

ESCUELA NACIONAL DE CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y MUSEOGRAFÍA

**“MANUEL DEL CASTILLO NEGRETE”**

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



“BÓVEDAS DE ALMACENAMIENTO, UNA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE FOTOGRAFÍAS”

TESIS QUE PRESENTA  
DOLORES CECILIA SALGADO AGUAYO

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN RESTAURACIÓN DE BIENES MUEBLES**

MÉXICO

2005

# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	15
<b>1 Antecedentes</b> .....	17
1.1 Historia de la construcción de bóvedas para material fotográfico .....	17
1.2 Situación del almacenaje de material fotográfico en México, análisis y perspectivas.....	21
<b>2 Agentes del ambiente y su impacto en el deterioro de las fotografías</b> .....	27
2.1 Humedad y temperatura.....	27
2.1.1 Humedad absoluta y humedad relativa.....	27
2.1.2 Temperatura .....	28
2.1.3 Psicrometría .....	29
2.1.4 Contenido de humedad.....	31
2.1.5 Efectos de la humedad relativa en el deterioro de los materiales fotográficos.....	32
2.1.6 Efectos de la temperatura en el deterioro de los materiales fotográficos .....	36
2.2 Contaminantes y su efecto en las fotografías .....	38
2.3 Deterioro fotoquímico .....	42
<b>3 Parámetros de humedad relativa y temperatura en una bóveda</b> .....	44
3.1 Estándares Internacionales para el almacenamiento de material fotográfico .....	44
3.2 Modelos para evaluar los efectos del medio ambiente en el deterioro de materiales orgánicos.....	47
3.2.1 Ecuación de Arrhenius.....	49
3.2.2 Índice de permanencia (PI) .....	50
3.2.3 Índice de preservación a través del tiempo (TWPI).....	51
<b>4 Metodología para el proyecto de diseño y construcción de bóvedas</b> .....	53
4.1 Etapa I. Planeación y programa de diseño .....	53
4.1.1 Delimitación del alcance y los objetivos .....	53
4.1.2 Preparación del programa formal de diseño.....	54
4.1.3 Costos del proyecto .....	54
4.1.4 Selección del equipo de diseño .....	56
4.2 Etapa II. Proceso de diseño .....	57
4.2.1 Revisiones.....	57
4.2.2 Fases del proyecto de diseño .....	58
4.2.2.1 Revisión del programa por el equipo de diseño .....	58
4.2.2.2 Diseño conceptual o preliminar.....	59
4.2.2.3 Diseño esquemático.....	59
4.2.2.4 Desarrollo del diseño .....	59
4.2.2.5 Documentos de construcción .....	59

4.3	Etapa III. Proceso de construcción.....	60
4.3.1	Fases del proceso de construcción.....	60
4.3.1.1	Cotización .....	60
4.3.1.2	Selección de proveedores .....	60
4.3.1.3	Construcción .....	61
4.3.1.4	Documentación de sistemas.....	62
4.3.1.5	Capacitación del personal.....	62
4.4	Ocupación de la bóveda.....	62
4.4.1	Limpieza y purgado .....	62
4.4.2	Mudanza de la colección a la bóveda .....	63
4.5	Operación y mantenimiento.....	63
<b>5</b>	<b>Diseño y construcción de bóvedas.....</b>	<b>64</b>
5.1	Diseño del inmueble.....	64
5.1.1	Localización .....	64
5.1.2	Cargas y pesos .....	65
5.1.3	Dimensiones.....	65
5.1.4	Recubrimientos aislantes en paredes, techos y pisos .....	66
5.1.4.1	Aislamiento en el exterior del inmueble.....	66
5.1.4.2	Aislamiento del interior de la bóveda, paredes y techos.....	67
5.1.5	Pisos.....	68
5.1.6	Puertas.....	68
5.1.7	Sistema eléctrico.....	69
5.1.8	Prebóveda .....	71
5.2	Monitoreo e interpretación de condiciones ambientales.....	72
5.2.1	Temperatura y humedad.....	72
5.2.1.1	Psicrómetro.....	72
5.2.1.2	Higrómetro de carátula.....	73
5.2.1.3	Termohigrógrafo.....	73
5.2.1.4	<i>Data Logger</i> .....	74
5.2.2	Luz y radiación ultravioleta .....	75
5.2.3	Contaminantes.....	76
5.3	Iluminación.....	77
5.3.1	Luz de día.....	78
5.3.2	Fuentes incandescentes .....	78
5.3.3	Fuentes fluorescentes .....	79
5.3.4	Fuentes de vapor de mercurio y halogenuros de metal .....	79
5.3.5	Fuentes de sodio.....	79
5.3.6	Filtración de radiaciones ultravioleta .....	80
5.4	Filtración de aire y contaminantes.....	80
5.4.1	Remoción de partículas.....	81
5.4.1.1	Filtros mecánicos .....	81
5.4.1.2	Electro-filtros.....	83
5.4.2	Eliminación de contaminantes gaseosos.....	83
5.4.2.1	Filtros de espray de agua.....	83
5.4.2.2	Filtros de carbón activado.....	83

5.4.2.3	Unidades integrales.....	83
5.5	Sistemas de tratamiento de aire (HVAC).....	84
5.5.1	Unidades manejadoras de aire (UMA).....	86
5.5.2	Controles.....	88
5.5.3	Circulación de aire.....	88
5.5.4	Ventilación.....	89
5.5.5	Confiabledad de funcionamiento.....	89
5.6	Control de humedad.....	90
5.6.1	Deshumidificación.....	90
5.6.1.1	Deshumidificación por refrigeración.....	90
5.6.1.2	Deshumidificación con desecantes.....	91
5.6.2	Humidificación.....	94
5.7	Control de temperatura.....	94
5.8	Sistemas de detección y extinción de incendios.....	95
5.8.1	El fuego y su comportamiento.....	95
5.8.2	Sistemas para la detección de humo.....	97
5.8.2.1	Sistemas fotoeléctricos.....	97
5.8.2.2	Ionización.....	97
5.8.2.3	Muestreo de partículas.....	97
5.8.3	Sistemas de supresión de incendios.....	98
5.8.3.1	Sistemas de supresión manual.....	98
5.8.3.2	Sistemas de supresión automática.....	99
5.9	Seguridad contra robo y vandalismo.....	104
5.10	Mobiliario.....	105
<b>6</b>	<b>Monitoreo y manipulación de documentos fotográficos en una bóveda.....</b>	<b>107</b>
6.1	Monitoreo.....	107
6.2	Manipulación.....	107
6.2.1	Tiempo fuera de almacenamiento.....	110
<b>7</b>	<b>Planeación y programa de diseño de una bóveda, aplicación a un caso real.....</b>	<b>111</b>
7.1	Planeación y programa de diseño.....	111
7.1.1	Diagnóstico del Archivo Fotográfico Manuel Toussaint, IIE, UNAM.....	111
7.1.1.1	Antecedentes históricos.....	111
7.1.1.2	Caracterización del acervo.....	112
7.1.1.3	Diagnóstico del inmueble.....	113
7.1.1.4	Diagnóstico del área de almacenamiento.....	114
7.1.2	Análisis costo-beneficio.....	121
7.1.3	Definición del alcance y objetivos de la renovación.....	121
7.1.4	Programa de diseño.....	122
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>128</b>
	<b>Anexo 1. Tabla de encuestas.....</b>	<b>130</b>
	<b>Anexo 2. Calibración de higrómetros.....</b>	<b>137</b>
	<b>Anexo 3. Carta psicrométrica.....</b>	<b>138</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>139</b>



## INTRODUCCIÓN

Del año de 1999 al 2003 trabajé como restauradora en el Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* (AFMT) del Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM. En esas fechas el acervo del archivo constaba de aproximadamente 690,000 fotografías, de las cuales cerca del 80% eran fotografías a color y blanco/negro con soporte de acetato de celulosa. Los registros de las condiciones de humedad relativa y temperatura hechos durante más de siete años en el lugar en donde se almacenaban las fotografías se analizaron con ayuda de un programa de computadora que señaló un índice de preservación a través del tiempo (TWPI)<sup>1</sup> de 45 años, lo cual representaba un nivel de alerta de deterioro clasificado como “peligroso”.<sup>2</sup> Las condiciones ambientales imperantes con fluctuaciones de temperatura y humedad relativa pronunciadas propiciaban el deterioro químico de las fotografías, en especial de los materiales a color que se desvanecen y decoloran a temperatura ambiente en periodos cortos de tiempo. De seguir en estas condiciones, la mayor parte del archivo presentaría desvanecimiento en poco menos de dos generaciones.

Sabemos que la única forma de aumentar considerablemente la permanencia de las colecciones es mejorando las condiciones ambientales de almacenamiento. Generar una propuesta para la creación de un espacio con condiciones ambientales que incrementaran sus “expectativas de vida”, se convirtió entonces, en una prioridad dentro del plan de conservación del acervo.

Las opciones que existen actualmente para almacenar las fotografías en un ambiente frío y seco son las bóvedas con control de humedad relativa y temperatura o las cámaras frigoríficas, refrigeradores y congeladores en los que las fotografías son empacadas en contenedores a prueba de humedad.

Debido a la gran cantidad de fotografías que resguarda el AFMT, la opción de construcción de una bóveda con temperatura baja y control de humedad parecía ser la opción con mayores beneficios a largo plazo.

Comencé buscando información bibliográfica y experiencias en otros archivos para conocer diversos equipos y metodologías usadas en el proceso de diseño y construcción de bóvedas. Para esto realicé una encuesta a 113 instituciones mexicanas que custodian fotografías. Los resultados de esta investigación pusieron en evidencia que en nuestro país no existían bóvedas con parámetros de almacenamiento internacionalmente validados. Simultáneamente visité algunas

---

<sup>1</sup> Uno de los avances más importantes en el campo de la conservación de material fotográfico ha sido la creación de modelos que permiten entender la relación entre las condiciones ambientales y la permanencia del material fotográfico. El TWPI fue desarrollado por el Instituto de Permanencia de la Imagen gracias a una serie de investigaciones basadas en pruebas de envejecimiento acelerado y extrapolación de datos.

<sup>2</sup> Definición según la clasificación propuesta por el Instituto de Permanencia de la Imagen en Rochester Nueva York, en el *Climate Notebook*.

bóvedas en Estados Unidos como la National Gallery, en Washington D.C., el Getty Museum en Los Ángeles, el International Center of Photography (ICP) en Nueva York, la George Eastman House en Rochester y los National Archives and Record Administrations en Maryland.

En los primeros capítulos de la tesis, explico los efectos de las condiciones ambientales en el deterioro químico, físico y biológico de los materiales fotográficos. Además, expongo diversos criterios para determinar los parámetros de humedad relativa y temperatura dentro de una bóveda, como los estándares internacionales y los modelos del TWPI y PI.

Presento, basada en la experiencia de especialistas en construcción de bóvedas, una metodología para su proceso de diseño y construcción.

Dedico un capítulo a la exploración de distintas alternativas de sistemas y equipos para la construcción de bóvedas, presentando sus características básicas, ventajas y desventajas. Éstos seguramente serán superados por nuevas tecnologías en los próximos años por lo que esta tesis deberá complementarse con información actualizada.

Finalmente seleccioné como estudio de caso, el acervo del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint*, para generar un documento correspondiente a la fase de planeación y programa de diseño para la construcción de una bóveda.

El presente trabajo tiene como objetivo exponer información general para quienes deseen construir una bóveda. Mismo que asistirá a las instituciones en la toma de decisiones para su proyecto de diseño y construcción. Cualquier recomendación que aquí se presente deberá ser subordinada a la opinión de especialistas, ya que este documento no trata de ser en ninguna forma sustituto para esos servicios especializados.

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 Historia de la construcción de bóvedas para material fotográfico

Las bóvedas frías o frescas para almacenar material fotográfico son espacios específicamente construidos para mantener condiciones ambientales que garanticen la permanencia de las colecciones.

La idea del almacenamiento en frío para materiales fotográficos procesados ganó credibilidad en 1970 gracias a un artículo de Adelstein, Graham y West publicado en el *Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers*<sup>3</sup>, en el que se demostraba que el almacenamiento de película a color a bajas temperaturas podría reducir significativamente su desvanecimiento y otros problemas de deterioro.

A mediados de 1970 comenzó a hacerse evidente, de manera alarmante, el desvanecimiento de las fotografías a color. Como respuesta al problema se empezaron a construir bóvedas frías como única medida efectiva para retrasar el deterioro de éstas.

Probablemente las primeras bóvedas frías<sup>4</sup> en el mundo con control de humedad relativa (HR) para preservar películas a color fueron las bóvedas del archivo de The Human Studies Film Archive, Smithsonian Institution en Washington, D.C. y las de The Cinematheque Quebecoise en Montreal (1975).<sup>5</sup> La Biblioteca John F. Kennedy construida en 1979 fue la primera en construir una bóveda con condiciones de 0°F (-17°C) y 30% de humedad relativa.<sup>6</sup>

En 1980 el American Film Institute y la Biblioteca del Congreso realizaron una serie de conferencias sobre el almacenamiento en frío de las películas cinematográficas. Durante el encuentro se promovió la construcción de bóvedas.<sup>7</sup>

Desde mediados de los años ochenta se comenzaron a publicar artículos sobre la construcción y operación de bóvedas, sin embargo, fue hasta los años 90's cuando se desarrollaron más investigaciones sobre el efecto del contenido de humedad y la temperatura en el deterioro de las fotografías. Aunque al principio la mayor preocupación era la permanencia de las fotografías a color, se demostró que otros materiales fotográficos como las películas de nitrato y acetato de celulosa no eran capaces de sobrevivir a largo plazo a temperatura ambiente sin sufrir deterioros considerables.

<sup>3</sup> Adelstein, P.Z., C.L. Graham, and L.E. West. "Preservation of Motion-Picture Color Films Having Permanent Value." *Journal of the SMPTE* 79 (November, 1970), pp. 1011-1123.

<sup>4</sup> Se considera bóveda fría si mantiene temperaturas menores a 4°C.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 717.

<sup>6</sup> Wilhelm, H. *The Permanence and Care of Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides, and Motion Pictures*. Grinell: Preservation Publishing Company, 1993, p. 689.

<sup>7</sup> *Ibidem*, p. 692.

A continuación se presentan los parámetros de algunas bóvedas frías y frescas en el mundo.

Archivo	Año de construcción	Temperatura y HR
The National Aeronautics and Space Administration, USA	1963 1982	12.8°C y 50% -18°C y 20%
The Human Studies Film Archive, Smithsonian Institution, USA	1975 1985	3.4°C y 50% 1.7°C y 25%
Québec Film Library en Montreal, Canadá	1975	1.7°C y 35%
The Library of Congress, Maryland, USA	1978	2.8°C y 25%
Biblioteca John F. Kennedy, USA	1979	-17°C y 30% <sup>8</sup>
The Peabody Museum of Archaeology and Ethnology at Harvard University, USA	1979	1.7°C y 25%
Art Institute of Chicago <sup>9</sup> , USA	Bóveda fría para material a color 1982 Bóveda fresca 1997	4.4 °C y 40% 15.5°C y 40%
Smithsonian Institution, Photographic Services, Washington DC, USA	1982	4.4°C y 27%
The Museum of Modern Art, New York, USA <sup>10</sup>	Bóveda fresca 1984 Refrigeradores	15°C y 40% 1.6°C y 30%
The National Archives and Records Administration, USA <sup>11</sup>	1985 1993 Archives II Bóveda fría Bóveda fresca	1.7°C y 30% -3.9 °C y 30% 18.3°C y 35%
Records Center of Kansas City	1986	3.3°C 40%
The Historic New Orleans Collection, USA	Bóveda fría para material a color 1987 Bóveda fría para material blanco y negro	-18°C y 30% -1.1°C y 30%
Canadian Centre for Architecture <sup>12</sup>	1988	12.7°C y 40%

<sup>8</sup> Comunicación personal con James B. Hill, Audiovisual Archives, John Fitzgerald Kennedy Library, USA.

<sup>9</sup> Lee Ann, Daffner. "Survey of Cool and Cold Storage Facilities for Fine Art Photography Collections." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp.152.

<sup>10</sup> *Ibidem*, p. 153.

<sup>11</sup> National Archives and Records Administration [en línea] (<URL <http://www.archives.gov/index.html>>) [consulta: 10 de julio del 2001].

<sup>12</sup> Lee, A. D. *Op. cit.*, p.153.

The Jimmy Carter Library, USA	Bóveda fría para material a color 1990	-18°C y 30%
	Bóveda fresca para material blanco y negro	13°C y 30%
National Gallery of Canada <sup>13</sup>	Bóveda fresca 1991	16 °C y 40%
	Bóveda fría	3.8°C y 40%
National Geographic Society, Whashington DC, USA <sup>14</sup>	1994	4.4°C y 30%
The Fogg Art Museum, Harvard, USA <sup>15</sup>	1993-94	4.4°C y 30%
J.Paul Getty Museum,USA <sup>16</sup>	1996	4.4°C y 40%
The National Archives of Canada <sup>17</sup>	1997	-18°C y 25%
Maison Europeenee Photographie, París, France <sup>18</sup>	Bóveda fresca 1999	18.8°C y 50%
	Bóveda fría	3.8°C y 40%
Amon Carter Museum, Forth Worth <sup>19</sup>	2001	3.3°C y 40%
National Gallery of Art, Washington DC, USA <sup>20</sup>	Bóveda fresca 2002	16.6 °C y 40%
	Bóveda fría	10°C y 40%
Archives du film (Bois-d'Arcy, France		16°C y 50%
Staatliches Filmarchiv, Germany		-7°C y30%
Norwegian Film Institute		-5°C y 20%
Tokio Metropolitan Museum of Photography		5°C y 50%
German Federal Archives in Koblenz		-6°C y 25%
The Museum of Modern Art, New York, USA <sup>21</sup>	2004	
	Bóveda fresca Bóveda fría	9.4- 11.6 °C y 40% -1.1 – 1.6 °C y 35%

<sup>13</sup> *Ibidem*, p. 154.

<sup>14</sup> Siegel, R.E. "Building a Small Cold Storage Vault." Fourteenth Annual National Archives Preservation Conference, (March, 1999) [en línea] (<URL:[http://www.archives.gov/preservation/conferences/cold\\_storage\\_vault.html](http://www.archives.gov/preservation/conferences/cold_storage_vault.html)>).

<sup>15</sup> Lee, A. D. *Op. cit.*, p.154.

<sup>16</sup> *Ibidem*, p. 155.

<sup>17</sup> The National Archives of Canada [en línea] (<URL:<http://www.archives.ca>>) [consulta: 10 de julio de 2001].

<sup>18</sup> Lee, A. D. *Op. cit.*, p.155.

<sup>19</sup> *Ibidem*, p. 156.

<sup>20</sup> Comunicación personal con Constance Mc Cabe, Conservadora de la National Gallery of Art, Washington, D.C., Abril 2002.

<sup>21</sup> Lee, A. D. *Op. cit.*, p.158.

## Capítulo 1



Bóveda en los Archivos Nacionales de Canadá, Gatineau, Quebec.



Vista exterior de las bóvedas Hollywood, Ca. (<URL:<http://www.hollywoodvaults.com>>).



Bóvedas bajo tierra, National Underground Storage, Inc.

Como se puede apreciar en la tabla existen archivos que cuentan con bóvedas a diferentes temperaturas, frías para material a color o blanco y negro con soporte de acetato o nitrato de celulosa y frescas para impresiones en blanco y negro y placas de vidrio.

Corbis, líder global en fotografía digital e imágenes, anunció en abril del 2001 un plan para preservar sus colecciones de fotografía analógica por medio de la construcción de una bóveda en una mina de Pensilvania a 67 metros bajo tierra. Esta compañía perteneciente al dueño de Microsoft, William H. Gates, cuenta con más de 13 millones de fotografías del archivo Bettmann. La mayoría de estos materiales son imágenes a color o blanco y negro con soporte de acetato de celulosa.

Dentro de las minas administradas por la *Iron Mountain/National Underground Storage*, Corbis rentó un área de aproximadamente 929 m<sup>2</sup>, que adaptó para convertirla en una bóveda fría con condiciones ambientales de -20°C y 35% de humedad relativa que permitirán la permanencia de sus fotografías por miles de años.<sup>22</sup> Gracias a su localización la construcción estará a salvo de temblores, huracanes y tornados.

El traslado de los materiales a este lugar provocó la crítica de historiadores, editores e investigadores, quienes no podrán tener fácil acceso al material más que por medios digitales. Sarah Boxer del *New York Times* escribió:

Algunos se preocupan de que la colección está siendo encerrada en una tumba; otros creen que Mr. Gates está salvando un legado fotográfico que está en peligro mortal. Una cosa es clara: éste es un momento importante. Henry Whilhem conservador de material filmico expuso "Éste es el cierre de la era de la fotografía tradicional".<sup>23</sup>

Actualmente en países como EUA existe una industria privada dedicada a la renta y al mantenimiento de bóvedas para albergar diversos archivos en condiciones ambientales controladas, sistemas de monitoreo y seguridad. Algunas de estas bóvedas son construidas en minas bajo tierra.<sup>24</sup> Dentro de las bóvedas más famosas se encuentran las Hollywood Vaults –fundadas en 1985– que rentan bóvedas frescas a 45 °F ( 7.2°C) y 25 % HR, además cuentan con filtros de alta eficiencia, equipo de seguridad y sistemas de extinción de incendios con gas halón. El cliente tiene acceso a sus colecciones las 24 horas al días y se hace responsable de organizarla. También ofrece el servicio de congelamiento en cámaras criogénicas con temperaturas de 0°F (-18°C).

<sup>22</sup> Wilhelm Imaging Research [en línea] (<URL:[http://www.wilhelm-research.com/corbis\\_subzero.html](http://www.wilhelm-research.com/corbis_subzero.html)>) [consulta: 8 de diciembre de 2004].

<sup>23</sup> Sarah, Boxer. "A century's photo history destined for life in a mine.", *The New York Times* (April, 15, 2001).

<sup>24</sup> (<URL:<http://www.ironmountain.com>>), (<URL:<http://www.uvsinc.com>>)

## 1.2 Situación del almacenaje de material fotográfico en México, análisis y perspectivas

En México existen una gran cantidad de instituciones que resguardan materiales fotográficos, entre los cuales se encuentran archivos, museos, bibliotecas, centros culturales, universidades, institutos, etc. Todas estas instituciones enfrentan el reto de conservar su patrimonio fotográfico y tienen como problema común el control de las condiciones ambientales, sobre todo en las zonas con clima cálido húmedo y cálido subhúmedo.

En el mes de mayo del 2001 en el Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM se realizó el encuentro “Frío-Seco, bóvedas para el almacenamiento de material fotográfico” que reunió a una gran cantidad de archivos. El encuentro puso de manifiesto el interés y al mismo tiempo el gran desconocimiento que existe en México sobre este tema y la urgencia de analizar la situación en la que se encuentran almacenados los documentos fotográficos. También quedó claro que la implementación de bóvedas en este país deberá ser un proceso gradual sustentado en un análisis de nuestras condiciones y capacidades.

Con el fin de tener un primer acercamiento a la compleja situación del almacenaje de material fotográfico en el país, se realizó una encuesta utilizando como punto de partida el directorio de “Archivos, fototecas y centros especializados en fotografía” que editó el Centro de la Imagen en el año 2001.<sup>25</sup> El cuestionario se realizó a 113 instituciones, durante el periodo de enero del 2001 a octubre del 2002.

Las preguntas se hicieron pensando en obtener una respuesta tipo “sí-no” y se llavaron a cabo vía correo electrónico o vía telefónica.<sup>26</sup> Esta última opción permitió, en algunos casos, establecer un diálogo con los encargados de las colecciones revelando algunas de las necesidades y problemáticas actuales en torno al almacenamiento de material fotográfico.

Cuestionario:

1. ¿Cuentan con aparatos de monitoreo de condiciones ambientales (termohigrógrafos, *data loggers*, psicrómetros y termohigrómetros)?

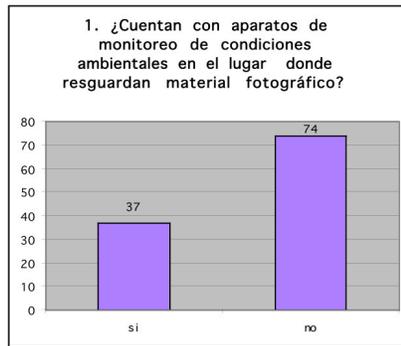
2. ¿Cuentan con equipo para el control de condiciones ambientales en el lugar donde resguardan material fotográfico (aire acondicionado, deshumidificadores)?

---

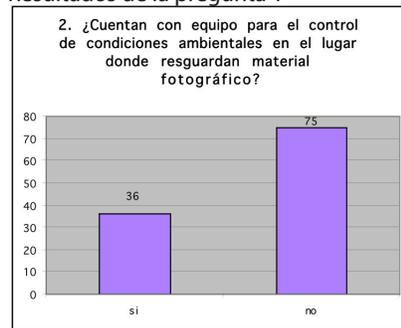
<sup>25</sup> *Directorio de Archivos Fototecas y Centros Especializados en Fotografía*. México: Centro de la Imagen, 2001.

<sup>26</sup> Véase anexo 1. Tabla de encuestas.

## Capítulo 1



### Resultados de la pregunta 1



### Resultados de la pregunta 2

<sup>27</sup> Esta clasificación se basó en la propuesta por el Image Permanence Institute para el programa *Preservation Calculator 2000*.

<sup>28</sup> Esta información no se incluye en la tesis.

<sup>29</sup> Se realizaron visitas a las bóvedas del Archivo General de la Nación, Archivo Histórico de la UNAM- CESU, Centro de Cultura Casa Lamm, Centro de la Imagen, Cineteca Nacional, Filмотeca de la UNAM, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, Archivo Fotográfico Manuel Toussaint, Museo Nacional de Arte, Fototeca Pedro Guerra en Mérida y Museo Regional de Guanajuato-Fototeca Romualdo García.

<sup>30</sup> Las cinco bóvedas frescas pertenecen a: Fototeca Nacional- SINAFO/ INAH, Archivo General de la Nación, Centro de Cultura Casa Lamm, Cineteca Nacional e Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana. La bóveda con temperatura más baja del país al término de esta encuesta es la Cineteca Nacional con un promedio anual de 15°C y 35% de HR.

22

En el caso de ser afirmativa la respuesta de la primera pregunta los archivos se clasificaron de acuerdo a su temperatura en:<sup>27</sup>

- a) Fríos: debajo de 4°C
- b) Frescos: de 5°C a 18°C
- c) Templados: de 19°C a 24 °C
- d) Calientes: de 25°C a 30°C

Si las dos respuestas eran afirmativas se realizó un cuestionario más detallado en el que se preguntaba el tipo de equipos con que contaban para el control y el monitoreo de condiciones ambientales y los promedios anuales de HR y temperatura.<sup>28</sup> En la medida de lo posible se realizaron visitas a estas instituciones.<sup>29</sup>

Resultados de la encuesta:

#### a) Pregunta 1

El 68% de las instituciones no cuentan con equipos para el monitoreo de las condiciones ambientales y el 32% cuentan con algún tipo de equipo para monitorear las condiciones ambientales.

Este resultado señala que la gran mayoría de los archivos, al no tener equipos de monitoreo, no han dado uno de los primeros pasos para el control de condiciones ambientales.

El 8.8% de las instituciones no cuentan con equipos de monitoreo a pesar de que sí tienen equipos de control de condiciones ambientales.

De las 37 instituciones que tienen equipo de medición:

- 0 tienen bóvedas frías
- 5 tienen bóvedas frescas<sup>30</sup>
- 32 tienen bóvedas templadas
- 0 tienen bóvedas calientes

#### b) Pregunta 2

El 67% de las instituciones no cuentan con equipos para el control de condiciones ambientales y el 33% cuentan con algún tipo de equipo.

De las 36 instituciones que tienen equipo para el control de condiciones ambientales:

- 2 archivos tienen deshumidificadores de tipo químico.
- 31 archivos tienen sistemas de aire acondicionado para confort humano y no un sistema pensado para la conservación de las fotografías.

El panorama resulta preocupante al darnos cuenta de que sólo dos instituciones cuentan con deshumidificadores de tipo químico,<sup>31</sup> que sólo cinco logran mantener condiciones frescas y que ninguna alcanza temperaturas frías. Si esta situación sigue así, en pocos años seremos testigos de la pérdida de nuestro patrimonio fotográfico, especialmente de las imágenes a color y de aquellas blanco y negro con soporte de acetato y nitrato de celulosa.<sup>32</sup>

Un aspecto alentador fue comprobar, al finalizar la encuesta, que cerca del 90% de las instituciones tiene acceso a internet, medio de comunicación que permite la difusión y análisis de la problemática de los archivos. Otro punto positivo fue la amplia participación y la rápida capacidad de respuesta del personal responsable de las colecciones, por lo que podemos pensar existe disposición e interés por conservar fotografías y establecer diálogo con otras instituciones. Sin embargo, se mostró falta de información sobre los beneficios de almacenamiento en frío y desconfianza hacia estos métodos, especialmente hacia el almacenamiento en refrigeradores.

Hasta el momento ninguna bóveda para almacenar material fotográfico ha sido diseñada y construida de antemano por un equipo interdisciplinario (arquitectos, ingenieros, conservadores, etc.) trabajando en un proyecto integral. Como consecuencia las bóvedas con las mejores condiciones ambientales (más cercana al clima “fresco”) han sido adaptadas con la adquisición de equipos a través de los años.

Finalmente, de las 113 instituciones, 25 de ellas (21%) respondieron que sí a las dos preguntas. Este número -en realidad bastante bajo- se refiere a las instituciones cuyos responsables tienen algún conocimiento de los efectos ambientales en los materiales fotográficos y cierto presupuesto destinado a la conservación. Cabe entonces preguntarnos ¿cuáles son las causas que propician esta situación?

A pesar de que se han realizado valiosos y numerosos esfuerzos para promover la conservación del material fotográfico en México, existen una serie de problemas que a continuación se describen.

En primer lugar hay que señalar la falta de reconocimiento de la necesidad de conservar el patrimonio fotográfico por el gobierno.

---

<sup>31</sup> Las instituciones son La Cineteca Nacional y la colección formada por Manuel Álvarez Bravo para la Fundación Televisa en Casa Lamm.

<sup>32</sup> A temperatura de 21°C y 50% de HR el tiempo aproximado para el desvanecimiento significativo de la tinta menos estable de una fotografía a color de los años 1990 es de 40 años.

Los responsables de las instituciones gubernamentales deben de entender la importancia, la necesidad y tener nociones básicas de preservación del patrimonio fotográfico para que programas realmente efectivos puedan llevarse a cabo de manera exitosa.<sup>33</sup> Para esto es necesario crear una política cultural enfocada al patrimonio fotográfico nacional. Este punto es de vital importancia, ya que aproximadamente el 60% de los archivos en el país son financiados por el gobierno y son éstos los que deberían servir de ejemplo en materia de preservación.

Una traba importante son las limitaciones económicas y tecnológicas. En nuestro país generalmente los recursos son limitados y muchas veces erráticos. Sin embargo, México es un país con grandes diferencias en cuanto a posibilidades económicas e infraestructura; existen lugares en donde construir una bóveda de alta tecnología sería una labor extremadamente difícil y costosa, y otros en los que sí se puede realizar. No debemos escudarnos en la idea de que somos un país tercermundista y que hay ciertas soluciones a las que no tenemos acceso. Sobre todo, lo que está más lejano del conocimiento de los responsables, es el costo –beneficio de las bóvedas, que a largo plazo, será la solución más económica.

Es necesario realizar un análisis de impacto económico, social y operacional para determinar la viabilidad de un proyecto para la construcción de bóvedas, sin embargo, la mayoría de las instituciones no están preparadas para iniciar estos estudios en función de lograr ayuda económica, tanto por parte del gobierno como de instituciones privadas.

---

<sup>33</sup> Teygeler, R., Gerrit de Bruin, W. Bihanne, and Bert van Zanen. "Preservation of Archives in Tropical Climates. An annotated bibliography by The National Archives of the Netherlands." *Comma* 3:4 (2001).

<sup>34</sup> En respuesta a esta inquietud, en septiembre del año 2002 se creó el Seminario de Conservación y Restauración de Materiales Fotográficos, un grupo independiente que cuenta con el apoyo de la ENCRyM, de la Biblioteca del Museo de Antropología e Historia y del CESU- UNAM, con el objetivo de constituirse como un punto permanente de encuentro para el estudio, investigación, discusión y difusión de la conservación de la fotografía.

Otro problema importante es el acceso a la información. La gran mayoría de los entrevistados preguntaron por fuentes de información. La falta de publicaciones en español obstaculiza la difusión del conocimiento y además propicia ideas y conceptos erróneos. Algunas de las personas entrevistadas tienen la firme creencia de que la humedad y temperatura no afectan de manera importante el deterioro en los materiales fotográficos. Las personas que contaban con más información saben cuál es un ambiente ideal, pero no la manera de alcanzarlo.

Esfuerzos como los que realiza la SINAFO (Sistema Nacional de Fototecas) desde el año 2000 en los encuentros nacionales de fototecas, son un punto de encuentro importante para la difusión e intercambio de información, pero hace falta un medio especializado en conservación de fotografías que proporcione información actualizada y confiable.<sup>34</sup> Este foro contribuiría a resolver el aislamiento profesional que existe actualmente.

También vale la pena reflexionar sobre nuestros métodos de trabajo; la costumbre de tomar decisiones por medio de individuos con poder y no mediante grupos interdisciplinarios y profesionales, impide la realización de proyectos profesionales. Además, la tendencia a resolver los problemas con visión a corto plazo entorpece proyectos que justamente tratan de pensar en la conservación de nuestro patrimonio a largo plazo.

Finalmente, un problema complejo es el de los profesionales especializados. La formación de profesionales en conservación de materiales fotográficos en México existe desde hace ya varios años. Dentro de la licenciatura en la Escuela Nacional de Restauración Conservación y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” se comenzó a impartir desde 1992, y desde 1997 existe estructurada como un seminario-taller. Resulta paradójico saber que aunque el propio INAH ha formado profesionales con educación formal en conservación de materiales fotográficos, a la fecha no existe ningún conservador contratado en los archivos de esta misma institución.<sup>35</sup> La mayoría de los egresados se encuentran ejerciendo en otras áreas y la minoría trabaja en la UNAM o en instituciones privadas que difícilmente pueden funcionar como plataformas para promover un proyecto nacional de largo alcance. Como conclusión, se puede afirmar que hay profesionales altamente capacitados que no están siendo aprovechados.

Aunque para establecer un proyecto de conservación de material fotográfico nacional se requiere de un estudio y análisis más exhaustivo que el que aquí se presenta, es posible proponer las siguientes acciones o líneas de trabajo generales:<sup>36</sup>

- Llegar a acuerdos comunes, objetivos, planes y normas (estándares) nacionales de preservación viables para las distintas regiones del país.
- Mejorar los programas de conservación y fomentar los programas de investigación.
- Promover cooperación entre archivos con el objetivo de lograr eficiencia y ahorro monetario al compartir recursos.
- Proveer un foro de discusión para analizar la problemática actual y difundir los conocimientos en español, generando asesoría profesional permanente.
- Capacitar al personal a cargo de los archivos.
- Promover acciones concretas para priorizar recursos en inversión de equipos. En especial se debe fomentar la adquisición de equipo para generar una política de monitoreo de condiciones ambientales.

---

<sup>35</sup> Al momento de impresión de la tesis, el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, la Fototeca Nacional del INAH y la Biblioteca del Museo de Antropología e Historia cuentan con restauradores egresados de la ENCRyM.

<sup>36</sup> Algunos puntos están basados en el documento “Towards a European Preventive Conservation Strategy” disponible en (<URL:<http://www.icrom.org>>).

- Incrementar la importancia de la conservación a niveles políticos, influyendo en la opinión y decisión de las instancias de poder institucional.
- Incrementar el intercambio a nivel internacional de profesionistas, por medio de cursos, becas, estancias, intercambios y contactos.
- Fomentar la contratación en instituciones de profesionales de la conservación de fotografías.

## 2 AGENTES DEL AMBIENTE Y SU IMPACTO EN EL DETERIORO DE LAS FOTOGRAFÍAS

Para aumentar la permanencia de los acervos fotográficos, además de instaurar políticas y acciones directas para la prevención de siniestros, robos, vandalismo, deben evitarse formas más lentas y sutiles de deterioro químico que provocan cambios a nivel molecular, difíciles de percibir a corto plazo pero que, a fin de cuentas, determinan la permanencia de las fotografías. Los agentes ambientales que causan estos deterioros pueden dividirse en cuatro : humedad, temperatura, contaminación e iluminación.

En este capítulo se explica la naturaleza de estos agentes, las formas de medirlos y la serie de deterioros que provocan en los materiales fotográficos.

### 2.1 Humedad y temperatura

#### 2.1.1 Humedad absoluta y humedad relativa

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente; es el agente más difícil de controlar y a su vez es el más relevante ya que determina el contenido de humedad de las fotografías, del cual dependen las reacciones químicas de degradación, el ataque biológico y algunos cambios físicos indeseables.

La humedad puede medirse de dos maneras: humedad absoluta y relativa. La primera es la masa de agua contenida en cierta masa de aire.

$$Y = \frac{mv}{mg}$$

Y= Humedad absoluta

mv= Masa de vapor de agua

mg= Masa de gas

Su valor se expresa en g/m<sup>3</sup>. Para fines de preservación este concepto es de poca utilidad pues no considera a la temperatura y no indica el contenido de humedad de los materiales. Por ejemplo, en una bóveda cerrada, con 10g/m<sup>3</sup> de humedad absoluta y temperatura de 30°C, el ambiente y los materiales fotográficos estarán secos debido a que el aire caliente puede contener una gran cantidad de vapor de agua. Si este mismo aire se enfría a 10°C, el vapor de agua se acercará al punto de condensación, el ambiente se volverá húmedo y el contenido de

humedad de las fotografías aumentará. Por lo tanto, lo indicado en conservación es usar una medida de humedad relacionada con la temperatura. A esta medida se la conoce como humedad relativa y es la cantidad de vapor de agua en un volumen de aire, comparada con la máxima cantidad de humedad que éste podría contener en condiciones de saturación, a una misma temperatura. Se expresa en forma de porcentaje con la siguiente fórmula:

$$HR = \frac{v}{m}(100\%)$$

HR= Humedad relativa

v = Cantidad de vapor de agua en un volumen dado de aire

m= Máxima cantidad de vapor de agua que el aire puede contener a esa temperatura.

Este valor determina el comportamiento de los materiales higroscópicos con relación a la humedad del aire que los rodea y muestra la capacidad del aire para promover la absorción o desorción de humedad de los materiales. En un volumen de aire, si no se agrega o retira nada de agua, la relación entre humedad relativa, temperatura y contenido de humedad en los materiales se puede simplificar de la siguiente forma:

Conforme disminuye la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad de las fotografías aumenta.

Conforme aumenta la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad de las fotografías disminuye.

### 2.1.2 Temperatura

El concepto de temperatura tiene su origen en las sensaciones físicas de lo caliente y lo frío. La temperatura es una medida de energía térmica; del movimiento aleatorio de las moléculas de una sustancia en equilibrio térmico.<sup>37</sup> Las moléculas en movimiento colisionan y causan cambios químicos, por lo que entre más alta sea la temperatura, las reacciones de deterioro en los materiales fotográficos serán más rápidas.

Existen diferentes escalas para cuantificar la temperatura, la más usada es la Celsius o centígrada (°C), basada en la temperatura de cambios de fase del agua, en la que a 0°C es el punto de congelación del agua y a 100°C es el punto de ebullición a nivel del mar. La escala Fahrenheit (Estados Unidos) señala 32°F en el punto de congelación del agua y 212°F en el punto de ebullición. Estas dos escalas son relativas ya que el cero fue fijado de manera arbitraria. El sistema

---

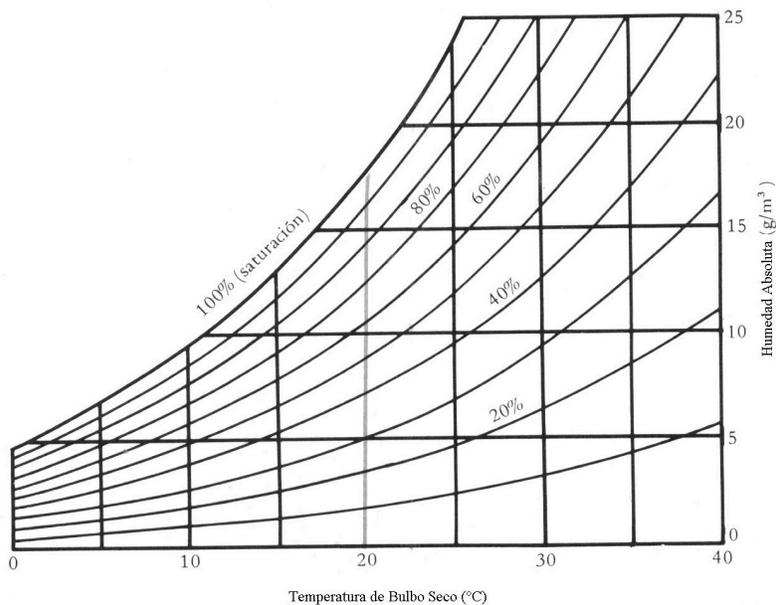
<sup>37</sup> Himmelblau, David. *Balances de materia y energía*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1988, p. 33.

inglés usa la escala Kelvin que se considera como temperatura absoluta cuyo cero es la temperatura más baja que puede existir de acuerdo con leyes de la termodinámica. En esta escala, el punto de congelación del agua es de 273 K y el de ebullición es de 373 K.<sup>38</sup>

### 2.1.3 Psicrometría

Para conocer las tendencias de la humedad relativa con relación a la temperatura dentro de una bóveda, es necesario considerar las propiedades termodinámicas del aire y su interacción con el vapor de agua, a esta relación se le conoce como psicrometría. El análisis psicrométrico considera al aire como un gas compuesto de aire seco y vapor de agua.<sup>39</sup>

La carta psicrométrica es la representación gráfica del contenido de vapor de agua en el aire a determinada temperatura y presión barométrica. La gráfica más simple nos muestra la relación entre tres factores: temperatura de bulbo seco, humedad absoluta y humedad relativa. El eje X es la temperatura del bulbo seco; es decir, la temperatura del aire registrada con un termómetro común. El eje Y es la humedad absoluta expresada en g/m<sup>3</sup>. Las curvas del diagrama muestran la humedad relativa que resulta de las variables anteriores, con intervalos de 10%.



Carta psicrométrica simplificada.

La carta psicrométrica muestra los cambios que ocurren en el aire al modificar sus condiciones iniciales de humedad y/o temperatura.

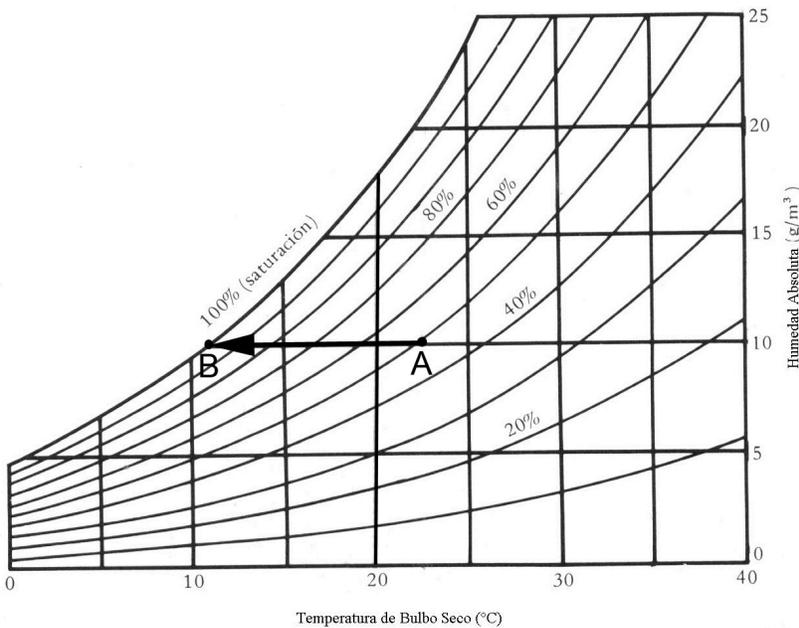
Una versión más compleja de la carta psicrométrica incluye propiedades termodinámicas como la tasa de humedad, la temperatura de bulbo húmedo y de punto de rocío, la presión de vapor y la entalpía (véase anexo 3).

