed and flat on the case floor. If such items are to be displayed open, a cradle should be used for support. The angle of display for large or heavy books should not be greater than 20 degrees from the horizontal. For heavy or large volumes, a text block support should be provided even at low angles.

8.4.8 Straps

If bound volumes displayed open need to have the leaves at the opening secured, straps of flexible, nonreactive transparent material should be laid across the outer margins parallel to the fore edge and secured around the volume boards or the cradle. Retaining straps should be attached with minimal tension. Adhesives used to attach the retaining strap to itself or to the support shall not come in contact with the bound volume. Retaining straps used to fasten extremely fragile or valuable paper should be shaped and attached in such a way that the strap does not cut into or deform the paper at the upper and lower edge of the sheet. Leaf supports should be placed behind bound vellum leaves when retaining straps are used to secure the leaves. Leaf supports should also be used when retaining straps are used to secure the leaves of an untrimmed or fragile paper text block to the front and back boards of bound volumes. Transparent strapping used to secure the text block of an open, bound volume to the cradle should not cause stiff paper or embrittled paper to fold sharply. Opaque objects shall not be used to hold open bound volumes.

8.4.9 Duration

Common practice is that bound volumes should not be displayed at the same opening for a period longer than 3 months. Maintain records of openings that have been displayed.

8.5 Unbound Materials

8.5.1 Matting

Matting of an item shall provide rigid support to an item and prevent an item from coming into contact with the glazing. Overmatting may be used to restrain the edges of a single sheet item which tends to curl, bend, or torque. When overmatting an item, the amount of overlap shall be sufficient to prevent the item from being pulled out or slipping out from under the edge of the mat. Overmatting should not extend over or otherwise come in contact with friable media. The surface of a matted item should be protected by glazing or by placement in an exhibit case. Hinges, tabs, straps, corners or encapsulations should be used to support, attach, or secure items into mats. They shall be constructed of inert materials that will not cut into or otherwise damage the object.

The number and location of hinges or other supports shall be sufficient to bear the weight of the item and to prevent the item from dropping, shifting, or moving. For some items, it may be preferable to avoid the use of adhesive attachment. Adhesive used to attach supports to items shall be inert and of a nature that is easily removable without causing damage to the item.

8.5.2 Encapsulation

Encapsulation may be used to support a variety of library and archival materials, including single sheet items which have a tendency to curl, bend or torque when subjected to changes in temperature and relative humidity; items for which hinging is not desirable or acceptable; or items that cannot be given adequate support by hinging. Encapsulation shall not be used for items with flaking, friable, powdery, or three-dimensional media such as pastel, soft graphite pencil, cracked gouache, and thick or soft impasto, or for items with extensive unmended tears.

8.5.3 Framing

Items in frames shall be separated from wood or other harmful materials through the use of mats, glazing, and barrier layers. Glazing for a framed item shall not come in direct contact with the item. Glass should be used as glazing for friable or powdery media to eliminate the possibility of static attraction disturbing the media.

8.5.4 Support Cards

Single or stacked loose bound or unbound items displayed in cases should be laid on support cards or attached to the support card with corners, straps or a sheet of stable plastic film.

9. Other Considerations

9.1 Food and Drink

Food preparation areas should not be located within exhibition areas. Food and drink should not be allowed in exhibition areas. If food and drink are introduced into an exhibition area, the area should be cleaned thoroughly immediately after the event.

9.2 Pests and Insects

Exhibition areas should be monitored for the presence of pests and insects. Keep dated records of sightings and locations.

Bibliography

Some Definitions Related to Books and Conservation

Carter J. 1972. ABC for book collectors. 5th ed. London: Hart-Davis, 1972.

Roberts M, Etherington D. Bookbinding and the conservation of books: a dictionary. Washington, DC: Library of Congress, 1982.

Definitions Related to Light

Koller L. Ultraviolet radiation. New York: John Wiley, 1965.

Saunders D, Kirby J. Wavelength-dependent fading of artist's pigments. Preprints of Ottawa IIC Congress, Sept. 12-16, 1994. 190-194.

Additional Sources

Wilson WK. Environmental guidelines for the storage of paper records. Technical Report 1. Bethesda, Maryland: NISO Press, 1995.

Bamberger J, Howe EG, Wheeler G. A variant Oddy test Procedure for evaluating materials used in storage and display cases. *Studies in Conservation*, 1999. 44:2, 86-90. (see Appendix A)

Sources for Appendixes B and C

Tétreault J, Williams S. Guidelines for selecting materials for exhibit, storage and transportation. Ottawa, Canada: Canadian Conservation Institute, 1993.

APPENDIX A

Factors in Planning and Maintaining Library and Archival Exhibits

(This Appendix is not part of the American National Standard Environmental Conditions for Exhibiting Library and Archival Materials, ANS/NISO Z39.79-2001. It is included for information only.)

Assumptions underlying this standard are that exhibitions are inherently damaging to materials and that the exhibition is a temporary one, generally lasting from 3 to 12 months. Any item to be exhibited for longer than 12 months should be viewed by a conservator for advice. While the standard is applicable to all in-scope library and archive materials, it seems reasonable to assume that more consideration and resources will be devoted to creating a safe exhibition environment for irreplaceable materials. In consequence, the standard is biased towards the rare and unique. Because damage caused by exposure to light and pollutants, improper values of temperature and relative humidity, and even the most considered display techniques cannot, for the most part, be prevented in absolute terms, Standards Committee MM has sought to establish control parameters that minimize the potential for damage in an exhibition environment.

Experience and research have shown that maintaining a stable and appropriate storage environment will significantly enhance the long-term preservation of materials in libraries and archives. Exhibitions of library and archival materials should be viewed as a type of storage environment that poses significant preservation challenges above and beyond those of stack storage. Typically, exhibition environments expose materials to higher light intensities, often for long periods of time. Temperature and relative humidity fluctuations are generally more difficult to control in an exhibition space. Exhibition case materials may contribute to a high concentration of pollutants. Material supports and display techniques may cause distortion or damage to exhibited items. Because it is difficult to make general statements about the environmental sensitivities of the wide variety of component materials that make up objects commonly exhibited in libraries and archives, the suitability of materials for exhibition needs to be assessed on an item by item basis. Exhibits need to be monitored for changes over time.