#### Tasa de humedad (*humidity ratio*)

El valor de la humedad absoluta considera el volumen de aire como g/m<sup>3</sup> y por lo tanto siempre incluye un rango de error de aproximadamente 2%, pues el aire se expande al calentarse. Por esto, las cartas psicrométricas estandarizadas usan la medida de tasa de

<sup>38</sup> *Ibidem*, p. 35.

<sup>39</sup> Cargocaire Engineering Corp. *The Dehumidification Handbook*. Massachusetts, USA: Munters Cargocaire, 1990, p. 6.



En un espacio cerrado con humedad absoluta de 10 g/m<sup>3</sup>, temperatura de 25°C y 50% de humedad relativa (punto A); se quiere bajar la temperatura hasta llegar a los 10 °C. Si se siguen los ejes correspondientes, la carta psicrométrica nos mostrará a qué temperatura ocurrirá la condensación de la humedad (punto B). En términos prácticos esto nos indica que dentro de una bóveda esta disminución de temperatura no debe hacerse si no se tiene un deshumidificador.

proporcional al número de moléculas que contiene. En psicrometría se conoce como presión de vapor a la ejercida por las moléculas de agua contenidas en el aire.<sup>41</sup> En la carta psicrométrica aparece a la derecha como una escala paralela a la tasa de humedad. Para el diseño del equipo de aire acondicionado esta propiedad es importante ya que las diferencias en la presión de vapor causan que el vapor de agua se difunda de un lugar a otro.

### Entalpía

La entalpía de una muestra cuantifica el calor total contenido en el aire. El calor total es la suma de dos componentes: el calor sensible más el calor latente. El primero es la energía del aire medida por un termómetro de bulbo seco, el segundo es la energía requerida para evaporar el agua que está contenida en el aire. El calor total determina la energía necesaria para cambiar las condiciones del aire de su estado inicial a las condiciones deseadas, lo que determinará la capacidad del equipo de aire acondicionado.<sup>42</sup> En la carta psicrométrica la entalpía comienza con un valor de 0 a 0°C y se mide en escala de kilojoules por kilogramos (kJ/kg). Las escalas de entalpía se encuentran en dos de los lados de la carta psicrométrica. Para encontrar su valor hay que trazar una línea diagonal que las una.

### Temperatura de bulbo húmedo

Es la temperatura en que sucede la evaporación. Se mide con un

humedad que expresa el peso del vapor de agua entre el peso del aire seco (g/kg). En la carta psicrométrica la tasa de humedad se encuentra en el eje Y.

### Temperatura de punto de rocío

Es la temperatura en que la humedad del aire comienza a condensarse. En la carta psicrométrica corresponde a la curva que señala 100% de humedad relativa (también se conoce como la curva de saturación).<sup>40</sup>

### Presión de vapor

<sup>40</sup> Harriman, L., Brundrett, G., Kittler, R. *Humidity Control Design Guide for Commercial and Institutional Buildings*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 2001, p. 46.

<sup>41</sup> Cargocaire Engineering. *Op. cit.*, p. 6.

<sup>42</sup> Harriman, L. *Op. cit.*, p. 49.

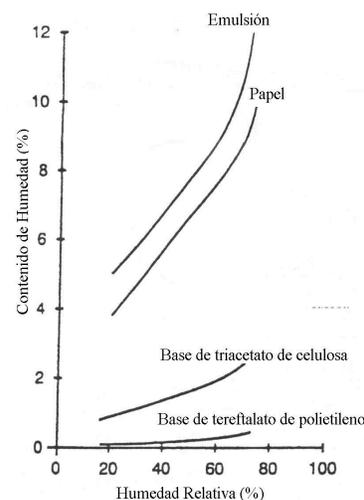
termómetro común, pero que en su extremo sensor (bulbo) tiene envuelta una gasa húmeda. Al exponerlo a un flujo de aire, parte del agua se evapora. Para lograr este cambio de estado, el agua absorbe la energía del bulbo y del ambiente. Entre más energía absorba el agua de la gasa al evaporarse, menor será la temperatura registrada por este termómetro. La evaporación será más rápida si la humedad relativa del aire es baja y viceversa.<sup>43</sup> En la carta psicrométrica la temperatura de bulbo húmedo está expresada por líneas diagonales que se cruzan con las líneas de temperatura de bulbo seco en la curva de saturación.<sup>44</sup>



La humedad se condensa cuando el aire se enfría debajo de su temperatura de rocío.

### 2.1.4 Contenido de humedad

Las condiciones ambientales modifican el contenido de humedad de los objetos higroscópicos como las fotografías. La relación de humedad relativa ambiental con el contenido de humedad de los materiales es compleja debido a la distinta naturaleza de los componentes de las fotografías. Los estratos de naturaleza higroscópica como la gelatina, el papel, la albúmina, etc., tienen afinidad por el agua, por lo que su contenido de humedad depende principalmente de la humedad relativa del ambiente en que se encuentren. Por ejemplo, cuando una capa de gelatina está en equilibrio con un ambiente a 50% HR, contiene un 8% en peso de agua. Si la HR sube a 80%, la gelatina alcanzará el equilibrio con un 12% en peso de agua.<sup>45</sup>



Estos materiales se comportan como esponjas y buscan el equilibrio con la humedad relativa ambiental por medio de la absorción y evaporación de moléculas de agua. Si la humedad relativa sube, absorben gran cantidad de agua y evaporan sólo una pequeña porción; si el ambiente es seco, liberan más agua de la que absorben y su contenido de humedad disminuye. Esto ocurre hasta alcanzar el equilibrio, es decir hasta que la cantidad de agua absorbida sea igual a la evaporada.<sup>46</sup> La velocidad a la cual se alcanza el equilibrio depende de la velocidad a la cual el agua se difunde en el material y de la masa del objeto.

Curvas de equilibrio de humedad para diferentes materiales constitutivos de las fotografías (Aldestein, 1973).

Gráficamente podemos evaluar esta relación por medio de la curva de equilibrio de humedad que relaciona el contenido de humedad con la humedad relativa.<sup>47</sup>

<sup>43</sup> Cargocaire Engineering. *Op. cit.*, p. 7.

<sup>44</sup> Harriman, L. *Op. cit.*, p. 47.

<sup>45</sup> Reilly, J.M. *Storage Guide for Color Photographic Materials*. Albany: The University of the State of New York, 1998, p. 11.

<sup>46</sup> *Ibidem*, p. 17.

<sup>47</sup> Bigourdan, J.-L., P.Z. Adelstein, and J.M. Reilly. "Moisture and Temperature Equilibration: Behavior and Practical Significance in the Photographic Film Preservation." *La Conservation: Une Science en Evolution* ARSAG (Paris, April 21-25, 1997), p. 154.

El equilibrio entre el contenido de humedad de los materiales y la humedad relativa del ambiente también está influenciado por la temperatura y presión. A menor temperatura, mayor será el contenido de humedad de los materiales fotográficos aunque la humedad relativa no cambie.<sup>48</sup> Para mantener constante el contenido de humedad en una fotografía con aglutinante de gelatina, la humedad

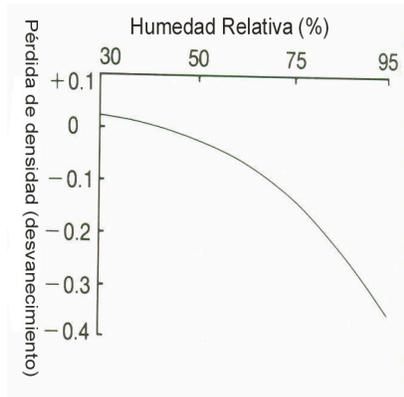
<sup>48</sup> Adelstein, P.Z., J.-L. Bigourdan, and J.M. Reilly. "Moisture Relationships of Photographic Film." *Journal of the American Institute for Conservation* 36:3 (Fall/Winter, 1997), p. 197.

relativa debe reducirse de 3-4% por cada 10°C que disminuya la temperatura.<sup>49</sup> Del contenido de humedad en el material fotográfico depende la ocurrencia de deterioros físicos, químicos y biológicos.

### 2.1.5 Efectos de la humedad relativa en el deterioro de los materiales fotográficos

Los deterioros que ocurren a diferentes niveles de humedad relativa pueden agruparse de la siguiente manera:<sup>50</sup>

- a) Humedad relativa baja: 0-30%
- b) Humedad relativa media: 30-50%
- c) Humedad relativa alta: 50-100%



Relación entre humedad relativa y desvanecimiento de la imagen en impresiones de albúmina, (Reilly, James, 1986).

Cada nivel representa riesgos y posibles deterioros de los materiales fotográficos. Por su naturaleza y tipo de alteración que causan, los deterioros se clasifican en químicos, físicos o biológicos.

#### 1. Químicos

Al aumentar la humedad relativa, aumenta el contenido de moléculas de agua en las fotografías. En estas condiciones se aceleran las reacciones de oxidación e hidrólisis, que afectan a todos los estratos de las fotografías y causan el desvanecimiento de la imagen de plata (sobre todo en fotografías con plata de origen fotolítica) y de los colorantes. También favorece la formación de "espejo de plata"<sup>51</sup> en la superficie de las fotografías (en especial en las de aglutinante de gelatina<sup>52</sup> e imagen de plata filamentaria). Lo anterior se debe a que la plata iónica en el aglutinante con mayor contenido de humedad tiene más posibilidad de migrar y redepositarse en la superficie.

El azufre, presente en el aire, proveniente del fijador (por un mal lavado o por el uso de fijadores agotados durante el procesado) o incluido en la estructura misma del aglutinante (como el azufre de la albúmina), oxida rápidamente a las partículas de plata de la imagen en presencia de humedad, causando su desvanecimiento.

En las fotografías a color, la humedad promueve reacciones de hidrólisis, que atacan los enlaces de los tintes, dañando su estructura molecular. Esta transformación ocurre en cada molécula; conforme sean más las moléculas afectadas, el desvanecimiento se volverá evidente a simple vista como cambios de densidad o color. En general los tintes amarillos se desvanecen más rápido que los magenta y cian.

En presencia de humedad las capas de gelatina son permeables

<sup>49</sup> McCormick-Goodhart, M. "The Allowable Temperature and Relative Humidity Range for the Safe Use and Storage of Photographic Materials." *Journal of the Society of Archivists* 17:1 (1996), p. 10.

<sup>50</sup> Reilly, J.M. *Care and Identification of Nineteenth-Century Photographic Prints*. Rochester, NY: Eastman Kodak Co., 1986, p. 83.

<sup>51</sup> El espejo de plata consiste en la oxidación de las partículas de plata y la subsecuente migración de iones de este metal a la superficie del aglutinante de gelatina en donde se depositan formando una capa brillante de plata y/o sulfuro de plata.

<sup>52</sup> La gelatina es más higroscópica que la albúmina o el colodión.

a los ácidos, álcalis y oxidantes que provocan su hidrólisis y reblandecimiento.<sup>53</sup> Sin embargo, los mayores problemas en los aglutinantes de las fotografías son de naturaleza biológica y física.

En los soportes plásticos de nitrato y acetato de celulosa, el agua promueve la desesterificación de ambos polímeros (hidrólisis ácida) y la consecuente liberación de grupos nitro ( $\text{NO}_2$ ) y acetyl ( $\text{CH}_3\text{CO}$ ) respectivamente. En presencia de humedad estos grupos se combinan con agua dando lugar a los ácidos nítrico y acético. El ácido nítrico es sumamente oxidante. El ácido acético es menos oxidante que el nítrico pero aún así promueve el desvanecimiento de los tintes de la fotografía a color y origina el deterioro auto catalítico del soporte de acetato de celulosa conocido como síndrome del vinagre. También afecta al aglutinante de gelatina. Además, el soporte plástico de acetato de celulosa se encoge por la pérdida del plastificante y porque el ácido rompe las cadenas del polímero dejando moléculas más pequeñas. Debido a que la gelatina no acompaña el encogimiento del soporte de acetato de celulosa se forman ampollas entre la capa de aglutinante y el soporte. El plastificante migra y se deposita en forma de cristales sobre ambas superficies de la fotografía, entre el aglutinante o la capa antibucle y el soporte.<sup>54</sup>

En impresiones fotográficas con soporte de papel la humedad promueve la hidrólisis de la celulosa del soporte y la migración de cualquier contaminante hacia la capa de aglutinante que contiene a la imagen.

El vidrio usado como soporte en las placas de colodión o gelatina o como protector de fotografías, es susceptible al deterioro por humedad. Sus productos de descomposición son alcalinos<sup>55</sup> y pueden saponificar el barniz de las placas húmedas al colodión, provocar espejo de plata y reblandecer las capas de colodión o gelatina provocando su desprendimiento. La presencia de manchas blanquecinas se debe a la acumulación de sales o al agrietamiento del vidrio, en cuyos intersticios existe vapor de agua.

Estos procesos de deterioro disminuyen su velocidad y algunos podrían detenerse bajando la humedad relativa. El rango de HR para almacenar a largo plazo fotografías con soporte de papel y plástico es de 20% a 50% y para fotografías con soporte de vidrio es de 30 a 40%.<sup>56</sup>

En humedades relativas medias o bajas, la gelatina se comporta como una barrera a la difusión de gases contaminantes, pero la HR no debe bajarse demasiado pues se provocan deterioros de tipo físico, como se verá en otro apartado.



Delaminación del aglutinante de gelatina sobre vidrio, por efectos de temperatura y humedad relativa alta, archivo Pedro Guerra, Yucatán.

<sup>53</sup> Reilly, James M. *IPI Storage Guide for Acetate Film*, Rochester, NY: Image Permanence Institute, 1993, p. 17.

<sup>54</sup> *Ibidem*, p. 10.

<sup>55</sup> El agua interactúa en la red cristalina del vidrio y rompe los enlaces que unen a ciertos cationes, en especial los de sodio y calcio. Éstos se transportan a la superficie del vidrio y al ser altamente reactivos se convierten en hidróxidos. Estas sustancias a su vez atacan los enlaces del sílice.

<sup>56</sup> ISO 18918: 2000 [5]



Deterioro producido por hongos en una impresión fotográfica. Col. Particular.

## 2. Biológicos

El deterioro biológico puede deberse a hongos, bacterias e insectos. El ataque de hongos depende principalmente de la humedad y el de bacterias, de la temperatura. Sin embargo, otros factores como la naturaleza del objeto, luz, ventilación y las prácticas de mantenimiento, determinan la velocidad y magnitud del desarrollo biológico.

Los hongos son organismos eucariontes cuya reproducción asexual es por medio de esporas. Éstas se encuentran siempre en el ambiente. Se transportan en el polvo o en nuestras manos. La activación de las esporas sucede cuando las condiciones ambientales han llegado al punto de rocío y existe condensación en la superficie de la fotografía, o cuando la gelatina ha sobrepasado su temperatura de transición vítrea, es decir, cuando se encuentra en estado de gel y su contenido de humedad aumenta.<sup>57</sup> La germinación de las esporas provocan el crecimiento de la colonia de hongos. Para que la colonia crezca, necesita determinados niveles de temperatura, agua y nutrientes según su especie. Un ambiente oscuro y con aire estático promueve su desarrollo. Los hongos se alimentan de materia orgánica como cuero, textiles, madera, papel y gelatina. Absorben nutrientes simples y solubles del polímero hidrolizado por medio de enzimas.

Los hongos degradan la celulosa del papel (de soportes y guardas). También destruyen la gelatina por ruptura de los enlaces proteicos, convirtiéndola en una sustancia pegajosa y soluble en agua. Desde luego ésto implica daños irreversibles como la pérdida de la imagen. En las fotografías montadas, los hongos también pueden desarrollarse en el adhesivo del montaje. A nivel físico el crecimiento de hifas debilita los soportes. También provocan manchas de colores que resultan de su metabolismo o de la infiltración de hifas coloreadas. En las fotografías a color estas sustancias afectan a los tintes.

Las bacterias se desarrollan si la humedad relativa permanece alta por períodos prolongados<sup>58</sup> por lo que son menos comunes.

La humedad relativa alta favorece el crecimiento y reproducción de insectos, pero éstos no desaparecen al bajarla.<sup>59</sup> Se alimentan de materiales orgánicos presentes en las fotografías y causan deterioros físicos. Sin embargo, pueden afectar químicamente a las fotografías debido a las sustancias que secretan.

## 3. Físicos y mecánicos

Los cambios en el contenido de humedad de los materiales, promovidos por variaciones en la humedad relativa del ambiente,

<sup>57</sup> Florian, Mary –Lou. "Water, Heritage Photographic Materials and Fungi." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp. 60-73.

<sup>58</sup> Reilly, J.M. *Care... Op. cit.*, p. 85.

<sup>59</sup> *Ibidem*, p. 86.

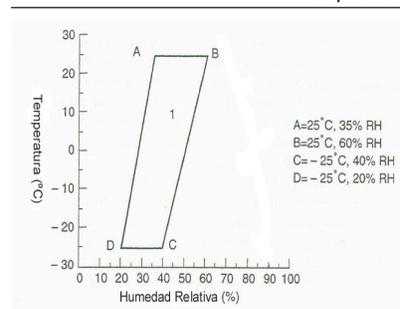
provocan contracción y expansión en los diversos estratos de las fotografías. Cuando los cambios son lentos, graduales y uniformes no afectan la estructura de la fotografía, pero si distintos niveles de expansión y contracción provocan tensiones entre los estratos, ocurren deformaciones en el plano de éstas. El punto a partir del cual las deformaciones causadas por los movimientos de expansión y contracción son irreversibles se conoce como el punto cedente. Los materiales como la gelatina, poliéster, celulosa, acetato y nitrato de celulosa experimentan este punto cuando alcanzan aproximadamente el 0.4% de alargamiento.<sup>60</sup> Al pasar el punto cedente los daños son más graves si las fotografías tienen restricciones de movimiento ya sea por el montaje inadecuado o por su adhesión a materiales con distintos grados de expansión (como las fotografías sobre vidrio).

Cualquier riesgo de daño físico se minimiza con guardas de protección que actúan como amortiguadores de la humedad y retardan el tiempo en que los materiales alcanzan el equilibrio entre humedad relativa del ambiente y su contenido de humedad.

La humedad relativa baja provoca encogimiento y fragilidad de los materiales orgánicos. Propicia rigidez en los soportes y aglutinantes volviéndolos quebradizos. Las albúminas, al perder el agua del aglutinante proteico, se craquelan y el soporte de papel se enrolla, pues la albúmina se encoge más que éste creando tensión en sentido cóncavo. Las microfisuras de las albúminas aumentan de tamaño hasta convertirse en separaciones o craqueladuras que llegan hasta el soporte y se levantan.<sup>61</sup>

La humedad relativa alta provoca el reblandecimiento de la gelatina. Esta capa, al permanecer en contacto con otra superficie, adopta la textura de ésta y sufre modificaciones en su superficie, a este deterioro se le conoce como abrillantamiento (*ferrotyping*) y puede cambiar los valores de densidad en los negativos. El comportamiento de la gelatina ante cambios drásticos de humedad relativa, muestra una histéresis en el proceso de humectación-deshidratación totalmente distinta a la del soporte de papel. El soporte permanece con un alto contenido de humedad por tiempos prolongados, la gelatina disminuye su contenido de humedad drásticamente al concluir un ciclo de humectación y secado. Esto provoca deformaciones en las fotografías de manera temporal e incluso puede causar la separación de la emulsión al soporte. Los vacíos que se crean, generan fuerzas de tensión y compresión que incrementan las fisuras y craqueladuras preexistentes, además favorece la difusión de polvo al interior de la emulsión.<sup>62</sup>

En los soportes de papel, el agua absorbida en periodos de HR altas

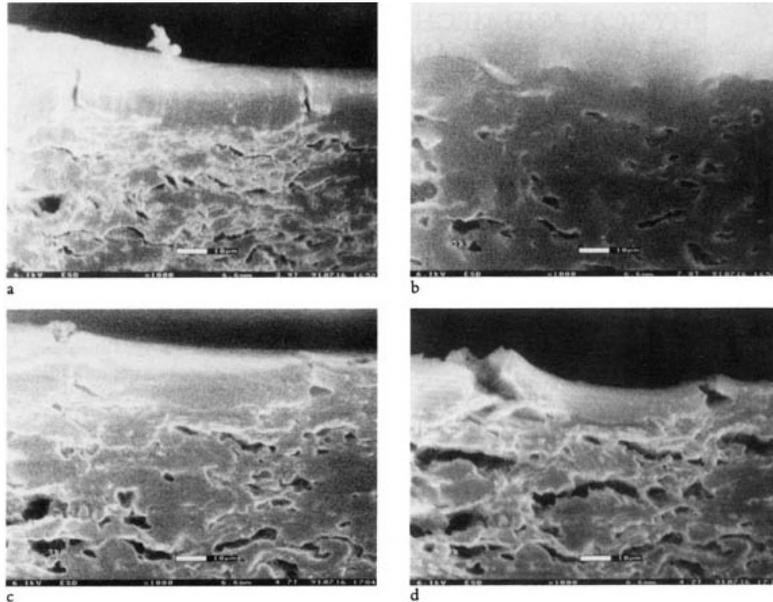


La región 1 señala los parámetros de condiciones ambientales necesarios para que los deterioros físicos en las fotografías con aglutinante de gelatina sean reversibles (M.H. McCormick-Goodhart, 1996).

<sup>60</sup> McCormick-Goodhart, M. "The Allowable Temperature and Relative Humidity Range for the Safe Use and Storage of Photographic Materials." *Journal of the Society of Archivists* 17:1 (1996), pp. 7-2.

<sup>61</sup> Vera, R.S. *La fotografía en albúmina y su conservación. Efectos del proceso de secado sobre las craqueladuras del recubrimiento*. Tesis para optar por el título en la Licenciatura de Restauración de Bienes Muebles, ENCRyM, INAH, SEP, México, 1997, p.56.

<sup>62</sup> Argomedo, P., Díaz, C. *Efectos del lavado acuoso por inmersión de fotografías con emulsión de gelatina*. Tesis para optar por el título en la Licenciatura de Restauración de Bienes Muebles, ENCRyM, INAH, SEP, México, 2000, p.61.



Efectos del agua en una muestra de albúmina (Messier y Vitale 1993), a) corte transversal de una albúmina en E-SEM a 3.9°C y 63% HR, b) muestra en agua, c) muestra en proceso de secado a 80-90%HR, d) muestra seca a 4.2°C y 14% HR.

substituye a los puentes de hidrógeno de las cadenas de celulosa causando un incremento considerable de tamaño (de 5% a 12% aprox.) que genera deformaciones en sentido paralelo a la dirección de fibras.

### 2.1.6 Efectos de la temperatura en el deterioro de los materiales fotográficos

El almacenamiento a bajas temperaturas es necesario para la conservación a largo plazo de materiales fotográficos. El rango de temperatura que a los seres humanos nos es confortable es muy alto para el material fotográfico, en particular para los que tienen soportes plásticos de nitrato y acetato de celulosa y para las imágenes a color. El calor y movimiento aceleran las reacciones químicas y por tanto, los procesos de deterioro. El aumento de energía cinética incrementa la probabilidad de colisiones entre las moléculas que rompen los enlaces y dan lugar a reacomodos estructurales. Este movimiento cesa a una temperatura de cero absoluto. Cada grado que aumente la temperatura es significativo pues acelera el deterioro químico.

Además, conforme la temperatura disminuye la velocidad de la difusión de humedad en una fotografía se hace mas lenta. De manera que el equilibrio de humedad (HR-contenido de humedad) se tarda diez veces más en un congelador que a temperatura ambiente.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Reilly, J.M. *Storage Guide for Color... Op. cit.*, p. 38.

Para las impresiones blanco y negro, la temperatura es menos

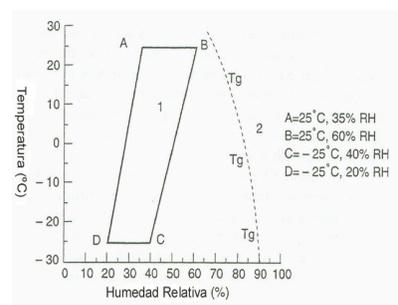
significativa pues el desvanecimiento de la imagen depende mayormente de la humedad. El desvanecimiento de la fotografía a color con tintes orgánicos, en cambio, sí depende de la temperatura. De hecho los archivos que resguardan materiales fotográficos a color deben controlar la temperatura de almacenamiento, bajándola todo lo que sea posible ya que a temperatura ambiente la estructura molecular de los tintes se altera irremediablemente dando lugar al desvanecimiento de la imagen en unas cuantas décadas.<sup>64</sup> Las imágenes blanco y negro con soportes plásticos de nitrato y acetato de celulosa también deben almacenarse en frío.

La temperatura de transición vítrea de la gelatina es un aspecto a tomarse en cuenta para la preservación de las fotografías. Esta temperatura de transición ( $T_g$ ) es una discontinuidad en el rango de cambio del volumen específico con respecto al cambio de temperatura. Se reconoce por los cambios físicos: debajo de la  $T_g$  la gelatina es rígida, por encima de la  $T_g$  la gelatina es suave al tacto. Por arriba de la temperatura de transición vítrea la gelatina pasa del estado sólido al de gel.<sup>65</sup> En polímeros higroscópicos como la gelatina la  $T_g$  cambia significativamente con el contenido de humedad. Entre más alto sea el contenido de humedad, la temperatura a la cual la gelatina cambia de sólido a gel será más baja. Si el contenido de humedad aumenta en exceso, se puede alcanzar la  $T_g$  a temperatura ambiente. Una gelatina muy seca tiene una  $T_g$  a más de 200°C. A 70-75%HR la  $T_g$  ocurre a aproximadamente 22°C. Bajo estas condiciones las fotografías son más susceptibles al deterioro químico, físico y biológico por lo que al almacenar fotografías se debe evitar las condiciones ambientales que provoquen cruzar la temperatura de transición vítrea.

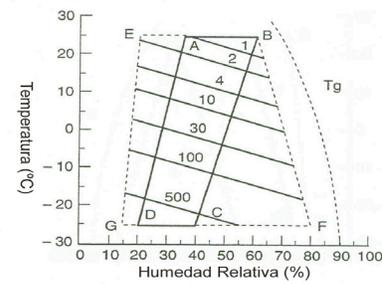
A temperaturas mayores que 25°C el deterioro químico en las fotografías es ya considerable. Las temperaturas menores que -25°C no son de utilidad debido a la reducción drástica del índice de permanencia al sacarlas fuera de estas condiciones para exhibición o consulta.<sup>66</sup>

A temperaturas bajas los materiales fotográficos disminuyen su capacidad de deformación plástica lo que puede ocasionar que se rompan por manipulación inadecuada. Para su manipulación se recomienda usar soportes que eviten que los materiales se doblen o flexionen.

Si el material fotográfico es trasladado de un ambiente frío a uno caliente o templado debe cuidarse que no ocurra condensación en la superficie de las fotografías, protegiéndolas con barreras contra la humedad. Sin embargo bajo condiciones ordinarias no existen daños físicos que sean atribuibles a un *shock* térmico.



La Región 2 muestra las condiciones ambientales en que la gelatina cruza la temperatura de transición vítrea, (M.H. McCormick- Goodhart, 1996).



En esta tabla las condiciones ambientales de 21°C y 50% HR representan una estabilidad que corresponde a 1. Si la temperatura baja a 5°C y 45% HR las fotografías almacenadas serán aproximadamente 10 veces más estables que en el caso anterior. Esta gráfica demuestra qué tan beneficioso es bajar la temperatura, (M.H. McCormick- Goodhart, 1996).

<sup>64</sup> *Ibidem*, p. 11.

<sup>65</sup> McCormick-Goodhart, M. *Op. cit.*, p. 10.

<sup>66</sup> *Ibidem*, p. 11.

## 2.2 Contaminantes y su efecto en las fotografías

Durante las últimas décadas ha aumentado la concentración de gases contaminantes en el ambiente (desechos de la combustión). Aunque el hombre ha contaminado desde que utilizó el fuego para cocinar o calentarse, a partir de la revolución industrial y con la introducción de los vehículos de motor, el aire puro se substituyó por aire contaminado. Las bóvedas construidas en ciudades grandes o en zonas con altos niveles de contaminantes, deben contar con sistemas para filtrarlos o removerlos.

Los contaminantes atmosféricos deterioran rápidamente a los componentes inorgánicos y orgánicos de las fotografías. Aunque la gelatina protege en cierta medida a la imagen, el ataque de los gases contaminantes se agrava en presencia de humedad, pues la mayoría tiende a formar ácidos ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) y se acelera con el aumento de temperatura. El tipo de guardas protectoras también influenciará la manera en que los contaminantes afectan a las fotografías.

### Medición

La cantidad de contaminantes en un volumen de aire puede expresarse en peso o en concentración. El primer tipo, usa microgramos<sup>67</sup> de contaminante por metro cúbico de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). La concentración de gases en cambio se mide en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb).<sup>68</sup> Si el volumen se divide en un millón de partes, cada millonésima es una ppm; si se divide en un billón cada billonésima es una ppb.

### Contaminantes

La contaminación que afecta a las fotografías puede ser sólida o gaseosa.

#### a) Formas sólidas

Son partículas depositadas o suspendidas, transportadas por el viento o por la actividad vehicular. El tamaño de éstas (diámetro) se mide en micrones.<sup>69</sup> Las partículas grandes (más de 15-20 micrones) no se transportan fácilmente de un lugar a otro. Si las partículas son pequeñas permanecen suspendidas hasta depositarse o quedar atrapadas en alguna superficie.<sup>70</sup>

---

<sup>67</sup> Un microgramo es una millonésima de gramo.

<sup>68</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p. 130.

<sup>69</sup> Un micrón o micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) es una milésima de un milímetro.

<sup>70</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p.131.

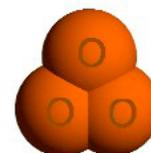
El SIMA (Sistema de información ambiental) considera partículas sólidas al polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen con diámetro de 0.3 a 10  $\mu\text{m}$  que provienen de combustión industrial y doméstica del carbón, combustóleo y diesel; procesos industriales;

incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas.<sup>71</sup> Las partículas sólidas como el hollín son ácidas, absorben dióxido de azufre el cual, en presencia de humedad, da lugar al ácido sulfúrico. Las partículas metálicas como el fierro catalizan reacciones de oxidación de la imagen de plata. Si el lugar de almacenamiento tiene paredes o techos de concreto sin recubrimiento éstos soltarán un polvo fino alcalino de aproximadamente 0.01 micrones. Dentro de las bóvedas también habrán fibras textiles y piel de las personas que favorecen al ataque biológico.

Uno de los principales riesgos de la acumulación de polvo es la abrasión de la superficie de las fotografías. Si las fotografías no cuentan con guardas adecuadas de primer nivel o si se introducen y se extraen con frecuencia de sus guardas, el polvo acumulado causará rayones y abrasiones en la capa de aglutinante. Además, la acumulación de partículas interfiere en la lectura de la imagen fotográfica causando problemas de índole estético.

#### b) Gases

La contaminación gaseosa proviene de emisiones de automóviles, fábricas y de la combustión para obtener calor y generar energía eléctrica. El aire puro es una mezcla gaseosa de 78% de nitrógeno, 20.9% de oxígeno y 1% de compuestos como el argón, el dióxido de carbono y el ozono. La alteración de estas proporciones se considera contaminación atmosférica.<sup>72</sup> Los contaminantes más dañinos y que más abundan en las ciudades y zonas industriales son los oxidantes como el ozono y el dióxido de nitrógeno; y los ácidos como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). En presencia de humedad éstos causan oxidación en los diferentes estratos de las fotografías, que se manifiestan en cambios como pérdida de densidad (desvanecimiento),<sup>73</sup> amarillamiento de la imagen, fragilidad y craquelamiento de los aglutinantes y soportes. Al parecer las impresiones en papel RC son más sensibles al desvanecimiento y decoloración por contaminantes que las de papel de fibra.



Molécula de ozono (O<sub>3</sub>).

#### Gases oxidantes:

El ozono (O<sub>3</sub>) es un gas oxidante formado por una molécula con un enlace π de tres átomos de oxígeno.<sup>74</sup> Es un gas de color azul claro producido por acción de luz solar en la atmósfera superior (donde sirve como protector contra las radiaciones UV). En la atmósfera inferior es un contaminante y se forma por reacciones complejas de gases orgánicos (como hidrocarburos) con óxidos de nitrógeno por influencia de la luz solar. También se genera por aparatos eléctricos que forman campos electromagnéticos y fuentes que emiten longitudes de onda menores de 300 nm., como las de mercurio en máquinas fotocopiadoras. Las concentraciones más altas de ozono

<sup>72</sup> Jáuregui, E. "La contaminación atmosférica." *Ciencia y desarrollo*, 19:109 (1993), p. 53.

<sup>73</sup> Zinn, E., J.M.Reilly, P.Z. Adelstein, and D.W. Nishimura. "Preservation of Colour Photographs: The Danger of Atmospheric Oxidants in the Storage Environment." *La Conservación: Une Science en Evolution ARSAG* (París, 1994), pp. 25-30.

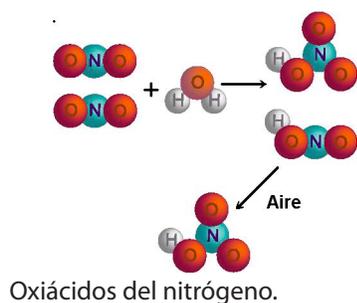
<sup>74</sup> Brown, T., E. Lemay. *Química la Ciencia Central*. México: Prentice-Hall Inc. 3ra edición, 1985.

se producen en zonas de alta densidad vehicular en días de sol.

El ozono es más oxidante que el oxígeno. En presencia de humedad es capaz de oxidar a todos los metales, incluyendo partículas de Ag de la imagen, excepto al oro y al platino. En los compuestos orgánicos el ozono rompe las dobles ligaduras de los enlaces carbono-carbono. En la celulosa puede formar peróxido de hidrógeno al reaccionar con moléculas de agua y oxidar a las cadenas poliméricas.<sup>75</sup> En las fotografías blanco y negro, el ozono promueve la sulfuración y el consecuente desvanecimiento y amarillamiento de la imagen. En las fotografías a color también provoca desvanecimiento de los tintes. Este gas es muy reactivo, reacciona con cualquier superficie con la que entre en contacto o se descompone fácilmente dando lugar al O<sub>2</sub>. Las fotografías con varios niveles de protección (guardas) evitan la acción de este contaminante en las fotografías ya que el O<sub>3</sub> reactivo se descompone oxidando la superficie con la que entra en contacto.<sup>76</sup>

El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas café-rojizo, venenoso y de olor picante. Se genera por combustión a alta temperatura en industrias, en vehículos y tormentas eléctricas. También es muy reactivo, difícil de detectar y controlar dentro de una bóveda ya que no se descompone fácilmente como el ozono.

Al igual que el ozono, rompe las dobles ligaduras de los tintes orgánicos en las fotografías a color o en impresiones de inyección de tinta. En presencia de humedad produce ácidos sumamente corrosivos. Los dos oxiácidos son el ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> y el ácido nitroso HNO<sub>2</sub>.<sup>77</sup>



El ácido nítrico es un ácido inorgánico fuerte y un agente oxidante que corroe metales e hidroliza a la celulosa. Es poco probable que el dióxido de nitrógeno ingrese del exterior hasta la bóveda de almacenamiento, sin reaccionar con algún material o superficie y se convierta en ácido nítrico. Sin embargo es común encontrar concentraciones altas de dióxido de nitrógeno en archivos que tienen fotografías con soporte plástico de nitrato de celulosa, lo que requiere de cuidados especiales ya que en altas concentraciones es peligroso para la salud.

<sup>75</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p. 150.<sup>71</sup> SIMA [en línea] (<URL:http://imeca.com.mx>) [consulta: 3 julio del 2001].

<sup>76</sup> Valverde, F., G. Fracornel., C. Méndez. Manual de diagnóstico de conservación en archivos fotográficos. México: Archivo General de la Nación, 2000, p. 39.

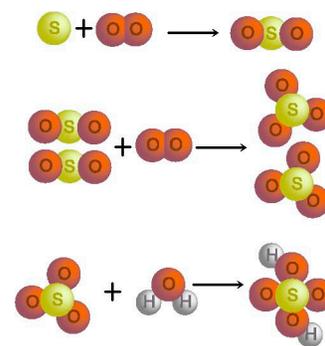
<sup>77</sup> Brown, T. *Op. cit.*, p. 664.

Otros tipos de gases oxidantes se generan en el interior de la bóveda por los acabados arquitectónicos o el mobiliario. Por ejemplo, los peróxidos que libera la madera o los sobres de papel y cajas de cartón de mala calidad en las que se almacenan las fotografías. Los gases oxidantes, promueven la oxidación de la imagen, que se manifiesta con el desvanecimiento y la formación de espejo de plata o las manchas redox en fotografías blanco y negro. Además provocan

friabilidad del soporte de papel, debilitamiento del aglutinante y desvanecimiento de algunos tintes orgánicos.

#### Gases ácidos:

De los contaminantes ácidos los gases sulfurosos son los más dañinos para las fotografías. Existen compuestos sulfurosos en la naturaleza pero en cantidades insignificantes comparadas con las que produce el ser humano. De los compuestos de azufre es el dióxido, el más frecuente y peligroso ( $\text{SO}_2$ ). Este proviene de la quema de minerales, aceites y carbón.<sup>78</sup> Al combinarse con oxígeno forma trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) que a su vez forma ácido sulfúrico al combinarse con el agua. Los gases ácidos promueven el rompimiento de enlaces en la gelatina y provocan friabilidad y decoloración en los soportes de papel y aceleran la descomposición de los soportes de ésteres de celulosa. Aunque la concentración del dióxido de azufre es menor en interiores que en exteriores, debe vigilarse y eliminarse pues 50  $\mu\text{g}$  de este compuesto son suficientes para producir 0.04 microlitros de ácido sulfúrico.<sup>79</sup>



Formación de ácido sulfúrico.

Como se mencionó antes, los gases ácidos también pueden provenir de la descomposición de los soportes plásticos de nitrato y acetato de celulosa.

El sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), también daña las fotografías al reaccionar con la plata formando sulfuro de plata que forma manchas amarillas, desvanecimiento de la imagen, o la oxidación de los daguerrotipos.<sup>80</sup>

#### Compuestos orgánicos volátiles:

También existen compuestos orgánicos volátiles dañinos como el formaldehído, ácido fórmico, acetaldehído, y ácido acético, provenientes de pinturas, barnices, lacas, madera, plásticos y otros materiales de construcción y acabados.<sup>81</sup> Las fotocopadoras también producen aproximadamente 37.4 mg/hr de compuestos volátiles orgánicos como el estireno, etilbenceno, alcoholes y formaldehído, 1.6 mg/hr de partículas sólidas y 4.3mg/hr de ozono. Una impresora láser emite aproximadamente 27.5 mg/hr de compuestos volátiles orgánicos, 1.4 mg/hr de partículas sólidas y 0.5 mg/hr de ozono.<sup>82</sup> La presencia de estos compuestos puede ser dañino para las personas.

#### Otros contaminantes:

En zonas cercanas al mar el agua deja sales de cloruro de sodio que transporta el viento. Éstas propician un ambiente húmedo por su higroscopicidad y por lo tanto, permiten el ataque biológico en las fotografías.

Los niveles de contaminación en México son monitoreados por

<sup>78</sup> SIMA [en línea] (<URL:http://imeca.com.mx>) [consulta: 3 de julio de 2001].

<sup>79</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p. 138.

<sup>80</sup> Reilly, James. *Care... Op. cit.*, p. 91.

<sup>81</sup> Valverde, F. *Op. cit.*, p. 39.

<sup>82</sup> Actually Air Quality Science [en línea] (<URL:http://www.aqs.com>) [consulta: 1 de agosto del 2001].

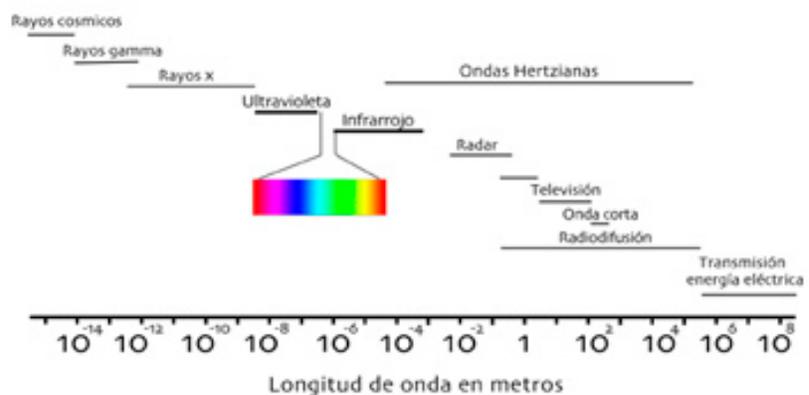
el SIMA (Sistema de Información Ambiental). La contaminación atmosférica afecta zonas de alta densidad demográfica o industrial. Las emisiones anuales de contaminantes superan a 16 millones de toneladas, de las cuales el 65% son originadas por vehículos. En la Ciudad de México se genera el 23.6%, en Guadalajara el 3.5%, y en Monterrey el 3%. Los otros centros industriales del país generan el 70% restante.<sup>83</sup> En la Ciudad de México la calidad del aire se reporta diariamente para las distintas zonas del Valle de México (Noroeste, Noreste, Centro, Suroeste y Sureste), en puntos IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire). Este índice, se define como un valor representativo expresado en puntos del 0 al 300 de los niveles de contaminación atmosférica según los criterios mexicanos de la calidad del aire y sus efectos en la salud.

### 2.3 Deterioro fotoquímico

La luz y otras radiaciones dañan a los materiales fotográficos. La paradoja de las fotografías es que se destruyen por la energía con que fueron creadas. Sin embargo la iluminación no es un agente relevante en el diseño de bóvedas ya que la exposición de los materiales a radiaciones es mínima, debido a que las luces dentro de la bóveda permanecen apagadas la mayor parte del tiempo y las guardas de primer y segundo nivel protegen las fotografías. Por esta razón se abordará de manera muy general.

La luz es energía radiante visible al ojo humano, es una pequeña parte del espectro electromagnético cuyas longitudes de onda van de 400 a 760 nm.

La cantidad de energía de las distintas radiaciones es inversamente



proporcional a su longitud de onda. De manera que las longitudes de onda pequeñas como la radiación UV y la luz azul tienen más energía y causan más deterioros o cambios químicos en las moléculas que

<sup>83</sup> SIMA [en línea] (<URL: <http://imeca.com.mx>>) [consulta: 3 julio de 2001].

la luz roja. Las longitudes de onda más cortas aportan energía de activación en forma de fotones que desencadenan reacciones químicas.<sup>84</sup>

El deterioro fotoquímico inducido por radiaciones afecta a los componentes orgánicos de las fotografías. Los soportes primarios y secundarios de celulosa se vuelven quebradizos y friables; si además tienen lignina éstos producirán substancias que manchan a las fotografías y atacan a las partículas de plata. Los aglutinantes proteicos son sensibles al deterioro fotoquímico, incluso se vuelven solubles en agua a causa de este daño. La albúmina es más sensible que la gelatina y tiende a amarillarse fácilmente.<sup>85</sup> Las fotografías más vulnerables al deterioro fotoquímico son el papel salado, albúmina (en especial en las que la capa de albúmina llevaba un tinte de color), goma bicromatada, cianotipo, fotografías coloreadas, procesos a color como autocromos, de revelado cromógeno, imágenes de procesos de difusión (polaroid) y en general impresiones mal procesadas. Le siguen las impresiones al colodión, gelatina de impresión directa, platinotipos y paladios. Las fotografías blanco y negro de revelado, ambrotipos, ferrotipos, daguerrotipos e impresiones fotomecánicas son menos vulnerables al deterioro fotoquímico. Las impresiones RC pueden sufrir amarillamiento, manchas y craqueladuras. En las impresiones blanco y negro la fibra del papel es protegida por la capa de barita. Los abrillantadores ópticos (OBA's) tienden a desvanecerse y perder su blancura.