A-1. Environmental Standards

A-1.1 Light

Section 3 establishes environmental standards for the intensity and duration of light exposure. The underlying premises for this section are that exposing an object to light causes damage and that light damage is cumulative over the lifetime of the object. The objectives are to keep visible light levels as low as possible while still allowing enough light for adequate viewing of the exhibited items and to minimize their exposure to radiation outside the visible range, i.e. ultraviolet and infrared.

Because light damage is cumulative, section 3.3 of the standard emphasizes the importance of measuring and recording the light levels to which each exhibited item is exposed. The reciprocity equation states that light exposure equals light intensity

multiplied by duration. At the commonly specified range of light intensities of 50 to 100 lux, cumulative light exposures are approximately 3,500 to 7,000 lux-hours per week or 42,000 and 84,000 lux-hours over a 12-week period, assuming 10 hours of illumination each day in an exhibition environment. Cumulative damage from light exposure becomes perceptible at approximately one megaluxhour exposure for sensitive media and 10 megaluxhours for intermediate sensitive media. These megaluxhour figures are the basis for the maximum exposure limits per year recommended in section 3.2. British Blue Wool Standards may be used to monitor the effect of light over time.

Radiation outside the visible range does not help a viewer see exhibited items but does contribute to photochemical and thermal degradation of exhibited items. Because natural light (both sunlight and skylight) contains significant proportions of ultraviolet radiation which is damaging to organic materials, and because it can be too bright and is inherently variable, its presence in an exhibition setting is undesirable and is limited under sections 3.4 and 3.5. Ultraviolet filters and/or absorbers may be inserted at the light source or in the glazing of frames or cases.

A-1.2 Relative Humidity

Section 4 establishes environmental standards for relative humidity. An item's susceptibility to relative humidity-induced changes is influenced by the storage conditions from which it comes and the microenvironment into which it is being moved for exhibition. The microenvironment's relative humidity will be subject to and strongly influenced by the macroenvironment unless special measures are taken to control the microenvironment. If no such measures are taken, it can usually be assumed that approximately similar conditions exist in the microenvironment as exist in the macroenvironment. If the macroenvironment meets the standard, then the microenvironment is likely to be acceptable. In common practice, the macroenvironment is monitored in an exhibition space overall. Each exhibit case may be monitored individually when greater care is thought to be necessary. Knowledge of the facility and its vulnerability, as well as the objects' characteristics will suggest the need and frequency for monitoring. Monitoring equipment may include recording hygrothermographs, case meters, or data loggers.

A-1.3 Temperature

Section 5 establishes environmental standards for temperature. Temperature and relative humidity are interdependent. Large, fast changes in temperature, especially abrupt cooling, are often accompanied by significant changes in relative humidity. Changes in temperature, like changes in relative humidity, can cause dimensional and other damaging changes in materials. Elevated temperatures hasten degradation reaction rates and may soften or deform heat sensitive materials.

Lower temperature settings generally contribute to the preservation of materials by slowing down the rate of degradation reactions. A lower temperature, down to 50°F, should be considered safe for a majority of materials. Temperatures much below 50°F involve considerations not addressed in this standard.

A-1.4 Pollutants

Section 6 establishes approaches to reduce and minimize problems caused by the presence of pollutants in an exhibition setting. Pollutants that may be generated from the materials used in the construction of cases and buildings include formaldehyde, acetic acid, formic acid, and hydrogen sulfide. Sources for these pollutants may include wood and wood products, paints, caulks, adhesives, carpet, and fabrics. Pollutants that typically may be present outdoors and enter buildings include nitrogen oxides, ozone, and sulfur dioxide. Almost all components of library and archival materials are sensitive to pollution. Cellulose, leather, inks, and dyes are organic and undergo degradation reactions which are numerous and varied, poorly defined or not extensively studied. In addition, seemingly similar materials may be chemically quite different. It is therefore harder to single out specific materials that are more susceptible to damage by pollution than others. For many categories of items, the sensitivity of component materials to pollutants can lead to visible alterations, such as discoloration and yellowing of surfaces, silver tarnishing, and corrosion. Other items may be weakened or damaged by pollutants without immediate visible change. Table 1 lists material types likely to be exhibited in libraries and archives which are known to be especially vulnerable to pollutants. Other materials may be added as experience reveals their vulnerability.

Types of Material	Materials within type
Carbonate compounds	Minerals Mother of pearl Shell
Metals and alloys	Lead Copper Silver Brass
Photographic images on metal	Daguerreotypes
Silver-image photographic papers, especially printing-out papers (POP) and non-emulsion papers	Salt prints Albumen prints Gelatin POP prints Silver image resin coated (RC) photo papers
Color photographs	
Lignin-containing paper	Newsprint Paper of low-quality manufacture
Colorants	
Pigments	Chalk Lead white
Plastics / rubber-based	

At present, accurate, standardized, cost-effective methods or procedures for monitoring gaseous pollutants are lacking. Depending upon the resources available, monitoring pollutants can be approached in different ways by measuring, by using passive collection devices or passive indicator systems (such as silver, copper, lead and zinc metal coupons or indicator strips), or by inspecting for evidence of change in the displayed materials, but each of the methods has drawbacks. Measuring pollutant levels accurately is difficult, expensive, and requires resources not normally available in a library or archive. Passive collection devices need to be processed in a lab to obtain data. Some

training in interpreting the indicators in passive indicator systems is required. And visible inspection methods are not preferred because pollutant-induced changes to displayed materials become visible only after damage has begun to occur.

A-2. Exhibit Case Materials

Section 7 establishes standards for component materials, design, and construction of exhibit cases. Exhibit cases can be constructed from almost every imaginable material, ranging from traditional materials such as wood to the newest synthetic polymers. A case's component materials can become a significant source of pollutants affecting items displayed within it. Design, security, conservation, and audience demands on exhibit case functionality result in requirements that limit the choice of materials for constructing exhibit cases. The safest and least complicated method for choosing suitable materials is to restrict the choice of materials to those that have been shown to be safe through use and long-term testing.

Appendix B presents lists of materials generally considered to be safe or not safe when used to construct exhibition cases. These lists must be considered only as guidelines, because the way a material is used must also be considered. For instance, some polymers are stable under recommended environmental conditions, but can be damaged by exposure to ultraviolet light. The form of the materials must also be considered. Acrylics in solid form are considered to be suitable for archival use, and solutions of pure acrylics dissolved in good quality solvents can be used as varnishes and coatings. Acrylic emulsions (as dispersions) contain additives which may affect the suitability of the adhesive. Polyvinyl acetate emulsions or dispersions also contain additives and have been observed to release acidic gasses for at least several days after drying. This tendency to offgas may affect the suitability of the adhesive for use in closed environments. Nonwoven polyester fabrics which are heat-welded together are generally acceptable, but if such fabrics are held together by glue, some of the glues used may not be acceptable.

Some general tendencies are evident in the lists. Most of the polymers in the "safe" category are ones that generally do not require additives to modify their properties or to stabilize or preserve them. On the other hand, many of the "unsafe" polymers are those that are inherently unstable and require the use of antioxidants, UV absorbers, or stabilizers, or whose properties can only be modified by additives, many of which are volatile.

Many materials are not included on either the "safe" or "unsafe" list. These may or may not be suitable. For instance, the term "epoxy" refers to a chemically diverse class of materials with widely varying stabilities. The chemical stability of many additives used in commercial formulations varies widely as well. In general, if the composition of a material is already known, then it should be possible to place it in one of three categories: safe, unsafe, or unknown or variable and requiring testing before use.

For materials of initially unknown composition, the manufacturer may be able to provide enough information to evaluate the material. Ask for general product literature, as well as a Materials Safety Data Sheet (MSDS) if available, as either or both may give information on the chemical nature of the materials present and the MSDS may give information on volatiles that offgas in fabrication or application which could be harmful to humans as well as displayed items. If not enough information is available to identify the material, an analysis can be conducted, but this process can be time-consuming and costly and still may not

provide enough information to preclude testing. In general, the simple analysis of materials of unknown composition is not sufficient to classify them as safe. And materials of unknown composition or which are not known to be safe require testing. Such tests are generally of two types. The material may be tested empirically in some form of accelerated aging test or an analysis for a specific harmful chemical or property may be conducted.

Most empirical tests are some variant of a test first proposed by Oddy (see Bamberger in the Bibliography). The material to be tested is bottled up with polished metal coupons and the results compared with those for a control experiment. The control is identical except for the absence of the material being tested. The release of acids or oxidizers by the material being tested will result in more corrosion or tarnish than in the control experiment. Such tests simply seek to identify absolute damage which may be caused by the material being tested. It is not necessary to determine the mechanism of damage to rule out an unsafe material. The conditions used for these tests are not meant to reproduce natural aging exactly, but are chosen to speed up reactions and exaggerate any problems that might occur. Many modifications to empirical tests are possible. The conditions for the tests can include high humidity, increased temperatures, and/or exposure to intense visible or ultraviolet light or to pollutants. Detectors other than metal coupons, such as pH or other indicator strips, can be used to detect acid gases. Carbon dioxide can be added to exaggerate the effect of acetic acid on lead. The detector can be separated from the tested material to check for volatile corrosives only, or the two can be placed in direct contact. Such empirical tests necessarily must be long term (weeks or months) to predict accurately whether materials can be used safely over a period of years. This is especially true for modern materials which have added antioxidants or UV absorbers that may disguise any problems until the additive is used up.

Analytical tests to check for specific problems or to identify materials are available. Spot tests for the analysis of polymers (such as a Beilstein test for chlorinated organics that may release hydrochloric acid during aging) are often used when analytical instrumentation is not available. Other tests may be used to look for a specific type of reactivity. These quick tests can be used to determine whether a material presents a specific problem or whether it belongs to one of the safe or unsafe categories of materials. Specific analytical tests cannot substitute for long-term testing in the evaluation of new or previously untested materials.

In areas where the ambient humidity of exhibition rooms is not stable or in areas that receive substantial air-borne pollutants, cases should have designed into them spaces in which humidity buffering and/or pollutant absorbing material can be installed. The size of such spaces should be kept to a minimum and should be placed nearest the object chamber. The design of the case should allow easy access to the material.

The question of whether or not to seal a case tightly depends on the approach being used to control the environment of the objects displayed in a case. First, it must be stated that there is almost always some interchange between room air and the air inside the case, since extraordinary measures must be taken to seal a case hermetically. There is about one air exchange a day in typical "sealed" cases. If the air around the case is conditioned and clean, then the role of the case in controlling the object environment is less critical, and the case serves primarily as a security barrier and protection against failure of the external environmental controls. Such cases may be relatively "open," and in fact hidden openings may be added to direct air exchanges through filters or pollutants. If the external environment around the case is problematic, then a reasonably "sealed" case is preferable. A sealed case minimizes the amount of unconditioned or unclean air to which internal buffers and pollutant absorbers in the

case are exposed. Though safe materials should always be used in the object environment, it is especially important in sealed cases to avoid the use of materials that may emit damaging vapors. The use of pollutant absorbers such as activated charcoal in sealed cases is advisable, since pollutants that do end up in the case (for example by emission from materials incorporated in objects) otherwise may remain in the case long enough to cause damage.

A-3. Display Considerations

Section 8 establishes standards for the components, construction, and application of physical supports used to display items. In this section, more than in any other in the standard, librarians and archivists can bring common sense to bear.

Materials in direct contact with a displayed item, i.e., its physical support, shall be chemically stable (see Appendix C). Support cards can be used as a barrier to direct contact between the item and the exhibition case floor or wall. Additionally, leaf support cards can provide physical support (alone or in addition to encapsulations) for thin or fragile single-leaf items, or foldouts in bound volumes.

Cradles made of acrylic, card, or other chemically stable material also serve a support function, primarily for bound volumes that do not open flat without causing damage to the spine or text block. Custom-made or adjustable cradles can conform precisely to the unique shape and size of each opened bound volume. Commercial cradles can often be adapted to safely support a variety of differently shaped bound volumes.

Vulnerable areas of open, bound volumes include the gutter margin of the pages as they arch over the backing shoulder and the joints. When a volume is exhibited at an angle greater than 20 degrees the downward weight of the text block can exceed the friction between the pages, causing them to slide, and the text block begins to deform. The pages drop and more stress is placed at the top edge of the spine. Other structural factors are either capable of absorbing these stresses without further visible result or the top of the spine area begins to fall forward and the bottom begins to compress. These strains can be avoided or minimized by displaying the bound volume horizontally (i.e., flat on the floor of the exhibition case) or by using text block supports. Older materials might not have the strength to resist these strains over the course of the exhibit period. Even when no deflection is immediately visible, text block supports should be used as a preventive measure. Ideally, lectern, folio, and other large or heavy volumes should not be displayed with their spine raised at an angle from the floor of the exhibition case. Because display case design sometimes requires that a volume's spine be angled relative to the case floor, measures need to be taken to support the weight of the text and to relieve the strain on the spine. Where high angles of display (higher than 30 degrees from the case floor) are desired, extraordinary measures should be taken to fully support the weight of the text block.