El deterioro depende del tipo de radiación, la intensidad y el tiempo de exposición. El daño por radiación puede evitarse, dejando de exhibir las fotografías o controlarse usando fuentes que no emitan radiación UV o que tengan filtros anti UV. El daño fotoquímico es acumulativo e irreversible.<sup>86</sup> Obedece a la ley de reciprocidad que nos dice que el mismo daño ocurrirá bajo radiación intensa en períodos cortos de tiempo que bajo radiación de menor intensidad por períodos más largos. Si se reduce a la mitad la cantidad de iluminación (en tiempo o en intensidad) también se reduce el deterioro. La energía radiante es acumulativa, lo que importa entonces es la exposición total que es igual a la iluminancia por tiempo.<sup>87</sup>

Los aparatos de medición de intensidad funcionan de manera similar al ojo humano, por tanto, son insensibles a las radiaciones UV o infrarrojas del espectro visible y son más sensibles al verde. Su unidad de iluminancia es el lux (1 lux equivale a 1 lumen/ m<sup>2</sup>)<sup>88</sup> o fotocandela (fc) que corresponde a 10 lux por fotocandela. Para medir radiaciones UV se usa otro aparato con unidades de microwatts por lumen ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ ). En la exhibición de fotografías no deben excederse los  $75\mu\text{W}/\text{lm}$  (cantidad de UV similar a la que emiten las lámparas de tungsteno o incandescentes).<sup>89</sup>

---

<sup>84</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p. 3.

<sup>85</sup> Reilly, James. *Care... Op. cit.*, p. 103.

<sup>86</sup> *Ibidem*, p. 103.

<sup>87</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p. 21.

<sup>88</sup> *Ibidem*, p. 20.

<sup>89</sup> Reilly, James. *Care... Op. cit.*, p. 105.

### **3 PARÁMETROS DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN UNA BÓVEDA**

Para seleccionar los parámetros de humedad relativa y temperatura de una bóveda, hay que tomar en cuenta:

- 1) La estabilidad química y física de los diferentes tipos de fotografías presentes en el acervo.
- 2) El acceso y uso del material fotográfico.
- 3) Disponibilidad de presupuesto e infraestructura.

Este capítulo está enfocado a la elección de los parámetros ambientales (climáticos) que deben prevalecer en las áreas de almacenamiento y el nivel de estabilidad que éstos brindan en las fotografías. Partiendo de los estándares internacionales de almacenamiento para diversos tipos de fotografías, se analiza la permanencia que las condiciones recomendadas brindan a las fotografías aplicando modelos como el índice de permanencia y el índice de permanencia a través del tiempo.

#### **3.1 Estándares Internacionales para el almacenamiento de material fotográfico**

Los estándares internacionales son una referencia escrita con validez internacional, a partir del consenso de especialistas. La realización, aprobación y revisión de los estándares la lleva a cabo una organización reconocida y es el resultado del trabajo de un equipo interdisciplinario.

La organización internacional responsable de los estándares relacionados con la manufactura y permanencia de las imágenes, entre muchos, otros es el *International Standards Organization* (ISO). Sus oficinas principales están en Suiza y los estándares son preparados por varios comités técnicos. El comité técnico para la permanencia de las imágenes fotográficas es el TC42 y sus miembros pertenecen a las organizaciones que dictan los estándares nacionales de 11 países.

Durante los últimos cincuenta años los estándares relacionados con la permanencia de los materiales fotográficos se elaboraron principalmente en Estados Unidos por medio del *American National Standards Institute* (ANSI). El comité encargado de los temas relacionados con la permanencia de las imágenes es el IT9, el cual a su vez está formado por varios subcomités y grupos de trabajo de expertos de Estados Unidos y del extranjero con miembros de países como Canadá, Alemania, Japón Suiza y el Reino Unido. Para formalizar los documentos y lograr reconocimiento internacional éstos se

remitían a ISO donde eran aprobados y publicados. A partir de 1999 los estándares no requieren publicarse por ANSI para luego convertirse en ISO.<sup>90</sup> Estos organismos se fusionaron para ahorrar tiempo y facilitar la consulta de la información y evitar confusiones. Ahora los estándares sólo se publicarán en el ISO por lo que cuentan con una nueva designación: ISO 189 XX, con los últimos dígitos idénticos al anterior ANSI (ver tabla). La reenumeración de los estándares con el código ISO tomará varios años antes de completarse, pero gracias a esta medida y al uso de nuevas tecnologías como el internet los procesos de estandarización serán mas rápidos cada vez.

Los estándares que contienen especificaciones para condiciones ambientales de almacenamiento de material fotográfico son los siguientes:

Nuevo ISO	ISO antiguo u obsoleto	ANSI	Título
18911	5466	IT9.11	Almacenamiento de película fotográfica
18918	3897	IT9.18	Almacenamiento de placas fotográficas
18920	6051	IT9.20	Almacenamiento de impresiones fotográficas

Estos estándares señalan dos niveles de preservación para el almacenaje de material fotográfico:

- Almacenamiento a mediano plazo

Se refiere a las condiciones de almacenamiento adecuadas para la preservación de información por un mínimo de diez años.

Para lograr esto la temperatura no deberá pasar los 25°C e idealmente deberá estar a menos de 20°C con variaciones de no más de  $\pm 5^\circ\text{C}$  en 24 horas. La temperatura pico durante períodos cortos no deberá exceder los 30°C.

El promedio de HR no deberá rebasar el 50% y el máximo de humedad relativa no deberá exceder el 60% con variaciones de no más de  $\pm 10\%$  en un periodo de 24 horas.

- Almacenamiento a largo plazo

Se refiere a las condiciones de almacenaje adecuado para la preservación de información con valor permanente. Las condiciones

ambientales varían de acuerdo a los distintos materiales fotográficos, como se observa en la siguiente tabla:

Tipo de Materiales fotográficos	Estándar	Temperatura máxima °C	Humedad Relativa
Impresiones B/N	ISO 18920:2000	18 °C	30-50%
Impresiones a color cromogénicas	ISO 18920:2000	2 °C	30-40%
Impresiones generadas por el blanqueo de tintes (Ciba ó Ilfochrome)	ISO 18920:2000	18 °C	30-50%
Nuevas tecnologías a color inestables	ISO 18920:2000	-3°C	30-50%
Fotografías de placa <sup>91</sup>	ISO 18918:2000	18 °C	30-40%
B/N película triacetato	ISO 1811:2000	2 °C	20-50%
	ISO 1811:2000	5 °C	20-40%
	ISO 1811:2000	7 °C	20-30%
B/N película nitrato	ISO 1811:2000	2 °C	20-30%
B/N película poliéster	ISO 1811:2000	21 °C	20-50%
Película color acetato y poliéster	ISO 1811:2000	-10 °C	20-50%
	ISO 1811:2000	-3 °C	20-40%
	ISO 1811:2000	2 °C	20-30%

Las variaciones de temperatura no deben de ser mayores a  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  en 24 horas. Las variaciones de humedad no deben de ser mayores a  $\pm 5\%$  en 24 horas.

Estos parámetros representan una primera guía para seleccionar las condiciones de humedad relativa y temperatura en una bóveda. Muestran, por ejemplo, que para el almacenaje a largo plazo de material a color y con base de ésteres de celulosa se requieren condiciones frías de temperatura. La temperatura baja es tan importante que incluso se puede permitir un aumento en la HR (siempre y cuando no rebase el 50%).

La desviación de los niveles de humedad relativa y temperatura recomendados en los estándares, reducirá el grado de protección ofrecida de manera exponencial (a cada  $^{\circ}\text{C}$  o valor de HR que se aumente) . En caso de no contar con los recursos para cumplir con el estandar, debe recordarse que el beneficio de bajar la temperatura y HR lo más posible, también será exponencial.

<sup>91</sup> Fotografías con soporte rígido como vidrio o metal (ambrotipos, placas de albúmina, placas secas de gelatina, placas húmedas y secas de colodión, ferrotipos, diapositivas para linterna, etc.)

Si en el lugar de almacenaje no pueden separarse los distintos tipos de fotografías para mantenerlas bajo distintas condiciones de HR y temperatura (como indican los estándares), se recomienda mantener la humedad relativa de 30 a 40% ya que éste es un rango apropiado para todos los materiales fotográficos.<sup>92</sup> Es importante señalar que las variaciones de HR y temperatura en periodos breves (menos de una hora) no tienen impacto debido a que el vapor de agua no alcanza a difundirse en el material fotográfico.<sup>93</sup>

### 3.2 Modelos para evaluar los efectos del medio ambiente en el deterioro de materiales orgánicos

En los últimos años se han diseñado modelos de análisis para cuantificar en años el beneficio de las condiciones ambientales del lugar de almacenamiento de material fotográfico. Estos modelos están basados en pruebas de envejecimiento acelerado que permiten estimar la permanencia de este tipo de materiales. Además de basarse en estudios detallados de los procesos de deterioro, éstos permiten tomar decisiones acertadas para la conservación, ya que ayudan a valorar y comparar el beneficio de las condiciones ambientales de almacenamiento (diferentes parámetros de HR y temperatura) más allá de una recomendación fija. Estos modelos permiten explicar los beneficios de mantener ciertas condiciones ambientales para captar y canalizar los recursos necesarios.

El primer estudio de envejecimiento acelerado en bienes culturales fue realizado por Donald Sebera<sup>94</sup> al aplicar modelos de isopermia para cuantificar el efecto de la temperatura y la humedad relativa en el deterioro de materiales con soporte de papel. Según Sebera cuando el papel está en equilibrio con ciertas condiciones de humedad y temperatura, serán éstas las que determinen su velocidad de deterioro y por lo tanto su permanencia. Al aumentar la humedad relativa, manteniendo fija la temperatura, la velocidad del deterioro aumentará, disminuyendo así su permanencia. Si aumenta la humedad relativa pero baja la temperatura en proporción necesaria para compensar el daño que causará el aumento de humedad relativa, la velocidad de deterioro será la misma que en las condiciones iniciales. Estos ajustes se pueden realizar con un sinfín de valores de humedad relativa y temperatura obteniendo la misma permanencia. Al graficar estos valores de T contra HR se genera una línea. Esta línea de permanencia se define como isopermia. En términos prácticos, este concepto es de utilidad para definir la combinación de temperatura y humedad relativa más viable y de mayor permanencia.

Posteriormente, en la década de los noventa, investigadores del *Image Permanence Institute*, basándose en el modelo de isopermia,

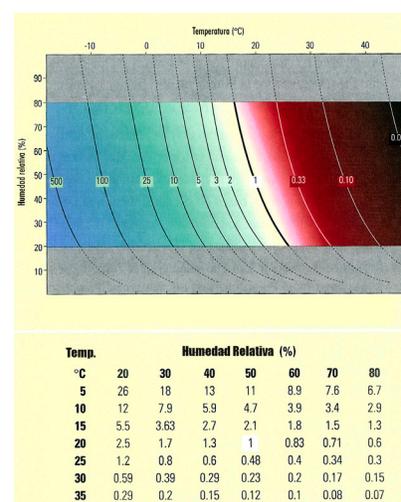


Diagrama de isopermia según Sebera: Permanencia del papel comparando su envejecimiento a 20°C y 50%HR. Cortesía ASHRAE.

<sup>92</sup> Lavédrine, Bertrand. *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2003, p. 88.

<sup>93</sup> *Ibidem*, p. 89.

<sup>94</sup> Sebera, D. *Isoperms: An Environmental Management Tool*. Washington D.C.: Commission on Preservation and Access, 1994.



Guía para Almacenaje de Fotografías a Color. Reilly, James, M. 1998.

introdujeron el índice de permanencia (PI) y el índice de permanencia valorado a través del Tiempo (TWPI). Estos modelos tienen unidades de años y expresan la influencia de la humedad relativa y la temperatura en la velocidad de deterioro de materiales orgánicos, y más específicamente del material fotográfico a color y con soporte de acetato de celulosa.

El tiempo estimado en años se basa en los tipos de deterioros más comunes, que tienen que ver con reacciones químicas de hidrólisis, oxidación, degradación térmica y la velocidad con la que éstas ocurren. Estas reacciones (bajo condiciones fijas de humedad) dependen de la temperatura, por lo tanto siguen determinadas reglas de cinética de reacción. La cinética de reacción estudia la velocidad a la que ocurre una reacción y los efectos que ejercen las condiciones ambientales sobre ésta.

Para estudiar las velocidades de reacción existen varios métodos. En el procedimiento utilizado por el *Image Permanence Institute* se analiza el sistema reaccionante a ciertos intervalos de tiempo modificando las condiciones ambientales. Tomando como límite cuando las muestras fotográficas alcanzan cierto porcentaje de pérdida o modificación en alguna de sus propiedades físicas o químicas, por ejemplo, la pérdida o cambio de color y el aumento de acidez (concentración de iones de hidrógeno).

Otra manera de crear estos modelos, es usando la energía de activación que debe aplicarse para que ocurra un choque entre las partículas reaccionantes o la ruptura de un enlace químico, que generalmente se expresa en unidades de kilocalorías. El número de choques que tienen lugar en un sistema en un intervalo de tiempo está determinado por consideraciones cinéticas. De todos estos choques sólo una pequeña fracción produce una modificación. La reacción tiene lugar únicamente cuando los reactivos poseen una cantidad adicional de energía a la que tienen las moléculas promedio del producto en el sistema. Esta cantidad adicional de energía que debe aplicarse para causar una ruptura de enlace se conoce como energía de activación y determina la velocidad de una reacción.<sup>95</sup> En términos más sencillos es la energía requerida para que dos moléculas rompan sus ligaduras y reaccionen entre sí. Si la energía de activación es alta significa que debe aplicarse una gran cantidad de energía para causar alteraciones en ese material. Esto explica que (en general) la velocidad de la reacción se duplica a cada 10°C de aumento de temperatura; lo cual significa que las velocidades de reacción aumentan proporcionalmente a la temperatura, y que el nivel de cambio en el material puede calcularse matemáticamente.

---

<sup>95</sup> *Ibidem*, p. 374.

Tipo de material	Forma de deterioro	Energía de activación, kcal <sup>96</sup>
Impresión fotográfica a color	30% de desvanecimiento en tinte cian	22
Película fotográfica a color	30% de desvanecimiento en tinte cian	26
Plástico de Acetato de celulosa	Síndrome de vinagre 0.5 acidez	21
Plástico de Nitrato de celulosa	0.5 acidez	28

Energías de activación de algunos documentos al 50% de HR <sup>97</sup>

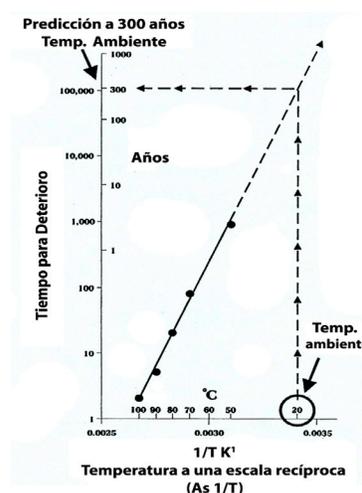
### 3.2.1 Ecuación de Arrhenius

Sabiendo que las reacciones de deterioro siguen distintas velocidades a humedades relativas fijas y temperaturas variables, en el *Image Permanence Institute* se realizan pruebas de envejecimiento acelerado sometiendo las muestras fotográficas a temperaturas altas a fin de promover y acelerar el proceso de deterioro. Se colocan muestras de materiales fotográficos en cámaras de envejecimiento acelerado a altas temperaturas y se registra el tiempo en que presentan cierto cambio o nivel de deterioro. Los resultados se grafican siendo el eje X la temperatura y el eje Y el tiempo para presentar cierto nivel de cambio.

De acuerdo a las reglas de cinética, al unir varios puntos obtenidos de los resultados en cámaras de envejecimiento a diferentes temperaturas, debe obtenerse una línea recta que permita extrapolar los datos obtenidos a diferentes temperaturas y predecir la velocidad de reacción a temperatura ambiente.

La pendiente de la recta indica la energía de activación o la energía requerida para que se inicien las reacciones de deterioro. Una pendiente muy pronunciada señala que la reacción es altamente dependiente de la temperatura y que cualquier cambio en ésta modificará de manera importante su velocidad de deterioro; por el contrario, una pendiente menos pronunciada significa que los cambios de temperatura no afectan tanto su deterioro.<sup>98</sup>

El método de Arrhenius señala la influencia de la temperatura en la velocidad del deterioro. Para determinar la influencia de la humedad, hay que tomar en cuenta que sus efectos no siguen leyes establecidas como la temperatura, pues la humedad provoca reacciones a diferentes niveles y no afectan simplemente la velocidad



Ecuación de Arrhenius aplicada al envejecimiento acelerado, (Reilly, James, 1995).

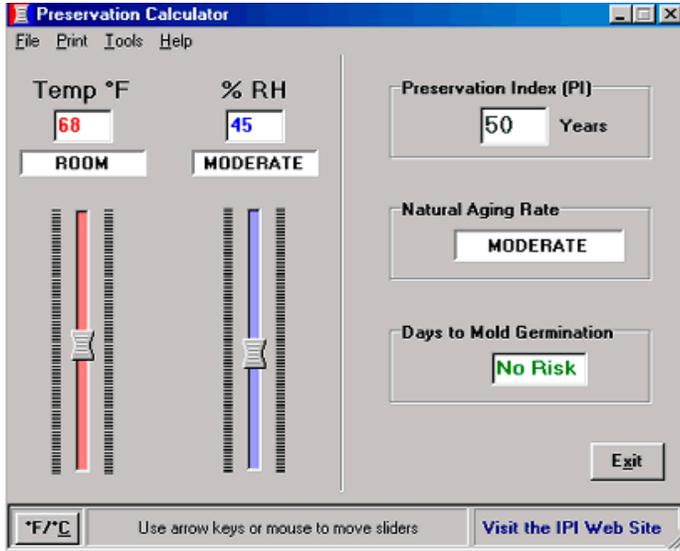
<sup>96</sup> Entre más alto sea este número, el material es más estable pues requiere más energía para generar una reacción química.

<sup>97</sup> Reilly, J.M., D.W. Nishimura, and E.D. Zinn. *New Tools for Preservation: Assessing Long-Term Environmental Effects on Library and Archives Collections*. Washington, DC: The Commission on Preservation and Access, 1995, p. 25.

<sup>98</sup> *Ibidem*, p. 23.

a la que ocurre cierta reacción como es el caso de la temperatura. Los efectos de la humedad relativa se determinan empíricamente, repitiendo el experimento a 20%, 50%, 60%, y 80% HR y extrapolando los resultados.<sup>99</sup> Actualmente este método es el único que permite estimar el comportamiento de los materiales orgánicos a futuro.

### 3.2.2 Índice de Permanencia (PI)



Programa *Preservation Calculator*.

El índice de permanencia indica el efecto de condiciones estáticas de humedad relativa y temperatura sobre la velocidad de deterioro químico de los materiales orgánicos.<sup>100</sup> Este índice califica a las condiciones ambientales en términos de “años de vida” o años para que ocurra cierto nivel de cambio en los materiales orgánicos inestables,<sup>101</sup> asumiendo que las condiciones ambientales no cambian en el tiempo. En la realidad, el índice de permanencia sirve para evaluar y comparar el efecto que diferentes condiciones ambientales tendrían sobre la velocidad del deterioro y lo más importante, para determinar las condiciones óptimas de humedad relativa y temperatura de la bóveda. El *Image Permanence Institute* realizó

un programa que se conoce como *Preservation Calculator* que calcula, de manera rápida, el índice de permanencia de materiales orgánicos en diferentes condiciones ambientales. Además, existen guías para el almacenamiento de fotografía a color y materiales con soporte de acetato. Para crear la guía de almacenamiento de materiales a color se llevaron a cabo experimentos sometiendo diferentes fotografías contemporáneas a color, a diversos niveles de humedad relativa y temperatura durante 3 años.<sup>102</sup>

Los datos de la siguiente tabla indican el número de años necesarios para que las fotografías a color pierdan el 30% de densidad de imagen en el tinte amarillo. Este tinte es el que más rápido se desvanece en condiciones de oscuridad. Este deterioro es visible pero no representa una pérdida absoluta de la imagen. La información puede aplicarse a cualquier material fotográfico a color de revelado cromogénico (diapositivas, impresiones y negativos) ya que los resultados para los diferentes tipos de fotografías son similares.

<sup>99</sup> *Ibidem*, p. 24.

<sup>100</sup> *Ibidem*, p. 4.

<sup>101</sup> Se consideran materiales inestables a los que a temperatura ambiente se deterioran en menos de 50 años.

<sup>102</sup> Reilly, J.M. *Storage Guide for Color Photographic Materials*. Albany: The University of the State of New York, 1998.

Temperatura	20% HR	30% HR	40% HR	50% HR	60% HR	70% HR	80% HR
-1°C	8000	3500	1500	800	600	450	350
2°C	4500	2000	1000	600	350	300	250
4°C	3000	1500	700	350	250	200	175
7°C	1750	900	450	250	175	125	100
10°C	1000	600	300	175	125	90	80
13°C	700	350	200	125	80	60	50
16°C	450	250	125	80	60	45	35
18°C	300	150	90	50	40	30	25
21°C	180	100	60	40	25	20	18
24°C	125	70	40	25	19	15	12
27°C	80	50	30	19	14	11	9
29°C	50	30	20	13	10	8	6
32°C	35	20	14	10	7	6	5
35°C	25	15	10	7	5	4	3
38°C	15	11	7	5	4	3	2
41°C	10	7	5	4	3	2	2
43°C	7	5	4	3	2	2	1
46°C	5	4	3	2	2	1	1
49°C	3	3	2	1	1	1	1

### 3.2.3 Índice de preservación a través del tiempo (TWPI)

Éste permite evaluar el efecto acumulativo de condiciones variables o dinámicas de humedad relativa y temperatura (a lo largo del tiempo), sobre el deterioro químico de materiales orgánicos.<sup>103</sup> Este índice logra expresar, en un solo valor, los supuestos años que durarán nuestras colecciones, tomando en cuenta las mediciones periódicas de índice de permanencia (PI) y haciendo un promedio valorado de éste.

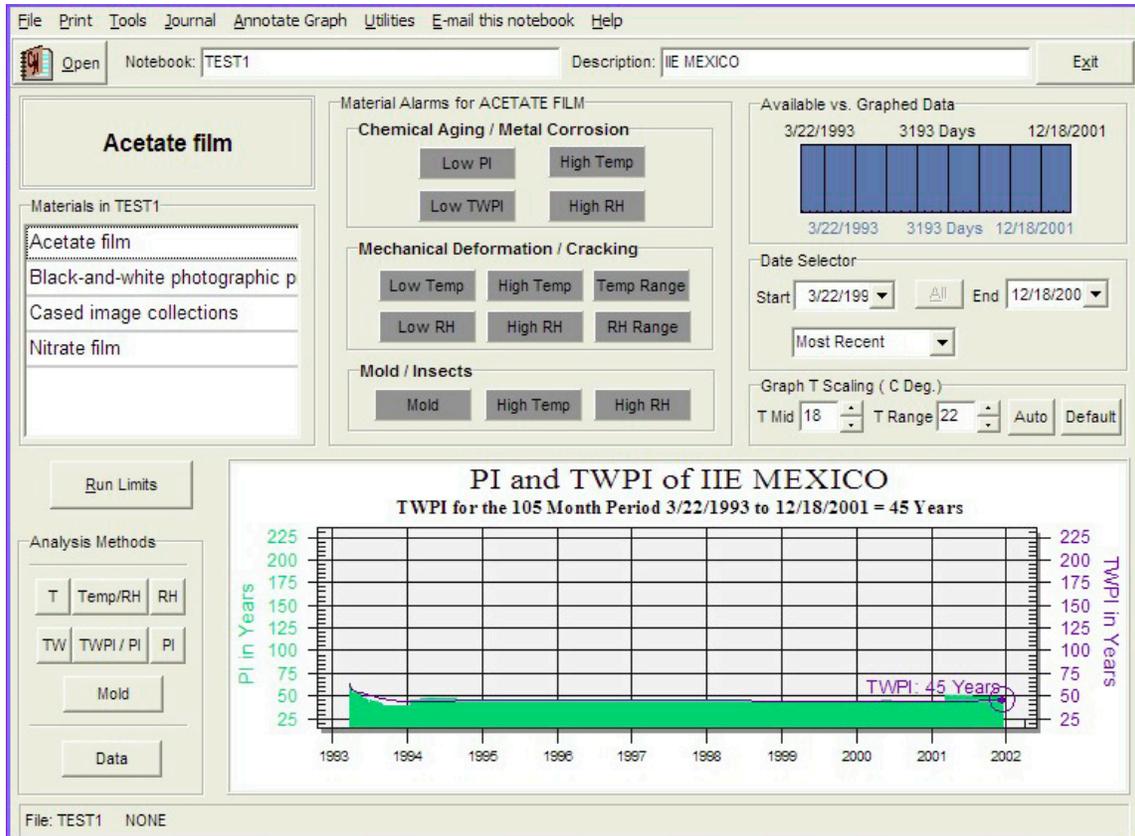
En términos prácticos es una herramienta que ayuda a valorar y cuantificar las mejoras para controlar la temperatura y humedad relativa en el área de almacenamiento, desde la instalación de equipos de control ambiental, hasta el abrir o cerrar una puerta. Además permite comparar las condiciones de un área de almacenamiento con las de otra, o las de varias instituciones, con el fin de intercambiar información y mejorar las condiciones en cada archivo. También, muestra las épocas del año más dañinas para las colecciones (con un índice de permanencia más bajo).

El TWPI es un promedio de todos los índices de permanencia (registrados a intervalos regulares) obtenido por medio de un cálculo

Índice de permanencia del material fotográfico a color en diversas condiciones ambientales.  
(Reilly, James, 1998).

<sup>103</sup> Reilly, J., E. Zinn, D. Nisihumura. *Op. cit.*, p. 4.

recursivo. Puede obtenerse haciendo la ecuación en un programa como Excel™ y puede graficarse en el programa “Climate Notebook” que acompaña el data logger PEM (Preservation Environment Monitor). Éste incluye sensores de humedad y temperatura junto con un microprocesador para mostrar el TWPI en un monitor.



Cálculo del índice de preservación a través del tiempo (TWPI) y del índice de permanencia (PI) por el *Climate Notebook*.

## 4 METODOLOGÍA PARA EL PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BÓVEDAS

Una bóveda para almacenamiento de material fotográfico es un espacio con condiciones ambientales controladas cuyo fin es mantener las fotografías con todas sus características físicas y químicas íntegras por el mayor tiempo posible.

El equipo de acondicionamiento del aire, los sistemas de monitoreo, de seguridad y el inmueble, forman un conjunto indivisible cuya acción debe coordinarse para conseguir el éxito en la instalación.

Las personas responsables del proyecto deben saber lo que implica el proceso de diseño y construcción de una bóveda, teniendo claros los objetivos y atendiendo a cada etapa del proyecto. A continuación se expone una metodología con cinco etapas, que podrán ser enriquecidas o adaptadas a diferentes situaciones.<sup>104</sup>

### 4.1 Etapa I. Planeación y programa de diseño

Durante esta etapa se establecen los límites y metas del proyecto de diseño y construcción de una bóveda dictadas por las necesidades y capacidad del archivo o institución responsable de las fotografías. Cuando se tienen claros los objetivos, la búsqueda de soluciones se facilita.

#### 4.1.1 Delimitación del alcance y los objetivos

Para limitar el alcance y definir los objetivos del proyecto de construcción de una bóveda, los responsables en la institución deben conocer la situación y problemas del acervo que se quiere conservar. Es esencial que el restaurador-conservador realice un diagnóstico que incluya la identificación de los distintos materiales fotográficos presentes en el acervo, la cantidad, formato, tipo de montaje, estado de conservación y recomendaciones para su almacenamiento. También se debe realizar una evaluación de las condiciones ambientales del inmueble que alberga el acervo (humedad relativa, temperatura y contaminantes). El índice de permanencia y el índice de preservación a través del tiempo son modelos útiles para analizar el efecto de las condiciones ambientales en el deterioro del material fotográfico. Una vez definidas las necesidades ambientales del acervo, debe analizarse la posibilidad de renovación o construcción del nuevo lugar de almacenaje considerando la disponibilidad de presupuesto e infraestructura.

---

<sup>104</sup> La siguiente metodología está basada en el escrito de Lull, William, P. en: "Conservation Environmental Guidelines for Libraries and Archives." *Manuscript* (New York, 1998).

#### 4.1.2 Preparación del programa formal de diseño

Una vez definidos los objetivos, alcances y el presupuesto disponible, debe hacerse un documento formal o programa de diseño, que describa las áreas de la planta física que se renovarán o construirán, las condiciones ambientales que se requieren y el criterio de elección. Este documento será la guía principal durante las siguientes etapas del proyecto.

El programa de diseño lo realiza un comité formado por personal que coordina y trabaja en el archivo, incluido el restaurador-conservador y en algunos casos, un grupo de asesores. Los directivos de la institución revisan el trabajo y las propuestas del comité pero es el personal del comité quien desarrolla el proyecto.

Las posibilidades de crear nuevos espacios deben ser revisadas por un arquitecto. Durante la primera etapa el arquitecto no debe definir necesidades, sino solamente interpretarlas. Más que hacer diseños debe revisar las propuestas para garantizar que sean factibles y compatibles con los objetivos del programa.

El restaurador define parámetros ambientales de la bóveda como los niveles de humedad, temperatura, iluminación, calidad del aire y posibles vectores de riesgo para la colección (como inundación o incendio). La investigación bibliográfica de los parámetros ambientales no puede sustituir el análisis especializado, *in situ*, por un restaurador-conservador quien define necesidades por medio del diagnóstico del acervo y proporciona indicaciones particulares. Éstas deberán expresarse y redactarse en un lenguaje accesible para ingenieros y arquitectos de diversas ramas, también deberá considerar una amplia bibliografía y experiencias de otras instituciones. Si no hay un restaurador-conservador de fotografías en la planta de personal, el archivo debe contratar su asesoría. En algunos países existe el asesor en ambientes de conservación, sin embargo, en México este papel lo realiza el restaurador-conservador.

La información debe presentarse por escrito en el programa de diseño. En este programa, comprendido por todo el personal involucrado, se incorporan los contratos de los arquitectos e ingenieros. Las cartas y memoranda no pueden suplir la función del programa de diseño.

#### 4.1.3 Costos del proyecto

Una propuesta profesional y económicamente viable de construcción de la bóveda, debe incluir un análisis costo-beneficio. Este análisis

es un método cuantitativo para comparar opciones al tomar una decisión. Se asignan valores a los beneficios que resulten de un proyecto y se comparan con el costo total del proyecto. En caso de la construcción de una bóveda el beneficio se puede cuantificar con el medio del índice de permanencia de las fotografías a diversas condiciones de humedad relativa y temperatura.

El análisis costo-beneficio funcionará como estrategia de responsabilización de los directivos de la institución, administradores, coordinadores y conservadores, creando conciencia de las necesidades y beneficios de conservar el patrimonio fotográfico.

El almacenaje en una bóveda debe considerar el costo aproximado de construcción de la bóveda, su mantenimiento y de la energía eléctrica.

Steven Puglia, conservador de materiales fotográficos de NARA<sup>105</sup> propone la siguiente tabla para realizar un análisis costo-beneficio.

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
Rangos de HR y Temperatura					
Índice de Permanencia					
Costo de construcción de la bóveda					
Costos de mantenimiento por año					
Costos por gastos de electricidad por año					

Dentro de la construcción de la bóveda deben incluirse costos de:

- El Inmueble
- Equipos y sistemas
- Mobiliario
- Salarios del equipo de diseño, consultores y personal para traslado de la obra

En caso de ser necesario se debe incluir otro rubro de trabajos previos como costos de reorganización del archivo, colocación en fundas nuevas, catalogación, etc.

La construcción de bóvedas es más costeable para colecciones fotográficas grandes. El beneficio puede reconocerse inmediatamente

<sup>105</sup> Puglia, Steven. "The Preservation of Acetate Film Materials. A Cost- Benefit Analysis for Duplication and Cool/Cold Storage." *Topics in Photographic Preservation* 6 (1995), pp. 50-79.

si se compara el análisis del costo de duplicar o restaurar los documentos, que han permanecido en condiciones ambientales desfavorables, con el costo de construir o adecuar un espacio para una bóveda. Además, muchos de los deterioros que ocurren cuando las fotografías permanecen en condiciones adversas son irreversibles. De manera que, aunque se cuente con recursos, simplemente no pueden restaurarse.

Otro análisis de utilidad es el avalúo monetario aproximado de las colecciones. Recalcar su valor intangible también es importante. Comparar estos valores con el precio de construcción de una bóveda permitirá subrayar la relatividad de un costo aparentemente elevado.

En los archivos sin recursos financieros, se recomienda además de calcular el costo de una bóveda que cumpla con estándares internacionales de almacenamiento, calcular la inversión por fases. El restaurador-conservador tendrá que definir prioridades para evitar, en lo posible, el deterioro del acervo. Éstas dependen de los problemas de cada colección o archivo. Por ejemplo, en zonas húmedas, la prioridad es adquirir deshumidificadores e impermeabilizar el inmueble; en zonas desérticas, instalar un sistema de aire acondicionado para enfriar la bóveda e incluso un humidificador si la humedad relativa baja en exceso.

Realizar el análisis costo-beneficio indicará si las inversiones periódicas y de mantenimiento son sostenibles para la institución; de lo contrario las grandes inversiones serán inútiles. Es mejor realizar una inversión viable por fases, que una gran inversión sin servicio técnico y mantenimiento preventivo y correctivo.

#### 4.1.4 Selección del equipo de diseño

Para diseñar una bóveda se recomienda trabajar con un equipo interdisciplinario de profesionales, formado al menos, por un arquitecto y un ingeniero. Conviene formar un equipo de diseño que coordine y se reúna durante todo el proceso de diseño y construcción de la bóveda.

Con el programa formal de diseño, la institución solicita propuestas o cartas de interés de los arquitectos e ingenieros, dando preferencia a profesionales con experiencia en proyectos similares, con buenas referencias y resultados. Una vez elegidos, se recomienda incluir en el contrato el programa formal de diseño. Estos profesionales deben conocer claramente los objetivos y las necesidades del proyecto.

El arquitecto diseña los sistemas arquitectónicos, espacios, muros, techos, ventanas, distribución de mobiliario, acabados e impermeabilizantes. El arquitecto usualmente es el líder del proyecto, pero los miembros de la institución deben cuestionar y analizar sus decisiones. Hay arquitectos que sacrifican la funcionalidad por aspectos estéticos, lo cual no es conveniente.

El ingeniero diseña y garantiza el funcionamiento de los sistemas mecánicos (aire acondicionado), eléctricos, estructurales y de tubería. No hay que perder de vista que el sistema más importante en la construcción de una bóveda es el de aire acondicionado. Por ello, se recomienda que el ingeniero sea especialista en termodinámica y que garantice un ambiente adecuado para la conservación de los documentos. Los ingenieros tienden a seguir un proceso inductivo, es decir, repiten lo que ya han hecho antes y no desarrollan nuevas propuestas para este tipo de construcciones, aún escasas en México. Los ingenieros suelen proponer diseños pensados para oficinas más que para bóvedas. Es responsabilidad de la institución establecer metas definidas en el programa de diseño y comunicarlas al ingeniero. Es importante elegir un ingeniero dispuesto a dialogar sobre las características del diseño con los responsables de la institución, a realizar inspecciones durante el proceso, en dado caso a trabajar con equipo existente y a proporcionar servicios incluso después de la construcción. Con todos estos requerimientos hay que estar preparado para pagar salarios más elevados que los de una construcción convencional. El ingeniero debe aliarse con la institución, no con el arquitecto. De ser posible el ingeniero será contratado por la institución y no por el arquitecto. Si la renovación de la bóveda tiene que ver más con sistemas mecánicos que con la construcción de obra civil, puede contratarse a un ingeniero solamente, quien, a su vez, puede contratar a un arquitecto para detalles como recubrimientos, aislantes, etc.

Además del ingeniero y el arquitecto pueden incluirse en el equipo de diseño a consultores para sistemas de extinción y detección de incendios, iluminación, mobiliario y seguridad.

## **4.2 Etapa II. Proceso de diseño**

Terminado el programa y la selección de los integrantes del equipo de diseño, se comienza el diseño, teniendo siempre en cuenta los lineamientos establecidos en el programa.

### **4.2.1 Revisiones**

Un buen diseño requiere revisiones regulares, por parte de los responsables de la institución, en especial al término de cada fase.

Los cambios importantes se hacen en el diseño y no en el documento de construcción. A medida que el proyecto de diseño avanza, éste se hace menos flexible. Por esta razón los cambios deben hacerse lo antes posible.

Las revisiones deben efectuarse en las propuestas de cada sistema. La falta de revisión de los planos y especificaciones llevará a la pérdida del control del diseño. Los documentos de los sistemas, además de las especificaciones técnicas, llevarán una explicación narrativa de sus funciones. Ésta permitirá a los responsables de la institución cuestionar y hacer peticiones al equipo de diseño. Las propuestas y resoluciones de cada reunión deberán ser documentadas en una minuta.

Durante el proyecto de diseño y construcción de una bóveda suelen omitirse revisiones. Esto no debe suceder, hay que recordar que no se trata de una empresa en la que la demora significa pérdida de dinero. Al contrario, un diseño revisado con tiempo, dará resultados y ahorrará gastos a la institución causados por fallas en la planeación.

Los responsables de la institución deben entender y evaluar las propuestas del equipo de diseño en cada una de sus fases. No es necesario conocer a profundidad el funcionamiento de los aparatos, pero sí debe saber qué se espera de ellos, su mantenimiento, operación y sus costos. Se recomienda expresar las dudas por escrito y presentarlas en las reuniones de revisión al equipo de diseño.

#### 4.2.2 Fases del proyecto de diseño

Las siguientes fases son las que normalmente se desarrollan en un proyecto de diseño.

##### 4.2.2.1 Revisión del programa por el equipo de diseño

En esta revisión se harán modificaciones finales al programa de diseño. El nuevo programa será revisado por los responsables de la institución y los consultores originales que trabajaron en el programa original. Durante este proceso el equipo de diseño puede profundizar su conocimiento del acervo y de las áreas en donde estará la bóveda por medio de inspecciones *in situ*. Se planearán estrategias para evitar alterar demasiado el edificio (en caso de que sea una adecuación a un inmueble ya existente) y proteger la colección durante el proceso de construcción. También se evaluarán los equipos existentes y la posibilidad de reutilizarlos.

#### 4.2.2.2 Diseño conceptual o preliminar

Se desarrollarán los esquemas que describan de manera general las propuestas para realizar el diseño de la bóveda, con base en el programa (en muchos proyectos esta etapa se combina con la del diseño esquemático). El equipo de diseño entregará el documento preliminar a la institución y a los consultores. El diseño preliminar debe demostrar que los espacios son adecuados, el proyecto es viable y que cumple con las necesidades del programa. También se deberá entregar un cálculo aproximado de costos del proyecto. Este es un buen momento para que los responsables de la institución expongan dudas y se verifique que el equipo de diseño está cumpliendo las propuestas del programa.

#### 4.2.2.3 Diseño esquemático

El equipo de diseño entrega planos, cálculos preliminares de costos desglosados y descripciones de cada uno de los sistemas. La descripción de los sistemas no será muy detallada y se escribirá en forma narrativa. Se mostrarán los espacios requeridos para la construcción incluyendo esquemas de localización de ductos, conexiones, fuentes de poder, drenajes y condensadores o enfriadores de agua. Los esquemas evitarán errores que expongan las colecciones a riesgos y deterioro. Esto incluye la correcta ubicación de ductos de agua y que los equipos estén en lugares accesibles para que su mantenimiento pueda ser realizado fácilmente sin poner en riesgo al acervo. El diseño esquemático y el presupuesto serán revisados por los responsables de la institución, quienes escribirán los problemas detectados.

#### 4.2.2.4 Desarrollo del diseño

En esta etapa, el equipo de diseño presentará el documento completo, con todas las especificaciones del diseño y el presupuesto de construcción pero sin los detalles requeridos para la misma. El diseño será revisado igual que en la fase anterior por la institución y consultores para detectar nuevos problemas y evaluar las soluciones.

#### 4.2.2.5 Documentos de construcción

Se desarrollarán los documentos y planos finales necesarios durante la construcción.

El equipo de diseño presentará un documento de requerimientos a la institución en dos etapas: entrega preliminar con un avance aproximado del 70 u 80% y entrega final. El documento preliminar



Proceso de construcción. Fotografía E. Uraga.

mostrará las resoluciones de las fases anteriores y es el último momento para hacer cambios sustantivos al diseño. El diseño debe demostrar que el presupuesto está dentro de los límites acordados y que los equipos son los adecuados para mantener controladas las condiciones de temperatura y humedad relativa que requieren las fotografías para su conservación. El documento final, con planos y especificaciones, se entregará a los proveedores.

### 4.3 Etapa III. Proceso de construcción

En esta etapa se materializan las propuestas del diseño y se requiere de supervisión constante por parte del equipo de diseño. Los proveedores podrán modificar detalles no previstos en los documentos de construcción como instalación de ductos, etc. Por pequeños que sean, los cambios serán revisados y aprobados por escrito y de manera oficial por los responsables de la institución.

Antes de que inicie la construcción de la bóveda, las fotografías serán colocadas en otra sala o edificio seguro, en un ambiente lo más estable posible, monitoreado, analizado y aprobado por un conservador. El polvo y los materiales generados durante el proceso de construcción tienen efectos negativos a corto plazo para la conservación de las fotografías. Cubrir simplemente las colecciones con plástico o telas no es suficiente; de hecho, es inaceptable.

#### 4.3.1 Fases del proceso de construcción

##### 4.3.1.1 Cotización

Los documentos de construcción se entregan a diferentes empresas para solicitar cotizaciones. Durante este proceso los proveedores expresan dudas e incluso sugieren alternativas.

##### 4.3.1.2 Selección de proveedores

La selección de los proveedores de equipos para los diferentes sistemas se hará después de analizar las propuestas de negocios establecidos, profesionales, conocidos o con referencias y de ser posible, con experiencia en archivos, en la industria farmacéutica o en climatización de quirófanos, y que garantice el trabajo por escrito. Debe solicitarse información técnica de los equipos. Se recomienda que pasen pruebas de calidad en laboratorios reconocidos y que cumplan con estándares internacionales.

El presupuesto puede negociarse con los proveedores para hacer

un contrato específico. Hay que asegurarse que los precios bajos no afecten la calidad de la bóveda.

#### 4.3.1.3 Construcción

Después del contrato comienza la fase de construcción, la cual puede requerir de las siguientes actividades:

a) Junta antes del inicio de la construcción

Se discuten detalles o cambios en el diseño.

b) Inspecciones en la construcción

Por parte del equipo de diseño (incluyendo al ingeniero y al arquitecto), se vigilan los procesos de construcción y se verifica el nivel de avance para así realizar los pagos correspondientes a las empresas.

c) Término sustancial de la construcción

En este momento ya se han instalado la mayoría de los sistemas.

d) Lista de problemas

Los responsables de la institución presentan una descripción de los aspectos de la construcción que se encuentran incorrectos o deficientes. Esta lista será escrita formalmente por el equipo de diseño lo cual puede requerir la ayuda de consultores.

e) Evaluaciones independientes

El sistema de aire acondicionado ya instalado debe probarse y calibrarse por un ingeniero con pruebas certificadas. El reporte será revisado por el ingeniero del equipo de diseño.

f) Soporte técnico

Después de la construcción, la empresa que instaló el sistema de aire acondicionado enviará a un ingeniero para verificar que su funcionamiento sea adecuado. En caso de falla, se debe de solucionar, por cuenta de la empresa (este punto se debe contemplar en el contrato). Al terminar la reparación se debe verificar de nuevo.

g) Periodo de prueba

La bóveda debe probarse por un periodo suficiente para garantizar que los sistemas trabajen adecuadamente y no representen peligro para las colecciones. Las condiciones ambientales deben monitorearse por lo menos de 90 a 180 días. Esta etapa de pruebas debe especificarse en los contratos.

h) Aceptación final

La institución da el "visto bueno" y liquida el pago, restando por



Inspecciones durante la construcción. Fotografía E. Uruga.

lo general un 5 o 20%. Pagada esta cantidad la participación de las empresas será mínima, por lo tanto hay que asegurarse que al realizar este pago se hayan efectuado exitosamente todas las pruebas necesarias. Nunca debe firmarse la aceptación final de manera precipitada.

#### 4.3.1.4 Documentación de sistemas

Al final del proyecto los responsables de las colecciones harán un expediente con la información de cada uno de los sistemas y equipos instalados, incluyendo manuales de operación e instrucciones y toda la información reunida desde el diseño del programa hasta los planos y documentos de construcción.

#### 4.3.1.5 Capacitación del personal

El personal involucrado en el uso y mantenimiento de los equipos recibirá capacitación para el uso correcto de la planta física. Serán los representantes de las empresas contratadas o los miembros del equipo de diseño, quienes impartan los cursos. Además, se recomienda que todos los miembros del archivo tomen un curso básico para entender el funcionamiento general de la bóveda.