Bound volumes displayed at the same opening for long periods run a risk of becoming irreversibly deformed and they may not close completely any longer. Items generally should not be displayed open to the same page for more than three months. If longer exhibit periods are required, changing the opening substantially can be useful in preventing damage.

Encapsulation is a technique most often used when paper is too thin or deteriorated to be hinged safely or when it is not acceptable or desirable to adhere hinges to an item.

Encapsulation is also a useful support technique for oversized or oddly-shaped single-leaf items (such as posters, panoramic photographic prints or newspaper clippings) which are often impractical to mat and frame. Encapsulation can also be used to hold UV filtering polyester film in place if an item requires extraordinary protection from exposure to ultraviolet light. And it is a useful technique for preparing items that can be safely mounted on the walls of exhibition cases. Nonadhesive techniques are preferred methods for sealing encapsulations. If pressure sensitive adhesive tape is used for encapsulation, care should be taken to prevent items from shifting and coming into contact with the adhesive. Adhesive tape encapsulation should not be used on items to be displayed vertically that are too bulky or heavy to be supported by static cling, for example, pamphlets or items on cardboard mounts or supports, because there is a risk of the adhesive bond failing. Whenever possible a sheet of paper with an alkaline reserve should be included inside the encapsulation to reduce the effects of acid degradation.

Matting, glazing and framing are recommended for items that are to be displayed outside exhibit cases on the walls of exhibition areas.

Any extremely rare, valuable, or vulnerable items to be exhibited on a temporary basis should be viewed by a conservator for advice on display technique. Pins and thumb-tacks should not be used to mount items on exhibit case walls. Overlapping exhibition items or placing exhibit labels or opaque book weights on exhibition items promotes differential damage from light exposure and is not a recommended display technique. While exhibitions as defined in this standard are short term (no longer than 52 weeks), materials used for encapsulating, matting, or framing items for exhibit sometimes are retained when the items are returned to storage. If this is the practice, such housings should comply with commonly accepted long-term storage practices.

APPENDIX B

Materials Used in Construction of Exhibit Cases

(This Appendix is not part of the American National Standard Environmental Conditions for Exhibiting Library and Archival Materials, ANSI/NISO Z39.79-2001. It is included for information only.)

B-1. Generally Recognized as Safe to Use

Adhesives and Tapes

Certain acrylics (e.g., Acryloid F-10, B-72, and B82; Rhoplex AC-33 and AC 234)
Transparent acrylic adhesive on polyester tape carrier (e.g., Scotch Brand Tape #415)
Acrylic contact cements
Certain two-part epoxies (e.g., Epo Tek 301-2; Hxtal NYL-1)
Certain polyvinyl acetate (PVA) emulsions (e.g., Jade No. 403)
Certain ethylene/vinyl acetate copolymers (EVA) (e.g., Beva 371)
Certain hot melt glues
Animal glues (may stain)
Starch paste (rice; wheat)

Foams

Polyethylene (PE) (e.g., Ethafoam; Polyplank; Polyfoam)
Cross-linked polyethylene (e.g., Plastazote; Volara)
White, extruded plank (not expanded bead) polystyrene (e.g., Styrofoam)
Ethylene/vinyl acetate copolymers (EVA foam) (e.g., Evazote; Volara)
Polypropylene (e.g., Microfoam)
Silicone

Miscellaneous

Glass
Ceramics
Neutral silicone sealant
Rubber sealants without sulfur vulcanizing agents (noncontact) (use after 1 month)
Metals (avoid galvanic corrosion)
Pen with acid-free indelible ink (e.g., Pigma Pens)

Paints, Varnishes, and Stains

Low volatiles, medium barrier:
Acrylic emulsion (exterior or interior)
Vapour barrier paint composed of butadiene-styrene
Acrylic urethane (fully reacted urethane type)
Vinyl acrylic or modified acrylic
Epoxies or urethanes (two component systems)
Few volatiles:
Powder coating (for metals and alloys only)
Poorer barrier:
Shellac (but not bleached shellac)
Alcohol or water-soluble stain

Plastic or Foam Boards

Corrugated plastic boards (e.g., Coroplast; Cor-X; Hi-Core; PolyFlute; Kortek)
Paper-faced, laminated panel board (e.g., ArtCor; Fome-Cor)

Styrene plastic-faced laminated panel board (e.g., ArtCor)
Aluminum sheet laminated to panel board

Plastic Products

Polyethylene (PE)
Polypropylene (PP)
Polyester (polyethylene terephthalate) (PET)
Polystyrene (PS) and modified PS such as:
Acrylonitrile/butadiene/styrene (ABS)
High impact polystyrene (HIPS)
Acrylic
Polycarbonate
Polytetrafluoroethylene (PTFE)

Polymers (Recommended)

Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
Nonsoluble polyamide (Nylon™)
Polycarbonate
Polyethylene
Polyethylene terephthalate
Methyl polymethacrylate (acrylic)
Polypropylene
Polystyrene
Polytetrafluoroethylene (Teflon™)
Polymers that may be used with caution:
Cellulose acetate (some may contain phthalates and may release acetic acid)
Polyvinylidene chloride (PVDC) (stable polymer containing chloride and providing an extremely impermeable film)
Ester-type polyurethane (the more stable of the two types of polyurethane but can stain artifacts by direct contact)
Silicone (Silicone used as a sealant is not compatible in direct contact. Select a sealant that is neutral or, at the very least, alkaline)

Sheet plastics

Best barrier:
Aluminum foil barrier sheeting (e.g., Marvelseal; Marvelguard)
Good barriers:
Polyethylene terephthalate (e.g., Mylar)
Polyethylene (PE)
Acrylics (e.g., Acrylite SDP; Plexiglas)
Polycarbonate (e.g., Cryolon SDP; Lexan; Tuffak)
Air-bubble sheeting (e.g., Aircap; Astro-bubble; Bubble pack; polyCap)
Polytetrafluoroethylene (e.g., Teflon)
Silicone

Textiles

Unbleached cotton and linen
Polyester: woven, spunbonded
Nylon: woven and spunbonded
Acrylic
Hook and loop fasteners (Velcro)

Wires and Tubes

Nylon monofilament (fishing line)
Polyester monofilament (fishing line)

Polyethylene plastic-coated wire
Polyethylene or silicone tubing
Polytetrafluoroethylene (e.g., Teflon)
Glass tubing

Wood

Antique wood (not just old or seasoned)

B-2. Generally Recognized as Unsafe to Use

Adhesives and Tapes

Most epoxies
Polysulphides
Most polyvinyl acetate (PVA) emulsions and solids
Cellulose nitrate
Natural and synthetic rubber cements (most contact cements)

Miscellaneous

Cellulose nitrate
Sand, soil, and pebble (contact with salts)
Acidic silicone adhesive and sealant

Paints, Varnishes, and Stains

High volatiles:
Oil-based paints
Alkyd paints
Oil-modified polyurethane varnish
Epoxies and urethanes (one component)
Chlorinated rubber paints
Polyvinyl chloride (PVC) (for metals and alloys)

Plastic or Foam Boards

Urea formaldehyde impregnated paper laminated panel board (Gatorfoam)
Polyurethane foam board
Polyvinyl chloride foam boards (e.g., Sintra)
Plastic products
Chlorine-containing compounds
Chlorinated rubbers
Rubbers containing sulfur vulcanizing agents

Polymers

Vulcanized rubber (contains sulfur)
Cellulose nitrate
Polyvinyl acetate (PVAC)
Polychloroprene (Neoprene)
Polyvinyl chloride
Ether-type polyurethane
Urea formaldehyde

Sheet plastics

Polyvinyl chloride
Rubber with sulfur vulcanizing agents

APPENDIX C

Materials Used for Physical Supports or Restraints

(This Appendix is not part of the American National Standard Environmental Conditions for Exhibiting Library and Archival Materials, ANSI/NISO Z39.79-2001. It is included for information only.)

C-1. Generally Recognized as Safe To Use

Adhesives and Tapes

Starch paste (rice; wheat)
Methyl cellulose

Foams

Polyethylene (PE) (e.g., Ethafoam; Polyplank; Polyfoam)
Cross-linked polyethylene (e.g., Plastazote; Volara)
White, extruded plank (not expanded bead) polystyrene (e.g., Styrofoam)
Ethylene/vinyl acetate copolymers (EVA foam) (e.g., Evazote; Volara)
Polypropylene (e.g., Microfoam)
Silicone

Miscellaneous

Glass

Papers and Cardboards

Acid-free tissue paper
Archival quality papers (e.g., Permalife paper)
Acid-free mat board
Acid-free corrugated paper board
Acid-free folder stock (e.g., Perma/Dur)
Acid-free honeycomb paper panel

Plastic or Foam Boards

Corrugated plastic boards (e.g., Coroplast; Cor-X; Hi-Core; PolyFlute; Kortek)
Paper-faced, laminated panel board (e.g., ArtCor; Fome-Cor)
Styrene plastic faced laminated panel board (e.g., ArtCor)

Sheet plastics

Polyethylene terephthalate (PET) (e.g., Mylar)
Polyethylene
Acrylics (e.g., Acrylite SDP; Plexiglas)

Textiles

Unbleached cotton and linen
Polyester: woven, spunbonded
Nylon: woven and spunbonded
Acrylic
Hook and loop fasteners (Velcro)

Wires and Tubes

Nylon monofilament (fishing line)
Polyester monofilament (fishing line)
Polyethylene plastic-coated wire
Polyethylene or silicone tubing
Polytetrafluoroethylene (PTFE) (e.g., Teflon)

C-2. Generally Recognized as Unsafe To Use

Adhesives and Tapes

Most epoxies
Polysulphides
Most polyvinyl acetate (PVA) emulsions and solids
Cellulose nitrate
Natural and synthetic rubber cements (most contact cements)

Miscellaneous

Cellulose nitrate
Sand, soil, and pebble (contact with salts)
Acidic silicone adhesive and sealant

Papers and Cardboards

Newsprint
Kraft paper
Cardboard
Glassine
Wrapping paper

Plastic or Foam Boards

Urea formaldehyde impregnated paper laminated panel board (Gatorfoam)
Polyurethane foam board
Polyvinyl chloride (PVC) foam boards (e.g., Sintra)

Restraints

Rubber bands

Textiles

Wool (tarnishes silver)
Fire retardant treatments (disodium phosphate, etc.)
Durable press finishes (urea formaldehyde)

Wires and Tubes

Polyvinyl chloride (PVC) tubing (e.g., some Tygon)
Rubber tubing with sulfur vulcanizing agents
Chloroprene rubber (e.g., Neoprene)

The Getty Conservation Institute

Oxygen-Free Museum Cases

Edited by Shin Maekawa

1998

research in conservation

Chapter 4

Design and Construction of the GCI's Hermetically Sealed Display and Storage Case

Shin Maekawa

This chapter describes the design requirements, the physical principles, the construction details, and the installation of the inert-gas-filled, hermetically sealed display and storage case that was developed for sensitive organic and mineral materials at the Getty Conservation Institute. As detailed in Chapter 1, the production of the case was a project undertaken in collaboration with the Egyptian Antiquities Organization for the conservation of the Royal Mummy Collection at the Egyptian Museum in Cairo (Maekawa and Lambert 1993).