### 4.4 Ocupación de la bóveda

Esta etapa es muy importante. Para ocupar la bóveda sin problemas se recomienda lo siguiente:

#### 4.4.1 Limpieza y purgado<sup>106</sup>

Algunos materiales de acabados y construcción de la bóveda emiten gases oxidantes (peróxidos), vapor de agua o partículas dañinas para el material fotográfico durante cierto tiempo después de aplicarse. Materiales como pinturas al aceite y acabados que requieren de procesos de curado o secado, liberan sustancias dañinas para las fotografías. Se recomienda hacer un monitoreo de contaminantes antes de colocarlas en la nueva bóveda.

Al terminar la construcción debe hacerse un lavado profundo para remover la grasa, tierra, polvo y marcas propias de las instalaciones. Debe cuidarse la remoción de cualquier fragmento o elemento de metal, tales como clavos, remaches, tornillos, rebabas, etc. Estas partículas, originadas por el uso de taladros o cortes *in situ*, se convertirán en núcleos de corrosión.

---

<sup>106</sup> Purgar: limpiar y purificar, quitando lo innecesario, inconveniente o dañino.

Es importante estar alerta ante ruidos y olores extraños. Si durante el purgado se detecta cualquier anomalía, debe contactarse lo antes posible a la empresa que lo instaló. El responsable de la empresa deberá aclarar las razones y corregir la anomalía.

#### 4.4.2 Mudanza de la colección a la bóveda

Después de revisar detalles, de asegurarse que ya no existen problemas que pongan en riesgo a las fotografías, que las condiciones de humedad relativa y temperatura sean las deseadas y que el mobiliario esté debidamente colocado, las fotografías serán trasladadas dentro de la bóveda. El acomodo de los materiales deberá realizarse de acuerdo a las instrucciones del restaurador-conservador. La conservadora Anne Cartier-Bresson de la *Maison Europeenee Photographie*, recomienda un periodo de seis meses para asegurarse de que las condiciones sean adecuadas antes de mudar la colección a la nueva bóveda.<sup>107</sup>

### 4.5 Operación y mantenimiento

La información proporcionada por los proveedores, fabricantes del equipo y del equipo de diseño durante la capacitación, será utilizada para diseñar un programa de mantenimiento. Éste debe incluir inspecciones y cambios de filtros, lubricaciones, revisión de los equipos de enfriamiento y deshumidificación. Se recomienda hacerlo en forma de una tabla de registro semanal o mensual.

El conservador Doug Severson del *Art Institute of Chicago* señala la importancia de trabajar con personal local que pueda dar el mantenimiento de manera rápida y efectiva, ya que el mantenimiento de una bóveda fría es la clave para su buen funcionamiento.<sup>108</sup>

Asimismo es necesario contar con un plan de emergencia escrito, específico para los materiales fotográficos que se almacenarán en la bóveda, en caso de incendio, inundación, falla energética, etc .

---

<sup>107</sup> Lee Ann, Daffner. "Survey of Cool and Cold Storage Facilities for Fine Art Photography Collections." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp.151-161.

<sup>108</sup> *Ibidem*, p.151.

## 5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BÓVEDAS

### 5.1 Diseño del inmueble

#### 5.1.1 Localización

La ubicación de la bóveda dentro del edificio debe elegirse junto con el arquitecto responsable. El plan de uso del espacio debe considerar las necesidades de la bóveda y prebóveda, las áreas de consulta, de catalogación, conservación, laboratorio, reprografía, etc. Así como la relación entre unas y otras y el flujo de trabajo.

La bóveda puede acondicionarse en algún lugar del edificio existente, si reúne las características para esta nueva función, o puede construirse un edificio nuevo para ella.

Deben evitarse lugares expuestos al sol, cerca de la azotea o en el ala sur del edificio ya que éstos dificultan el control de las condiciones ambientales dentro de la bóveda debido a la carga térmica a la que están expuestos. Tampoco se escogerán áreas con altos niveles de humedad relativa como sótanos, plantas debajo del nivel de la calle o cerca del nivel freático en donde además se corre riesgo de inundación. La bóveda siempre se localizará encima del nivel del suelo.<sup>109</sup> Por ningún motivo deben existir tuberías o tomas de agua sobre la bóveda que impliquen riesgo de inundación, aún en lugares con buen mantenimiento. Hay que asegurarse que las zonas cercanas o colindantes a la bóveda no representen un riesgo, como los almacenes con sustancias inflamables y que no sean áreas propensas al ataque biológico como almacenes, comedores, cafeterías, etc.

Si se piensa adaptar un espacio en un edificio ya construido, debe hacerse un diagnóstico del inmueble que incluya una evaluación detallada de las capacidades de carga, estabilidad estructural, instalaciones eléctricas y sistemas de seguridad. También se harán mediciones de temperatura y humedad relativa para ubicar la zona con las condiciones ambientales más estables dentro del mismo. Se debe elegir el lugar con el ambiente más seco y frío y con el mínimo de fluctuaciones de HR y temperatura. Conviene escoger áreas localizadas al norte, sin muros al exterior y que no sea ni el último ni el primer piso del edificio. En caso de que el área cuente con ventanas éstas se deben aislar térmicamente.

En la proyección de la bóveda, debe tomarse en cuenta la ubicación del cuarto de máquinas. Éste deberá estar a una distancia razonable

---

<sup>109</sup> ISO 18911:2000 [5].

de la bóveda, pues entre más lejos se encuentre, los costos de instalación, mantenimiento y energía aumentarán y la eficiencia disminuirá. Este cuarto deberá contar con buena circulación de aire y sobre todo, deberá proteger los aparatos de la exposición al sol. La limpieza y ausencia de humedad garantiza mayor duración de la maquinaria. Es necesario que el arrancador y los motores abiertos tengan ventilación adecuada para evitar sobrecargas y sobrecalentamientos.<sup>110</sup> Si la ventilación natural es inadecuada o no puede ser provista por medio de puertas y ventanas, se debe instalar una ventilación forzada a través de ductos. Debido a la posibilidad de que haya fugas de agua en los aparatos, se deberá evitar que las máquinas estén ubicadas sobre la bóveda o cerca de áreas en donde las fotografías permanezcan, aunque sea temporalmente. También es importante situar los equipos en lugares en donde se puedan tolerar niveles razonables de sonido. No es recomendable que el cuarto de máquinas esté situado contiguamente a salas de juntas, aulas, zonas de consulta, etc. Para disminuir el ruido y vibraciones provocadas por las máquinas se recomienda no instalar losas en el piso. Las deformaciones del suelo pueden amplificar las vibraciones, por lo que se recomienda que la estructura arquitectónica cuente con una armadura de hierro.<sup>111</sup> En cuanto a las dimensiones de este cuarto, debe haber suficiente espacio libre alrededor de los equipos para su fácil acceso y reparación.



Archivos Nacionales de Canadá, Gatineau, Quebec. Arriba se aprecia el cuarto de máquinas para sus 48 bóvedas con 4 tipos de condiciones ambientales. La imagen de abajo muestra el interior del cuarto de máquinas.

### 5.1.2 Cargas y pesos

Los edificios para archivos deben de estar diseñados para soportar un peso de al menos 500 kg/m<sup>2</sup>; sin embargo las colecciones de negativos con soporte de vidrio pueden llegar a pesar 1,300 kg/m<sup>2</sup> lo que excede en casi tres veces el patrón normal para archivos.<sup>112</sup> También se debe prestar atención a las cargas en el cuarto de máquinas ya que una unidad manejadora puede pesar varias toneladas. La armadura del suelo en este cuarto debe ser proyectada por el arquitecto para que resista los pesos, reacciones y velocidades especificadas por el fabricante del equipo. Esta armadura transfiere las cargas del equipo a las columnas del edificio.

### 5.1.3 Dimensiones

Para calcular las dimensiones de una bóveda se tomará en cuenta lo siguiente:

#### 1) Espacio para albergar la colección actual

Hay que tomar en cuenta la cantidad de fotografías, proyectando

<sup>110</sup> *Handbook of Air Conditioning System Design*. España: Carrier Corporation, Marcombo, S.A de Boixareu Editores, 1978, pp. 7-120.

<sup>111</sup> *Ibidem*, pp. 2-4.

<sup>112</sup> Fracornel, G., F. Valverde, C. Méndez. *Manual de diagnóstico de conservación en archivos fotográficos*. México: Archivo General de la Nación, 2000, p. 74.

un acomodo preliminar por formato y proceso fotográfico. Para esto es necesario haber definido el tipo de mobiliario y guardas que resguardará la colección. Hay que calcular el espacio para el sistema de almacenamiento ideal, aún cuando al principio no pueda contarse con todo el mobiliario y guardas necesarias. Debe considerarse si hay grupos de fotografías que deben permanecer juntos o si pueden separarse sin causar problemas en la catalogación o sistema actual de localización.

#### 2) Espacio para el crecimiento de la colección a futuro

Debido a que es difícil calcular las nuevas adquisiciones de material fotográfico, se harán estimaciones con base en el crecimiento anual de los últimos años de existencia del archivo. Se recomienda añadir cierto margen para posibles donaciones. El cálculo será más acertado si el archivo cuenta con políticas definidas de adquisición y desarrollo de las colecciones.

#### 3) Espacio para movilización

Los pasillos dentro de la bóveda deben permitir la circulación del personal, de las colecciones y de los carros de traslado de obra sin riesgos de obstrucciones. El mobiliario debe colocarse de manera que permita manipular la obra sin riesgo.

Una bóveda demasiado grande representará un gasto mayor y mayores problemas para controlar las condiciones ambientales ya que habrá más aire que acondicionar y se formarán varios microclimas en su interior; en una bóveda demasiado pequeña las condiciones ambientales se alterarán fácilmente con la entrada de personal. No se recomienda que el espacio de una bóveda sea mayor a 200 m<sup>2</sup>. La altura piso-techo deberá ser de al menos 2.6 m.<sup>113</sup>

### 5.1.4 Recubrimientos aislantes en paredes, techos y pisos

Un buen aislamiento térmico y de humedad relativa en el interior de la bóveda y del inmueble facilitará el control de las condiciones ambientales y ayudará a ahorrar energía. El concreto y el tabique son materiales permeables a la humedad y al vapor de agua y malos aislantes térmicos, por lo que necesitan recubrimientos aislantes en el exterior del inmueble y en el interior de las paredes de la bóveda.

#### 5.1.4.1 Aislamiento en el exterior del inmueble

La azotea del edificio que alberga la bóveda debe tener recubrimiento a prueba de agua y sistemas de drenaje. De preferencia el techo tendrá inclinación para que el agua drene fácilmente.

---

<sup>113</sup> Lavédrine, Bertrand. *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2003, p. 64.

La impermeabilización del exterior del edificio es fundamental, ya que el agua estancada en la azotea se filtra por paredes y techos, aumentando los niveles de humedad relativa en el interior del inmueble. El exterior del edificio debe contar con un impermeabilizante de alta calidad y resistencia.

La selección del sistema de impermeabilización será tomada por un especialista que conozca la superficie del inmueble, el costo y la durabilidad del producto. Existe una gran variedad de impermeabilizantes que deben conocerse para comparar su calidad.<sup>114</sup>

En caso de que la bóveda tenga muros de colindancia al exterior (lo cual no es deseable) será necesario instalar una barrera de aire para evitar el problema de difusión de vapor de agua en muros. El vapor de agua se difunde a través de los materiales de construcción buscando el equilibrio de la presión de vapor en ambos lados del muro. La difusión puede traer condensación si el vapor entra en contacto con una superficie fría (con temperatura debajo del punto de rocío), como en el caso de una bóveda. En climas calientes y húmedos esta barrera debe colocarse al exterior para evitar que la humedad llegue al muro.<sup>115</sup>

#### 5.1.4.2 Aislamiento del interior de la bóveda

La base para el control de condiciones ambientales dentro de una bóveda es el sistema de aislamiento. Sin éste las condiciones ambientales requeridas serán costosas y difíciles de alcanzar. Para aislar el clima interior del exterior de la bóveda deben sellarse y protegerse los muros y techos, por medio de un aislante térmico.

Un aislante debe tener baja conductividad térmica. Ésta se expresa en K que es el coeficiente de transmisión global expresado en kcal/h·m<sup>2</sup>·°C e indica la cantidad de calor intercambiada en una hora a través de una pared por m<sup>2</sup> de superficie y por °C de diferencia entre las temperaturas del aire que baña sus caras interior y exterior.<sup>116</sup> Entre mas bajo sea K, menor transmisión de calor. Para la construcción de bóvedas se recomienda utilizar materiales con valor K menor a 0.29.<sup>117</sup>

Material	Factor K
Espuma de poliuretano	0.132
Polisocianurato rígido (Aislakor)	0.14
Fibra de vidrio	0.25
Poliestireno expandido	0.26
Lana mineral	0.32
Yeso celular	1.00
Concreto celular	1.11

Valores K de diversos materiales según el *Manual de Fundamentos* de la ASHRAE,<sup>118</sup> edición 1988.

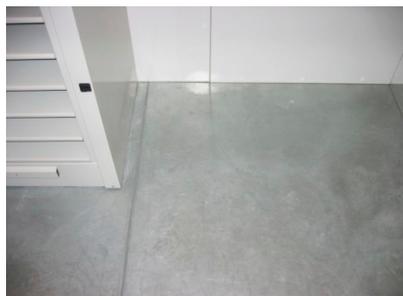
<sup>114</sup> A&B Architects [en línea] (<URL:<http://www.geocities.com/impermeabilizantes>>) [consulta: 18 de Noviembre del 2001].

<sup>115</sup> Harriman, L., Brundrett, G., Kittler, R. *Humidity Control Design Guide for Comercial and Institutional Buildings*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 2001, pp.10-12.

<sup>116</sup> *Handbook of air conditioning system design*. Op. cit., pp. 1-58.

<sup>117</sup> National Archives and Records Administration. "Specification for Controlled Environment Rooms Used for Cold Storage Preservation of Government Records." (2002), p. 6.

<sup>118</sup> American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.



Piso de acero galvanizado en la bóveda de la National Gallery of Art en Washington D.C. que se encuentra a 10°C y 40% HR.<sup>124</sup>

<sup>119</sup> El acero galvanizado debe contar con un recubrimiento de zinc aplicado por el proceso de inmersión en caliente, conforme a las normas ASTM-A-525.

<sup>120</sup> Los muros de la bóveda para materiales fotográficos en la National Gallery, en Washington D.C. (10°C y 40% HR) son paneles aislantes de metal con recubrimiento epóxico en polvo. Las especificaciones de éste producto se pueden consultar en: (<URL:http://ballyrefboxes.com/default.htm>)

<sup>121</sup> Lavédrine, Bertrand. *Op. cit.*, p. 68.

<sup>122</sup> *Ibidem*, p. 69.

<sup>123</sup> El piso de la bóveda para materiales fotográficos en la National Gallery, en Washington D.C. (16.6 °C y 40% HR) tiene recubrimiento de resina epóxica AQUEPOXY 250 HD a base de agua. Las especificaciones de éste producto se pueden consultar en: [http://www.edisoncoatings.com/html/Aquepoxy\\_250\\_HD\\_Chemical\\_Resis/aquepoxy\\_250\\_hd\\_chemical\\_resis.HTM](http://www.edisoncoatings.com/html/Aquepoxy_250_HD_Chemical_Resis/aquepoxy_250_hd_chemical_resis.HTM)

<sup>124</sup> Comunicación personal con Constance Mc Cabe, Conservadora de la National Gallery of Art, Washington, D.C., Abril, 2002.

<sup>125</sup> Lee Ann, Daffner. "Survey of Cool and Cold Storage Facilities for Fine Art Photography Collections." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), p. 152.

Los aislantes más usados en la construcción de bóvedas son paredes formadas por 2 láminas (estilo refrigerador) de metal galvanizado,<sup>119</sup> metal con recubrimiento epóxico,<sup>120</sup> acero inoxidable o de aluminio, con núcleo de espuma de polietileno o polipropileno que tienen baja conductividad térmica. Es aconsejable no usar espuma de poliuretano o de PVC. Se recomienda que la pared contenga sustancias retardantes que eviten la propagación del fuego. Estas paredes se encuentran con espesores de 4 a 5 pulgadas, pueden adquirirse en industrias de refrigeración y congelación. Es importante que las juntas entre placas garanticen una unión que no produzca transmisión de calor o humedad.

En algunos archivos se han construido bóvedas con muros anchos de hasta 89 cm. para ayudar a mantener el ambiente en su interior.<sup>121</sup> En caso de que no sea posible instalar paredes de metal con núcleo de espuma, se puede crear una barrera contra la humedad recubriendo el muro con una película de polietileno o de pintura contra agua<sup>122</sup> (como pintura epóxica) que no contenga solventes orgánicos o resinas alquídicas (lo cual es menos efectivo).

### 5.1.5 Pisos

Los pisos de la bóveda no deben liberar residuos químicos ni compuestos orgánicos volátiles. Deben ser resistentes a la corrosión, a ácidos y a la compresión mecánica para resistir el peso del mobiliario y de los documentos. Su mantenimiento no debe requerir el uso de sustancias nocivas para las fotografías. Deben recubrirse con materiales que impidan el intercambio de vapor de agua, como láminas de acero inoxidable, pinturas epóxicas catalizadas a base de agua<sup>123</sup> (no deben usarse pinturas de aceite ya que liberan peróxidos durante su secado), mosaicos no porosos, o materiales aislantes utilizados para pisos de congelación. El concreto del piso debe haber secado por completo antes de aplicar cualquiera de estos recubrimientos.

### 5.1.6 Puertas

Es indispensable instalar puertas aislantes que ayuden a mantener las condiciones ambientales dentro de la bóveda. Su diseño deberá garantizar el acceso de forma eficaz, rápida, sin obstrucciones y con el mínimo intercambio de aire entre el exterior e interior de la bóveda. El conservador Doug Severson's del *Art Institute of Chicago* recomienda que la puerta sea grande<sup>125</sup> debido al tamaño que las fotografías contemporáneas suelen tener.

Existe una gran variedad de puertas eléctricas y manuales. Los sistemas automáticos no han sido muy usados debido a que las bóvedas no cuentan con tráfico intenso que justifique su instalación, además de ser más caros y requerir un mantenimiento más especializado. Para evitar accidentes al entrar o salir de la bóveda se recomienda que la puerta tenga una ventana que permita ver del otro lado. Esta ventana debe estar montada a la altura de los ojos y ser de vidrio resistente a las bajas temperaturas. También es recomendable que se instale algún sistema que impida que la puerta se quede abierta accidentalmente, como los dispositivos hidráulicos o alarmas que avisen que una puerta se encuentra abierta.

Las puertas están diseñadas para mantener en el interior diferentes temperaturas y de acuerdo con esto varía su diseño y materiales constitutivos. Generalmente están formadas por dos placas de metal, u otro material aislante de la humedad, con alma de un material de baja conductividad térmica y un marco reforzado para darle resistencia. Los materiales más usados son los metales protegidos contra la corrosión como el acero galvanizado, acero inoxidable, acero con pintura epóxica, aluminio y paneles mixtos como los de fibra de vidrio con cubierta de plástico de poliéster.

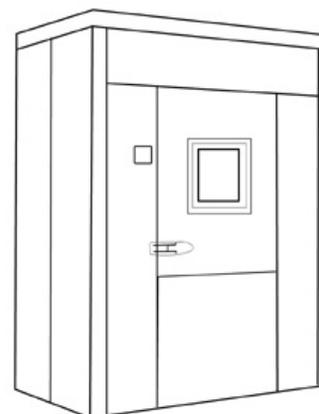
Para un buen aislamiento de la bóveda las puertas deberán tener al menos 4" de espesor y un sello impermeable anti-gases y líquidos en todo el perímetro, hecho de un material con buena resistencia física, inerte, químicamente resistente (que no libere compuestos volátiles) y fácil de reemplazar. Los sellos de silicón generalmente cumplen con estos requisitos.<sup>127</sup> El sello que da hacia el piso debe ser ajustable y más grueso que el de los otros lados. Las puertas de bóvedas con temperaturas muy bajas deben incluir un sistema eléctrico anticondensador en su perímetro.<sup>128</sup> Por seguridad la puerta se deberá poder abrir por dentro en todo momento.

### 5.1.7 Sistema eléctrico

El diseño e instalación del sistema eléctrico de una bóveda requiere de un ingeniero especializado. El diseño debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

#### 1) Suministro de energía

Los sistemas de iluminación, monitoreo y seguridad consumen energía eléctrica y el sistema de tratamiento de aire requiere aún más ya que incluye ventiladores, bombas, compresores y motores eléctricos que pueden significar un gasto considerable de energía. Debido a que esta inversión será permanente, la institución debe



Puerta aislante con ventana.<sup>126</sup>



Puerta aislante en bóveda.

<sup>126</sup> BMIL-JAMISON [en línea] (<URL: <http://bmil.com/jamison>>) [consulta: 1 de mayo del 2002].

<sup>127</sup> NARA Specification. *Op. cit.*, p. 6.

<sup>128</sup> Este sistema funciona por medio de un alambre calentador que se encuentra dentro de la puerta.

considerarla en la elección del sistema de aire acondicionado. El consumo de corriente eléctrica debe ser calculado tomando en cuenta las cargas máximas en que opera el equipo. Como ejemplo del cálculo para un sistema de aire acondicionado podemos citar la propuesta para la bóveda del archivo del Instituto de Investigaciones Estéticas (13°C 35% HR) que consume aproximadamente 37 Kw<sup>129</sup> a 220/3/60Hz y se divide de la siguiente forma:<sup>130</sup> unidad manejadora 4 Kw, enfriador de agua helada 7 Kw, resistencia en ducto 1 Kw, deshumidificador Munters 25 Kw.

Con esta información, el ingeniero electricista debe diseñar un sistema de suministro de energía eléctrica que asegure el buen funcionamiento de todo el equipo. Para fallas eléctricas, se recomienda contar con una planta de emergencia.



Cables de electricidad y teléfono entubados.

## 2) Seguridad

Se debe minimizar e incluso evitar la instalación de enchufes e interruptores eléctricos dentro de la bóveda para evitar el riesgo de incendio (de hecho, no debe haber aparatos conectados dentro de la bóveda). Las lámparas, detectores de humo o aparatos de monitoreo requieren del uso de cables, por lo que deberán ser entubados y correr por fuera de las paredes para que en caso de descompostura su revisión sea rápida sin necesidad de abrir muros. Los cables deberán ser diseñados para soportar la cantidad de amperes requeridos y evitar que se calienten.

Las redes de distribución de energía están sometidas a fluctuaciones accidentales de tensión, magnitud y duración variable. Los rayos, cortocircuitos o sobrecargas de la línea pueden producir disminuciones en la tensión o subtensiones y averías. La velocidad de los motores puede disminuir o anularse y en el peor de los casos éstos pueden incendiarse. Los mecanismos de protección más usados contra sobrecargas son los interruptores, fusibles y contactores que interrumpen instantáneamente la corriente de la derivación o ramal en que se produjo la avería.<sup>131</sup> Es importante que para casos de descomposturas en los equipos o fallas en el suministro de corriente eléctrica, se cuente con un sistema automático que corte el suministro de la energía para todos los equipos, ya que el sistema de enfriamiento sin deshumidificador generará niveles de humedad relativa muy peligrosos al interior de la bóveda y el deshumidificador sin el equipo de enfriamiento, calentará el aire de suministro de la misma. En este tipo de emergencias, después de apagar todos los equipos, las puertas de la bóveda, deben mantenerse cerradas hasta que su temperatura se equilibre lentamente con la del exterior, evitando problemas de condensación o cambios bruscos en los niveles de humedad relativa.<sup>132</sup>

<sup>129</sup> El equipo conectado a la corriente eléctrica genera un monto de energía consumida llamado Kw (kilowatts), que divididos entre la corriente eléctrica (voltio) dan una medida de carga A (ampéres) que es la unidad de intensidad de corriente. (Valverde, F., G. Fracornel., C. Méndez. *Manual de diagnóstico de conservación en archivos fotográficos*. México: Archivo General de la Nación, 2000, p.77).

<sup>130</sup> Comunicación personal con el ingeniero Avelino Rios R., LUWA México, S.A. de C.V. junio, 2002.

<sup>131</sup> *Handbook of Air Conditioning System Design*. Op. cit., pp. 8-46.

<sup>132</sup> Wilhelm, H. *The Permanence and Care of Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides, and Motion Pictures*. Grinnell: Preservation Publishing Company, 1993, p. 698.

Estos son niveles de protección básicos, sin embargo existen niveles más especializados que deberán ser considerados por el ingeniero, como la instalación de alarmas y detectores de humo en el cuarto de máquinas.

### 5.1.8 Prebóveda

La prebóveda evita cruzar el punto de rocío al sacar los materiales fríos hacia el área de consulta. También sirve para minimizar la alteración de las condiciones ambientales dentro de la bóveda cada vez que alguien entra o que las puertas se abren.

Para su construcción se recomiendan los mismos materiales de aislamiento en paredes, techos, muros y puertas que en la bóveda. Los parámetros de humedad relativa y temperatura deben asegurar que los materiales fotográficos nunca alcancen el punto de rocío y por lo tanto no sufran condensación en superficie en ninguna de las tres áreas (bóveda, prebóveda y sala de consulta).

La prebóveda debe ser suficientemente grande para que el transporte de documentos se realice sin obstrucciones. El mobiliario básico de la prebóveda equipada incluye un mueble para colocar las fotografías, una mesa para examinar el material y un área para colocar ropa térmica que el personal utiliza al ingresar a la bóveda.



Prebóveda del archivo de Lisboa, Portugal. Imagen cortesía de Luis Pavão.

Institución	Bóveda	Prebóveda	Sala de consulta
The Fogg Art Museum	4.4°C y 30% HR	12.7°C y 40% HR	23.88 °C y 40-50% HR
J. Paul Getty Museum	4.4°C y 40% HR	20°C y 40% HR	21°C y 50-55% HR
Maison Européenne de la Photographie	3.8°C y 40% HR	12.2°C y 45% HR	

Tabla comparativa de condiciones de temperatura y humedad relativa en bóveda, prebóveda y sala de consulta<sup>133</sup>

Aunque la construcción de una prebóveda es de gran utilidad y facilita el movimiento de los documentos, no es indispensable ya que se puede evitar que el material cruce el punto de rocío por otros métodos, como pequeñas cámaras con control ambiental (incluso se han usado hieleras), bolsas herméticas para transportar el material fotográfico (ver capítulo 6), o con el control ambiental en el cuarto de consulta.

<sup>133</sup> Lee, A. D. *Op. cit.*, pp. 154-155.

## 5.2 Monitoreo e interpretación de condiciones ambientales

La bóveda debe contar con instrumentos de monitoreo, que por su uso podemos dividir en:

- a) Permanentes: temperatura y humedad relativa.
- b) Ocasionales: contaminación e iluminación.

Los permanentes requieren de mediciones diarias a intervalos regulares y los ocasionales se hacen al construir la bóveda (antes de colocar las fotografías), y/o en casos particulares.

Es necesario establecer un programa de monitoreo. El análisis de los datos recolectados estará a cargo de un restaurador-conservador quien detectará los problemas y expondrá soluciones que ayuden a mejorar las condiciones ambientales en la bóveda.

### 5.2.1 Temperatura y humedad

Debido a que la temperatura y la humedad relativa son los factores determinantes para la permanencia de las fotografías, deben elegirse equipos de monitoreo de alta precisión. Las tarjetas de cartón con cobalto y sales inorgánicas o los higrómetros electrónicos de baja calidad no sirven para los fines que aquí se exponen.

Dentro de los instrumentos de monitoreo los hay de medición continua y de medición puntual. Los primeros son más útiles, ya que proporcionan lecturas a intervalos de tiempo regulares (lo cual es necesario para el cálculo TWPI) además de registrar posibles cambios ambientales en horas en las que el personal no está presente. Los termohigrógrafos y los *data loggers* son ejemplos de los instrumentos de medición continua.

Los psicrómetros e higrómetros de carátula son instrumentos de medición puntual y son útiles para hacer comparaciones o calibraciones a los sistemas de registro continuo.

#### 5.2.1.1 Psicrómetro

Este instrumento es uno de los más precisos para medir humedad relativa ya que tiene un rango de precisión de  $\pm 2\%$  a  $\pm 4\%$ . Un psicrómetro está formado por dos termómetros, uno con bulbo seco y otro con bulbo húmedo, montados en un marco con manivela. El de bulbo seco mide la temperatura del aire. El de bulbo húmedo lleva una gasa humedecida con agua destilada. Para medir, el psicrómetro se hace girar rápidamente para evaporar el agua de la gasa que cubre



Psicrómetro.

el bulbo de mercurio. Entre más seco esté el aire, más rápida será la evaporación del agua de la gasa que cubre el bulbo del termómetro y más baja será la temperatura de éste. En este caso la temperatura entre ambos termómetros será significativamente distinta. A la inversa, cuando el ambiente es húmedo, el agua de la gasa del termómetro de bulbo seco tardará en evaporarse y la temperatura de éste será similar a la del otro. Después de rotar el psicrómetro se anota la temperatura de bulbo húmedo. Se calcula la diferencia de temperatura entre ambos termómetros y en una carta psicrométrica se obtiene el valor de humedad relativa.

Al hacer girar el psicrómetro hay que evitar arrojar gotas de agua sobre las colecciones. Si la bóveda es muy fría y la temperatura de bulbo húmedo es menor que 0° C (32°F) las mediciones tendrán un margen de error muy grande.<sup>134</sup>

### 5.2.1.2 Higrómetro de carátula

Este instrumento mide la humedad relativa; algunos tipos también miden la temperatura (termohigrómetros). Utiliza cabellos naturales o sintéticos sensibles a los cambios de humedad.<sup>135</sup> En presencia de humedad el cabello se dilata y en climas secos se contrae. Estos instrumentos tienen que calibrarse por lo menos cada seis meses. Pueden ser útiles para una revisión rápida de los sistemas de monitoreo continuo.



Higrómetro de carátula.

### 5.2.1.3 Termohigrógrafo

El termohigrógrafo registra la temperatura y humedad relativa en rollos continuos de papel graficado, ya sea diariamente, semanalmente o de forma mensual. Si se calibran al menos una vez al mes tienen una precisión de  $\pm 3\%$ .<sup>136</sup> Los que hacen registros en línea (de tambor) son mas recomendables que los de carátula circular cuya lectura es confusa. Al igual que los termohigrómetros de carátula, miden por medio de cabellos sintéticos o naturales sensibles a la humedad.



Termohigrógrafo de tambor.

El problema de estos aparatos es que su forma de registrar los datos es mecánica (tinta sobre papel) y deben de introducirse de manera manual en una base de datos para hacer interpretaciones de las gráficas de temperatura y humedad relativa usando cálculos matemáticos como el índice de permanencia y el índice de preservación valorado en el tiempo. Por esta razón se recomiendan instrumentos cuya forma de almacenar los datos sea digital y permita introducirlos a una computadora (*data logger*).

<sup>134</sup> Wilhelm, H. *Op. cit.*, p. 551.

<sup>135</sup> El material sintético es un polímero como nylon o poliamida.

<sup>136</sup> Pavão, Luis. *Conservación de Colecciones de Fotografía*. Granada: Editorial Comares, 2001, p. 161.

#### 5.2.1.4 *Data Logger*

El *data logger* es un instrumento electrónico (pequeño y operado por medio de baterías) que cuenta con un microprocesador, un sensor de temperatura, uno de humedad y un almacenador de datos. Los sensores electrónicos miden la humedad y la temperatura a intervalos regulares de tiempo preestablecidos por el usuario. La información puede recuperarse en cualquier momento. Normalmente se hace a intervalos que van de un día a un año, dependiendo de la frecuencia de las lecturas y de la capacidad del almacenador de datos. Para acceder a los datos y hacer gráficos, éstos deben transferirse a una base de datos en una computadora. Se recomienda coleccionar los datos y elaborar las gráficas cada semana para detectar cambios indeseables a tiempo, es decir antes de que las condiciones climáticas causen algún daño a las fotografías, o bien contar con *data logger* con pantalla para un acceso rápido a la información. Desde luego, si se cuentan con equipos sofisticados y confiables para controlar el clima dentro de la bóveda, los intervalos de recolección pueden espaciarse hasta un mes.

Las mediciones frecuentes de datos brindan información detallada pero requieren de más tiempo de trabajo, lo cual no siempre es necesario. Debido a que los sensores de humedad tienen un rezago de 4 a 5 minutos ante cambios de humedad relativa, las lecturas a intervalos de 5 minutos o menos no son representativas. Si se consideran los tiempos de equilibrio de los materiales fotográficos ante cambios de temperatura y humedad relativa, se verá que las mediciones frecuentes no aportan demasiado, pues para que un material se equilibre con una nueva temperatura deberá pasar más de una hora y días o semanas en el caso de la humedad relativa. Los sensores de humedad deben calibrarse regularmente y cambiarse en caso de mostrar un error de  $\pm 4\%$  HR.

Existen sistemas de monitoreo en los que los sensores mandan señales de radio de baja intensidad a una estación central de recolección. Esta estación central puede mandar señales de alarma cuando se rebasen ciertos límites en valores ambientales y almacenar los datos de forma similar a un *data logger*. Si la estación esta conectada a una computadora, muestra el monitoreo en tiempo real (sin necesidad de descargar información de cada sensor. Estos sistemas ahorran mucho tiempo. Sin embargo su costo es más elevado que el de los termohigrógrafos y *data loggers* independientes ya que incluye la estación central, el programa y equipo de cómputo.<sup>137</sup>

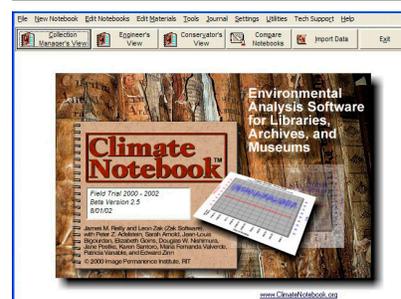
---

<sup>137</sup> Lull, P., William. "Conservation Environmental Guidelines for Libraries and Archives." Manuscript (New York, 1998), p.24.

PEM (*Preservation Environment Monitor*)

El PEM es un instrumento desarrollado por el Instituto de

Permanencia de la Imagen (IPI), Rochester, NY,<sup>138</sup> que mide, registra e interpreta los valores de temperatura y humedad relativa de áreas de almacenamiento o exhibición de colecciones. Cuenta con un *data logger* que muestra, en una pantalla exterior, las condiciones ambientales de la última medición. Esta información se almacena en un programa de computadora por medio de un cable serial o una tarjeta de memoria. El monitor del PEM muestra el índice de permanencia y el de preservación a través del tiempo cada 15 segundos, seguidos de las mediciones de humedad y temperatura. La ventaja del PEM sobre otros métodos de monitoreo es precisamente que calcula estos índices. La información es procesada e interpretada mediante el programa *Climate Notebook*, el cual analiza y organiza las mediciones para presentar distintos reportes y gráficas de valoración que explican y documentan cómo fueron afectadas las colecciones por la humedad relativa y la temperatura. Este programa cuenta con una base de datos que señala los parámetros climáticos para el almacenamiento de diversos tipos de fotografías y otros materiales. Muestra textos, imágenes de los deterioros y mensajes para alertar sobre situaciones de alto riesgo como el ataque de hongos. La base de datos puede ser ampliada por el usuario y la información podrá compartirse entre instituciones por medio de una página en la red de acceso limitado.



Programa *Climate Notebook* y monitor PEM.

### 5.2.2 Luz y radiación ultravioleta

Con el fin de garantizar una iluminación adecuada dentro de la bóveda que permita la búsqueda y manipulación de las colecciones, debe medirse la intensidad lumínica de las fuentes con un luxómetro. El luxómetro mide la luz de forma similar al funcionamiento del ojo humano, no mide radiaciones ultravioleta ni infrarroja y es más sensible a ciertos colores del espectro.<sup>139</sup> Está graduado en luxes y toma mediciones puntuales de iluminancia.<sup>140</sup> Consta de una foto celda conectada a un medidor. Las foto celdas más comunes son las de selenio. El luxómetro debe ser capaz de medir por lo menos de 50 a 2500 lux.<sup>141</sup> También pueden hacerse mediciones básicas con un exposímetro y usar tablas de equivalencia para calcular la cantidad de luxes.<sup>142</sup>

Los instrumentos para medir radiaciones UV son los ultravímetros. Éstos miden la intensidad de las radiaciones en microwats por lumen ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ ). Algunos modelos no registran todas las longitudes de onda y frecuentemente presentan inconsistencias en las lecturas. Los ultravímetros nuevos (electrónicos) son más consistentes en sus lecturas, pero su sensibilidad tampoco es del todo regular.<sup>143</sup>

Debido a que los ultravímetros son caros, los niveles de UV dentro

<sup>138</sup> Image Permanence Institute [en línea] (<URL: <http://www.rit.edu>>) [consulta: 1 de mayo del 2002].

<sup>139</sup> Thomson, Garry. *The Museum Environment*. Boston: Butterworths/International Institute for Conservation, 1999, p. 19.

<sup>140</sup> La iluminancia es el flujo luminoso recibido en una unidad de superficie. Su unidad es el lux: lumen (unidad de flujo luminoso) por metro cuadrado (unidad de superficie).

<sup>141</sup> Lull, P., William. "Conservation... *Op. cit.*, p. 25.

<sup>142</sup> Se coloca la cámara a 400 ASA y el lente a f/5.6. Se dirige la cámara a una superficie blanca colocada en donde se quiere medir los luxes. La velocidad que requiera el exposímetro 1/8, 1/15, 1/30, 1/60 de segundo, equivaldría a 80,150, 300 y 600 lux respectivamente.

<sup>143</sup> Lull, P., William. "Conservation... *Op. cit.*, p. 25.

de una bóveda pueden estimarse según las especificaciones de las lámparas. Si las luces son fluorescentes (con emisión de radiaciones ultravioleta) puede medirse su emisión de forma esporádica, sólo para asegurarse que los filtros UV no hayan caducado. De cualquier manera, considerando que los sistemas de almacenamiento para fotografías son cerrados y que el tiempo de búsqueda de materiales dentro de una bóveda es muy corto, el impacto en las colecciones por la emisión UV no es grave.

### 5.2.3 Contaminantes

Antes de colocar los materiales fotográficos dentro de la bóveda debe realizarse un monitoreo de contaminantes atmosféricos ya que puede haber vapores nocivos liberados por los materiales utilizados en la construcción. Posteriormente, el programa de monitoreo debe incluir análisis periódicos de la calidad del aire para detectar problemas en el sistema de filtración y ventilación del aire acondicionado.

Los agentes contaminantes del aire pueden provenir del exterior o del interior (de las propias colecciones fotográficas o de las guardas de almacenamiento). La contaminación gaseosa en exteriores puede investigarse por medio de agencias federales como el SIMA en México (Sistema de Información Ambiental). La detección de contaminantes dentro de la bóveda puede hacerse de manera *activa*, por medio de muestreo directo del aire y su análisis en laboratorio, o de manera *pasiva*, con un instrumento sencillo que indica, al hacer pasar el aire por el mismo, la concentración en ppm. de un contaminante específico (sin análisis de laboratorio).<sup>144</sup> El muestreo *activo* es caro ya que implica el uso de equipos analíticos sofisticados para detectar los agentes contaminantes. El segundo método es barato pero sólo brinda datos cuando la cantidad de contaminante es alta. Los sistemas *pasivos* de detección se basan en la difusión de gases y su consecuente reacción con algún compuesto o elemento para medir la cantidad de contaminantes volátiles. Existen distintos sistemas pasivos en el mercado,<sup>145</sup> su problema es la falta de sensibilidad ante niveles de contaminación que pueden ocurrir dentro de una bóveda (muy bajos, pero en concentración suficiente como para afectar a las fotografías). Sin embargo éstos pueden servir para detectar cantidades peligrosas de contaminantes como de formaldehído, peróxido de nitrógeno, o ácido acético liberado por colecciones de fotografías con soporte de acetato de celulosa.

También hay cupones metálicos que permiten evaluar la calidad del aire al indicar la presencia de contaminantes. Sin embargo, éstos no permiten análisis cuantitativos. Los cupones pulidos de plata, cobre,

---

<sup>144</sup> Valverde, F., G. Fracornel., C. Méndez. *Manual de diagnóstico de conservación en archivos fotográficos*. México: Archivo General de la Nación, 2000, p. 40.

<sup>145</sup> Airsampling [en línea] (<URL: <http://www.airsampling.com>>) [consulta: 1 de junio del 2002].

plomo u oro pueden detectar compuestos de cloro, flúor, amoníaco, ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Los cupones metálicos se exponen por periodos de 30-90 días dentro de la bóveda y con el tiempo, se forma una capa de productos de corrosión distinta según el tipo y nivel de contaminación presente. Los cupones pueden enviarse a compañías especializadas para medir el grosor de la capa de corrosión y determinar los contaminantes que la causaron.<sup>146</sup>

También existen aparatos con sensores de cristal de cuarzo y recubrimiento de plata o cobre que proporcionan mediciones (continuas e inmediatas) de concentraciones menores a una parte por billón, las cuales se pueden consultar mediante un monitor integrado o una computadora.

Es importante mencionar que, aunque se detecte la presencia de contaminantes con alguno de los métodos anteriores, es necesario conocer cómo afectan al material fotográfico en condiciones ambientales específicas. Para esto se han diseñado los cupones con plata coloidal<sup>147</sup> (representativos de las impresiones y negativos plata gelatina) que se oscurecen ante la exposición a contaminantes atmosféricos. Se colocan en el área de almacenamiento y posteriormente, se comparan con un cupón sin exponer para detectar la presencia de contaminantes.<sup>148</sup>

Para determinar la presencia de partículas basta con pasar la mano con un guante blanco sobre la superficie del mobiliario y cajas que contienen las fotografías. También pueden hacerse mediciones sofisticadas por medio de contadores de partículas y pruebas de laboratorio. Sin embargo, estos métodos no se utilizan.

La presencia de ácido acético en el aire, proveniente de los negativos con soporte de acetato de celulosa, puede detectarse y cuantificarse de manera general mediante los indicadores desarrollados por el *Image Permanence Institute*. Éstos son tirillas de papel Whatman impregnadas con azul de bromocresol que cambian de color (azul, verde o amarillo) según el nivel de acidez. Éstas pueden colocarse dentro o fuera de las guardas y cajones de almacenamiento. Las *AD-strips*<sup>149</sup> funcionan incluso a temperaturas bajo cero siempre y cuando se les deje el tiempo suficiente dentro de los contenedores para reaccionar con el ácido acético (al menos una semana).<sup>150</sup>

### 5.3 Iluminación

Las colecciones fotográficas se almacenan en oscuridad. La iluminación sólo se utiliza durante breves periodos para acceder a



Cupones metálicos *Purafil*.



Transmisor de corrosión continua *On Guard* de *Purafil*.

<sup>146</sup> *Purafil* [en línea] (<URL: <http://www.purafil.com/services.htm>>) [consulta: 31 de mayo del 2005].

<sup>147</sup> Estos cupones se utilizan en la prueba de actividad fotográfica (PAT) y están formados de gelatina y plata coloidal en un soporte plástico de poliéster.

<sup>148</sup> Lavédrine, Bertrand. *Op. cit.*, p.109.

<sup>149</sup> En realidad las tirillas fueron diseñadas para detectar el “síndrome del vinagre”, pero también sirven para detectar la presencia de ácido acético dentro de una bóveda.

<sup>150</sup> *Users guide for A-D strips*, Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.



Lámpara de Sodio, Cineteca Nacional.

las colecciones, hacer revisiones y prácticas de mantenimiento.

Es recomendable usar lámparas de emisión espectral conocida, (de baja emisión de ultravioleta e infrarrojo), que garanticen un mínimo de 20 a 50 lux en la parte más baja del mobiliario.<sup>151</sup> La buena visibilidad evitará accidentes y permitirá detectar problemas. Para mejorar la iluminación se recomienda que los muebles, paredes e incluso los pisos sean de color claro y que las lámparas no estén cerca del mobiliario. Normalmente las lámparas se colocan paralelas al mobiliario, sobre los pasillos de circulación para evitar la obstrucción de iluminación y para evitar accidentes sobre las colecciones debido al escurrimiento de las balastras. Dentro de una bóveda grande, el sistema de iluminación debe permitir encender la luz en un área a la vez. También se usan sistema activados con detectores de movimiento.

Las fuentes de luz pueden clasificarse por su origen de la siguiente manera:

### 5.3.1 Luz de día

Esta luz contiene gran cantidad de radiaciones ultravioleta e infrarrojas y su intensidad varía mucho. Por estas razones nunca se utiliza dentro de una bóveda.