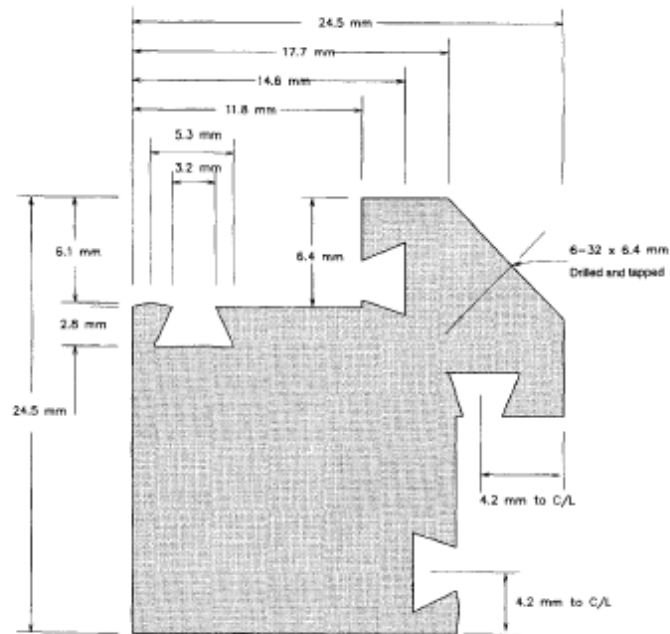
Introduction

Two major approaches can be considered to maintain an inert-gas microenvironment for culturally important artifacts: continuous flushing of the case with the inert gas (a dynamic system) or the use of a tightly sealed case (a static system). The dynamic system requires a rigid case, a continuous gas supply, and active control mechanisms and electronic devices for regulating the conditions in the case. The inert gas that is flushed through the case must be humidified to match the relative humidity of the object to maintain a fixed moisture content in the object. This demands constant control of the gas's relative humidity using a fast-responding sensor. The flushing rate should be minimized, both for the system's safety and for economical operation. This is determined by the leak rate of the case, which is affected by the surrounding environmental conditions (temperature and barometric pressure). The gas supply needs to be serviced and replaced periodically. Although the concept is simple, the problem requires a complex approach. This translates to a high cost of fabrication and maintenance. Therefore, the dynamic system is not suitable for average museums, especially in developing countries, where support for highly technical tasks cannot normally be provided.

The use of these costly and sophisticated mechanical actuators and electronic controls can be avoided if a hermetically sealed (airtight) case, the static system, is fabricated. This case will require very little maintenance and monitoring if its leakage is kept to an extremely small and consistent rate. The case can be produced using existing technologies, such as fused glass, silver soldering, and O-rings. Polyisobutylene and hot-melt butyl are commonly used in the sealed insulated glass industry for sealing glass to glass or to metal. The silver-soldering technology was used in a storage case for the Charters of Freedom of the United States of America (MSB 1951) and the Constitution of Puerto Rico (Passaglia, Brown, and Dickens 1983). The O-ring and gasket technologies are used in the globe box manufacturing industry and for the construction of many hermetically sealed pieces of equipment and have been widely used in the manufacturing of vacuum equipment.

The construction and integrity of the case's hermetic seal depend on environmental conditions, particularly the temperature. If a gallery has little or no climate control, the case's seal needs to be made strong enough to withstand the pressure generated by changes of temperature. Even a minor temperature variation can translate into a major force if the surface area of the case is large. The effort of construction can be significantly reduced if the case can be built without the necessity of considering its internal pressure. This can be achieved either by providing sophisticated temperature and barometric pressure control in the gallery or by attaching a simple pressure-compensation device or bellows to the case. Obviously, the latter is a more attractive approach, considering the wide applicability of the case design to museums, which are often located in historic buildings where the installation of modern climate controls is not possible. Toishi and Koyano have reported successful use of "an air bag attached to an airtight case" in their design of exhibition cases for preserving humidity buffer materials (Toishi and Koyano 1988).

Figure 4.2
Mechanical drawing of the extrusion profile.



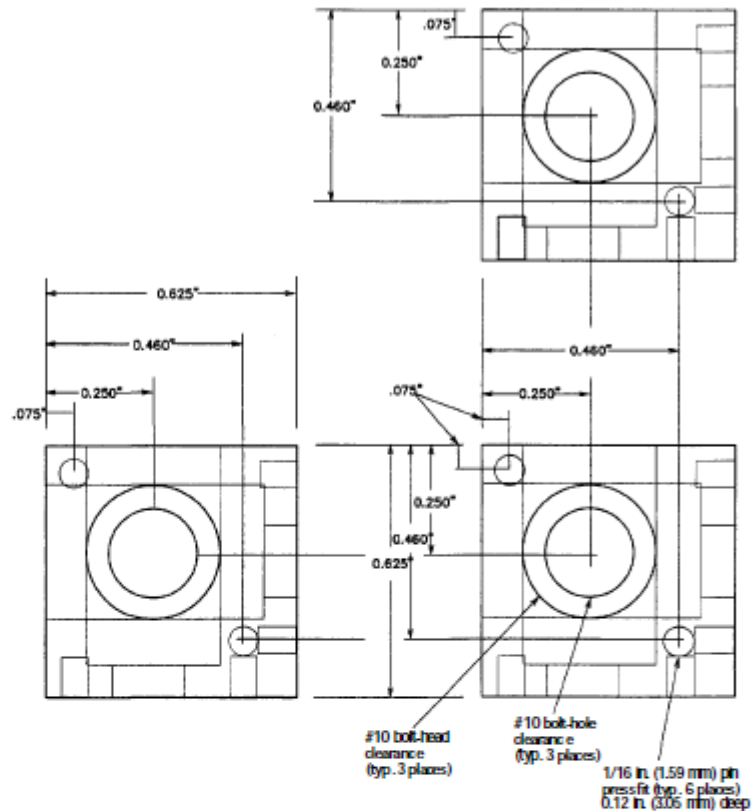
An oxygen sensor and a temperature and relative humidity (RH) sensor/transmitter are placed inside the case and their electrical leads are soldered to a hermetically sealed electrical connector mounted on the aluminum bottom plate. Excitation voltage is supplied to the temperature and RH sensor by its monitor outside the case; similarly, the voltage developed by the oxygen sensor is recorded as the oxygen percentage on its external monitor. The electronic temperature and RH sensor can be replaced by a bimetallic temperature indicator and a synthetic hair-type RH indicator. This both reduces the cost of the accessories and simplifies their installation and operation.

The case can be equipped with a removable U-tube manometer for monitoring pressure in the case while it is purged with nitrogen. (Even small overpressures can threaten the seals in a large case.) A pressure-relief valve can be mounted on the aluminum bottom plate to provide additional safety against overpressure inside the case during purging.

Bellows

A pillow-shaped bellows made of plastic and metal (Fig. 4.9) is connected using an O-ring-sealed male tube connector on one of the corners of the "pillow" to copper tubing that leads to fittings in the aluminum bottom plate. The bellows is made by heat-sealing two rectangles of oxygen barrier film, such as Marvelseal 360 (a laminated film of nylon on aluminized polyethylene) or Filmpak 1193 (ethylene vinyl alcohol-laminated film), at all four edges after holes are carefully cut in the bellows and the tube connector is inserted and tightened. The bellows functions by expanding and contracting during external temperature or barometric fluctuations, thereby preventing any pressure on the seals of the display section. The bellows, whose volume is recommended to be at least one-tenth of the display section's volume for a 25 °C temperature variation in the external

Figure 4.3
Mechanical drawing of a corner
element.



environment, rests directly below the aluminum bottom plate with enough vertical clearance for its expansion. (It must be supported from below to avoid placing any strain on the O-ring seals in its tubing fittings.) A larger bellows is recommended if greater temperature variations are expected where the case is to be located. To avoid leaks arising from stresses on the film or on its seam and O-ring seals, the bellows should be not be twisted or constrained in any way.

Passive control agents

Oxygen Scavenger The commonly used oxygen scavenger Ageless (Fig. 4.10), developed for the packaged-food industries, has been successful in preventing the oxidation of food as well as the growth of microorganisms. It consists of a finely divided iron oxide powder, potassium or sodium chloride, and a zeolite containing water, packaged in an oxygen-permeable plastic packet. Reaction with oxygen of the type of Ageless called Ageless-Z is most rapid at 75% RH, but it is significant even at 45% RH. Ageless-Z contains approximately 3.4 g of water in the Z-1000 packets, which are said to absorb 1000 cc of oxygen. (The packets bear designations from Z-100 to Z-2000 to indicate their oxygen-absorbing capacities. The manufacturer has been putting enough chemical in each packet to react with three times its nominal oxygen capacity, to allow for exposure to ambient air during the placement of the packets in packages.) The

Figure 4.4
Mechanical drawing of a drilled extrusion end
for the corner assembly.

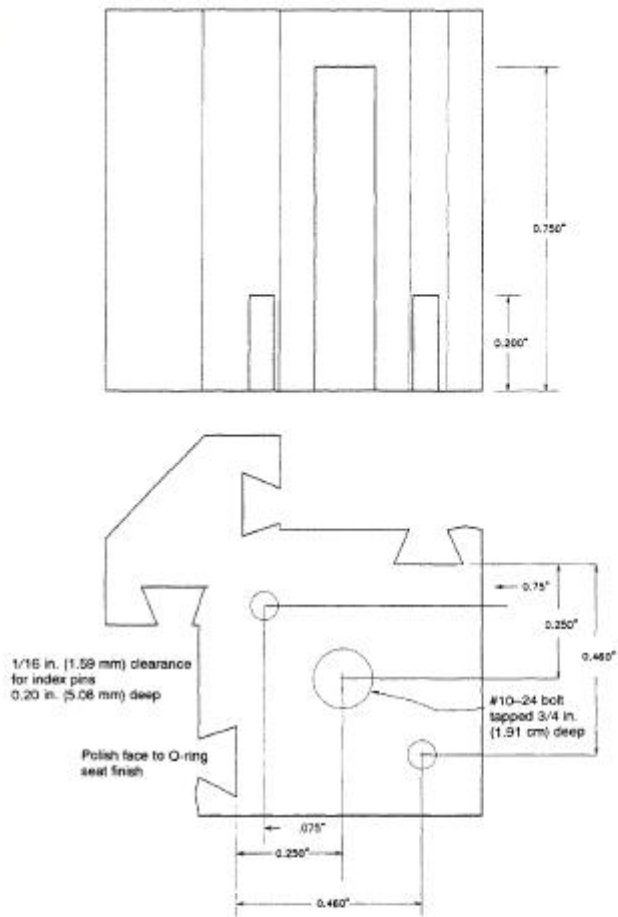


Figure 4.5
Photograph of the corner assembly.

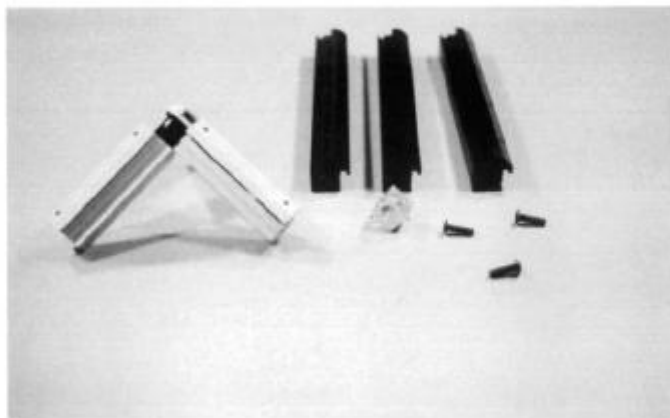
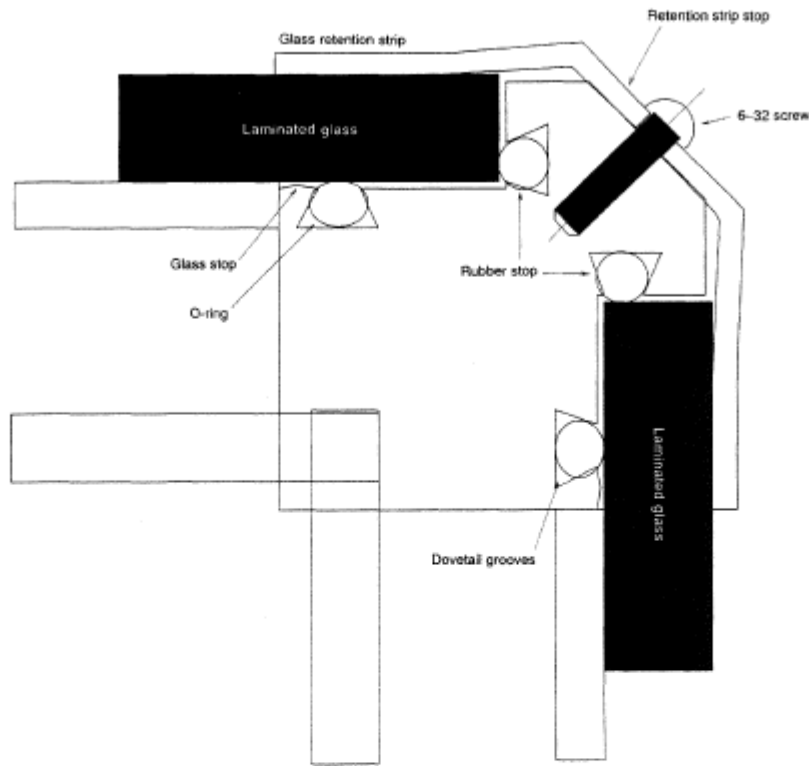


Figure 4.6
Schematic of the hermetic seal.



number of packets that must be placed in the case can be determined from the oxygen leak rate of the case and the desired length of time before the packets need to be replaced. The kinetics of the reaction of Ageless with oxygen in sealed cases are reported by various investigators (Abe and Kondoh 1989; Mitsubishi Gas Chemical Co. 1994; Lambert, Daniel, and Preusser 1993).