### 5.3.2 Fuentes incandescentes

Las fuentes incandescentes producen luz por medio del calentamiento de un filamento de tungsteno. Existen dos tipos de lámparas:

#### Tungsteno

Funcionan gracias al calentamiento de un filamento de tungsteno metálico que emite radiaciones y genera luz visible con una temperatura de color de entre 2700 y 3200 K. Por su alta emisión de radiación infrarroja, (calor) esta iluminación tiene un efecto térmico indeseable para una bóveda. Las lámparas incandescentes emiten un espectro continuo de iluminación con un contenido muy bajo de ultravioleta (menos del 4%) y una intensidad promedio de 75 microwats/lumen, por lo que no requieren filtros UV.<sup>152</sup> Sin embargo por el calor que generan, su corta vida y el gasto considerable de energía estas fuentes no se usan en bóvedas de almacenamiento.

#### Halógenas

<sup>151</sup> Lull, P., William. "Conservation... *Op. cit.*, p. 50.

<sup>152</sup> *Ibidem*, p. 48.

Estas fuentes funcionan igual que las de tungsteno pero tienen un bulbo de cuarzo, en lugar de vidrio,<sup>153</sup> y gases halógenos en su interior que evitan el desgaste del filamento y promueven que el tungsteno evaporado se redeposite sobre el mismo. Esto permite que la lámpara funcione a temperaturas más altas y produzca una iluminación más intensa. Debido a que dentro de una bóveda no se necesita una iluminación muy brillante y a que éstas emiten radiaciones infrarroja y ultravioleta en gran cantidad (algunas lámparas alcanzan los 100  $\mu\text{w}/\text{lúmen}$ ),<sup>154</sup> la iluminación con lámparas halógenas no se usa dentro de bóvedas.

### 5.3.3 Fuentes fluorescentes

Las fuentes fluorescentes funcionan haciendo pasar corriente eléctrica a través de vapor de mercurio. Los átomos de mercurio cargados emiten radiación ultravioleta, la cual es absorbida por la capa de polvo fluorescente (fósforo) que cubre el interior del foco. Es esta capa la que emite luz.

Estas fuentes emiten menos radiación infrarroja (calor) que las incandescentes. La emisión de radiación ultravioleta varía según el fabricante y la mezcla de fósforo -aún dentro del mismo tipo de lámparas-. Actualmente hay lámparas fluorescentes que emiten alrededor de 49  $\mu\text{w}/\text{lúmen}$  y un porcentaje de radiación menor que 0.5%.<sup>155</sup> Las fuentes fluorescentes que ahorran más energía eléctrica emiten más radiación UV. De cualquier manera, aunque se instalen las de baja emisión se recomienda colocar filtros de UV sobre las mismas.

### 5.3.4 Fuentes de vapor de mercurio y halógenos de metal

Estas fuentes son de alta intensidad y utilizan fósforo para generar luz. Producen gran cantidad de radiación UV, aun después de colocar filtros.<sup>157</sup> No se usan dentro de bóvedas.

### 5.3.5 Fuentes de sodio

Estas fuentes también son de alta intensidad luminosa y sólo se usan de manera indirecta. Las hay de baja y de alta presión, ambas emiten escasa radiación UV. Presentan ventajas como su baja emisión de calor y su bajo costo de operación. Las lámparas de baja presión producen luz de tonalidad naranja, las de alta presión tienen una corrección de color más natural. Cualquiera de las dos puede usarse dentro de una bóveda siempre y cuando el color de la luz no sea



Iluminación en bóveda de almacenamiento de materiales fotográficos en Washington DC. La lámpara es de tipo fluorescente, indirecta, con intensidad de 200 lux.<sup>156</sup>

<sup>153</sup> Este es un vidrio con gran contenido de sílica, resistente a altas temperaturas pero deja pasar la radiación UV.<sup>154</sup> Herráez, J. A., M.A. Rodríguez Lorite, *La Conservación Preventiva de Obras de Arte*, España: Arbor CLXIV, 645, Septiembre, 1999, pp. 141-156.

<sup>155</sup> *Ibidem*, pp. 141-156.

<sup>156</sup> Comunicación personal con Constance Mc Cabe, Conservadora de la National Gallery of Art, Washington, D.C., Abril, 2002.

<sup>157</sup> Lull, P., William. "Conservation... *Op. cit.*, p. 48.



Filtros de tubos de plástico (acrílico) con 92% de protección (<URL:<http://www.lightimpressionsdirect.com>>).



Lámpara fluorescente con filtro UV de lámina plástica delgada con 96-98% de protección (<URL:<http://www.gaylordmart.com>>).

importante.

### 5.3.6 Filtración de radiaciones ultravioleta

Las fuentes más adecuadas para iluminar las bóvedas son las fluorescentes y de sodio. De éstas, sólo las fluorescentes requieren de filtros de UV, ya que algunas lámparas pueden exceder los límites permisibles para la conservación de materiales orgánicos (75  $\mu\text{w}$ /lúmen o 4% de radiaciones ultravioleta).<sup>158</sup>

Los filtros absorben la radiación ultravioleta menor que 400 nanómetros. Éstos modifican la temperatura de color y el índice de reproducción cromática. Aunque se instalen filtros, se recomienda elegir fuentes de baja emisión, así se reducirán los niveles de esta radiación y extenderá la vida de los filtros.<sup>159</sup>

Hay dos tipos de filtros de UV para lámparas fluorescentes:

1. Plásticos gruesos de acrílico o policarbonato que se colocan alrededor de los focos (en forma de tubos). Pueden reducir la radiación hasta 5 microwats por lumen.
2. Láminas delgadas de acetato de celulosa o poliéster que se cortan y adhieren a las lámparas. Éstas cuentan con sustancias orgánicas que absorben radiación uv.

## 5.4 Filtración de aire y contaminantes

En el ambiente existen partículas como arena, polvo, textiles, esporas, células muertas, fibras de papel, etc. Esta contaminación puede removerse de la bóveda por medio de la limpieza periódica con aspiradora. Las partículas pequeñas y gases contaminantes como el dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, peróxidos, ozono, óxidos de nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles, también representan un riesgo para las fotografías. Éstos deben eliminarse mediante sistemas de purificación de aire.<sup>160</sup>

Los contaminantes predominan en ciudades, de hecho las bóvedas para material fotográfico deberían construirse en zonas con bajos niveles de contaminación. Los estándares internacionales que indican la cantidad máxima permisible de partículas en el área de almacenamiento de documentos gráficos, se usan como referencia para las fotografías.

<sup>158</sup> *Ibidem*, p. 25.

<sup>159</sup> Lull, P., William. "Selecting Fluorescent Lamps for W Output." *Abbey Newsletter* 16:4 (Aug, 1992).

<sup>160</sup> ISO 18920:2000 [7].

Cantidad máxima de partículas contaminantes en áreas de almacenamiento, preservación y conservación de documentos gráficos. <sup>161</sup>	
SO <sub>2</sub> (Dióxido de sulfuro)	<1 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> (Óxidos de nitrógeno)	<5 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub> (Ozono)	<25 µg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	<4.5 µg/m <sup>3</sup>

Los niveles máximos de contaminantes permisibles dentro de bóvedas para fotografías, son más bajos que los indicados para la seguridad de las personas.<sup>162</sup>

Además de eliminar los contaminantes del aire del exterior, los sistemas de filtración deben poder remover el ácido acético y vapores orgánicos, generados por las fotografías con soporte de acetato de celulosa. Se recomienda que remuevan por lo menos el 80% del ácido acético incluso a bajas temperaturas.<sup>163</sup>

Para elegir el sistema de purificación de aire debe considerarse la presencia de determinados contaminantes (o el riesgo de que existan aun cuando no puedan medirse dentro de la bóveda) y la vulnerabilidad de la colección a estos agentes. Desde el punto de vista técnico deben investigarse los requerimientos de flujo de aire, la resistencia y duración de los filtros y el área a purificar. Los ventiladores con filtros, que pueden instalarse en cualquier esquina del cuarto, no son eficaces. Presurizar ligeramente la bóveda (1 a 2 pascales) ayuda a que los contaminantes no entren cuando se abre la puerta.

#### 5.4.1 Remoción de partículas

##### 5.4.1.1 Filtros mecánicos

Los filtros mecánicos atrapan partículas cuando se hace pasar aire a través de ellos. Así eliminan partículas sólidas en suspensión. Estos filtros tienen distintas denominaciones según su eficiencia. Un filtro con más eficiencia remueve partículas de menor tamaño pero requiere más presión para que el aire pase a través de él.<sup>164</sup> Los filtros mecánicos no combustibles se recomiendan en los estándares para almacenaje de material fotográfico.<sup>165</sup>

Existen filtros absolutos, de alta, mediana y baja eficiencia. Entre más eficiente, más costoso será el filtro, por lo que se recomienda instalar varios prefiltros (que puedan cambiarse frecuentemente) antes del filtro absoluto, para que atrapen las partículas de gran tamaño. Existen estándares para medir la eficiencia de los filtros, los

<sup>161</sup> Mathey, R.G., T.K. Faison, S. Silberstein, et al., "Air Quality Criteria for Storage of Paper – Based Archival records," U.S. National Bureau of Standards, (NBSIR 83-2795), 1983.

<sup>162</sup> Lull, P., William. "Conservation... *Op. cit.*, p. 12.

<sup>163</sup> NARA Specification... *Op. cit.*, p.9.

<sup>164</sup> La "caída de presión" es el término aplicado para indicar la diferencia en la presión del aire antes y después de atravesar el filtro. Conforme el filtro se satura, aumenta su eficiencia pero provoca una caída de presión hasta que se tapa. Deben procurarse filtros cuya caída de presión sea baja.

<sup>165</sup> Thomson, Garry. *Op. cit.*, p.134.



Prefiltro de bolsas y prefiltro de paneles plegados (<URL:<http://www.hepafilters.com>>).



Filtro absoluto (HEPA) (<URL:<http://www.hepafilters.com>>).

más conocidos son Eurovent 4/5 en Europa y el ASHRAE 52/76 en los Estados Unidos. Ambos incluyen pruebas para medir la cantidad y tamaño de partículas que pasan a través de los filtros.<sup>166</sup> La eficiencia de un filtro se mide en porcentaje (%) de acuerdo a su capacidad de remover partículas, en el estándar ASHRAE las partículas se miden por su número y en el Eurovent por su peso.

Los filtros de las bóvedas para almacenar material fotográfico deben garantizar un mínimo de 85% de eficiencia según (ASHRAE 52-76).<sup>167</sup> Deben impedir el paso de partículas mayores que 0.3 micrones de diámetro.<sup>168</sup> Siempre será más conveniente lograr un alto nivel de purificación, pero hay que evitar que la caída de presión aumente y genere un gasto excesivo de energía.

El prefiltro o filtro de baja eficiencia está presente en casi cualquier sistema de aire acondicionado. Éste sólo atrapa partículas grandes, y no es suficiente para proteger a las colecciones fotográficas del polvo, ya que su eficiencia es de 35% a 65% de ASHRAE. Sin embargo, protege y acrecenta la duración de los filtros de alta eficiencia. Los hay en varias presentaciones como bolsas de fibra de vidrio, polipropileno, paneles plegados, esponjas de poliéster, celdas rígidas, etc.<sup>169</sup>

Los filtros de al menos 1-2 pulgadas de grosor de paneles plegados, tienen una eficiencia del 65% al 85% de ASHRAE (se consideran de mediana y alta eficiencia).

Después de estos filtros se colocan los filtros absolutos, también conocidos como filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter). Los filtros HEPA convencionales tienen una matriz plegada de fibra de vidrio con separadores corrugados de aluminio entre cada pliegue, estos a su vez, están contenidos en un marco rígido metálico o de material sintético como el poliuretano.<sup>170</sup> El Instituto de Ciencias del Medio ambiente de Estados Unidos establece que un filtro HEPA certificado debe capturar un mínimo de 99.97% de ASHRAE de partículas contaminantes mayores de 0.3 micrones de diámetro. Los filtros HEPA incrementan su eficiencia con el uso y son recomendables para usarse en bóvedas para almacenar fotografías. Se instalan dentro del sistema de aire acondicionado en un lugar en el que pase tanto el aire del exterior como el de reciclado. Normalmente mantienen su eficiencia por periodos de un año.

Es importante que cualquiera de los filtros antes mencionados no se coloquen inmediatamente después de los sistemas de humidificación o de los serpentines de enfriamiento ya que se humedecerán, provocando crecimiento de microorganismos.

<sup>166</sup> ISO 18920:2000 [7].

<sup>167</sup> ISO 18911:2000 [9].

<sup>168</sup> *Ibidem*, p.9.

<sup>169</sup> Cleanroom Filters and Supplies [en línea] (<URL:<http://www.hepafilters.com>>) [consulta: 10 abril 2002].

<sup>170</sup> Total air-care Systems & Products [en línea] (<URL:<http://www.totalaircare.co.nz/abouthephtm>>) [consulta: 10 de abril de 2002].

#### 5.4.1.2 Electro-filtros

Estos filtros exponen el aire a un campo electrostático -cargado positivamente- que transmite carga a las partículas pequeñas. Posteriormente, los colectores cargados negativamente atraen a las partículas y las retienen. Estos filtros consumen una gran cantidad de energía y su alto voltaje provoca reacciones que generan ozono. Debido al peligro que representa este gas oxidante para el material fotográfico, no deben usarse en la bóveda.<sup>171</sup>



Filtro de carbón activado con permanganato de potasio (corte transversal de Purafilter 16X) (<URL:<http://www.purafil.com>>).

#### 5.4.2 Eliminación de contaminantes gaseosos

##### 5.4.2.1 Filtros de espray de agua

Estos sistemas eliminan los contaminantes gaseosos pero son pocas las instituciones que tienen la capacidad para darles el mantenimiento que requieren, por lo que no se recomiendan en una bóveda de almacenamiento. En éstos el aire pasa a través de un rociador de agua. Son efectivos para eliminar gases ácidos como el  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , ácido clorhídrico y gases clorados, pero no elimina el ozono. Además introducen el riesgo de contaminación biológica.<sup>172</sup>



##### 5.4.2.2 Filtros de carbón activado

Estos filtros están formados por carbón granular con un área superficial considerable para adsorber los gases contaminantes. Los gránulos se empaquetan en bolsas o mallas dentro de un marco colocado en el sistema de aire acondicionado. Eliminan ozono, pero no totalmente los óxidos de nitrógeno y de carbono, ni el formaldehído. Estos filtros no se regeneran. Los filtros de carbón activado se pueden combinar con aditivos como hidróxido de sodio, de potasio, bicarbonato o permanganato de potasio que remueven más gases contaminantes.



##### 5.4.2.3 Unidades integrales

Cuando no pueden instalarse los filtros dentro del sistema de aire acondicionado, se usan los purificadores integrales. Éstos son unidades independientes diseñadas para funcionar dentro de un área cerrada y pueden instalarse en la pared o en el piso. Están constituidos por un prefiltro para partículas grandes, un filtro de carbón activado y un filtro absoluto (HEPA), algunos modelos pueden presurizar el aire. Actualmente la Cineteca Nacional cuenta con este equipo.<sup>173</sup>

Unidades integrales. (<URL:<http://www.purafil.com>>).

<sup>171</sup> Thomson, G. *Op. cit.*, p. 135.

<sup>172</sup> *Ibidem*, p. 156-57.

<sup>173</sup> Comunicación personal con la restauradora Cecilia Díaz, Jefa de Conservación de la Cineteca Nacional, ciudad de México, abril del 2002.

## 5.5 Sistemas de tratamiento de aire (HVAC)<sup>174</sup>

Los sistemas de tratamiento de aire producen una corriente de aire en movimiento en el que:

- La temperatura y humedad puede ser aumentada o disminuida.
- El aire puede ser filtrado.
- El aire puede ser agregado del exterior o recirculado.<sup>175</sup>

El sistema de tratamiento de aire debe mantener los parámetros de humedad relativa, temperatura, circulación de aire, ventilación y filtración de contaminantes que más beneficien a los materiales fotográficos, a un costo que la institución sea capaz de sostener. Debe instalarse un sistema de tratamiento de aire con alta confiabilidad de operación, que mantenga las condiciones ambientales las 24 horas del día durante todo el año. Es fundamental instalar equipos de alta calidad y de tecnología probada, que cuenten con servicio de mantenimiento y provisión de repuestos. Las instalaciones de los equipos de aire acondicionado, deben cumplir con estándares internacionales que incluyan pruebas contra fuego<sup>176</sup> y deben instalarse en un área accesible para que se les dé mantenimiento y servicio desde el exterior de la bóveda.

Las decisiones respecto a la instalación, la capacidad y distribución del equipo serán tomadas por un ingeniero especializado, quien necesitará la siguiente información:

- 1) Presupuesto disponible y objetivo de la inversión.
- 2) Parámetros y rangos de tolerancia de humedad relativa, temperatura, filtración y movimiento de aire, establecidos por el conservador y el equipo de diseño de la bóveda.
- 3) Características del inmueble.  
Orientación del edificio, función del local (bóveda para conservación de materiales fotográficos), dimensiones, forma y ubicación de éste espacio dentro del inmueble. Para instalar los sistemas de distribución de agua y aire es necesario hacer un análisis de los espacios disponibles para los ductos, de los materiales de construcción de los muros, las entradas de aire del exterior, la dirección del viento, y los contaminantes; así como del suministro de energía y agua necesaria para el funcionamiento del equipo, los desagües, la resistencia del edificio, los requisitos de condiciones sonoras en áreas adyacentes, el control de vibraciones y la accesibilidad del equipo al lugar del montaje.<sup>177</sup>
- 4) Estudio de las cargas térmicas.

---

<sup>174</sup> En inglés: Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC).

<sup>175</sup> Herzog, Peter. Herzog/ Wheeler & Associates. "Basic of Climate Control Systems." ponencia presentada para el Workshop in Photographic Conservation: Photographs and Preventive Conservation, Theory, Practice, and Implementation, Funded by the Andrew W. Mellon Foundation (Washington, D.C., Sep, 2003).

<sup>176</sup> ISO 18911:2000 [9].

<sup>177</sup> *Handbook of air conditioning system design. Op. cit.*, pp. 1/5.

La elección del sistema de acondicionamiento de aire no debe hacerse sin antes haber realizado una valoración de la carga térmica basada en un estudio de las cargas externas e internas. Las externas dependen de factores como la temperatura y humedad relativa exterior, el viento, la exposición al sol o a fuentes de calor, la presión de vapor y la cantidad de aire exterior para la ventilación. Las cargas internas están influidas por los ocupantes, la iluminación, y aparatos que generen calor.<sup>178</sup>

5) Capacidad para el almacenamiento de ganancias térmicas. Debe hacerse un análisis de los materiales de construcción de la bóveda y su capacidad aislante. También deben considerarse, condiciones de circunambiente, ventilación y almacenamiento térmico de acuerdo a las horas y el funcionamiento (tránsito del lugar) especificando las variaciones máximas durante el día.<sup>179</sup>

Los sistemas de tratamiento de aire se clasifican según su uso para:

- Confort humano
- Procesos industriales

Los primeros están diseñados para proporcionar condiciones ambientales que conduzcan a la buena salud y bienestar de las personas, su prioridad es el control de la temperatura y no de la humedad relativa. Éstos no sirven para el control de las condiciones ambientales en una bóveda de almacenamiento.

Los sistemas de acondicionamiento industrial mantienen condiciones climáticas especiales según los requisitos de diversos procesos industriales, científicos o de conservación.<sup>180</sup> Estos sistemas de tratamiento de aire son los que se requieren en una bóveda de almacenamiento para material fotográfico.<sup>181</sup> El diseño de un sistema capaz de mantener niveles bajos de temperatura y de humedad relativa a la vez, requiere de especialistas. Sólo las empresas con experiencia en archivos, laboratorios o farmacéuticas pueden desarrollar propuestas confiables.

Por su forma de instalación los sistemas de tratamiento de aire se clasifican en:

- Individual
- Central

Las unidades individuales son equipos de capacidad limitada en los que los elementos del sistema están reunidos en un mueble independiente, instalado en el interior del local a acondicionar.<sup>182</sup> No sirven para la climatización de las bóvedas de almacenamiento

---

<sup>178</sup> *Ibidem*, pp.1/5 a 1/8.

<sup>179</sup> *Ibidem*, p.1/4.

<sup>180</sup> Quadri, Nestor. *Sistemas de aire acondicionado*. Buenos Aires, Argentina: Edit. Alsina, 2001, p. 24.

<sup>181</sup> NARA specification. *Op. cit.*, p. 10.

<sup>182</sup> *Handbook of Air Conditioning. Op. cit.*, pp. 9/6.

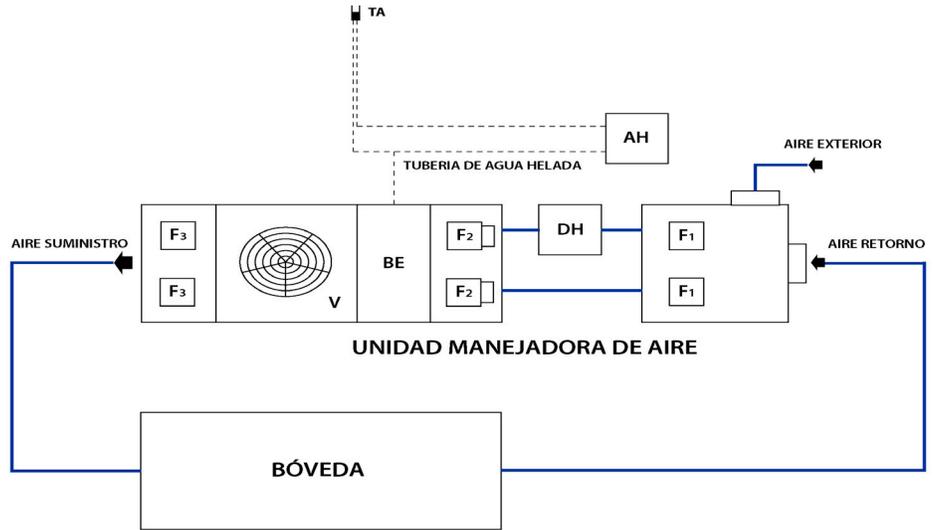
de material fotográfico. Están diseñadas para confort humano y por lo que no cuentan con buenos sistemas de filtración ni deshumidificación. Sus ductos pueden tener fugas peligrosas para las colecciones, además de que el mantenimiento debe hacerse en el interior del local acondicionado.

Las bóvedas de almacenamiento de fotografías requieren de sistemas de tipo central. La planta de refrigeración se instala en el cuarto de máquinas. Algunas de las ventajas técnicas sobre los sistemas individuales son que requieren de menos redes de distribución de energía, tienen mejor rendimiento térmico, brindan una climatización uniforme, facilitan el acceso para su mantenimiento y duran más.<sup>183</sup>

El acondicionamiento de aire se efectúa en unidades de tratamiento o manejadoras de aire. A continuación se describen las partes que forman un sistema central de acondicionamiento de aire.

### 5.5.1 Unidades manejadoras de aire (UMA)

Estas unidades conocidas también como *ventilador-serpentín central* forman un circuito de distribución del aire tratado (a través de ductos) para hacerlo llegar a la zona acondicionada. Para su acondicionamiento, el aire pasa a través de filtros, de intercambiadores de calor por cuyo interior circulan los medios o agentes de refrigeración (serpentín) y de deshumidificadores.



- SIMBOLOGÍA**  
 AH UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA  
 DH DESHUMIDIFICADOR  
 BE BATERÍA DE ENFRIAMIENTO  
 V VENTILADOR  
 F1 FILTROS DE BAJO RENDIMIENTO  
 F2 FILTROS DE MEDIO RENDIMIENTO + FILTROS DE CARBON ACTIVADO  
 F3 FILTROS ABSOLUTOS  
 TA TOMA DE AGUA

<sup>183</sup> Quadri, Néstor. *Op. cit.*, p. 25.

La unidad manejadora de aire consta de los siguientes elementos:

Componentes del sistema	Función
<p>Circuito de aire</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Toma de aire exterior con rejas, persianas y/o compuertas.</li> <li>2. Batería de precalentamiento (serpentín).</li> <li>3. Toma de aire de retorno.</li> <li>4. Filtros (al menos tres niveles de filtros).</li> <li>5. Batería de enfriamiento (lavador por pulverización, o serpentín por expansión directa, agua o salmuera).</li> <li>6. Deshumidificador.</li> <li>7. Humidificador.</li> <li>8. Ventilador.</li> <li>9. Ductos.</li> <li>10. Rejillas o difusores de aire.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entrada de aire del exterior para ventilación y refrigeración en las estaciones intermedias. Las rejas impiden el paso de cuerpos extraños grandes.</li> <li>2. Calienta el aire (opcional).</li> <li>3. Entrada de aire de retorno o recirculado.</li> <li>4. Eliminan las partículas y disminuyen la contaminación gaseosa. La pérdida de presión a través de éstos debe ser incluida cuando se totaliza la presión estática contra la cual debe trabajar el ventilador.</li> <li>5. Enfría el aire.</li> <li>6. Seca el aire.</li> <li>7. Humedece el aire (opcional).</li> <li>8. Aspiración e impulsión del aire.</li> <li>9. Distribución de aire a las distintas zonas.</li> <li>10. Distribución del aire dentro de cada espacio acondicionado. Localizados estratégicamente para homogenizar el aire en la bóveda.</li> </ol>
<p>Circuito de refrigerante</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. Aparato de refrigeración (compresor, condensador, enfriador y tuberías).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Elemento enfriador del fluido.</li> </ol>
<p>Circuito de agua</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>12. Bomba.</li> <li>13. Tubería de agua o salmuera.</li> <li>14. Torre de enfriamiento (opcional).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Propulsión de agua.</li> <li>13. Circulación del agua entre los intercambiadores.</li> <li>14. Enfriamiento del agua del condensador.</li> </ol>

Basada en *Handbook of Air Conditioning System Design*, Carrier Corporation, Marcombo, S.A. de Boixareu Editores, España. 1978, p.10, parte 9.

La UMA debe contar con una disposición manejable y eficiente. El aparato de deshumidificación y los filtros de aire determinan las dimensiones y forma del conjunto. Una unidad manejadora de aire bien proyectada tiene forma regular con los componentes alineados axialmente para optimizar el flujo de aire. El armazón debe ser de un material resistente (como el acero galvanizado con recubrimiento) para prevenir roturas o deformaciones. El aislamiento interior debe ser de un material químicamente estable. Se prefieren paneles metálicos con alma de espuma de polietileno<sup>184</sup> u otro material que

<sup>184</sup> *Handbook of Air Conditioning. Op. cit., p. 9/6.*



Unidad manejadora, Luwa S.A. de C.V.



Unidad manejadora de aire, bóveda de la Fototeca Pedro Guerra, Yucatán.

no libere productos que dañen las fotografías.

La unidad central es capaz de mantener las condiciones ambientales deseadas en una o mas áreas. Aunque las unidades de serpentín-ventilador serán distintas si el aire es distribuido en una zona o en varias. Éstas difieren en la colocación del ventilador con respecto al serpentín de refrigeración. En la unidad para una sola zona, el ventilador está situado después del serpentín de refrigeración por lo que también se le conoce como unidad de *aire aspirado*. En la unidad de zonas múltiples (de *aire soplado*) el ventilador está situado antes del serpentín. La unidad para una zona es eficaz en un área que requiera carga térmica estable, o varias con la misma carga térmica por lo que es la más recomendable para una bóveda.

Debido a que las unidades manejadoras de aire utilizan sólo el aire como fluido termodinámico se les conoce como sistemas *todo-aire*. No utilizan tuberías de agua en las áreas acondicionadas lo que elimina la posibilidad de fugas que dañen las colecciones. Por esto son más recomendables que los sistemas *todo-agua* o *aire-agua* que utilizan tuberías y requieren trabajos de mantenimiento en las zonas acondicionadas.

### 5.5.2 Controles

Los aparatos que regulan el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado son críticos para su desempeño y se recomiendan que sean automáticos,<sup>185</sup> digitales y de operación programada; que incluyan instrumentos de medición (termostatos, humidostatos y manómetros para la presión) y alarma en caso de mal funcionamiento. Los instrumentos de medición de temperatura y humedad deben estar colocados dentro de los espacios acondicionados o en el ducto de retorno de aire. Se deben proteger del contacto físico por medio de una malla de plástico o metal. El control de la humedad relativa debe ser más estricto que el de la temperatura. Los aparatos deben revisarse periódicamente. Los instrumentos de medición de humedad deben ser calibrados por el departamento de validación de una empresa seria o por centros de metrología.

### 5.5.3 Circulación de aire

La circulación de aire es muy importante ya que evita la formación de microambientes nocivos para las fotografías (como aquellos en los que puede desarrollarse el moho). El movimiento de aire dentro de la bóveda depende del volumen del mismo y de la dirección hacia

---

<sup>185</sup> ISO 18911:2000 [9].

la cual se lanza. Ésto puede modificarse según la distribución que se busque.<sup>186</sup> La circulación y distribución se efectúa con ventiladores. Éstos hacen circular el aire por ductos, venciendo las resistencias ocasionadas por los conductos de distribución, las rejas, persianas, serpentines, filtros, etc. La inyección del aire hacia el interior de la bóveda se hace por medio de difusores de inyección y el retorno se efectúa por rejillas de extracción, localizadas estratégicamente para homogeneizar la distribución de aire.<sup>187</sup> Debe evitarse que los difusores arrojen el aire sobre los materiales fotográficos.

Los equipos de aire acondicionado deben mantener un flujo de aire constante de por lo menos 0.01 metros por segundo para evitar cualquier estancamiento dentro de la bóveda, pero sin producir corriente fuertes.<sup>188</sup>

#### 5.5.4 Ventilación

La ventilación consiste en la entrada de aire exterior para renovar el aire del sistema en cantidad necesaria para mantener su pureza. El aire del exterior del edificio penetra a través de una reja de toma de aire hacia un recinto llamado pleno de mezcla. Aquí se mezcla con el aire de retorno. La entrada del aire del exterior se regula por medio de persianas manuales o automáticas. Las tomas de aire exterior deben localizarse en lugares que garanticen la mayor limpieza posible (evitando fuentes de contaminación o polvo) a una altura mínima del suelo de 1 m. para evitar suciedad.<sup>189</sup> Los cambios totales de aire en un local varían de 6 a 8 cambios/hora en un lugar con tránsito humano y de 2 a 4 c/h sin tránsito. Esto se logra gracias a los sistemas de volumen de aire constante.<sup>190</sup>

La presurización de la bóveda debe ser ligeramente positiva<sup>191</sup> para que, en caso de fugas, el aire tienda a salir y así se protejan las condiciones ambientales del interior.<sup>192</sup>

Deben evitarse los sistemas economizadores conocidos como *free-cooling*, ya que provocan grandes fluctuaciones de las condiciones ambientales dentro de la bóveda. Éstos ingresan una gran cantidad de aire exterior cuando el ambiente de afuera es frío, para reducir el uso de equipos de refrigeración.

#### 5.5.5 Confiabilidad de funcionamiento

El diseño de la bóveda para almacenar material fotográfico debe garantizar que las condiciones ambientales prevaalezcan estables todos los días del año. Los sistemas de alta confiabilidad o precisión funcionan las 24 horas del día los 365 días del año.<sup>193</sup>

<sup>186</sup> *Handbook of Air Conditioning. Op. cit.*, p. 9/8.

<sup>187</sup> Quadri, Nestor. *Op. cit.*, p. 7.

<sup>188</sup> *Ibidem*, p. 16.

<sup>189</sup> *Ibidem*, p. 15.

<sup>190</sup> Los sistemas de volumen de aire variable no se recomiendan ya que no proveen de buena circulación de aire, pueden tener fugas en las colecciones y no mantienen los rangos de humedad relativa y temperatura constantes.

<sup>191</sup> ISO 18911:2000 [8].

<sup>192</sup> Lull, P., William. "Criteria and HVAC Systems for Museums, Libraries and Archives." Manuscript (New York, 2001), p. 14.

<sup>193</sup> Quadri, Nestor. *Op. cit.*, p. 20.

Para asegurar que el equipo funcione en todo momento, pueden instalarse dos unidades enfriadoras de aire y dos deshumidificadores que funcionen alternadamente. Si uno falla, el otro se activa automáticamente y así se evitan cambios en las condiciones ambientales. Deben preverse también fallas de los equipos asociados con las instalaciones y el suministro de energía. Si no pueden adquirirse dos equipos, el ingeniero deberá prever las situaciones de emergencia, señalando las precauciones y las acciones que minimizarán el tiempo de falla y el daño en las colecciones fotográficas. En cualquier caso debe existir un sistema capaz de apagar todos los equipos y alertar cuando, por mal funcionamiento, se rebasen los límites establecidos.

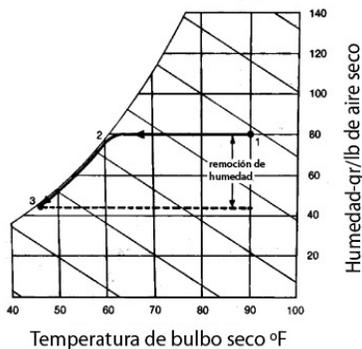
## 5.6 Control de humedad

### 5.6.1 Deshumidificación

El sistema de deshumidificación es crítico para la conservación de fotografías dentro de la bóveda. Para elegir un sistema el ingeniero debe calcular las cargas de humedad en el área de almacenamiento.

Hay dos sistemas para deshumidificar el ambiente:

#### 5.6.1.1 Deshumidificación por refrigeración



Deshumidificación por enfriamiento.<sup>195</sup>

El aire del ambiente (punto no 1 en la gráfica de la izquierda) es enfriado por refrigeración hasta que alcanza su punto de rocío (punto 2). El enfriamiento adicional, a partir de este punto, provocará la condensación del vapor de agua en la superficie del serpentín (punto 3). Al final del proceso el aire tiene menos humedad absoluta pero, dada la temperatura a la que se encuentra (más baja que la inicial), éste continúa con una HR cercana al punto de saturación. Para reducir la HR, el aire se recalienta a su temperatura inicial.<sup>194</sup> Estos sistemas regresan el aire con una temperatura de punto de rocío por encima de los 4.5°C.<sup>196</sup>

La deshumidificación por refrigeración se hace por tres métodos: sistemas de expansión directa (el gas refrigerante se expande directamente en el serpentín que enfría el aire); sistemas de enfriamiento con agua helada (utilizan refrigerante para enfriar un líquido que circula por el serpentín); y sistemas de deshumidificación-recalentamiento.

Los sistemas de deshumidificación-recalentamiento enfrían el aire por expansión directa o agua helada, pero después del serpentín

<sup>194</sup> *Manual de deshumidificación*, México: Munters de México, S.A de C.V, p. 10.

<sup>195</sup> *Ibidem*, p.11.

<sup>196</sup> *Ibidem*, p. 57.

cuentan con equipo para calentar el aire. La remoción de humedad y recalentamiento ocurren casi simultáneamente. Los pequeños deshumidificadores portátiles (frecuentemente utilizados en las bóvedas en México) son de este tipo. Estos equipos sólo permiten niveles de deshumidificación limitados pues dependen de la temperatura de punto de rocío (capacidad de enfriamiento del aire) del serpentín. Si bien ayudan a bajar los niveles de humedad relativa, elevan la temperatura al interior de la bóveda y dejan de funcionar cuando la temperatura es menor a 16°C.

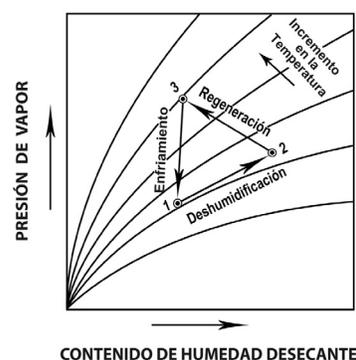
Cualquiera de los tres sistemas de deshumidificación por enfriamiento permite mantener niveles de confort. Sin embargo, para acondicionar el aire de una bóveda fría no sirven ya que el agua condensada en el serpentín puede congelarse. El hielo aísla al refrigerante reduciendo la transferencia de calor del aire hacia éste e impide el paso del aire a través del serpentín. Algunos distribuidores recomiendan adquirir un aparato para deshielar el serpentín<sup>197</sup> sin embargo, el proceso de deshielo implica detener la operación de deshumidificación lo cual se traduce en fluctuaciones de HR. Los sistemas de deshumidificación por enfriamiento representan una menor inversión inicial, pero los costos de mantenimiento son similares a los deshumidificadores con desecantes.

### 5.6.1.2 Deshumidificación con desecantes

Este tipo de deshumidificadores funcionan con desecantes que atraen la humedad del aire gracias a la baja presión de vapor en la superficie del desecante. La presión de vapor ejercida por el agua del aire es mayor que la del desecante. Por lo tanto, las moléculas de agua se mueven hacia el desecante, deshumidificando el aire.<sup>198</sup> Entre más seco y frío esté el desecante, menor será su presión de vapor y atraerá más agua. Entre más caliente y húmedo, mayor será su presión de vapor y tenderá a liberar vapor de agua en lugar de atraerla.

Cuando la humedad es removida del aire se genera calor. En el sistema de deshumidificación desecante, este calor es transferido al aire y al propio desecante. El aumento en la temperatura es proporcional a la cantidad de humedad removida. Si este proceso lo graficamos en la carta psicrométrica podemos observar que, debido a que la temperatura de bulbo seco aumenta, la humedad disminuye, mientras que la entalpía del sistema permanece igual. En este proceso no hay condensación de agua.

Ya que el aire tratado sale caliente, debe acondicionarse por medio de un sistema de enfriamiento dentro de la unidad manejadora.

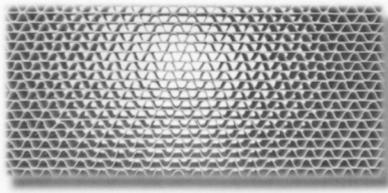


Condiciones del material desecante durante el ciclo de deshumidificación. En el punto 1 el desecante entra en contacto con el aire húmedo. En el punto 2 el desecante llega a su punto de saturación y alcanza el equilibrio, en este punto se le aplica calor para que libere la humedad acumulada. En el punto 3 el desecante ya liberó toda el agua y es enfriado (para disminuir su presión de vapor) hasta llegar de nuevo al punto 1.<sup>199</sup>

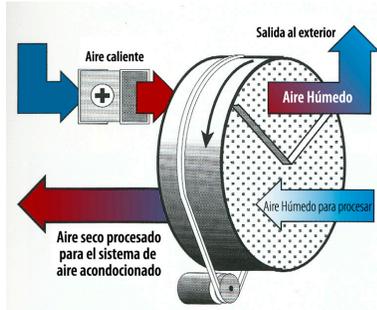
<sup>197</sup> Lull, P., William. "Conservation... Op. cit., p. 59.

<sup>198</sup> Cargocaire Engineering Corp. *The Dehumidification Handbook*. Massachusetts, USA: Munters Cargocaire, 1990, pp. 3-7.

<sup>199</sup> *Manual de deshumidificación*. Op. cit., p.15.



Estructura de panel del deshumidificador adsorbente. Cortesía ASHRAE.



Deshumidificador adsorbente con rueda Honeycombe®. Cortesía ASHRAE.

Los desecantes pueden ser sólidos o líquidos. Los desecantes diseñados para deshumidificar tienen una capacidad de adsorción de 10 a 10,000% de su peso.<sup>200</sup> Entre menor sea su masa y mayor su capacidad de atrapar agua, más efectivo será el desecante.

Los sistemas desecantes de funcionamiento continuo, representan la única forma de mantener niveles bajos y constantes de humedad relativa dentro de bóvedas a menos de -18°C (0°F).<sup>201</sup>

Dependiendo de la manera en que captan el agua, los desecantes se clasifican en absorbentes o adsorbentes.<sup>202</sup> Los adsorbentes suelen ser sólidos y su capacidad de adsorción depende de su composición química, de la temperatura y de su área superficial. Estos materiales concentran el agua en una interfase y pueden regenerarse por medio de calor. La sílica gel es un ejemplo de estos desecantes.<sup>203</sup>

Los desecantes absorbentes experimentan cambios físicos o químicos cuando colectan agua. Son líquidos o sólidos que se vuelven líquidos conforme absorben agua. Entre éstos está el trietilenglicol (líquido) y el cloruro de litio o de sodio (sales que absorben agua, pasando de un estado anhidro a un estado hidratado).<sup>204</sup>

Según el tipo de equipo que requieren, los sistemas de deshumidificación con desecantes se dividen en:

### 1) Deshumidificadores de líquido absorbente

En este sistema el desecante líquido (solución de cloruro de litio) es rociado de forma similar a un lavado de aire. La humedad del aire es absorbida y colectada en el desecante y el aire seco es enviado a la zona acondicionada. Posteriormente el agua con el líquido absorbente se bombea al regenerador en donde se calienta hasta evaporar la humedad. El desecante sin humedad es enfriado para disminuir su presión de vapor y ser utilizado de nuevo.<sup>205</sup> Estos equipos no se emplean para bóvedas de almacenamiento de material fotográfico ya que además de requerir de mantenimiento complejo y especializado, el aire deshumidificado, arrastra partículas de cloruro de litio hacia el interior de la bóveda.<sup>206</sup>

### 2) Deshumidificadores de torre empacada

Éstos utilizan desecantes sólidos colocados en una torre vertical. El aire circula a través de la torre; cuando el desecante se satura, el aire es trasladado a otra torre y el desecante se regenera con calor. Cada unidad funciona de manera intermitente (alternada) lo que ocasiona fluctuaciones de temperatura y humedad en el aire descargado. Por ello las torres empacadas tampoco se usan para controlar el ambiente

<sup>200</sup> Cargocaire. *Op. cit.*, pp. 3-7.

<sup>201</sup> Wilhelm, H. *Op. cit.*, p. 559.

<sup>202</sup> Adsorción significa adherencia a una superficie y absorción significa penetración.

<sup>203</sup> La sílica gel se forma secando un precipitado gelatinoso de ácido silícico, formando un material con gran porosidad.

<sup>204</sup> Manual de deshumidificación. *Op. cit.*, p.14.

<sup>205</sup> Cargocaire Engineering Corp. *Op. cit.*, pp. 3-11.

<sup>206</sup> Comunicación personal con el Ing. Abel Sepúlveda Rios, Munters de México, junio, 2002.

dentro de bóvedas para almacenamiento de material fotográfico.<sup>207</sup>

### 3) Deshumidificador adsorbente de cama rotatoria

Éste utiliza desecantes sólidos contenidos en una serie de bandejas perforadas que rotan continuamente entre las corrientes de aire de proceso y de reactivación. Cuando las bandejas giran en la corriente del aire de proceso, el desecante adsorbe humedad y cuando giran en la corriente de aire de reactivación el desecante se calienta y la humedad se evapora. Gracias a este sistema la unidad funciona de manera continua y mantiene condiciones estables de humedad relativa. Las camas rotatorias logran temperaturas de punto de rocío de -30°F (-34°C) a -10°F (-23°C).<sup>208</sup>

El inconveniente de estos equipos es el frecuente reemplazo y reposición de material desecante ya que éste se degrada y se asienta en forma de polvo o es arrastrado por el flujo de aire hacia la bóveda. Además, debido al movimiento continuo de algunas de sus partes, requiere mayor mantenimiento y suministro de energía.<sup>209</sup> Por éstas razones los deshumidificadores de camas rotatorias ya no se encuentran en el mercado fácilmente.

### 4) Deshumidificador adsorbente con rueda Honeycombe®

Este deshumidificador remueve humedad del aire de forma continua en un ciclo de regeneración de una rueda rotativa tipo Honeycombe® (desarrollada en 1950 por Carl Munters). El desecante se encuentra depositado en una rueda semi-cerámica con estructura similar a un panal de abejas. La estructura de panal aumenta el área superficial del desecante por lo que mejora el rendimiento. La rueda rota entre el aire de proceso y el aire de regeneración (de 6 a 20 revoluciones por hora). El aire de proceso pasa por la estructura de panal (que adsorbe el agua). Al girar la rueda, el desecante saturado llega a la zona de regeneración donde es calentado por una corriente de aire hasta evaporar la humedad. Al seguir rotando (y pasar de nuevo por el aire de proceso) el desecante se enfría y adsorbe humedad. Estos equipos son capaces de lograr temperaturas de hasta -55°F (-48°C) de punto de rocío.<sup>210</sup>

Los deshumidificadores adsorbentes con rueda Honeycombe® son ideales para una bóveda, ya que son eficientes y precisos a bajas temperaturas. Este equipo fue usado por primera vez en 1979 en la biblioteca J. F. Kennedy, USA. En México ha sido usado en la Cineteca Nacional y en la Casa Lamm con buenos resultados.