Relative Humidity Buffer The case does not need protection from infiltration of moisture from, or loss to, its surroundings because its leak rate is so low. However, moisture can enter or leave the case whenever it is opened, for instance, during replacement of the passive control agents or servicing of the sensors. An oxygen scavenger, such as Ageless, itself contains a small amount of water and the moisture is released over time. The object displayed in the case may not be at its optimal long-term RH level and even multiday purging with nitrogen at this RH does not bring it to that level. Temperature changes in the case result in RH fluctuations. To moderate these rapid fluctuations somewhat and to insure the long-term maintenance of the proper RH, an appropriate amount of humidity buffer should be inserted just before the case is sealed.

Selection of a humidity buffer, such as silica gel, Artsorb, or molecular sieves, must be based on the effectiveness of the material in the RH range at which the objects will be stored, the cost, and the local availability of the products. The amount to be used depends on the volume of the case and the hygroscopic

Figure 4.7
Mechanical drawing of the retention strip.

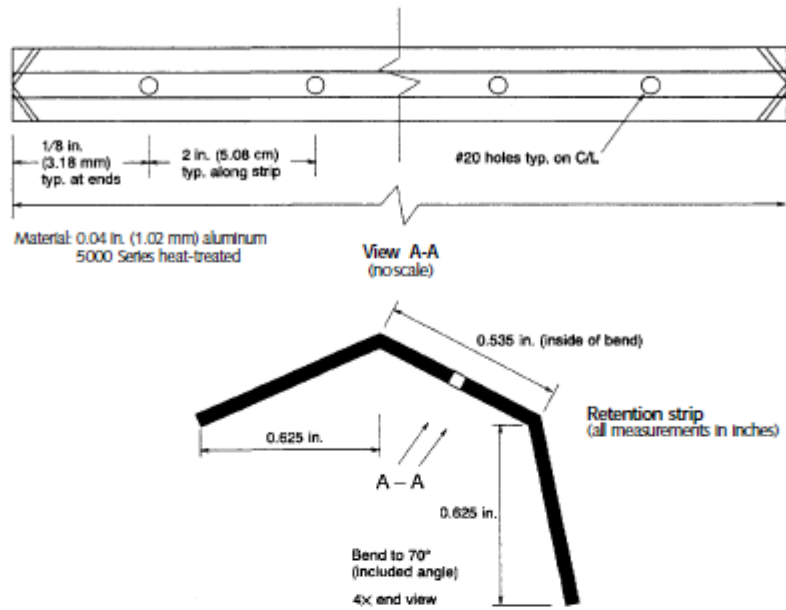
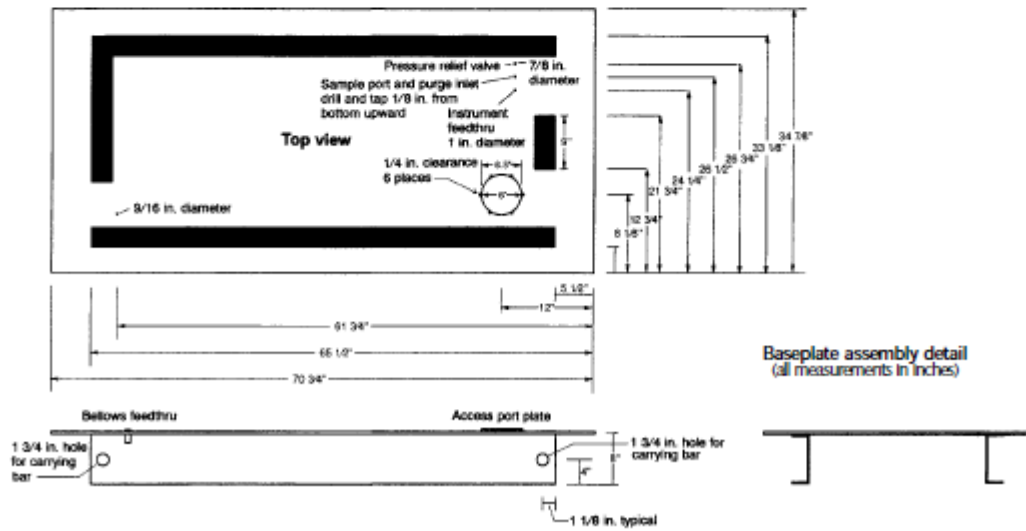


Figure 4.8
Mechanical drawing of the bottom plate.



ANEXO 3

PLANOS DEL SISTEMA (**CONFIDENCIAL**)

REFERENCIA

1. Donald Etherington .Custom enclosures and encasements for historic artifacts.
<http://www.archives.gov/preservation/conference/2005/etherington.ppt> , September 2005. Proceedings of the 19th Annual Preservation Conference. Url last cheked 20011-1-14
2. Nasry Yousef Iskander. Oxygen Free Museum Cases, chapter controlled Environment Cases for the Royal Mummy Collection.
3. Richard Rhorer. Encasement fabrication and testing: Processes and innovations.
<http://www.archives.gov/preservation/conferences/2005/rhorer.ppt> September 2005. Proceeding of the 19th Annual Preservation Conference.
4. Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger 2009. Diseño y desarrollo de productos, Mc Graw Hill.
5. Parker o-ring handbook. http://o-ring.info/en/o-ring/Oring/Handbook/ERIKS_SealingElements_Technical_Handbook_O-rings.pdf, 2007
6. Michael French, Form, Structure and Mechanisms, MacMillan 1992.
7. Eskild Tjalve 1979. A Short Course in Industrial Design, The Technical University of Denmark.