Deshumidificador integrado a la unidad manejadora de aire, bóveda del archivo Pedro Guerra, Yucatán.



Deshumidificador con rueda Honey Combe, Cineteca Nacional.

<sup>207</sup> Handbook of Air Conditioning. *Op. cit.*, pp. 3-12.

<sup>208</sup> *Ibidem*, pp. 3-14.

<sup>209</sup> Comunicación personal con el Ing. Abel Sepúlveda Ríos, Munters de México, junio, 2002.

<sup>210</sup> Handbook of air conditioning. *Op. cit.*, p. 3-17.

### 5.6.2 Humidificación

La humidificación del aire es necesaria si la humedad relativa es menor que 20% lo cual provoca problemas físicos en las fotografías como deformaciones, friabilidad de los soportes o desprendimiento de aglutinante (como en los negativos con soporte de vidrio). En México, es raro que se utilicen pues gran parte del territorio cuenta con climas templados y húmedos.

Para humidificar el ambiente debe usarse equipo especializado; las bandejas de agua o soluciones químicas saturadas no son recomendables debido al riesgo de sobre humidificación.<sup>211</sup>

Para humidificar se requiere de un generador de vapor y un sistema que inyecte el vapor a los ductos de aire acondicionado de manera modulada y uniforme.<sup>212</sup> La humedad puede producirse por nebulización (vapor de agua fría), por calentamiento del agua (vapor de agua caliente) o por evaporación en superficie. El sistema de evaporación en superficie hace pasar el aire a través de una superficie saturada de agua como un tambor rotatorio, esponja etc. Este sistema es el más recomendable, pero puede presentar contaminación biológica por lo que debe contar con un equipo de esterilización que no produzca ozono. El sistema de vapor de agua caliente consume más energía y puede sobresaturar el ambiente. Los sistemas de nebulización tampoco se recomiendan ya que promueven contaminación biológica y pueden sobresaturar muy fácilmente el aire.<sup>213</sup>

El sistema de humidificación deberá contar con controles automáticos para apagar el equipo en caso de sobre humidificación, ya que los niveles de humedad de más del 60% representan un riesgo para los materiales fotográficos. De hecho, cualquier sistema de humidificación representa un riesgo para las fotografías.

### 5.7 Control de temperatura

El sistema de enfriamiento debe mantener los parámetros de temperatura especificados por el conservador, pero su funcionamiento debe estar subordinado al de los sistemas de deshumidificación, cuyo control es más importante para la conservación de materiales fotográficos.

En una unidad *serpentín-ventilador* el aire es impulsado o aspirado por un ventilador y pasa a través de un serpentín por el que circula

---

<sup>211</sup> ISO 18911:2000 [9].

<sup>212</sup> Harriman, L., *Op. cit.*, p. 350.

<sup>213</sup> Lavédrine, Bertrand. *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2003, p. 92.

agua fría o un líquido volátil. Debido a la diferencia de temperatura de los dos fluidos, separados por la superficie de intercambio, se producirá el enfriamiento del aire.<sup>214</sup>

Para enfriar el aire existen dos tipos de equipos:

- Sistemas de expansión directa.
- Sistema de expansión indirecta o agua enfriada.

En los sistemas de expansión directa el refrigerante se distribuye en los serpentines de los equipos y enfría directamente el aire.

A los sistemas de expansión indirecta, se les conoce como “de agua enfriada” porque una enfriadora de líquidos enfría un refrigerante secundario líquido (como el agua, agua con glicol o salmuera), el cual es distribuido por serpentines dentro de las unidades manejadoras de aire centrales que a su vez enfrían el aire que se circula en los locales.<sup>215</sup> Este tipo de generadoras son más utilizadas para acondicionar el aire en bóvedas ya que las variaciones de humedad y temperatura diarias son menores que las de los sistemas de expansión directa.<sup>216</sup> Sin embargo no alcanzan temperaturas muy bajas.

Las unidades enfriadoras pueden funcionar por:

- a) Compresión mecánica
- b) Absorción

La primera, utiliza el principio de la compresión mecánica de los gases y su elemento básico es el compresor. La segunda requiere de una planta generadora de vapor o una fuente de calentamiento y un sistema de cañerías de condensación con torre de enfriamiento.<sup>217</sup>

## 5.8 Sistemas de detección y extinción de incendios

Aunque los sistemas de detección y extinción de incendios no tienen un impacto en el control de condiciones ambientales, son indispensables para garantizar la seguridad de las colecciones. Por su velocidad y capacidad destructiva, el fuego es lo más grave que puede ocurrir y por lo tanto, la principal preocupación en caso de desastre. El diseño eficiente y efectivo de sistemas de protección contra incendios requiere del conocimiento profundo de los códigos que rigen estas tecnologías. La empresa encargada de instalar los sistemas debe hacer un plan maestro de protección contra incendios y darle seguimiento durante la construcción de la obra. Debe realizar inspecciones y pruebas de desempeño de las alarmas y de los sistemas de detección y supresión de incendios, así como del control de humo, las salidas de emergencia y el abastecimiento de

<sup>214</sup> *Handbook of Air Conditioning. Op. cit.*, pp. 6-19.

<sup>215</sup> Quadri, Nestor. *Op. cit.*, p. 26.

<sup>216</sup> Luwa, México S.A de C.V. Ing. Avelino Rios R., “Sistemas de enfriamiento por agua helada y por expansión directa”. Presentación en el encuentro frío-seco, IIE, UNAM, 21 de mayo del 2001.

<sup>217</sup> Quadri, Nestor. *Op. cit.*, p.13.

agua. Por su parte, el archivo fotográfico debe contar con planes de prevención y mitigación de incendios y desastres, diseñado para los documentos que resguarda. En México han sucedido accidentes de grandes proporciones como el incendio de la Cineteca Nacional en el año de 1982. Catorce horas de incendio destruyeron las películas de acetato y nitrato de celulosa de cuatro bóvedas y la vida de bomberos y personal, poniendo en evidencia, que el principal error fue la falta de un plan integral de seguridad.<sup>218</sup>

Las bóvedas de almacenamiento deben construirse siguiendo las regulaciones de estándares internacionales con respecto a la protección contra el fuego.

### 5.8.1 El fuego y su comportamiento

El fuego es una reacción química (oxidación violenta) en la que los materiales orgánicos<sup>219</sup> se combinan con oxígeno del aire y se calientan produciendo gases inflamables. Estos vapores se disipan o entran en contacto con una fuente de ignición que inicia el proceso de combustión. Las bóvedas de material fotográfico son lugares de riesgo significativo, ya que albergan una gran cantidad de materiales orgánicos inflamables, como el papel y los soportes plásticos de acetato y nitrato de celulosa.<sup>220</sup> La ignición ocurre en cualquier situación que produzca suficiente calor, como fallos en los sistemas eléctricos, de aire acondicionado, etc. La NFPA (*National Fire Protection Association*) en EUA, señaló que el 23% de los incendios en museos en ese país son causados por fallas en los sistemas eléctricos, el 13% son incendios provocados, el 9% por equipos de calefacción, para cocinar o por flamas y el 12% por otros equipos.<sup>221</sup>

---

<sup>218</sup> Osorio Alarcón Fernando, "Not Another Nitrate Fire", Ponencia presentada para el simposio "The Last Nitrate Show", FIAF, Londres, junio del 2000.

<sup>219</sup> Que contienen carbón.

<sup>220</sup> Una película de nitrato de celulosa es inflamable a 130°C. Entre más avanzado sea su deterioro menor será esta temperatura, existiendo riesgo de autoignición a 38°C. Ya que el nitrato de celulosa libera su propio oxidante es difícil parar el fuego. Para el almacenamiento de nitratos de celulosa se recomienda consultar el *NPFA 40 Standard for the Storage and Handling of Cellulose Nitrate Motion Picture Film*.

<sup>221</sup> Deborah Freeland, *Fire Protection 201*, paper in the 1999 National Conference on Cultural Property Protection Proceedings: Cultural Property Protection from the Ground Up.

Generalmente los incendios comienzan con la presencia de humo. Esta etapa puede durar minutos o varias horas, dependiendo de los materiales combustibles y la cantidad de oxígeno. En el período inicial, la generación de calor aumenta y se produce humo. El olor es la primera señal de un incendio. La pronta detección de humo y fuego incipiente, seguida de un plan de extinción puede prevenir desastres de grandes magnitudes.

Al final de la primera etapa, la generación de calor es tal que las flamas crecen rápidamente. La temperatura puede llegar fácilmente a 1000° C. Los documentos dentro de la bóveda se incendian y la vida de las personas estaría en riesgo.

Si el edificio está construido con materiales adecuados, las flamas consumirán todos los materiales combustibles y el fuego se auto extinguirá. Sin embargo, si los materiales de construcción son

combustibles, el fuego invadirá espacios adyacentes y se extenderá. Un sistema de detección y extinción de incendios debe actuar antes o inmediatamente después de la formación de las flamas. De otro modo el daño será irreversible.<sup>222</sup>

## 5.8.2 Sistemas para la detección de humo

Estos sistemas detectan incendios en su etapa inicial. Los más usados son los fotoeléctricos, de ionización y de muestreo de partículas. Estos detectores mandan la señal a una central de alarmas que puede activar un sistema automático de extinción. El sistema de alarma debe conectarse a un centro de vigilancia permanente o a un centro de bomberos, por medio de señales de teléfono o de radio. Los sistemas que detectan calor o flamas no se recomiendan por su baja sensibilidad.<sup>223</sup>

### 5.8.2.1 Sistemas fotoeléctricos

En éstos el detector capta el obscurecimiento del aire provocado por el humo de un incendio. El detector es una foto celda que recibe un haz. La intensidad de ésta disminuirá al aumentar la cantidad de humo y el detector registrará un cambio. Se ha usado ampliamente en edificios comerciales comprobando ser confiable y sensible. Requiere de mantenimiento pues el polvo acumulado puede activar la alarma.<sup>224</sup>



Detector de humo fotoeléctrico.

### 5.8.2.2 Ionización

Los detectores de ionización tienen un precio similar al de los detectores fotoeléctricos y son más sensibles y más recomendables. Usan una pequeña cantidad de material radioactivo que provoca conductividad eléctrica en el aire de la cámara del detector. El humo de un incendio interfiere con la corriente eléctrica y esto dispara la alarma.<sup>225</sup> Sin embargo, pueden ocurrir falsas alarmas con contaminantes en el aire.

### 5.8.2.3 Muestreo de partículas

Este sistema es el más sensible y, por ende, el más caro. El detector usa una lámpara de xenón o un láser. Toma muestras de aire y las hace pasar a través de un analizador que detecta contaminantes previamente calibrados. Al rebasarse el nivel establecido dispara la alarma. Deben instalarse en ambientes relativamente limpios, ya que su detección de humo es extremadamente fina. Una de las desventajas de estos equipos, es que son muy sofisticados y pocas empresas ofrecen su instalación y reparación.

<sup>222</sup> Artim, N., "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part I." WAAC Newsletter 16:3 (Sep, 1994), p.20.

<sup>223</sup> Lull, P., William. "Fire Protection Supplement." Manuscript (New York 2000), p. 2.

<sup>224</sup> *Ibidem*, p. 2.

<sup>225</sup> NFPA Fact Sheets, Detectores de Humo [en línea] (<URL: <http://www.nfpa.org>>) [consulta: 8 abril de 2002].

5.8.3 Sistemas de supresión de incendios

Los sistemas de supresión de incendios pueden ser manuales o automáticos.

5.8.3.1 Sistemas de supresión manual

Éstos son extintores portátiles o mangueras con agua a presión. El uso de extinguidores portátiles por personal capacitado suele ser la primera respuesta contra un incendio, sin embargo, si ésta no es rápida o el fuego se propaga, la capacidad de los extintores será insuficiente ya que sólo funcionan en las etapas iniciales de un incendio. Los extintores para una bóveda de material fotográfico deben ser de tipo A (para fuego provocado por materiales orgánicos como papel y plástico). Los más recomendados para documentos son los de polvo con sulfato y fosfato de amonio, sin embargo, sus residuos pueden causar daños a las fotografías.<sup>226</sup>

Tipo	Agente Extintor	Ventajas/ Desventajas	Clase
Sólido (polvo)	Sulfato de amonio Fosfato (mezcla)	Agente multipropósito pero deja residuos	A,B,C
Sólido (polvo)	Bicarbonato de potasio, carbamato o cloruro de potasio	Efectivo pero deja residuos y polvos corrosivos	B,C
Espuma	Espuma expandible	La espuma es menos dañina que el agua pero es menos efectiva, puede haber reignición	A,B
Líquido	Agua AFFF ( <i>aqueous film forming foam</i> )	Efectivo pero daña documentos	A A,B
Gas	CO <sub>2</sub>	No hay residuos; menos dañino que el agua pero menos efectivo (reignición)	B,C
Gas	Halón 1211	Descontinuados	-

Características de extintores portátiles. Bertrand Lavédrine, *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*, 2003, p. 80.

Las mangueras de agua sólo pueden ser utilizadas por los bomberos por lo que su efectividad depende del tiempo en que éstos tardan en acudir al incendio. Además, el agua a presión causa daños irreversibles a las colecciones, incluso a las que no fueron alcanzadas por el fuego. Hay que recordar que para los bomberos la prioridad es la seguridad de las personas, no la del contenido de los edificios. Por esta razón, dentro de la bóveda de almacenamiento, se recomienda la instalación de sistemas de supresión automática además de los

<sup>226</sup> Lavédrine, Bertrand. *Op. cit.*, p. 81.

extintores portátiles.

### 5.8.3.2 Sistemas de supresión automática

Estos se recomiendan en espacios que no están ocupados permanentemente, ya que se activan automáticamente por medio de detectores térmicos o de humo. Existen sistemas a base de agua que funcionan bajando la temperatura y sistemas de gas que eliminan el oxígeno.

#### 1) Sistemas que utilizan agua

##### Rociadores

Los rociadores de agua extinguen el fuego al enfriar los materiales tras el contacto directo con el agua. Ésta disminuye la temperatura inhibiendo el proceso de combustión y la ignición de combustibles cercanos.

El abastecimiento de agua es por medio de tubería conectada a una fuente que proporciona agua en cualquier momento.<sup>227</sup> La tubería tiene válvulas rociadoras colocadas a cierta distancia una de otra que se activan de manera individual al aumentar la temperatura de la zona dentro de la habitación.<sup>228</sup> Un elemento termosensible se derrite y deja pasar el agua. Durante las primeras etapas del incendio, cuando el calor es incipiente, el sistema no se activará, sin embargo, a medida que el fuego se propague, la temperatura aumentará, dando lugar a la descarga de agua.<sup>229</sup>

Los rociadores de agua son comunes en diversos tipos de construcciones por ser baratos, confiables y efectivos. Algunas de las instituciones que usan este sistema son la Biblioteca del Congreso en Washington, el Smithsonian, la Biblioteca y Archivos Nacionales de Canadá, y la Biblioteca Nacional de Escocia.<sup>230</sup> Sin embargo, debe preverse el riesgo que implican, como el congelamiento de agua en las tuberías, fugas en los sistemas de tubería húmeda y la descarga prolongada.

La mayoría de los incendios se extinguen con una descarga de 400 litros. Cada rociador descarga de 40 a 80 litros por minuto por lo que en diez minutos, casi cualquier fuego puede apagarse.<sup>231</sup> El sistema de rociadores debe apagarse una vez que el fuego ha terminado (o en caso de mantenimiento o modificación). Las válvulas de control regulan la salida de agua y pueden cerrarse. En edificios grandes el sistema de rociadores puede dividirse con una válvula de control en cada zona.



Rociador.

<sup>227</sup> Se recomienda tener por lo menos dos fuentes distribuidoras de agua.

<sup>228</sup> Las temperaturas de activación comúnmente son de 57 a 107°C.

<sup>229</sup> Artim, N. "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part I" *Op. cit.*, p.20.

<sup>230</sup> Artim, N., "Alternatives to Halon & Other Halocarbon Fire Extinguishing Agents." Environment Canada, Environmental Protection Branch, Fact Sheet #14 (Ontario, February, 2000).

<sup>231</sup> Lull, P., William. "Fire..." *Op. cit.*, pp. 4-5.

El daño ocasionado por el agua de los rociadores suele ser fatal para las colecciones fotográficas. Henry Wilhelm señala que, a pesar de su efectividad para suprimir incendios, estos sistemas deben evitarse ya que el daño por agua es irreversible y sumamente destructivo.<sup>232</sup> Sin embargo otros expertos como William P. Lull, consultor de ambientes para museos y archivos en Nueva York, afirma que el agua no sale de los rociadores con demasiada presión y que debido a que los documentos están dentro de guardas de segundo y tercer nivel, los daños por el agua no serían tan graves. Hay que tomar en cuenta que los sistemas que utilizan gases no aseguran la extinción total del fuego por lo que en ocasiones los bomberos terminan usando mangueras a presión dañando más las colecciones que los sistemas de rociadores<sup>233</sup>.

El riesgo de descargas accidentales de los rociadores es menor de lo que suele pensarse. Según estadísticas de compañías de seguros en Estados Unidos, la falla de las válvulas rociadoras es de una cada 16,000,000 al año. En realidad este es uno de los sistemas de extinción más probados y conocidos en Estados Unidos y es reglamentario por seguridad humana.<sup>234</sup>

De elegirse este sistema de extinción dentro de las bóvedas, se deberá elaborar un plan de emergencia detallado que especifique qué hacer con cada tipo de fotografías en caso de que sufran daños por agua. También se recomienda el mobiliario cerrado y protegido contra posibles descargas de agua.

#### Distribución y tipo de rociadores

Existen tres maneras de distribución de agua en los rociadores para archivos.<sup>235</sup>

- Tubería húmeda
- Tubería seca
- Acción previa

Todos tienen cabezas cerradas independientes que se abren por la acción del calor cuando hay fuego en el área bajo la válvula. Otros sistemas, que liberan agua en todas las válvulas al detectar un incendio deben descartarse por completo.

El sistema de tubería húmeda es el más común y el menos caro. Las tuberías permanecen llenas con agua a presión. El calor del fuego derrite el elemento termosensible de la válvula y ésta descarga agua inmediatamente. Este sistema tiene el inconveniente de permitir descargas accidentales. Sin embargo, una instalación adecuada con buen mantenimiento es menos riesgosa. Su ventaja es el bajo costo

---

<sup>232</sup> Wilhelm, H. *Op. cit.*, p. 569.

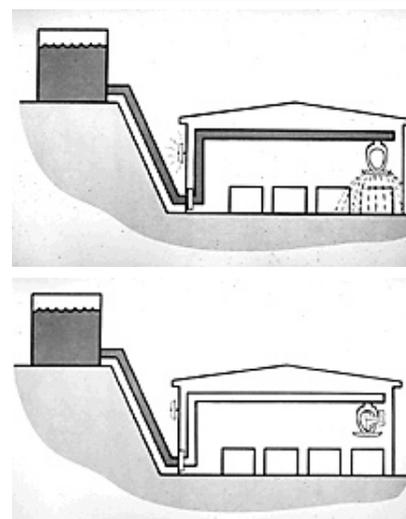
<sup>233</sup> Comunicación personal con William P. Lull en el curso "Conservation Environments for Museum and Libraries" el 4 de Febrero del 2002 en la Universidad de Nueva York.

<sup>234</sup> Artim, N. "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part II: System Types." WAAC Newsletter 17:2 (May, 1995), pp. 23-28.

<sup>235</sup> Lull, P., William. "Fire..." *Op. cit.*, p. 5-9.

por lo que, a pesar de su alto riesgo, podría instalarse en instituciones que cuenten con escasos recursos, siempre y cuando las fotografías se protejan contra daños causados por descargas accidentales de agua. En caso de incendio, su reestablecimiento es fácil y rápido.<sup>236</sup> Su principal desventaja es que a bajas temperaturas (como las que requiere una bóveda) se congela el agua en las tuberías.

La tubería seca, en cambio, está llena de aire o de nitrógeno comprimido que mantiene al agua lejos del área de almacenamiento. Al abrirse la válvula rociadora, el gas comprimido escapa, el agua avanza por la tubería y sale por la válvula rociadora. A diferencia de la tubería húmeda, el tiempo de respuesta no es inmediato ya que el agua demora hasta un minuto en salir. También existe el riesgo de descarga accidental por fallas en las válvulas. Su mantenimiento es más costoso pues incluye más componentes. Una de sus ventajas sobre el sistema de tubería húmeda es que evita el congelamiento del agua.<sup>237</sup> Los *National Archives and Record Administration* de EUA señalan en las especificaciones para almacenar documentos gubernamentales en frío, que el sistema de extinción de incendios debe ser de tubería seca, con rociadores de baja descarga de tipo niebla.<sup>238</sup>



Funcionamiento del sistema de tubería seca.

El sistema de acción previa, también es de tubería seca pero la salida de agua se activa mediante la válvula de acción previa que es controlada electrónicamente por un detector de humo, de calor o de fuego. Una vez activado el sistema, el agua correrá por las tuberías en un tiempo de entre 90 segundos a tres minutos hasta llegar a los rociadores en donde se detiene. Para que el agua pueda salir, las válvulas rociadoras deben activarse por un incremento de la temperatura. Gracias a este sistema doble, el riesgo de falsas descargas es menor. Aún cuando los sistemas electrónicos manden falsas alarmas, el agua correrá por la tubería, pero no podrá salir si las válvulas rociadoras están cerradas. Si una válvula rociadora se abre por accidente, no descargará agua si el sistema electrónico de detección de humo no ha activado la salida de agua hacia las tuberías. Debido a que las tuberías están vacías, no existe riesgo de congelamientos. Este sistema es costoso, requiere de mantenimiento y la instalación de varios detectores de humo en cada área protegida. Si no puede dársele mantenimiento, no se recomienda.

### Sistema por nebulización

Es un sistema de supresión novedoso que arroja una pequeña cantidad de agua destilada a presión, por orificios que forman gotas de un tamaño de 50 a 400 micrones de diámetro. Así crea una niebla de vapor de agua que extingue el fuego en el área contigua por su acción enfriadora. La cantidad de agua que utiliza es limitada. El agua

<sup>236</sup> Artim, N. *Op. cit.*, pp. 23-28.

<sup>237</sup> *Ibidem*, pp. 23-28.

<sup>238</sup> NARA specification. *Op. cit.*, p. 16.



Extinción de fuego con sistema de nebulización.

corre por tuberías y válvulas similares a las utilizadas por los rociadores, pero de menor tamaño. También se activan por calor. Este sistema permite enfriar zonas que comúnmente estarían fuera del alcance de los rociadores tradicionales de agua. Además las cantidades de vapor de agua son mínimas, lo cual evita la destrucción de los materiales al mitigar el fuego. El NFPA 750 *Standard for the Installation of Water Mist Fire Protection Systems 1996* ofrece definiciones y descripciones del sistema pero no explica detalles respecto a su aplicación, uso, inspecciones, pruebas y mantenimiento. Como cualquier sistema complejo necesita mantenimiento e instalación especializada por lo que su costo es elevado.<sup>239</sup> Además requiere detectores de incendios muy sensibles y confiables como los de muestreo de aire. Este sistema se está probando en la Biblioteca del Congreso y el fondo reservado de *Canterbury Shaker*, EUA.<sup>240</sup>

## 2) Sistemas de gases

Los sistemas para mitigar fuego mediante la introducción de un gas en lugares cerrados o confinados que reemplaza al oxígeno de la habitación, se han utilizado desde hace varias décadas. Utilizan gases halógenos, gases nobles, dióxido de carbono o mezclas de éstos, introducidos a altas concentraciones para que detengan la combustión.

Estos sistemas extinguen el fuego sin la introducción de agua y alcanzan lugares inaccesibles para los sistemas con rociadores.<sup>241</sup> Sólo funcionan en lugares confinados, pues para extinguir el fuego se debe mantener una concentración alta del gas. Son apropiados para una bóveda, siempre y cuando se detengan de inmediato los sistemas de ventilación y aire acondicionado, para impedir la entrada de oxígeno. Para reducir el impacto de una descarga accidental y mejorar su eficiencia se recomienda subdividir las áreas protegidas o zonas de supresión con materiales resistentes al fuego. En bóvedas grandes esto puede representar un inconveniente o un gasto adicional. Los problemas más frecuentes ocurren cuando el área confinada presenta rupturas o puertas abiertas y el gas se escapa y no se acumula en las concentraciones necesarias para mitigar el fuego. Los gases suprimen condiciones de combustión pero no siempre extinguen el fuego. De hecho, si existen materiales combustibles y altas temperaturas, al dispersarse el gas y permitir nuevamente el acceso del oxígeno en el aire, el fuego puede reiniciar. Esto no ocurre con los sistemas de agua, los cuales bajan la temperatura. Además la instalación de un sistema de gas no garantiza que las colecciones no sufran daño por agua ya que los bomberos suelen mojar el área para asegurarse de que la extinción del incendio es total. Otra limitante es que no extinguen el fuego que no requiere de oxígeno para propagarse como el de las películas de nitrato de celulosa; en éstas

<sup>239</sup> Lull, P., William. "Fire... *Op. cit.*, p. 10.

<sup>240</sup> Artim, N. "An Update on Micromist Fire Extinguishment Systems." *WAAC Newsletter* 17:3 (Sep, 1995).

<sup>241</sup> Lull, P., William. "Fire... *Op. cit.*, p. 11.

la combustión ocurre incluso en el vacío. Sólo el agua es capaz de mitigar ese tipo de incendios.<sup>242</sup>

Se recomienda tener siempre una reserva de gas para que en caso de descargas accidentales el área no se quede sin protección. Las descargas pueden causar desplazamiento de objetos ligeros. Los sistemas de gas requieren de revisiones periódicas para detectar fugas. Su costo es mayor que el sistema de rociadores.

### Dióxido de Carbono

Requiere una concentración de por lo menos 30% para extinguir el fuego. El CO<sub>2</sub> no causa daño a las fotografías pero su alta toxicidad lo hace peligroso y poco usado. Este sistema de extinción protege las bóvedas de la NASA por que es muy poca la gente que tiene acceso. Como medida de protección, en la bóveda hay letreros que indican evacuar en menos de 30 segundos si es que la alarma suena.<sup>243</sup>

### Halón

Este sistema fue inventado en la segunda guerra mundial para submarinos, donde el uso de dióxido de carbono era fatal. Halón es el nombre genérico de los hidrocarburos halogenados que contienen cualquiera de los halógenos como el cloro (Cl), flúor (F), iodo (I) y bromo (Br).

El halón 1301, (bromotrifluorometano) es un gas incoloro, inodoro y no tóxico en concentraciones de 5 a 6%. Sin embargo está prohibido en muchos países ya que destruye la capa de ozono.<sup>244</sup> Este gas extingue el proceso de combustión al eliminar el oxígeno del área circundante y no deja residuos dañinos para el material fotográfico.<sup>245</sup> El área protegida debe estar sellada para que el gas no se disipe antes de cumplir su función, por lo que los ductos de aire acondicionado deben cerrarse de inmediato.

El halón 1211 y el 1200, usados en extinguidores portátiles pueden ser tóxicos si se usan en lugares confinados.

El halón es caro y en algunos países ya no se vende por reglamentación ambiental, por lo que muchas instituciones compran tanques de otras instituciones que ya no los utilizan.<sup>246</sup>

Existen otros gases como el FM-200 (heptafluoropropano) y el FM-100 (bromodifluorometano).<sup>247</sup> Los sistemas de gas halón son más caros pero el área impregnada no requiere de limpieza. Sin embargo a altas temperaturas éstos pueden generar subproductos corrosivos para las fotografías.

<sup>242</sup> *Ibidem*, p.12.

<sup>243</sup> Wilhelm, H. *Op. cit.*, p. 327.

<sup>244</sup> En el año de 1987 mediante un acuerdo internacional conocido como el protocolo de Montreal se ordenó el retiro gradual de gases de halón en naciones desarrolladas para el año 2000 y en naciones en vías de desarrollo para el año 2010.

<sup>245</sup> Artim, N. "Alternatives to Halon & Other Halocarbon Fire Extinguishing Agents." Environment Canada, Environmental Protection Branch, Fact Sheet 14 (Ontario, February, 2000).

<sup>246</sup> Lull, P., William. "Fire... *Op. cit.*, p.11.

<sup>247</sup> Roberts, Barbara. "Fire Supresion and Life without Halon." WAAC Newsletter 15:2 (May, 1993), pp. 31-33.



Sistema de supresión de incendio con gas halón en las bóvedas Hollywood, Ca. Cortesía Hollywood Vaults.



Sistema de supresión Inergen en la bóveda para fotografías de la National Gallery of Art, Washington, D.C. construida en el año 2002.

### Gases inertes

Utilizan gases nobles (grupo VIII de la tabla periódica de los elementos), incoloros, inodoros e inertes por lo que no destruyen la capa de ozono. Las marcas más conocidas son:<sup>248</sup>

Inergen: nitrógeno (52%), argón (40%) y dióxido de carbón (8%)

Argonite: nitrógeno (50%), argón (50%)

Argon: 100% argón

Para que extingan un incendio se requieren concentraciones de 40 a 50% del volumen del área confinada. Una de sus desventajas es que no pueden almacenarse en estado líquido a temperatura ambiente por lo que requieren más espacio que otros sistemas de gas. Su costo es aproximadamente 80% más barato que los hidrocarburos halogenados.

### c) Otros sistemas

Existen otros sistemas de supresión que utilizan aerosoles en polvo, químicos secos y espumas. Éstos no se recomiendan para una bóveda pues dejan residuos químicos que deterioran a las fotografías.

## 5.9 Seguridad contra robo y vandalismo

Para planear un sistema de seguridad contra robo y vandalismo debe realizarse una evaluación de los riesgos, determinando la posibilidad de que sucedan y el impacto de posibles pérdidas o daños a las colecciones. Este estudio, permitirá crear una política de seguridad. Esta política deberá ser elaborada conjuntamente por autoridades legales, personal del archivo y consultores especializados.

Para un mejor control del acceso se recomienda que la bóveda no tenga varias entradas. El personal del archivo debe estar alerta de cualquier actividad sospechosa y estar capacitado sobre procedimientos básicos de seguridad. El público o los investigadores no deben tener acceso a la bóveda. Deben revisar las fotografías en un área destinada a este fin. Las fotografías deben ser proporcionadas por el personal del archivo, quien debe revisar su condición antes y después de la consulta. Es importante que las fotografías cuenten con un número de inventario o de catálogo para detectar si faltaran. Se recomienda que las cajas o guardas de segundo nivel no lleven información de su contenido (como el nombre del fotógrafo). Un guardia debe revisar las pertenencias de los investigadores a la entrada y a la salida y éstos deben registrarse.

Sistemas de seguridad en bóvedas:

<sup>248</sup>Artim, N. "Alternatives...Op. cit.

- Sistemas de detección, como sensores de movimiento o de sonido.
- Sistemas de conexión y desconexión, como cerraduras de alta seguridad o con código. Debe establecerse un método para el control de las llaves. Si la bóveda tiene códigos de seguridad, éstos deben cambiarse periódicamente, especialmente cuando haya cambio de personal.<sup>249</sup>
- Sistemas de aviso, como alarmas acústicas y luminosas.
- Sistemas de circuito cerrado (C.C.T.V) con cámaras conectadas a monitores que permitan obtener (de manera continua) imágenes de lugares y situaciones.



Sistema de circuito cerrado en las bóvedas Hollywood, Ca. Cortesía Hollywood Vaults.

### 5.10 Mobiliario

El diseño del mobiliario en una bóveda debe optimizar el espacio, garantizar el manejo adecuado de las fotografías y la seguridad del personal. Es recomendable que sea versátil y susceptible al reacomodo ya que el tamaño y características de un archivo suelen cambiar con el tiempo.

Debe estar construido con materiales no corrosivos y no combustibles. Deben evitarse los muebles de madera, de *plywood* o materiales similares ya que son combustibles y liberan productos nocivos para las fotografías como peróxidos, ácidos orgánicos y formaldehído. Una buena opción son los muebles de metal no corrosivo como el acero inoxidable o el aluminio anodizado<sup>250</sup> o de metal laqueado o pintado. De elegir cualquiera de los dos últimos deberá cerciorarse que el acabado sea durable y no contribuya al deterioro de materiales fotográficos. Por ejemplo, no debe contener sustancias dañinas de las resinas con exceso de plastificantes ni compuestos clorados.<sup>251</sup> Los metales pintados pueden emanar gases tóxicos si no han secado por completo en un horno. Una prueba rápida para saber si un metal pintado está completamente seco, es aplicar metil etil cetona en un trapo y frotar la pintura, si ésta se disuelve es que no está bien horneado.<sup>252</sup>

Para evitar problemas se recomiendan los metales laqueados con recubrimientos epóxicos que secan por polimerización y no por evaporación del disolvente. Para aplicar estos acabados, la superficie metálica se lava con una solución de fosfato que elimina grasas o suciedad que dificultan la adherencia de la pintura. Después, por medios electrostáticos se deposita una cubierta homogénea de poliéster epóxico híbrido en polvo. Ésta debe fabricarse con el estándar de calidad ISO 9002. Posteriormente se hornea. El acabado debe pasar pruebas de resistencia ante ácido acético, amoníaco, lejía



Sistema de seguridad de cerradura con clave en las bóvedas Hollywood, Ca. Cortesía Hollywood Vaults.

<sup>249</sup> Guidelines for the Security of Rare Book, Manuscript, and Other Special Collections [en línea] (<URL: <http://www.museum-security.org>>) [consulta: 15 de abril de 2003].

<sup>250</sup> ISO 18920:2000 [4].

<sup>251</sup> ISO 18911:2000 [5].

<sup>252</sup> Lavédrine, Bertrand. *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2003, p. 59



Mobiliario móvil tipo eléctrico en la bóveda de la National Gallery en Washington D.C.



Estante con soporte.



Mobiliario en las bóvedas Hollywood, Ca. Cortesía Hollywood Vaults.

<sup>253</sup> Especificaciones técnicas de mobiliario Quadramobile, Montel.

<sup>254</sup> ISO 18911:2000 [5].

al 10% y alcohol.<sup>253</sup> Se recomienda que el metal sea acero templado, rolado en frío y calibrado. No debe de presentar rebabas ni filos que pongan en riesgo a los documentos y guardas de segundo nivel o que sean puntos de corrosión al romperse la capa de pintura. Los colores claros para la pintura permiten detectar anomalías en los muebles como corrosión, ataque biológico, etc.

Los estantes cerrados, tipo gabinete, evitan la acumulación de polvo, suciedad y protegen hasta cierto punto a las fotografías en caso de incendio o inundación. También amortiguan los cambios bruscos de humedad relativa. Las repisas o estantes abiertos sólo deben usarse si los documentos se encuentran dentro de cajas. En bóvedas climatizadas los muebles cerrados deberán contar con aperturas que permitan la circulación del aire en su interior.<sup>254</sup> Los muebles no deben colocarse en contacto con los muros para evitar microclimas y no deben bloquear los ductos de aire acondicionado o los sistemas de seguridad. Tampoco deben colocarse próximos a sistemas eléctricos. Su acomodo debe permitir la circulación del aire dentro de la bóveda y el paso de personas con el carrito de transporte de obra.

Al revisar las especificaciones técnicas del mobiliario debe observarse la capacidad de carga y cerciorarse que soporten el material fotográfico. Es recomendable que los muebles tengan mecanismos antivuelto (anti-sismo), en especial los que contengan fotografías con soporte rígido como daguerrotipos, ferrotipos, negativos sobre vidrio y diapositivas para linterna mágica.

Para optimizar el espacio pueden usarse estantes móviles (compactos) con rieles, pisos y rampas, cuyos sistemas están diseñados para desplazar uno o más anaqueles por medio de una manivela mecánica o un sistema eléctrico.

Al colocar las fotografías se recomienda dejar un espacio vacío al nivel del suelo como protección en caso de inundación.

## **6 MONITOREO Y MANIPULACIÓN DE DOCUMENTOS FOTOGRÁFICOS EN UNA BÓVEDA**

### **6.1 Monitoreo**

Una vez que la bóveda se ocupa y los equipos se encuentran funcionando, debe establecerse un plan de monitoreo que incluya el estado del inmueble, las condiciones ambientales de la bóveda y el estado de conservación de las fotografías. Cada institución debe diseñar el plan de acuerdo a sus características y posibilidades.

Los estándares internacionales recomiendan inspeccionar las colecciones cada dos o tres años. Si existen fallas en los equipos de aire acondicionado o desviación de los parámetros ambientales establecidos, las inspecciones deben ser más frecuentes. Las colecciones grandes pueden evaluarse mediante un muestreo al azar. Las fotografías más importantes deben inspeccionarse periódicamente. La inspección puede hacerse por observación buscando desarrollo biológico, deterioros físicos o cambios de densidad graves. Las imágenes con soporte de acetato de celulosa pueden inspeccionarse mediante la medición de su acidez con los detectores de acidez *AD- Strips*. Si se detecta algún problema deben tomarse las medidas necesarias para corregirlo.

También es necesario hacer un análisis de riesgos y un plan de emergencias diseñado específicamente para el tipo de fotografías que resguarde la bóveda.

### **6.2 Manipulación**

Es importante establecer un reglamento de consulta y de acceso a las fotografías que sea respetado por el personal del archivo y la gente que las consulta.

Para su manipulación las fotografías deben tomarse por los bordes usando siempre guantes de algodón o latex. Deben transportarse sobre un soporte rígido que evite que se doblen y en un estante móvil que minimize el riesgo de accidentes.

El almacenamiento en frío limita la consulta de los documentos debido al tiempo de acondicionamiento al que deben someterse

antes de darlas al usuario. Por esta razón se recomienda contar con otro medio de consulta rápida como los catálogos electrónicos.

Sacar las fotografías de una bóveda fría requiere de cuidados especiales que garanticen su estabilidad. Debe evitarse la condensación de humedad en la superficie fría de las fotografías al trasladarlas a un ambiente templado como el de una sala de consulta. También hay que tener cuidado al manipular las fotografías almacenadas a temperaturas y humedades relativas bajas, ya que son menos flexibles y susceptibles a daños físicos. La guía para el manejo de fotografías almacenadas en frío de Sarah Wagner<sup>255</sup> restauradora de NARA, indica lo siguiente:

I. Materiales para manipular las fotografías almacenadas en bóvedas frías

- a) Bolsas de plástico (de polietileno o polipropileno) tipo “zip-lock”<sup>®</sup>.
- b) Guantes de algodón.
- c) Carritos de trabajo y contenedores apropiados.

II. Manipulación de fotografías en bóvedas frías con humedad relativa controlada (donde el contenido de humedad de las fotografías permanece en equilibrio con la HR de la bóveda)

Manipular los materiales cuidadosamente. Las fotografías frías son frágiles y quebradizas, pueden dañarse fácilmente si se doblan.

a) Localizar las fotografías, o las cajas, en la bóveda.

b) Colocar las fotografías sueltas o las cajas que las contienen dentro de la bolsa de plástico; extraer el aire, y sellarla. No utilizar la bolsa si:

- El sello “zip-lock”<sup>®</sup> no funciona, ó
- La bolsa está rasgada o tiene agujeros.

---

<sup>255</sup> Sarah, S. Wagner, “Cold Storage Handling Guidelines for Photographs” by Sarah, S. Document Conservation Laboratory NARA Preservation Programs, 1991. National Archives and Records home page Administration.

c) Colocar las bolsas en el área designada (fría y seca) fuera de la bóveda. Si hay varias bolsas, separarlas para permitir la circulación de aire. Permitir que las fotografías se aclimaten gradualmente hasta que alcancen la temperatura ambiente. Las bolsas que contengan

menos fotografías se aclimatarán más rápido que las que contengan más o las que se encuentren en cajas. La aclimatación térmica puede tomar treinta minutos para una o dos fotografías, y hasta 2 o 4 horas para las cajas (dependiendo del tamaño de la caja y la cantidad de fotografías).

**No abrir las bolsas hasta que las fotografías dejen de sentirse frías.**

**No intentar acelerar el proceso colocándolas cerca de una fuente de calor.**

d) Cuando las fotografías o las cajas dentro de bolsas, alcancen la temperatura ambiente, limpie con un paño cualquier humedad condensada en la superficie de la bolsa, ábrala y retírelas.

III. Cómo re-introducir fotografías a la bóveda fría con humedad controlada

Deposite las fotografías o las cajas adentro de la bóveda fría. Si está almacenando una caja, ábrala por un momento para permitir que el aire tibio escape antes de colocarla en su lugar.

IV. Cómo utilizar la prebóveda (si dispone de ella)

a) Utilice la prebóveda al entrar o salir de una bóveda, para minimizar la entrada de aire externo y evitar fluctuaciones climáticas en la bóveda.

b) En la prebóveda se mantienen ciertos valores intermedios de temperatura y humedad relativa los cuales dependen de las condiciones ambientales de la bóveda y del área de consulta. La prebóveda evita la condensación de humedad en las fotografías en las siguientes situaciones:

- Traslado directo de la bóveda a la prebóveda.
- Traslado de la prebóveda a condiciones de temperatura ambiente.

No es necesario embolsar las fotografías si se llevan de la bóveda fría a la prebóveda para inspección. Si se les permite aclimatarse térmicamente en la prebóveda, pueden llevarse al área de consulta sin bolsa. Afuera de la prebóveda deben terminarse de aclimatar

térmicamente antes de usarse, ya que los soportes plásticos como el nitrato o el acetato de celulosa son frágiles cuando están fríos.

### 6.2.1 Tiempo fuera de almacenamiento

Los beneficios del almacenamiento en frío se reducen considerablemente si las fotografías se exponen a condiciones ambientales adversas (temperatura y humedad más altas que las de la bóveda). Es decir, si se extraen los documentos de la bóveda con cierta frecuencia o si fallan los equipos de acondicionamiento, el índice de permanencia de las fotografías se reducirá drásticamente. Por ejemplo si una fotografía a color está almacenada a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  con 40% HR y se saca a  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 60% HR por 10 días, su expectativa de vida disminuirá de 1500 a 500 años y si se saca 120 días disminuirá a 60 años. En este último caso no habrá ningún beneficio de almacenar la fotografía en frío ya que un índice de permanencia de 60 años puede lograrse almacenándolas a temperatura ambiente ( $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 40%).<sup>256</sup> Estos datos deben tomarse en cuenta al elaborar los reglamentos de acceso y consulta de las fotografías.

---

<sup>256</sup> Reilly, J.M. *Storage Guide for Color Photographic Materials*. Albany: The University of the State of New York, 1998, p. 21-23.

## 7 PLANEACIÓN Y PROGRAMA DE DISEÑO DE UNA BÓVEDA, APLICACIÓN A UN CASO REAL

### 7.1 Planeación y programa de diseño

En el capítulo cuarto se definieron las cinco fases para el desarrollo de un proyecto de construcción de una bóveda:

- I. Planeación y programa de diseño
- II. Proceso de diseño
- III. Proceso de construcción
- IV. Ocupación de la bóveda
- V. Operación y mantenimiento

A continuación se presenta un ejemplo de la fase de planeación y programa de diseño de un caso real, el Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* (AFMT), del Instituto de Investigaciones Estéticas (IIEs), UNAM cuyo acervo está almacenado en una bóveda con claras deficiencias de diseño y operación. Es importante subrayar que esta propuesta se realizó como mero ejercicio, ya que antes de construir una bóveda para dicho acervo deberán evaluarse las ventajas y desventajas de otros sistemas de almacenamiento en frío como los congeladores, refrigeradores o cámaras frigoríficas en los que las fotografías se almacenan dentro de contenedores a prueba de humedad.

#### 7.1.1 Diagnóstico del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint*, IIEs, UNAM

##### 7.1.1.1 Antecedentes históricos

El Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* pertenece al Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM y está dedicado a la conservación, organización, catalogación, incremento, producción y difusión de materiales fotográficos que registran e ilustran el arte mexicano principalmente y en menor medida, el latinoamericano y el europeo.<sup>257</sup>

El 18 de febrero de 1935 Fernando Ocaranza, el entonces rector de la Universidad, a petición de Don Manuel Toussaint, creó el laboratorio de arte, mismo que el 3 de agosto del año siguiente dio lugar a

---

<sup>257</sup> Reglamento del Archivo Fotográfico Instituto de Investigaciones Estéticas, capítulo 1. artículo 1, 1994.



Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM.

el actual instituto. En ese tiempo, el Instituto de Investigaciones Estéticas (IIEs) estaba en el tercer piso de la Escuela Nacional de Jurisprudencia, localizada en las calles de Argentina y San Ildefonso. Cuando se construyó la Ciudad Universitaria, el Instituto se instaló en el séptimo piso de la Torre 1 de Humanidades, junto con el Instituto de Investigaciones Históricas. En 1988 ambos institutos se cambiaron a uno de los edificios del conjunto de la Ciudad de la Investigación en Humanidades.<sup>258</sup>

Desde la fundación del Instituto de Investigaciones Estéticas, el acervo fotográfico comenzó a crecer conforme los investigadores fueron depositando sus fotografías y diapositivas para el uso comunitario. Los materiales fotográficos sirvieron de apoyo indispensable para publicaciones, investigación, docencia y el fondo se enriqueció hasta convertirse en uno de los acervos fotográficos sobre arte mexicano más importantes del país.<sup>259</sup>

El archivo fotográfico ofrece servicio a dependencias de la UNAM, investigadores de otras instituciones culturales y a especialistas en arte mexicano, siempre que cumplan con los requisitos establecidos por su reglamento. Dentro de sus servicios ofrece la duplicación de diapositivas e impresión de fotografías blanco y negro, para fines académicos.<sup>260</sup>

Las principales tareas de este archivo son la catalogación, préstamo, reproducción, conservación, digitalización, impresión y toma de fotografías.

El acervo crece por su propia producción fotográfica (de alrededor de 15,000 imágenes anuales) y en menor medida, por donaciones y adquisiciones por compra o intercambio.

#### 7.1.1.2 Caracterización del acervo

El acervo del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* está formado por aproximadamente 690,000 documentos que datan del año 1860 a la fecha.

Los materiales fotográficos se agrupan en tres acervos:

- 1) Color
- 2) Negativos e impresiones blanco y negro
- 3) Colecciones especiales

<sup>258</sup>Información oral recopilada por Cecilia Gutiérrez Arriola, IIE, UNAM, 1997.

<sup>259</sup> *Ibidem*.

<sup>260</sup> *Ibidem*.

El último grupo incluye fotografías de los siguientes autores: Luis Márquez Romay, Julio Michaud (impresor), Tina Modotti, Guillermo Kahlo, Juan Guzmán, José María Lupercio, Helen Escobedo, José Verde Orive y Kati Horna. Además se resguardan las colecciones formadas por los siguientes investigadores: Manuel Toussaint, Abelardo Carrillo y Gariel, Salvador Toscano, Justino Fernández, Paul Gendrop y Manuel González Galván entre las que destaca la colección de diapositivas para linterna mágica.

Las técnicas de las fotografías son las siguientes:

Cantidad <sup>261</sup>	Colección	Técnicas Fotográficas
462,171	Acervo a color	a) Diapositivas 35mm. a color con soporte de acetato de celulosa b) Placas a color 120 mm. con soporte de acetato de celulosa
167,006	Acervo de negativos e impresiones blanco y negro	a) Negativos blanco y negro con soporte de acetato de celulosa b) Impresiones blanco y negro en papel de fibra y papel plastificado <sup>262</sup>
60,774	Colecciones especiales	a) Impresiones positivas Albúminas, ambrotipos, daguerrotipos, ferrotipos, positivos para linterna mágica, papel salado, impresiones cromógenas, cianotipos, Dufaycolor®, impresiones plata-gelatina de revelado químico (DOP) en papel de fibra y papel plastificado b) Negativos Color, blanco y negro con aglutinante de gelatina y soporte de vidrio, de acetato de celulosa, de nitrato de celulosa y poliéster c) Impresiones fotomecánicas Colotipos, medios tonos, fotograbados

### 7.1.1.3 Diagnóstico del inmueble

#### 1) Edificio del Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM.

El edificio del IIEs está al sur de la Ciudad de México en la Ciudad Universitaria. Los ejes del edificio son norte-sur, con la fachada principal hacia el oeste.

El edificio fue proyectado por la Dirección General de Obras de la UNAM y consta de tres cuerpos dispuestos en tres plantas.

<sup>261</sup> Datos proporcionados por el Coordinador del AFMT, Pedro Ángeles Jiménez.

<sup>262</sup> *Resin Coated*, (RC).



Interior de la bóveda del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* IIEs, UNAM. Fotografía Adriana Roldán.

Está construido con losas de concreto armado. Los muros interiores son de tabique de 7x14x28 con aplanados de mezcla terciada y pintados con pintura acrílica. Los techos falsos son de plafón de tablaroca con acabado de tirol rústico. Las divisiones de cubículos y apartados son de tablaroca con acabado de tirol planchado.<sup>263</sup> Su estado general es bueno pues es un edificio de construcción reciente sin problemas estructurales.

La Dirección General de Obras se encarga del mantenimiento. Realiza inspecciones de rutina y atiende los reportes de funcionamiento de equipos de seguridad y aire acondicionado.

El acceso principal al edificio es una puerta de cristal eléctrica. El personal de seguridad lleva un registro de las personas que ingresan, las 24 horas del día.

Los detectores de fuego, tienen sensores fotoeléctricos de humo. Para suprimir el fuego hay equipos manuales como extintores portátiles y mangueras con agua a presión, en los tres cuerpos del edificio.

El Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* está en el primer piso, en el ala norte del edificio, en la fachada oeste. Comparte la planta con la Dirección del IIEs, el área de publicaciones, la biblioteca *Justino Fernández* y cubículos para investigadores.

#### 7.1.1.4 Diagnóstico del área de almacenamiento

##### a) Inmueble

El área de almacenamiento del acervo del AFMT está dividida en tres secciones: prebóveda, bóveda 1 y bóveda 2.

Sus medidas son:

- Prebóveda: 9.00 m<sup>2</sup>
- Bóveda 1: 4.55 m<sup>2</sup>
- Bóveda 2: 16.00 m<sup>2</sup>

---

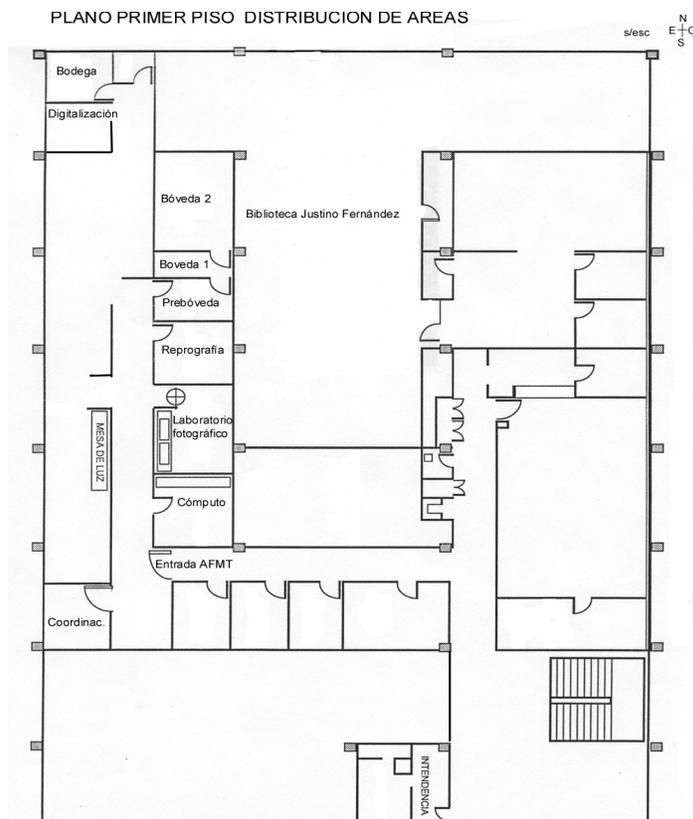
<sup>263</sup> Plano de acabados, planta primer nivel del Instituto de Investigaciones Estéticas e Históricas de la Secretaría General Administrativa, Dirección General de Obras, UNAM, Abril, 1986.

La prebóveda funciona como área de almacenamiento para el acervo de negativos e impresiones blanco y negro. La bóveda 1 resguarda parte de las colecciones especiales y la bóveda 2, el acervo a color y el resto de las colecciones especiales. El espacio de las bóvedas 1 y 2 ya está saturado, razón por la cual se usa la prebóveda como área de

almacenamiento.

La ubicación de las bóvedas dentro del edificio es adecuada ya que se encuentran en la zona de menor carga térmica de la planta (zona norte), no colindan con muros externos y no están debajo ni junto a instalaciones hidráulicas.

El acceso a la prebóveda se hace por una puerta de tambor de madera con ventana de vidrio. Las dos bóvedas tienen puertas de madera y metal con cierre a presión. Los muros son de tabique con recubrimiento de panel con alma de espuma de poliuretano y malla de metal desplegado, con aplanado de mezcla terciada y acabado de pintura epóxica.<sup>264</sup> Los muros de la prebóveda son de tabique con aplanado de yeso, acabado con tirol planchado y pintura vinílica. El techo de las bóvedas tiene el mismo recubrimiento y acabado que los muros y el de la prebóveda es de tablaroca con acabado de tirol rústico. El piso de los tres locales es de loseta de vinílica de 30x30 cm.



Plano del ala norte del primer piso del IIEs, UNAM, distribución de áreas, Cecilia Salgado y Eugenia Ritter 1997.

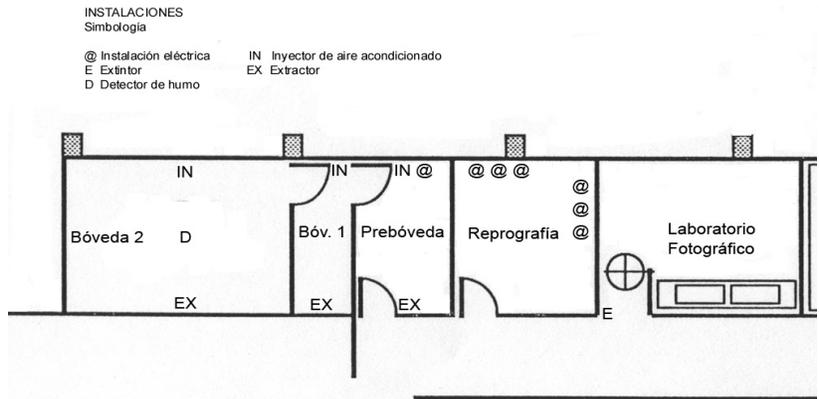
<sup>264</sup> Plano de acabados, planta primer nivel del Instituto de Investigaciones Estéticas e Históricas, Secretaría General Administrativa, Dirección General de Obras, UNAM, Abril, 1986.

b) Sistemas y equipos

La iluminación actual se hace con focos de tungsteno cuya intensidad es de 300 lux.

La bóveda 2 cuenta con un detector de humo tipo fotoeléctrico cuya alarma no funciona. Ninguno de los locales tiene sistemas manuales o automáticos de extinción de incendios. La prebóveda tiene dos enchufes con tierra y corriente eléctrica de 120 voltios que se usan para conectar los deshumidificadores portátiles. Ninguno de los locales tiene alarmas de seguridad contra robo.

La prebóveda y la bóveda 2 tienen termohigrómetros de carátula, instalados en la pared. Estos aparatos no proporcionan un registro continuo de las condiciones ambientales, se lleva a cabo por el personal en días y horas hábiles. No se calibran regularmente ya que no hay psicrómetro u otro aparato para este fin.



El sistema de aire acondicionado es central. Mantiene una temperatura para el confort humano. La unidad manejadora de aire está a la intemperie. El sistema de enfriamiento por expansión directa y promueve fluctuaciones drásticas de temperatura. En verano puede mantener una temperatura promedio de hasta 22.6°C.

Instalaciones del área de almacenamiento, Cecilia Salgado y Eugenia Ritter, 1997.

El aire acondicionado no se controla automáticamente por lo que debe apagarse en vacaciones, en fines de semana y por las noches. Los tres locales tienen termostatos pero éstos no sirven.

Los ductos del aire acondicionado son de metal. Cada uno de los locales tienen dos rejillas en el techo, una de inyección y otra de extracción de aire. Éstas no están ubicadas correctamente y la corriente de aire frío no se distribuye homogéneamente dentro de las bóvedas.

La unidad manejadora no es hermética por lo que permite el acceso de aire del exterior.

La unidad manejadora tiene un filtro de baja eficiencia de fibra de vidrio, que no es suficiente para proteger las colecciones fotográficas.

La deshumidificación se hace con aparatos portátiles instalados dentro de la bóveda que trabajan por refrigeración y condensación de humedad ambiental, con un sistema tipo deshumidificación-recalentamiento. Estos aparatos bajan un máximo de 5% y calientan el ambiente hasta 5°C, dejan de funcionar si la temperatura es menor a 16°C. Además tienen el riesgo de producir corto circuito al interior de la bóveda. Para almacenar el agua condensada tienen contenedores de plástico que se deben vaciar periódicamente.

### c) Análisis de las condiciones ambientales

Con el objeto de conocer las condiciones ambientales que prevalecen en el área de almacenamiento se analizaron 4684 mediciones individuales de humedad relativa y temperatura tomadas en la bóveda 2 y la prebóveda del AFMT. Las mediciones se hicieron todos los días de lunes a viernes a la 1:00 de la tarde durante siete años (de 1993 al 2001) por medio de termohigrómetros de carátula.<sup>265</sup>

#### Resultados:

- La temperatura es templada.
- La temperatura promedio es de 20°C en bóveda y 21°C en prebóveda.
- La temperatura mínima es de 8°C bóveda y 12°C prebóveda, durante el invierno.
- La temperatura máxima es de 29°C bóveda y prebóveda, durante el verano.
- Las fluctuaciones diarias de temperatura son de hasta +/- 6°C en bóveda y +/- 5°C en prebóveda.
- La temperatura depende de los cambios de clima en el exterior.
- Durante un tiempo equivalente al 9% del año, la bóveda permanece dentro del rango de temperatura considerado caliente (mayor a 24°C).
- Durante un tiempo equivalente al 9% del año, la bóveda permanece dentro del rango de temperatura considerado fresco (menor a 18°C).
- Durante un tiempo equivalente al 82% del año la bóveda mantiene condiciones templadas (18°C-24°C).

---

<sup>265</sup> Debido a que los termohigrómetros no fueron calibrados durante varios años puede existir cierto margen de error en su lectura. Éstos se calibraron en el año 2002 marcando un error de 2% en la humedad relativa.

- Los niveles de humedad relativa son moderados.
- La humedad relativa promedio es de 46% en bóveda y prebóveda.
- La humedad relativa mínima es de 25% en bóveda y prebóveda, en invierno.
- La humedad relativa máxima es de 70% en bóveda y prebóveda, en época de lluvias.
- El incremento notable de los niveles de humedad relativa en época de lluvia muestran que las condiciones ambientales en la bóveda dependen de las exteriores. En esta época la HR rebasa 55%.
- Los niveles de humedad relativa no son un riesgo para las fotografías por deterioro biológico (a pesar de que se alcanzan niveles peligrosos de hasta 70%, éstos no se mantienen el tiempo suficiente para permitir el desarrollo de microorganismos).
- Existen fluctuaciones diarias de humedad relativa de +/- 14% en bóveda y +/- 13% en prebóveda.

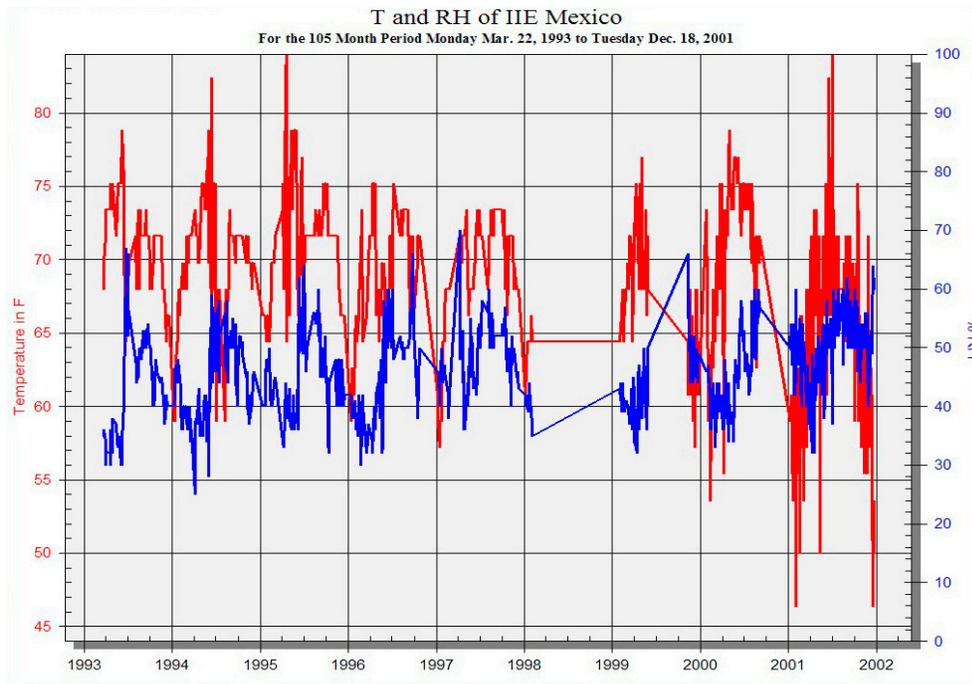
La información de HR y temperatura recolectada del año 1993 al 2001 se ingresó en el programa *Climate Notebook*<sup>®</sup>, desarrollado por el *Image Permanence Institute* con los siguientes resultados:

Material	Nivel de alerta <sup>266</sup>	Razón de la alerta
Película de acetato	amarillo	Temperatura; envejecimiento acelerado
Impresiones B/N	amarillo	Envejecimiento acelerado
Imágenes de estuche	amarillo	Variación de temperatura
Película de nitrato	amarillo	Temperatura; Envejecimiento acelerado

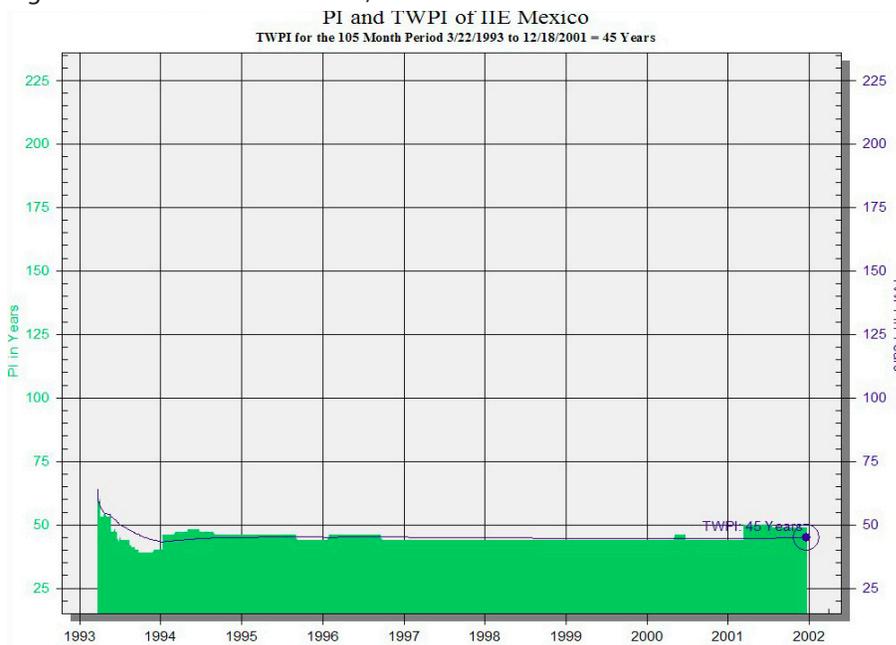
TWPI Índice de preservación a través del tiempo

Bóveda 45 años  
Prebóveda 44 años

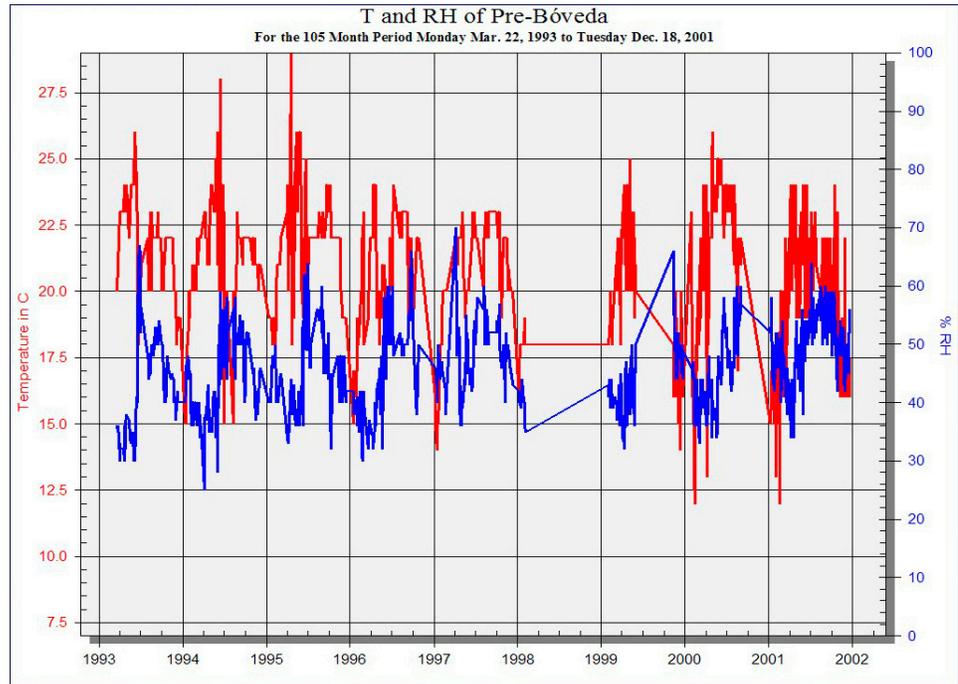
<sup>266</sup> El significado de los colores son: verde- no hay , amarillo- peligroso, rojo- muy peligroso.



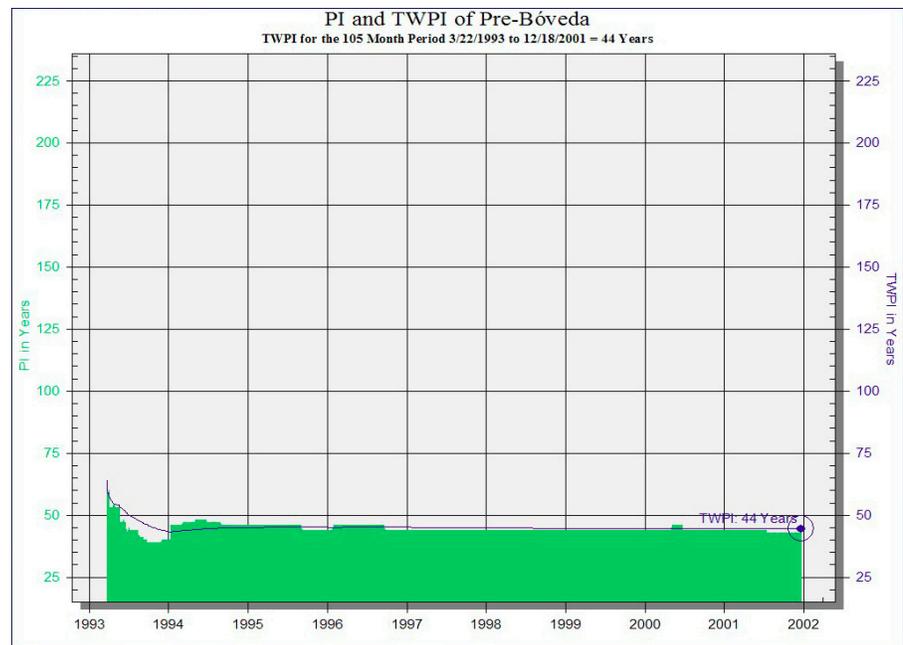
Gráfica de temperatura y humedad relativa en la bóveda del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* del IIE,UNAM.



Calculo del Índice de preservación a través del tiempo para la bóveda del Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint* del IIE,UNAM. En el periodo de marzo 1993 a diciembre 2001.



Gráfica de temperatura y humedad relativa en la pre-bodega del Archivo



Calculo del Índice de preservación a través del tiempo para la pre-bodega del Archivo Fotográfico *Manuel Tou-ssaint* del IIE,UNAM. En el periodo de marzo

7.1.2 Análisis costo-beneficio

Una vez analizadas las condiciones de almacenamiento y preservación del AFMT se estudiaron diferentes soluciones y costos aproximados de almacenamiento. En etapas posteriores del proyecto se deberán hacer cálculos más precisos.

	Opción 1 Adaptación de la bóveda existente	Opción 2 Construcción de una nueva bóveda	Opción 3 <sup>267</sup> Construcción de una nueva bóveda
Rangos de HR y temperatura	21°C 30% HR	10°C 30%	-3°C 30%
Índice de permanencia (mat. a color)	100 años	600 años	3500 años
Costo aproximado de adaptación u construcción de la bóveda.	\$ 1,000,000.00 M.N	\$ 2,500,000.00 M.N	\$ 6,000,000.00 M.N
Costos de mantenimiento por año	\$ 30,000.00 M.N	\$ 40,000.00 M.N	\$ 50,000.00 M.N

7.1.3 Definición del alcance y objetivos de la renovación

Después de analizar las posibles soluciones y el presupuesto disponible, se decidió hacer un programa formal de diseño eligiendo la opción 2: la construcción de una nueva bóveda que incremente la permanencia de los materiales fotográficos a color a por lo menos 600 años, usando sistemas y materiales de construcción que garanticen la seguridad de las colecciones y su estabilidad en esas condiciones ambientales. Este rango de temperatura implica la construcción de una bóveda fresca que no alcance los estándares internacionales para almacenamiento de fotografías a color. Esta decisión se tomó de acuerdo al presupuesto disponible y a la capacidad de mantenimiento del IIEs, además, de que un gran porcentaje de las fotografías está en proceso de catalogación por lo que su acceso y uso será constante. Con la opción 2 se pretende alcanzar un equilibrio entre el acceso y la preservación de las fotografías. Los materiales de construcción y el diseño de la ductería serán planeados para que, a futuro (haciendo modificaciones únicamente a la unidad manejadora) se logren alcanzar las temperaturas que señalan los estándares internacionales de almacenamiento de fotografías a color.

<sup>267</sup> Estas condiciones ambientales son recomendadas para almacenamiento a largo plazo de material a color con soporte de esteres de celulosa en el ISO 18911:2000.

7.1.4 Programa de diseño

Para el desarrollo del programa de diseño se formó un comité, con un arquitecto y los siguientes miembros del archivo:

Coordinadora del AFMT: Lic. Eumelia Hernández  
 Conservadora: Cecilia Salgado  
 Comité interno del archivo: Pedro Ángeles Jiménez, Rocío Gamiño Ochoa, Cecilia Gutiérrez Arriola, Catalina Hernández Monroy  
 Arquitecto: Alejandro Marambio

**Dimensiones**

El espacio debe garantizar el resguardo de las colecciones del AFMT y las nuevas adquisiciones por un mínimo de 25 años. Considerando el espacio de circulación, el que ocupa el acervo existente y el que requerirán las nuevas adquisiciones en los siguientes 25 años, se proponen las siguientes dimensiones.<sup>268</sup>

Área	Dimensiones actuales	Dimensiones para la nueva construcción
Bóveda	20.55m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>
Prebóveda	9m <sup>2</sup>	10.80 m <sup>2</sup>
Total	29.55m <sup>2</sup>	60.80 m <sup>2</sup>

Para ampliar la bóveda se requiere de una reestructuración y una ampliación de la fototeca hacia el ala este, en donde actualmente se encuentra la biblioteca *Justino Fernández*.

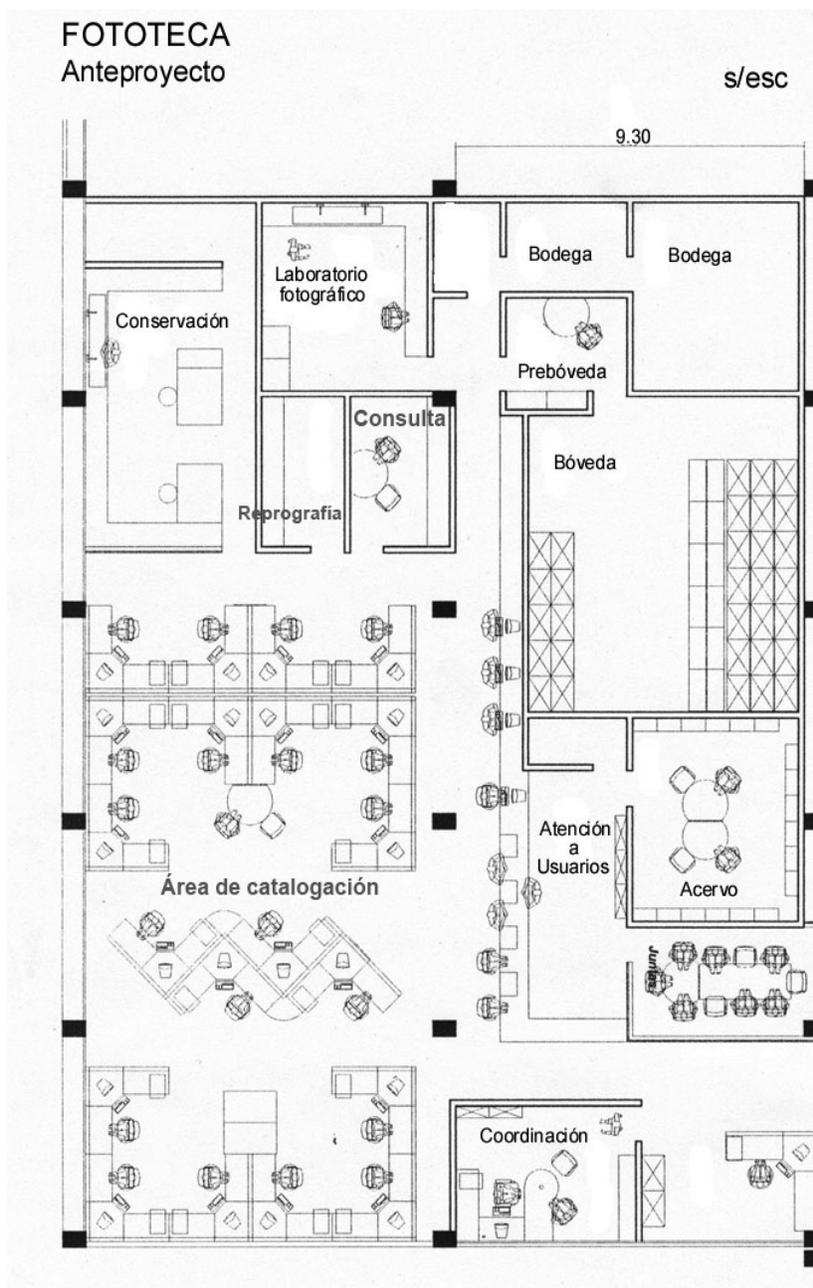
**Localización**

La bóveda debe localizarse en una zona con baja carga térmica y sin muros al exterior para optimizar el funcionamiento del equipo de aire acondicionado y para el ahorro de energía.

Para ubicar los puntos de menor carga térmica en el primer piso del edificio se realizó un registro de las condiciones ambientales en diversas áreas. El área mas fría, seca y con menores fluctuaciones de humedad relativa y temperatura se encuentra en la zona norte, en el espacio que actualmente ocupa la biblioteca *Justino Fernández*.

**Material aislante para paredes y techos**

<sup>268</sup> Para sacar el cálculo de crecimiento a futuro se promedió la cantidad y volumen ocupado en la bóveda del material de incremento los últimos 15 años y se multiplicó para sacar el cálculo para 25 años, Eumelia Hernández, Archivo Fotográfico *Manuel Toussaint*, diagnóstico y prospectivas, IIE, UNAM, agosto 2001.



Diseño preliminar de la nueva distribución de las áreas en el AFMT, Arquitecto Alejandro Marambio 2001.

Con el fin de aislar la bóveda de las condiciones ambientales exteriores y promover la estabilidad de condiciones ambientales en su interior, los materiales aislantes de paredes y techos deberán tener un coeficiente de transmisión global menor que 0.14 K. Estos recubrimientos deberán construirse con materiales no combustibles que no liberen gases contaminantes, que sean impermeables a la difusión de vapor de agua, resistentes a vapores de ácidos y que tengan buena estabilidad dimensional.

### **Pisos**

El material de recubrimiento del piso también deberá ser aislante (térmico y de vapor de agua) de las condiciones ambientales exteriores para facilitar la estabilización de las condiciones ambientales en el interior. Debe tener buena capacidad de compresión para soportar el peso del acervo, no ser combustible, ser fácil de limpiar, no liberar gases ni partículas volátiles y ser compatible con el mobiliario.

### **Puertas aislantes**

Las puertas de la bóveda y prebóveda deben facilitar el acceso mediante un sistema manual y dispositivos de cierre hidráulicos. Sus materiales deben impedir el intercambio de aire con el exterior y promover la estabilidad de la temperatura y humedad relativa en el interior. Deben construirse con un material cuyo coeficiente de transmisión global sea menor que 0.14 K, que no sea combustible, que no libere gases contaminantes y sea fácil de limpiar.

### **Control de humedad y temperatura**

La temperatura máxima será de 10°C con variaciones máximas de  $\pm 2^\circ\text{C}$  en 24 horas y humedad relativa de 30% con variaciones máximas de  $\pm 5\%$  en 24 horas.<sup>26</sup>

Estas condiciones ambientales no aceleran el deterioro, por lo que la velocidad de reacción será muy lenta.<sup>270</sup> Tampoco permiten la germinación de hongos.

La prebóveda deberá mantener condiciones ambientales de 18 a 20°C con variaciones de  $\pm 5^\circ\text{C}$  en 24 horas y HR de 40 a 50% con variaciones de  $\pm 10\%$  en 24 horas.<sup>271</sup>

El 53% de las fotografías del AFMT son materiales a color y el 40%

---

<sup>269</sup> Variaciones de humedad relativa y temperatura permitidas para almacenamiento a largo plazo de material fotográfico según ISO 18911:2000, ISO 18918:2000 y 18920:2000.

<sup>270</sup> El Preservation calculator versión 1.03 para Windows®, desarrollada por el Image Permanence Institute en Rochester, Nueva York define los rangos de envejecimiento de la siguiente forma:

muy rápido IP menor que 15; rápido IP de 15-30; moderado IP de 35-74; lento IP de 75-199; muy lento IP encima de 200.

son materiales con soporte de acetato de celulosa. Aquí se muestra el índice de permanencia para este tipo de materiales:

Material	IP a 10°C y 30% de HR	Deterioro
Diapositivas negativas e impresiones a color de principios de los 90's <sup>272</sup>	600 años	Tiempo para que se pierda (desvanezca) un 30% de los tintes menos estables
Negativos y positivos de manufactura reciente con soporte de acetato de celulosa <sup>273</sup>	300 años	Tiempo aproximado para que el soporte presente síndrome de vinagre (acidez 0.5)
Negativos y positivos que ya presentan síndrome de vinagre con soporte de acetato de celulosa <sup>274</sup>	De 25 a 100 años	Tiempo aproximado para que el soporte presente acidez de 1.0 (fase autocatalítica del síndrome del vinagre)
Materiales orgánicos <sup>275</sup>	283 años	Tiempo para que ocurra un deterioro significativo como decoloración, friabilidad u otros cambios que impliquen pérdidas significativas en la apariencia o función del material

Para lograr estas condiciones de humedad relativa y temperatura se necesita un sistema de aire acondicionado central con una unidad manejadora de volumen constante de aire tipo "todo-aire" y un deshumidificador con desecantes adsorbentes, independiente pero compatible con el sistema de enfriamiento. La unidad manejadora de aire debe cumplir con los estándares de seguridad contra incendios y localizarse en un lugar accesible para su mantenimiento.

Los sistemas de extracción e inyección deben localizarse estratégicamente para distribuir el aire de manera homogénea, sin incidir directamente sobre los materiales fotográficos. La presurización del aire al interior de la bóveda debe ser ligeramente positiva.

Los controles deben ser automáticos (con sistemas de apagado y alarma en caso de mal funcionamiento). El sistema no debe producir ningún tipo de contaminación dentro de la bóveda.

### Sistema de monitoreo de condiciones ambientales

Para controlar las condiciones ambientales de la bóveda y prebóveda, debe existir un sistema de monitoreo continuo (que funcione las 24 horas del día). Para registrar e interpretar las condiciones ambientales

<sup>271</sup> Variaciones de humedad relativa y temperatura permitidas para almacenamiento a mediano plazo de material fotográfico según ISO 18911:2000, ISO 18918:2000 y 18920:2000.

<sup>272</sup> Reilly, J.M. *Storage Guide for Color Photographic Materials*. Albany: The University of the State of New York, 1998.

<sup>273</sup> Reilly, J.M. *IPI Storage Guide for Acetate Film*. Rochester, NY: Image Permanence Institute, 1993.

<sup>274</sup> *Ibidem*.

<sup>275</sup> *Preservation calculator* versión 1.03 para Windows®, desarrollada por el *Image Permanence Institute* en Rochester, Nueva York.

se requiere de un *data logger* que permita hacer el cálculo del índice de preservación valorado en el tiempo con el programa *Climate Notebook*. Además se deberá adquirir un psicrómetro para calibrar los equipos regularmente.

### **Filtros de aire**

La unidad manejadora deberá tener filtros que eliminen esporas, partículas suspendidas en el aire, gases oxidantes y reductores y productos de degradación de material fotográfico como ácidos volátiles. Para esto se requieren al menos dos niveles de prefiltros mecánicos de baja y mediana eficiencia y un filtro absoluto de alta eficiencia (99.97% de eficiencia para contaminantes de más de 0.3 micrones de diámetro). Adicionalmente, se deberán instalar filtros de carbón activado para gases contaminantes. Los filtros deben ser de tipo no combustible y el tiempo de filtrado no debe ser mayor a que 5 minutos.

### **Iluminación**

La lámparas instaladas dentro de la bóveda y prebóveda no deben emitir radiaciones UV de más de 75  $\mu\text{w/lúmen}$  con una intensidad mínima de 50 lux en la parte baja del mobiliario. Deberán ser fluorescentes, tener baja emisión de calor, interruptores independientes y su ubicación deberá ser transversal al sistema de mobiliario.

### **Sistemas de detección y supresión de incendios**

La bóveda, prebóveda y el cuarto de máquinas deben tener sistemas sensibles de detección de humo conectados a un sistema de alarma monitoreado por un tablero de control computarizado en conexión con bomberos de la UNAM. Estos sistemas deben funcionar las 24 horas del día los 365 días del año. Para la supresión de incendios se recomienda usar sistemas de tipo automático que utilicen gases inertes como el Inergen®. No se recomiendan los sistemas de rociadores de agua pues las probabilidades de que ocurran accidentes por falta de mantenimiento es muy alta .

### **Mobiliario**

El mobiliario para almacenar los materiales fotográficos debe estar hecho de un material no combustible, de preferencia, de metal no

corrosivo o con acabado de pintura epóxica horneada. El diseño de los muebles debe considerarse para soportar el peso de los documentos y para acomodar -sin apilar- más de 5 cajas o guardas de segundo nivel. Además debe ofrecer optimización de espacio, facilidad de manejo y mantenimiento. Para almacenar las diapositivas se recomienda usar muebles cerrados con cajones. El sistema debe ser adaptable a cambios de posición, ya que el tamaño o características del acervo puede variar con el tiempo. Los documentos con soporte de vidrio no deberán colocarse en mobiliario móvil. Todos los muebles deberán contar con sistemas antivolteo ya que la ciudad de México se encuentra en una zona sísmica.

### **Nitratos**

Los documentos fotográficos con soporte de nitrato de celulosa no se deberán almacenar en la bóveda. Para su conservación se recomienda la refrigeración en equipos anti-exposición.

## CONCLUSIONES

Como se ha comprobado desde hace ya varias décadas, el almacenamiento de las fotografías dentro de cámaras refrigeradas con condiciones de humedad relativa baja, es la única manera de prolongar su existencia material en óptimas condiciones por un tiempo razonable (desde el punto de vista institucional, más de 100 años). El beneficio que estas condiciones ambientales brindan a las fotografías, no puede ser alcanzado por ninguna otra vía.

La meta de alcanzar y mantener los parámetros ambientales recomendados en los estándares internacionales de almacenamiento no puede remplazarse por otra vía como la de digitalizar o la de renovar guardas de las fotografías, por mencionar algunas. La refrigeración de los materiales no puede esperarse, ya que ésta permite minimizar el proceso de deterioro químico que amenaza a gran parte de los acervos fotográficos. De este modo, en un futuro podrá continuarse con las labores de investigación, difusión, exhibición, etc. de nuestros acervos y podrán existir nuevos usos y formas de apreciación de las imágenes originales.

El diseño, construcción y operación de una bóveda de almacenamiento son procesos complejos que requieren de una gran inversión y por lo tanto no deben tomarse a la ligera. Para que el resultado en cada una de las etapas sea exitoso se requiere de la participación de un equipo interdisciplinario del cual, el restaurador-conservador es parte esencial. El restaurador-conservador definirá requerimientos y evaluará las propuestas durante todo el proceso de diseño y construcción de la bóveda, no diseñará sistemas.

La presente tesis será de utilidad para la construcción de nuevas bóvedas de almacenamiento o para la mejora gradual de las existentes. Las características de cada bóveda dependerán de la naturaleza, propósito y uso de las colecciones, así como del presupuesto con el que se cuente para la construcción y el mantenimiento. Lo más recomendable es que cada uno de sus aspectos (sistemas de tratamiento de aire, de seguridad, el mobiliario, los materiales constructivos y las condiciones ambientales) cumplan con los estándares internacionales de almacenamiento de fotografías. Sin embargo, hay que anticipar que no siempre podrán alcanzarse estos parámetros, no obstante las condiciones que podamos brindar a las fotografías deben ser el resultado de nuestro máximo esfuerzo y de un trabajo en equipo. Si las propuestas son superficiales y no

consensadas, los resultados serán mediocres. Además la instalación de sistemas inadecuados puede ser contraproducente y perjudicial para las fotografías.

La construcción y mantenimiento de una bóveda no es un evento aislado sino un esfuerzo permanente. De no mantener este esfuerzo, la probabilidad de que las fotografías se deterioren es alta. Para que la construcción y mantenimiento de una bóveda funcione debe realizarse dentro del marco de un plan y una estrategia de conservación, apoyadas en una política nacional que promueva la conservación de las colecciones fotográficas.

Preservar las fotografías en un ambiente adecuado debe ser nuestra prioridad; resulta urgente hacerlo para cierto tipo de materiales como las fotografías a color y en soportes de nitrato y acetato de celulosa. Dejar pasar más tiempo sin mejorar las condiciones ambientales en el área de almacenamiento representa una decisión que afecta de manera negativa a las colecciones. Cualquier mejoría, por mínima que sea (por ejemplo bajar la temperatura 2 o 3 °C) representa un avance significativo para la preservación de las fotografías.

La construcción de bóvedas de almacenamiento es una buena opción para colecciones fotográficas grandes. Sin embargo, deben tomarse en cuenta otras opciones como el almacenamiento en refrigeradores y congeladores comerciales en los que la humedad se controla colocando los documentos previamente acondicionados dentro de bolsas selladas. Los investigadores norteamericanos McCormick-Goodhart y Henry Wilhelm también han recomendado la refrigeración de muebles metálicos sellados, con determinada cantidad de sales para controlar la humedad relativa en su interior. Estas opciones pueden ser más económicas que la construcción de una bóveda, tanto en su construcción como en su mantenimiento.

Por otro lado, el acceso a las fotografías almacenadas dentro de bóvedas frías es más limitado. Las personas a cargo de las colecciones fotográficas deben considerar la incorporación de nuevas tecnologías de acceso como la digitalización de las imágenes, sin olvidar su responsabilidad de preservar los originales.

Esta tesis se une al enorme esfuerzo que los restauradores especializados en materiales fotográficos están haciendo para preservar nuestro patrimonio fotográfico a fin de garantizar su uso, goce y apreciación por generaciones futuras.

## Anexo 1. Tabla de encuestas

Preguntas:

1. ¿Cuentan con aparatos de monitoreo de condiciones ambientales? (termohigrógrafos, *data loggers*, psicrómetros y termohigrómetros)?
2. ¿Cuentan con equipo para el control de condiciones ambientales en el lugar donde resguardan material fotográfico? (aire acondicionado, deshumidificadores)

Nombre de la institución	Contacto	Pregunta 1	Pregunta 2
<b>Archivos fotográficos y fototecas</b>			
1. Archivo Fotográfico Montebajo, Edo de México	José Manuel Crispín Vieyra <a href="mailto:montebajo@esmas.com">montebajo@esmas.com</a>	SÍ Templada	NO
2. Archivo Fotográfico de Tepeji del Río, Hidalgo	José Antonio Zambrano	NO	NO
3. Archivo Fotográfico Gertrude Duby Blom, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.	José Welbers, Ian Hollingshead <a href="mailto:direccion@nabolom.org">direccion@nabolom.org</a>	SÍ Templada	SÍ
4. Fototeca Antica, Puebla	Lic. Jorge Carretero Madrid <a href="mailto:fototecaantica@yahoo.com">fototecaantica@yahoo.com</a>	NO	NO
5. Fototeca de Veracruz	Lic. José Roberto Sánchez Fernández <a href="mailto:fototeca@prodigy.net.mx">fototeca@prodigy.net.mx</a> <a href="mailto:fototecaveracruz@yahoo.com">fototecaveracruz@yahoo.com</a>	SÍ Templada	SÍ
6. Fototeca Etnográfica (Museo Nacional de Antropología, INAH), México, D.F	Alejandro González Villaruel <a href="mailto:agonzales.mna@inah.gob.mx">agonzales.mna@inah.gob.mx</a>	NO	SÍ
7. Fototeca José García Payón, INAH Veracruz	Dra. Raquel Martínez Garrido <a href="mailto:civer@prodigy.net.mx">civer@prodigy.net.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
8. Fototeca Lorenzo Becerril (Centro Integral de Fotografía), Puebla	Adriana Vázquez <a href="mailto:cif@prodigy.net.mx">cif@prodigy.net.mx</a>	NO	NO
9. Fototeca Nacho López (Instituto Nacional Indigenista), México, D.F	Evelyn Álvarez Normandía <a href="mailto:iniciidpim@rtn.net.mx">iniciidpim@rtn.net.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
10. Fototeca Plutarco Elías Calles y Fernando Torreblanca, México, D.F	Lic. Norma Mereles de Ogarrio	NO	NO
11. Fototeca Nacional- SINAFO/INAH, Pachuca, Hidalgo	Adriana Carral. Jefa de Departamento de Conservación <a href="mailto:conservacion.Sinafo@inah.gob.mx">conservacion.Sinafo@inah.gob.mx</a>	SÍ Fresca	SÍ
<b>Archivos Estatales y Municipales</b>			
12. Archivo General de la Nación	Alma del Carmen Vázquez Morales	SÍ Fresca	SÍ
13. Archivo General del Estado de Campeche	Lic. Gaspar Cauich Ramírez	NO	NO
14. Archivo General del Estado de Hidalgo	Lic. Arturo Hernández Rojas	NO	NO

15. Archivo General del Estado de Puebla	Natalia Mellado	NO	NO
16. Archivo General del Estado de Veracruz	Juana Martínez Alarcón <a href="mailto:juanijj@latinmail.com">juanijj@latinmail.com</a>	SÍ Templada	SÍ
17. Archivo General del Estado del Gobierno de Guanajuato	Jorge Antonio González Ramírez <a href="mailto:archivogeneral@guanajuato.gob.mx">archivogeneral@guanajuato.gob.mx</a>	NO	NO
18. Archivo General del poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca	Sergio Vázquez Romero <a href="mailto:agepeo@oaxaca.gob.mx">agepeo@oaxaca.gob.mx</a>	NO	NO
19. Archivo Histórico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP	Elizabeth M. Palacios López <a href="mailto:tiempo@Sfu.buap.mx">tiempo@Sfu.buap.mx</a>	NO	NO
20. Archivo Histórico de la Ciudad de San Cristóbal L. C., Chiapas	Ing. Javier Espinoza Poo <a href="mailto:hcvieja@casavieja.com.mx">hcvieja@casavieja.com.mx</a> <a href="mailto:hcvieja@portalmundomaya.net">hcvieja@portalmundomaya.net</a>	NO	NO
21. Archivo Histórico de la UNAM, CESU (Sección de Acervo Gráfico), México, D.F	Lic. Sandra Peña Haro <a href="mailto:Sandrapena_2000@yahoo.com">Sandrapena_2000@yahoo.com</a>	SÍ Templada	SÍ
22. Archivo Histórico de San Luis Potosí	Lic. José Alfredo Villegas Galván. I. Loretto	NO	NO
23. Archivo Histórico del Estado de Baja California Sur Pablo L. Martínez	Blanca Estela Moyrón Fuentes	NO	SÍ
24. Archivo Histórico del Estado de Tamaulipas	Eva Patricia Redendiz Rivera <a href="mailto:pattyres@hotmail.com">pattyres@hotmail.com</a>	NO	NO
25. Archivo Histórico Municipal de Irapuato	Arq. Javier Martín Ruiz <a href="mailto:Javier12@avantel.net">Javier12@avantel.net</a>	NO	NO
26. Archivo Histórico Municipal de León	Susana Schleske Rubio	NO	NO
27. Archivo Municipal de Guadalajara	Jose Manuel Ramos López <a href="mailto:archivo@guadalajara.gob.mx">archivo@guadalajara.gob.mx</a>	NO	NO
28. Archivo Municipal de Saltillo	Iván Hisamo Motomichi Ramos <a href="mailto:ansal@prodigy.net.mx">ansal@prodigy.net.mx</a>	NO	NO
29. Ayuntamiento de Mérida	Mario Trujeque Lara <a href="mailto:iberlin@merida.gob.mx">iberlin@merida.gob.mx</a>	NO	NO
30. Dirección General de Documentación y Archivo del Gobierno del Edo. de Sonora	Carlos Lucero Aja <a href="mailto:archies@hmol.uninet.mx">archies@hmol.uninet.mx</a>	NO	NO
31. Unidad Regional de Quintana Roo	Lic. Roger Rodolfo Esquivel y Cab <a href="mailto:cpopulares@hotmail.com">cpopulares@hotmail.com</a>	NO	NO
<b>Archivos privados</b>			
32. Archivo Fotográfico Macadam, J.L.A Palomo, México, D.F	Sr. Jose Luis Acevedo Palomo	NO	NO
33. Archivo Histórico Banamex, México, D.F	Jose Miguel Aguillón <a href="mailto:jmaguill@banamex.com">jmaguill@banamex.com</a>	NO	NO

## Anexos

34. Archivo Histórico del Arzobispado de México, México, D.F	Lic. Gilberto González Merlo <a href="mailto:gil_merlo@hotmail.com">gil_merlo@hotmail.com</a>	SÍ Templada	SÍ
35. Archivo Histórico y Palacio de Minería, A.C., Pachuca Hidalgo	Marco Antonio Hernández Badillo <a href="mailto:ahmm@prodigy.net.mx">ahmm@prodigy.net.mx</a>	SÍ Templada	NO
36. Área de Acervos Históricos de la biblioteca Francisco Xavier Clavijero, Universidad Iberoamericana, México, D.F	Mtra Teresa Matabuena Peláez <a href="mailto:teresa.matabuena@uia.mx">teresa.matabuena@uia.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
37. Biblioteca y Archivo Antonio Castro Leal, México, D.F	Dra. Marcia Castro –Leal <a href="mailto:104552.2571@compuserve.com">104552.2571@compuserve.com</a>	NO	NO
<b>Bibliotecas</b>			
38. Archivo y Biblioteca Carlos Lucero Aja, Hermosillo Sonora	Carlos Lucero Aja <a href="mailto:clucero@rth.uson.mx">clucero@rth.uson.mx</a>	NO	NO
39. Biblioteca de las Artes CENART	Claudia Irán Jasso <a href="mailto:fespbib@correo.cnart.mx">fespbib@correo.cnart.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
40. Biblioteca Nacional de Antropología e Historia	Mónica Salazar, Miguel Angel Gasca <a href="mailto:subdir_doc.bnah@inah.gob.mx">subdir_doc.bnah@inah.gob.mx</a> <a href="mailto:informatica.bnah@inah.gob.mx">informatica.bnah@inah.gob.mx</a>	SÍ Templada	NO
41. Biblioteca Nacional de México, UNAM	Rosario Rodríguez (iconoteca) <a href="mailto:rtorres@bibliogal.unam.mx">rtorres@bibliogal.unam.mx</a>	NO	NO
42. Biblioteca Pública del Estado de Jalisco Universidad Autónoma de Guadalajara	Luz Elena Vega <a href="mailto:romeroe@mail.udg.mx">romeroe@mail.udg.mx</a> <a href="mailto:cfregoso@fuentes.csh.udg.mx">cfregoso@fuentes.csh.udg.mx</a>	NO	NO
<b>Centros culturales</b>			
43. Centro de Cultura Casa Lamm, México, D.F	Francisco Villareal/Fernando Osorio Alarcón/ Kimie Susuki Sato <a href="mailto:villareal@casalamm.com.mx">villareal@casalamm.com.mx</a>	SÍ Fresca	SÍ
44. Centro de la Imagen, México, D.F	Genoveva Saavedra García <a href="mailto:cdymo@conaculta.gob.mx">cdymo@conaculta.gob.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
45. Centro Fotográfico Manuel Álvarez Bravo, Oaxaca	Paulina Ma Valencia <a href="mailto:csmabac@prodigy.net.mx">csmabac@prodigy.net.mx</a> <a href="mailto:pauvalencia@hotmail.com">pauvalencia@hotmail.com</a>	SÍ Templado	NO
46. Consejo Mexicano de Fotografía, A.C., México, D.F	Luis Alberto González Canseco <a href="mailto:alberto2002001@y.c.mx">alberto2002001@y.c.mx</a>	NO	NO
47. Instituto Michoacano de Cultura	Arq. Mónica Sánchez <a href="mailto:imcultura@michoacan.com.mx">imcultura@michoacan.com.mx</a>	No se logró contactar	No se logró contactar
<b>Centros de Documentación e información</b>			
48. Centro de Documentación e Investigación de la Comunidad Ashkenazi de México, México, D.F	Dra Alicia Gojman de Backal, Gloria Carreño <a href="mailto:cdica@hotmail.com">cdica@hotmail.com</a>	NO	NO

49. Centro de Información y Documentación (Dirección General de Culturas Populares e Indígenas), México, D.F	Antrop. Sonia Iglesias y Cabrera <a href="mailto:cpcid@conaculta.gob.mx">cpcid@conaculta.gob.mx</a>	NO	NO
50. Centro Nacional de Información y Promoción de la Literatura, INBA, México, D.F	Armando Oviedo y Rodolfo L. Gea Fuentes <a href="mailto:cnipl@data.net.mx">cnipl@data.net.mx</a>	NO	NO
51. Centro Universitario de Información y Documentación, Tuxtla Gutierrez, Chiapas	Martín Sánchez García <a href="mailto:bibliot@montebello.unach.mx">bibliot@montebello.unach.mx</a>	NO	SÍ
<b>Cinetecas y filmotecas</b>			
52. Cineteca de Nuevo León	Xavier López de Arriaga / Loreto Garza Zambrano <a href="mailto:lgarzaz@cineteca.org.mx">lgarzaz@cineteca.org.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
53. Cineteca Nacional, México, D.F	Lic. Cecilia Díaz González <a href="mailto:cdiaz@cinetecanacional.net">cdiaz@cinetecanacional.net</a>	SÍ Fresca	SÍ
54. Dirección General de Actividades Cinematográficas, Filmoteca de la UNAM	Iván Trujillo Bolio	SÍ Templada	SÍ
<b>Colegios, Escuelas y Universidades</b>			
55. Academia de San Carlos, UNAM	Alicia Leiva del Valle/ Rosa Martha Ramírez <a href="mailto:sncarlos@servidor.unam.mx">sncarlos@servidor.unam.mx</a>	NO	NO
56. Colegio de Michoacán	Lic. David Hernández Aguilar <a href="mailto:dha@colmich.edu.mx">dha@colmich.edu.mx</a>	NO	NO
57. Dirección de Archivos y Fondos Históricos de la Universidad de Guanajuato	Claudia María Herbert <a href="mailto:beplam@quijote.ugto.mx">beplam@quijote.ugto.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
58. Escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM	Lic. Arcelia Jaimes Rodríguez <a href="mailto:arcelia@correo.unam.mx">arcelia@correo.unam.mx</a>	SÍ Templada	NO
59. Facultad de Arquitectura UNAM	Laura Moreno Cortés <a href="mailto:lauramor3@hotmail.com">lauramor3@hotmail.com</a>	NO	NO
60. Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N. León	Dr Ricardo Elizondo Elizondo <a href="mailto:elizond@campus.mty.itesm.mx">elizond@campus.mty.itesm.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
61. Universidad Anahuac, Estado de México	Mtro. Daniel Mattes/ Lic José Herminio Martínez <a href="mailto:jhmartin@anahuac.mx">jhmartin@anahuac.mx</a>	NO	NO
62. Universidad Autónoma de Aguascalientes	Lic. Aurora Figueroa Ruiz <a href="mailto:afiguero@correo.uaa.mx">afiguero@correo.uaa.mx</a>	NO	NO
63. Universidad Autónoma de Yucatán	Waldemaro Concha/ Carlos Magaña <a href="mailto:vconcha@tunku.uady.mx">vconcha@tunku.uady.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
64. Universidad de Colima	Mtra. Francisca Magaña Carrillo <a href="mailto:galerias@volcan.ucol.mx">galerias@volcan.ucol.mx</a>	NO	SÍ

## Anexos

<b>INAH</b>			
65. Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, INAH, México, D.F	Lic Georgina Rodríguez <a href="mailto:cnmh@mac.com">cnmh@mac.com</a>	SÍ Templada	SÍ
66. Dirección de Antropología Física, INAH, México, D.F	Mtra Marcela Salas Cuest <a href="mailto:dafinah@mail.internet.com.mx">dafinah@mail.internet.com.mx</a> <a href="mailto:informatica.daf.cnam@inah.gob.mx">informatica.daf.cnam@inah.gob.mx</a>	NO	NO
67. Dirección de Restauración del Patrimonio Cultural, INAH, México, D.F	Dinora Ponce de León <a href="mailto:conservacion@yahoo.com.mx">conservacion@yahoo.com.mx</a>	NO	NO
68. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Chihuahua	Profra. Guadalupe Payán Araiza <a href="mailto:cichih@online.com.mx">cichih@online.com.mx</a> <a href="mailto:inah@encor.net.mx">inah@encor.net.mx</a>	NO	SÍ
69. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Durango	Lic. Silvia Nagera Tejada <a href="mailto:cidgo@prodigy.net.mx">cidgo@prodigy.net.mx</a> <a href="mailto:snajera_tejada@hotmail.com">snajera_tejada@hotmail.com</a>	NO	NO
70. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Morelos, Fototeca Juan Dubernard	Ezequiel Castillo R., cimor@prodigy.net.mx <a href="mailto:ramtes1975@yahoo.com">ramtes1975@yahoo.com</a>	NO	NO
71. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Nayarit	José Antonio García Estrada/ Moisés Urbicio <a href="mailto:inahnay@nay1.telmex.net.mx">inahnay@nay1.telmex.net.mx</a> <a href="mailto:inahnay@prodigy.net.mx">inahnay@prodigy.net.mx</a>	NO	NO
72. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Sonora	Arq. Adolfo García Robles <a href="mailto:inahson1@rtn.uson.mx">inahson1@rtn.uson.mx</a>	NO	NO
73. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Yucatán	Arq Alfredo Barrera Rubio <a href="mailto:inahyuc@prodigy.net.mx">inahyuc@prodigy.net.mx</a>	SÍ Templada	NO
<b>Institutos y Centros de Investigación</b>			
74. Centro de Estudios de Historia de México, CONDUMEX, México, D.F	Lic. Josefina Moguel Flores <a href="mailto:cehmcond@prodigy.net.mx">cehmcond@prodigy.net.mx</a>	NO	NO
75. El Colegio de la Frontera Norte, San Antonio del Mar, Baja California	Alfonso Caraveo Castro <a href="mailto:foto@colef.mx">foto@colef.mx</a>	NO	NO
76. Herbario Nacional de México, Instituto de Biología, UNAM	Ma. Teresa Germán Ramírez	NO	NO
77. Instituto de Biología, UNAM	Biol. María del Carmen Loyola Blanco <a href="mailto:loyola@ibunam.ibiologia.unam.mx">loyola@ibunam.ibiologia.unam.mx</a>	NO	NO
78. Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM	Eumelia Hernández <a href="mailto:afortiie@servidor.unam.mx">afortiie@servidor.unam.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
79. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM	Lic. Margarita Morfin Núñez	NO	NO
80. Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, INEHRM, México, D.F	Rafael Hernández Ángeles <a href="mailto:biblioteca_inehrm@segob.gob.mx">biblioteca_inehrm@segob.gob.mx</a> <a href="mailto:hernanza@segob.gob.mx">hernanza@segob.gob.mx</a>	SÍ Fresca	SÍ
<b>Museos y Galerías</b>			
81. Capilla Alfonsina, México D.F	Dra. Alicia Reyes	NO	NO

82. Ex Teresa Arte Actual	Lorena Gómez Calderón <a href="mailto:xteresa@avantel.net">xteresa@avantel.net</a>	NO	NO
83. Museo Biblioteca Pape, A:C, Coahuila	Eladio Valenciano Cepeda <a href="mailto:mbpape@terra.com.mx">mbpape@terra.com.mx</a>	NO	SÍ
84. Museo Casa Estudio Diego Rivera y Frida Kahlo, INBA, México, D.F	Lic. Magdalena Zavala Bonachea <a href="mailto:mcedrfk@hotmail.com">mcedrfk@hotmail.com</a>	NO	NO
85. Museo de Arte Carrillo Gil, México, D.F	Lic. Martín R. Sandoval Cortés <a href="mailto:marsancor@yahoo.com.mx">marsancor@yahoo.com.mx</a>	NO	SÍ
86. Museo de Arte Contemporáneo de Aguascalientes	Mtra. Yolanda Hernández Álvarez <a href="mailto:info@mac8.org.mx">info@mac8.org.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
87. Museo de Arte Contemporáneo de Oaxaca	Mtro. Jorge Contreras/Olivia Rico <a href="mailto:maco11@prodigy.net.mx">maco11@prodigy.net.mx</a>	NO	NO
88. Museo de Arte de Querétaro	José María Guadalupe <a href="mailto:museodearte@yahoo.com">museodearte@yahoo.com</a> apeiron12@hotmail.com	NO	NO
89. Museo de Arte e Historia del INBA, Ciudad Juárez	Dr. Enrique Cortázar/ Lic Rosa Eva Vázquez Ruiz <a href="mailto:inbajuarez@hotmail.com.mx">inbajuarez@hotmail.com.mx</a>	NO Templada	SÍ
90. Museo de Arte Moderno, INBA, México, D.F	Moisés Morales Montoya <a href="mailto:curaduriamam@correo.inba.gob.mx">curaduriamam@correo.inba.gob.mx</a>	NO	NO
91. Museo Franz Mayer	Ricardo Pérez <a href="mailto:rperez@franzmayer.org.mx">rperez@franzmayer.org.mx</a>	SÍ Templada	NO
92. Museo Nacional de Arte, INBA, México, D.F	Rosa Guadalupe García <a href="mailto:museonal@solar.sar.net">museonal@solar.sar.net</a>	SÍ Templada	SÍ
93. Museo Nacional de las Intervenciones, México, D.F	Faustino A. Aquino Sánchez	NO	NO
94. Museo Nacional de los Ferrocarriles, Puebla	Covadonga Vélez Rocha <a href="mailto:mnsmedif@prodigy.net.mx">mnsmedif@prodigy.net.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
95. Museo Nacional de Historia	Hilda M. Sánchez Villanueva <a href="mailto:Marhilda2002@hotmail.com">Marhilda2002@hotmail.com</a>	NO	NO
96. Museo Nacional del Virreinato Tepotzotlán, Edo de México	Juan Jasso Chávez <a href="mailto:virreinato.museo@inah.gob.mx">virreinato.museo@inah.gob.mx</a>	NO	NO
97. Museo Regional de Guanajuato, Alhóndiga de Granaditas, Fototeca Romualdo García	Martha Marissa Andrade Pérez Vela <a href="mailto:alhondiga@int.com.mx">alhondiga@int.com.mx</a>	NO	NO
98. Museo Soumaya	Pablo Berrocal Navarro <a href="mailto:soumaya@prodigy.net.mx">soumaya@prodigy.net.mx</a>	SÍ Templada	NO
99. Museo del Templo Mayor	Ángeles Medina Perez <a href="mailto:cuelourdes@terra.com.mx">cuelourdes@terra.com.mx</a> <a href="mailto:templomayor@attglobal.net">templomayor@attglobal.net</a>	NO	SÍ
100. Museo Universitario, Universidad Autónoma de Baja California	Lic. Carlos Alfredo Rubí Cárdenas <a href="mailto:carlosr@info.rec.uabc.mx">carlosr@info.rec.uabc.mx</a>	NO	SÍ
101. Museo y Biblioteca Postal, México, D.F	Lic. Gonzalo Alarcón Osorio/Rubén Trejo <a href="mailto:esainz@cepomex.com.mx">esainz@cepomex.com.mx</a>	NO	NO
102. Sala de Arte Público Siqueiros, México, D.F	Lic. América Juárez Reyes/ Mónica Montes <a href="mailto:sala_Siqueiros74@yahoo.com">sala_Siqueiros74@yahoo.com</a>	SÍ Templada	NO

## Anexos

<b>Otros</b>			
103. Acuario Mazatlán	Biol. Elizér Armando Zúñiga Guajardo <a href="mailto:acuاريو@SIn1.telmex.net.mx">acuاريو@SIn1.telmex.net.mx</a> <a href="mailto:acuariomzt@hotmail.com">acuariomzt@hotmail.com</a>	NO	NO
104. Archivo de Concentración e Histórico de la Secretaría de Salud, México, D.F	Lic. Irma Betanzos Cervantes <a href="mailto:docsalud@mail.internet.com.mx">docsalud@mail.internet.com.mx</a>	NO	NO
105. Archivo Histórico del Agua, Comisión Nacional del Agua, México, D.F	Dr. Antonio Escobar Ohmstede / Martín Gonzales Solano <a href="mailto:aha@juarez.ciesas.edu.mx">aha@juarez.ciesas.edu.mx</a> <a href="mailto:mgsolano@att.net.mx">mgsolano@att.net.mx</a>	SÍ Templada	NO
106. Casa de las Artesanías Chiapanecas, Chiapas	C.P. Juan Carlos Pereyra García <a href="mailto:casach@prodigy.net">casach@prodigy.net</a>	No se logró contactar	No se logró contactar
107. Centro Regional de Educación de Adultos y Alfabetización Funcional para América Latina, CREFAL, Paztcuaro, Michoacán	Mtro. Jesús Liceaga Angeles/ Juan Rodríguez Yerena/ A. Morales <a href="mailto:Crefal@crefal.edu.mx">Crefal@crefal.edu.mx</a> <a href="mailto:jrodriguez@crefal.edu.mx">jrodriguez@crefal.edu.mx</a>	SÍ Templada	NO
108. Difusión y Fomento Cultural, A.C, Monterrey, Nuevo León	Lic. Rosa María Rodríguez Garza <a href="mailto:coleccionfemsa@femsa.com.mx">coleccionfemsa@femsa.com.mx</a>	SÍ Templada	SÍ
109. Dirección General del Acervo Histórico Diplomático, (Secretaría de Relaciones Exteriores), México, D.F	María del Carmen Escobedo López, Margarita Luna Luna y Martha Rita Flores Alarcón <a href="mailto:srodriguez@ser.gob.mx">srodriguez@ser.gob.mx</a>	NO	NO
110. Herbario Amo, México D,F	Biol. Luis M. Sánchez Saldaña <a href="mailto:eric@internet.com.mx">eric@internet.com.mx</a>	NO	NO
111. Honorable Senado de la República, México D,F	Leopoldo Vázquez Ortiz y Ricardo Maldonado Lara	NO	NO
112. Instituto Estatal de Desarrollo Municipal, Oaxaca	Lic. Griselda M. Ortiz <a href="mailto:idemun@oaxaca.gob.mx">idemun@oaxaca.gob.mx</a>	NO	NO
113. Instituto Mexicano de la Juventud, México D,F	Luis Germán García Sánchez <a href="mailto:tintajoven@yahoo.com">tintajoven@yahoo.com</a> <a href="mailto:floydger@yahoo.com">floydger@yahoo.com</a>	NO	NO

## Anexo 2. Calibración de higrómetros

Los higrómetros deben calibrarse periódicamente. Esto puede lograrse colocando el higrómetro en un contenedor hermético que contenga una solución salina saturada. Dentro del contenedor, el agua se va a evaporar hasta alcanzar el 100% de HR, la sal agregada reducirá este porcentaje de HR dependiendo su solubilidad. Cada sal mantiene cierto nivel de humedad relativa a una temperatura determinada en el microambiente que la rodea. La siguiente tabla muestra el nivel de humedad relativa a 20°C de acuerdo al índice de Merck.<sup>276</sup>

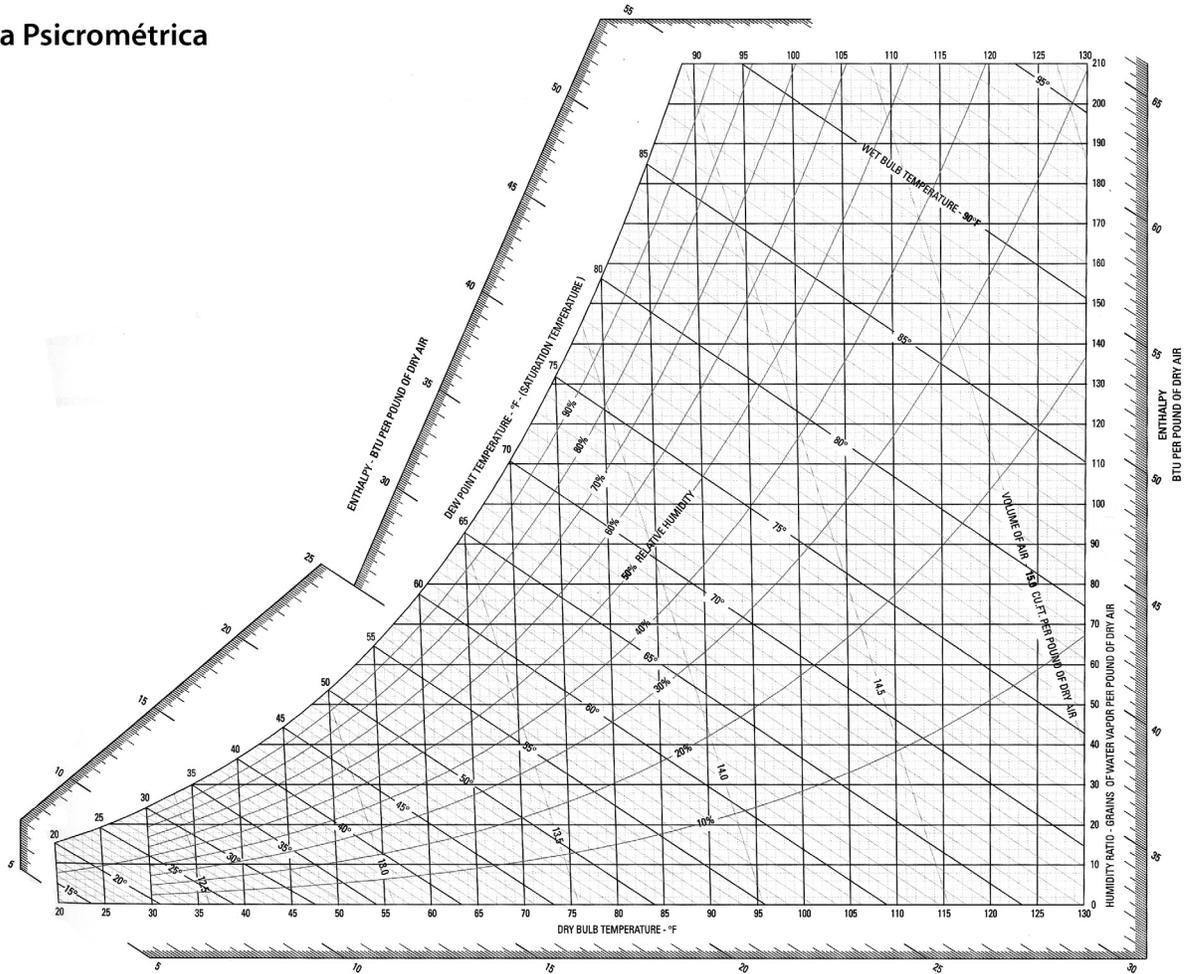
Solución Saturada	Fórmula de la Sal	Humedad relativa a 20°C
Cloruro de litio	$\text{LiCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	11% HR
Cloruro de calcio	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	32% HR
Nitrato de zinc	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	42% HR
Carbonato de potasio	$\text{K}_2\text{CO}_3$	45% HR
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	55% HR
Nitrito de sodio	$\text{NaNO}_2$	65% HR
Cloruro de sodio	$\text{NaCl}$	76% HR
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	80% HR
Cloruro de potasio	$\text{KCl}$	86% HR
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	90% HR
Carbonato de sodio	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	92% HR
Fosfato de sodio monobásico	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	95% HR
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	98% HR

(Lavedrine, B. 2003)

<sup>276</sup> Crean, Julie. "Controlling Relative Humidity with Saturated Calcium Nitrate Solutions." WAAC Newsletter 13:1 (Jan, 1991), pp. 17-18.

### Anexo 3. Carta psicrométrica

Carta Psicrométrica



Harriman, L., Brundrett, G., Kittler, R. Humidity Control Design Guide for Comercial and Institutional Buildings. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 2001.

## Bibliografía

**Adelstein, P.Z.,** C.L. Graham, and L.E. West. "Preservation of Motion-Picture Color Films Having Permanent Value." *Journal of the SMPTE* 79 (November, 1970), pp. 1011-1123.

**Adelstein, P.Z.,**J.-L. Bigourdan, and J.M. Reilly. "Moisture Relationships of Photographic Film." *Journal of the American Institute for Conservation* 36:3 (Fall/Winter, 1997), pp. 196-206.

**Adelstein, P.Z.,**J.M. Reilly, D.W. Nishimura, and C. J. Erbland. "Stability of Cellulose Ester Base Photographic Film: Part II. Practical Storage Considerations" *Journal of the SMPTE* 101 (1992), pp. 347-353.

**Adelstein, P. Z.** "Update on Standards for Information Preservation", *Image and Sound Archiving and Access: The Challenges of the 3rd Millennium, proceedings of the Joint Technical Symposium (Paris, May, 2000)*, pp. 128-136.

**ANSI/NAPM IT9.11-1998.** *Imaging Materials - Processed Safety Photographic Films - Storage Practices.* New York: American National Standards Institute, 1998.

**ANSI/NAPM IT9.20-1996.** *Imaging Materials -Reflection Prints- Storage Practices.* New York: American National Standards Institute, 1996.

**ANSI/PIMA IT9.2-1998.** *Imaging Materials - Photographic Processed Films, Plates, and Papers - Filling Enclosures and Storage Containers.* New York: American National Standards Institute, 1998.

**Artim, N.** "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part I." *WAAC Newsletter* 16:3 (Sep, 1994), pp. 20-27.

**Artim, N.** "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part II: System Types." *WAAC Newsletter* 17:2 (May, 1995), pp. 23-28.

**Artim, N.** "An Update on Micromist Fire Extinguishment Systems." *WAAC Newsletter* 17:3 (Sep, 1995).

**Artim, N.** "Alternatives to Halon & Other Halocarbon Fire Extinguishing Agents." *Environment Canada, Environmental Protection Branch, Fact Sheet #14 (Ontario, February, 2000).*

**Battiata, M.** "Why has Bill Gates stashed millions of the greatest images of the 20th century under a mountain in pennsylvania?" *The Whashington Post* (May, 18, 2003), p. W14.

**Banks, P. N.** "Overview of Alternative Space Options for Libraries and Archives." *Fourteenth Annual National Archives Preservation Conference (March, 1999)* [en línea] (<URL:[http://www.archives.gov/preservation/conferences/overview\\_alternative\\_space.html](http://www.archives.gov/preservation/conferences/overview_alternative_space.html)>).

**Benjamin, T.** "Adaptation of Underground Space. An examination of the opportunities and challenges

## Bibliografía

---

of keeping paper, film, and magnetic media in underground facilities." Fourteenth Annual National Archives Preservation Conference (March, 1999) [en línea] (<URL:[http://www.archives.gov/preservation/conferences/adaptation\\_underground\\_space.html](http://www.archives.gov/preservation/conferences/adaptation_underground_space.html)>).

**Bigourdan, J.- L.,** P.Z. Adelstein, and J.M. Reilly. "Moisture and Temperature Equilibration: Behavior and Practical Significance in the Photographic Film Preservation." *La Conservation: Une Science en Evolution ARSAG* (Paris, April 21-25, 1997), pp. 154-164.

**Bigourdan, J.- L.,** P.Z. Adelstein, and J.M. Reilly. "Use of Microenvironments for Preservation of Cellulose Triacetate Photographic Film." *Journal of Imaging Science and Technology* 42:2 (1998), pp. 155-162.

**Bigourdan, J.- L.,** and J.M. Reilly. "Environment and enclosures in film preservation." Final report to the office of Preservation National Endowment for the Humanities, Grant #ps 20802-94 (Sep, 1997).

**Bigourdan, J.- L.,** and J.M. Reilly. "Preservation strategy for acetate films collections based on environmental assessment and Condition Survey" *Care of Photographic Moving Image and Sound Collections* (York, England, 1999), pp. 28-37.

**Brown, T.,** E. Lemay. *Química la Ciencia Central*. México: Prentice-Hall Inc. 3ra edición, 1985.

**Cargocaire Engineering Corp.** *The Dehumidification Handbook*. Massachusetts, USA: Munters Cargocaire, 1990.

**Cineteca Nacional, Bóvedas.** México: Cineteca Nacional, Febrero 1994.

**Conrad, E. A.** "The Realistic Preservation Environment." Fourteenth Annual National Archives Preservation Conference, (March, 1999) [en línea] (<URL:[http://www.archives.gov/preservation/conferences/realistic\\_preservation\\_environment.html](http://www.archives.gov/preservation/conferences/realistic_preservation_environment.html)>).

**Crean, Julie.** "Controlling Relative Humidity with Saturated Calcium Nitrate Solutions." *WAAC Newsletter* 13:1 (Jan, 1991), pp. 17-18.

**Crockford, H.D.,** S.B. Knight. *Fundamentos de fisicoquímica*. México: CIA. Editorial Continental, 1983.

**Cumberland, D.R.** "Museum collection storage space: Is an insulated modular structure right for your collection?" *Conserve O Gram* 4:7 National Park Service, Curatorial Services División. ) [en línea] (<URL:<http://www.cr.nps.gov/museum/publications/Conserveogram/04-07.pdf>>)

**Directorio de Archivos Fototecas y Centros Especializados en Fotografía.** México: Centro de la Imagen, 2001.

**Eaton, G.T.** *Conservation of Photographs*. Rochester, NY: Eastman Kodak Co., 1985.

**Goes, R., and H.-E. Bloman.** "An Inexpensive Method for Preservation and Long Term Storage of Colour Film." *Journal of the SMPTE* 92 (1983), pp. 1314-1316.

**Florian, Mary –Lou.** "Water, Heritage Photographic Materials and Fungi." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp. 60-73.

**Handbook of air conditioning system design.** España: Carrier Corporation, Marcombo, S.A de Boixareu Editores, 1978.

**Harriman, L., Brundrett, G., Kittler, R.** *Humidity Control Design Guide for Comercial and Institutional Buildings.* Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 2001.

**Hendriks, Klaus, B.** *Fundamentals of Photographic Conservation: A Study Guide.* Canada: National Archives of Canadá, Lugus Publications, 1991.

**Hernández, Eumelia.** "Archivo Fotográfico Manuel Toussaint, IIE, UNAM., Diagnóstico y Prospectivas." (Agosto, 2001).

**Herzog, Peter.** Herzog/ Wheeler & Associates. "Basic of Climate Control Systems." ponencia presentada para el Workshop in Photographic Conservation: Photographs and Preventive Conservation, Theory, Practice, and Implementation, Funded by the Andrew W. Mellon Foundation (Washington, D.C., Sep, 2003).

**Hill, Greg.** "New Nitrate Film Storage for Library and Archives, Canada." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp.74-85.

**Himmelblau, David.** *Balances de materia y energía.* México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1988.

**ISO 18911:2000.** *Imaging Materials - Photography Processed Safety Photographic Films - Storage Practices.* Geneva, Switzerland: International Organization for Standarization.

**ISO 18918: 2000.** *Imaging Materials - Processed Photographic Plates - Storage Practices.* Geneva, Switzerland: International Organization for Standarization.

**ISO 18920: 2000.** *Imaging Materials - Processed Photographic Reflection Prints -Storage Practices.* Geneva, Switzerland: International Organization for Standarization.

**Kopperl, D.F., and C.C. Bard.** "Freeze/ thaw cycling of motion picture films." *Journal of the SMPTE* (August, 1985), pp. 826-827.

**Lavédrine, Bertrand.** *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections.* Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2003.

**Lee Ann, Daffner.** "Survey of Cool and Cold Storage Facilities for Fine Art Photography Collections." *Topics in Photographic Preservation* 10 (2003), pp.151-161.

**Lull, P., William.** "Conservation Environmental Guidelines for Libraries and Archives." Manuscript (New York, 1998).

**Lull, P., William.** "Criteria and HVAC Systems for Museums, Libraries and Archives." Manuscript (New York, 2001).

**Lull, P., William.** "Fire Protection Supplement." Manuscript (New York 2000).

**Lull, P., William.** "Selecting Fluorescent Lamps for W Output." *Abbey Newsletter* 16:4 (Aug, 1992).

**McCabe, Constance.** "Glass Plate Negatives: The Importance of Relative Humidity in Storage." *La Conservation: Une Science en Evolution ARSAG* (Paris, April 21-25, 1997), pp. 36-44.

**McCabe, Constance.** "Guidelines for Freezer Storage of Film." National Gallery of Art (Washington, October 28, 2002).

**McCormick-Goodhart, M.** "The allowable temperature and relative humidity range for the safe use and storage of photographic materials." *Journal of the Society of Archivists* 17:1 (1996), pp. 7-21.

**McCormick-Goodhart, Mark H., Marion F. Mecklenburg.** "Cold storage environments for photographic materials." *Conservation, Analytical Laboratory, Smithsonian Institution 20560.* (Washington, D.C.).

**McCormick-Goodhart, M.** "Moisture- content isolines of gelatin and the implications for accelerated aging test and long-term storage of photographic materials." *Journal of Imaging Science and Technology* 39:2 (March- april, 1995), pp. 157-162.

**National Archives and Records Administration.** "Specification for Controlled Environment Rooms Used for Cold Storage Preservation of Government Records." (2002).

**Pavão, Luis.** *Conservación de Colecciones de Fotografía.* Granada: Editorial Comares, 2001.

**Puglia, Steven.** "The Preservation of Acetate Film Materials. A Cost- Benefit Analysis for Duplication and Cool/Cold Storage." *Topics in Photographic Preservation* 6 (1995), pp. 50-79.

**Quadri, Nestor.** *Sistemas de aire acondicionado.* Buenos Aires, Argentina: Edit. Alsina, 2001.

**Reglamento del Archivo Fotográfico Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM.** capítulo 1, 1994.

**Reilly, J.M.** *Storage Guide for Color Photographic Materials.* Albany: The University of the State of New York, 1994.

York, 1998.

**Reilly, J.M.** IPI Storage Guide for Acetate Film. Rochester, NY: Image Permanence Institute, 1993.

**Reilly, J.M.** Care and Identification of Nineteenth-Century Photographic Prints. Rochester, NY: Eastman Kodak Co., 1986.

**Reilly, J.M.**, D.W. Nishimura, and E.D. Zinn. New Tools for Preservation: Assessing Long-Term Environmental Effects on Library and Archives Collections. Washington, DC: The Commission on Preservation and Access, 1995.

**Ritzenthaler, M.L.**, G.J. Munoff, and M.S. Long. Archives & Manuscripts: Administration of Photographic Collections. Chicago: Society of American Archivist (SAA Basic Manual Series), 1984.

**Robb, Andrew.** "Recent Developments in Using, Storing, and Transporting Cellulose Nitrate Still Picture Film." Topics in Photographic Preservation 10 (2003), pp. 100-107.

**Roberts, Barbara.** "Fire Suppression and Life without Halon." WAAC Newsletter 15:2 (May, 1993), pp. 31-33.

**Schultz, Arthur W.** Caring for Your Collections. New York: Harry N. Abrams, Inc. 1992.

**Siegel, R.E.** "Airflow and Humidity Control in a Two-Room Cold Storage Box: A Design Flaw Uncovered," Topics in Photographic Preservation 6 (1995), pp.12-129.

**Siegel, R.E.** "Building a Small Cold Storage Vault." Fourteenth Annual National Archives Preservation Conference, (March, 1999) [en línea] (<URL:[http://www.archives.gov/preservation/conferences/cold\\_storage\\_vault.html](http://www.archives.gov/preservation/conferences/cold_storage_vault.html)>).

**Sigfried, R.** "Cold and Cool Vault Environments for the Storage of Historic Photographic Materials." Conservation Administration News 38 (1989).

**Sebera, D.** Isoperms: An Environmental Management Tool. Washington D.C.: Commission on Preservation and Access, 1994.

**Sarah, Boxer.** "A century's photo history destined for life in a mine," The New York Times (April, 15, 2001).

**Sarah, S. W.** "Cold Storage Handling Guidelines for Photographs." Document Conservation Laboratory NARA Preservation Programs (1991) [en línea] (<URL: <http://www.nara.gov/arch/techinfo/preserva/maintena/cold.html>>).

**Sapwater, E.** "Images on Ice." PEI (April, 1999), pp.36-43. [en línea] (<URL: <http://www.wilhem-research..>>).

**Suzuki, Sato, K.** Estudio de un grupo representativo de daguerrotipos localizados en la ciudad de México. Diagnóstico del estado de conservación y propuesta de conservación. Tesis para optar por el título en la Licenciatura de Restauración de Bienes Muebles, ENCRyM, INAH, SEP. México, 1999.

**Teygeler, R.,** Gerrit de Bruin, W. Bihanne, and Bert van Zanen. "Preservation of Archives in Tropical Climates. An annotated bibliography by The National Archives of the Netherlands." *Comma* 3:4 (2001).

**Thomson, Garry.** *The Museum Environment.* Boston: Butterworths/International Institute for Conservation, 1999.

**Treybal, Robert, E.** *Mass-Transfer Operations.* Singapore: Mc Graw-Hill Chemical Engineering Series, 1981.

**Valverde, F., G. Fracornel., C. Méndez.** *Manual de diagnóstico de conservación en archivos fotográficos.* México: Archivo General de la Nación, 2000.

**Vera, R.S.** *La fotografía en albúmina y su conservación. Efectos del proceso de secado sobre las craqueladuras del recubrimiento.* Tesis para optar por el título en la Licenciatura de Restauración de Bienes Muebles, ENCRyM, INAH, SEP. México, 1997.

**Wagner, S.** "Cold Storage for Photographs, Issues and Practical Application, part 2 Cold Storage Options and Cost." ponencia presentada para el Workshop in Photographic Conservation: Photographs and Preventive Conservation, Theory, Practice, and Implementation, Funded by the Andrew W. Mellon Foundation, (Washington, D.C, Sep, 2003).

**Wallace, J.** "The planning, Construction and operation of a Cold Room for Photographic Storage." *The Book and Paper Group Annual* 4(1985), pp.108-115.

**Wallace, J.** "Running a Cold Storage Facility: Costs, Engineering, Troubleshooting." *Re LACT* (April 16, 2003).

**Wilhelm, H.** *The Permanence and Care of Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides, and Motion Pictures.* Grinnell: Preservation Publishing Company, 1993.

**Wilhelm, H., A.C. Hartman, K. Johnston, E. Rijper, and T. Benjamín.** "High-Security, Sub-Zero Cold Storage For the Permanent Preservation of the Corbis-Bettman Archive Photography Collection." (Grinnell, 2004). [en línea] (<URL: <http://www.wilhelm-research.com/subzero.html> >).

**Zinn, E., J.M.Reilly, P.Z. Adelstein, and D.W. Nishimura.** "Preservation of Colour Photographs: The Danger of Atmospheric Oxidants in the Storage Environment." *La Conservación: Une Science en Evolution ARSAG* (París, 1994), pp. 25-30.