

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ESTUDIO Y COMPARATIVA DE CONDICIONES AMBIENTALES DE
ALMACENAMIENTO ÓPTIMAS PARA LA PRESERVACIÓN DE
ARCHIVOS MAGNÉTICOS, ÓPTICOS Y FÍLMICOS**

**Trabajo de investigación para obtener el grado de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA**

AUTOR:

Eduardo Alejandro Farfán Burga

ASESOR:

Enrique José Barrantes Peña

Lima, Diciembre, 2020

Resumen

Actualmente en el Perú no se presta mucha importancia hacia lo que es la preservación de la documentación y menos aun cuando se trata de archivos de décadas pasadas tales como archivos magnéticos (VHS, casetes, discos duros), material fílmico (fotografías analógicas, archivos de películas) o hasta formatos más recientes como lo son los medios ópticos (CDs, DVDs, Blu-Ray). El presente trabajo busca definir los parámetros que afectan en el deterioro de estos archivos y a partir de ello, comparar las condiciones ambientales óptimas que favorecen a una adecuada preservación de cada medio de almacenamiento. En primer lugar, se describirá el principio de funcionamiento de cada tipo de archivo/documentación, a partir del cual se podrá explicar cómo es que este podría verse afectado negativamente por el ambiente que lo rodea. Se mencionará cuál es la interacción del ambiente con el medio de almacenamiento y cómo es que este afecta a sus propiedades físicas como químicas acelerando así su deterioro. Después de ello, se listarán aquellos parámetros que son los responsables de los distintos mecanismos de deterioro presentados y se definirán los rangos de valores adecuados de estas variables para la óptima preservación de estos archivos y lograr alargar el tiempo de vida de ellos. A su vez, se hará una comparativa de los rangos óptimos de los parámetros de cada medio para verificar si podrían almacenarse conjuntamente. Finalmente se recomendarán valores de estos parámetros de acuerdo a diferentes contextos como lo son: Las condiciones ambientales externas, si se desea una preservación a mediano plazo o a largo plazo, si la preservación se desea lograr a nivel de institución o a nivel doméstico.

Contenido

Resumen.....	i
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras.....	v
Introducción:	1
Objetivos:.....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:	2
1. Capítulo 1: Principio de Funcionamiento	1
1.1. Medios de almacenamiento magnéticos:.....	2
Principio de funcionamiento de cintas magnéticas:.....	2
Principio de funcionamiento de Discos duros y Disquetes:.....	4
1.2. Medios de almacenamiento ópticos:	9
Principio de funcionamiento de los discos ópticos:.....	9
CDs (Primera generación):	12
DVDs (Segunda generación):	12
Blue-Ray (Tercera generación):.....	12
1.3. Medios de almacenamiento fílmico:	14
Principio de funcionamiento del material filmográfico:.....	16
2. Capítulo 2: Parámetros ambientales y mecanismos de deterioro.....	20
2.1. Medios de almacenamiento magnético:	21
Cintas magnéticas y disquetes:	21
Discos duros:.....	22
Mecanismos de falla comunes:	22
Parámetros relevantes en la preservación de archivos magnéticos:.....	23
Consideraciones de almacenamiento:	25
Recomendaciones finales:.....	31
2.2. Medios de almacenamiento óptico	32
Estructura de los discos ópticos:	32
Parámetros relevantes en la preservación de archivos ópticos:	35
Consideraciones de almacenamiento:	36
2.3. Medios de almacenamiento fílmico	41
Base de nitrocelulosa:	41
Base segura:	46
Estabilidad físico-química	52

Parámetros relevantes en la preservación de archivos fotográficos/fílmicos:	53
3. Capítulo 3: Comparativa de condiciones de preservación	59
Parámetros en común relevantes para la preservación:	59
Temperatura	59
Humedad relativa	61
Pureza del Aire	63
Luz	65
Campos magnéticos	65
Conclusiones:	66
Bibliografía:	68



Índice de Tablas

Tabla 1. Rangos admisibles de los parámetros ambientales influyentes en archivos magnéticos	25
Tabla 2. Condiciones equivalentes de temperatura y HR para preservación de cintas a largo plazo	27
Tabla 3. Tiempo de aclimatación en cintas magnéticas.....	28
Tabla 4. Capa de datos y capa de metal según la naturaleza del disco	34
Tabla 5. Esquema de capas en un disco según el número de caras	34
Tabla 6. Condiciones de almacenamiento recomendadas para discos ópticos	37
Tabla 7. Las fases del deterioro en filmes con base de nitrocelulosa	43
Tabla 8. Últimos años de producción de nitrocelulosa como base para Kodak	45
Tabla 9. Condiciones de almacenamiento adecuadas para film de nitrocelulosa	46
Tabla 10. Años de uso de base segura en la empresa Kodak.....	47
Tabla 11. Las fases del deterioro en filmes con base de acetato de celulosa.....	48
Tabla 12. Temperatura y Humedad Relativa recomendadas para la preservación de filmes ..	51
Tabla 13. Rango de temperaturas para las condiciones establecidas por la norma ISO	60
Tabla 14. Condiciones ambientales óptimas para cada medio según estándares ISO	62
Tabla 15. Calidad de la preservación de los archivos al ser sometidos a las 4 condiciones de almacenamiento definidas por la norma ISO	64

Índice de Figuras

Figura 1. Cabezal de hierro que actúa como electroimán escritor	3
Figura 2. Cabezal de Lectura/Escritura en un disco duro	5
Figura 3. Bits almacenados en un Disquete/Disco Duro	6
Figura 4. Disco duro en el cual se observa el cabezal de escritura (6) y el brazo mecánico (2)7	
Figura 5. Pistas y sectores en el formateo de un Disco duro/ Disquete	8
Figura 6. Depresiones en el disco y su interpretación de ceros y unos.....	9
Figura 7. Esquema simple del láser y su reflejo en las hendiduras.....	10
Figura 8. Esquema del movimiento relativo de un disco y del láser/sensor	11
Figura 9. Comparación a escala de los agujeros en discos ópticos.....	13
Figura 10. Tira de perforaciones del material fílmico	14
Figura 11. Tira de audio presente al lado derecho del material filmográfico	15
Figura 12. Comparación de marcos en filmes de tamaño 8mm y super 8mm.....	16
Figura 13. Granos de Haluro de Plata antes y después de haber sido expuestos a un rayo de luz	17
Figura 14. Espectro de colores por longitud de onda.....	18
Figura 15. Combinación de los registros RGB	18
Figura 16. Capas que conforman la tira del material fílmico	19
Figura 17. Humedad relativa vs Temperatura en cintas magnéticas	26
Figura 18. Tamaños relativos de elementos contaminantes frente a un cabezal de lectura.....	30
Figura 19. Relación entre la humedad relativa y humedad en la preservación de discos.....	38
Figura 20. Identificación por medio de los bordes en películas Kodak.....	44
Figura 21. Campos de estabilidad físico-química de los filmes	53
Figura 22. Relación temperatura-humedad relativa para un film de triacetato de celulosa.....	55

Introducción:

En el Perú actualmente, no se le concede la debida importancia al tema de la conservación de documentación “antigua”. Ejemplo de ello es que recién en el año 2018 el archivo general de la nación implementó una guía para la conservación preventiva de documentos en soporte papel con la finalidad de preservar los documentos del estado, esto cuando en otros países de Latinoamérica esta práctica es algo que se viene realizando desde la década pasada (Archivo General de la Nación, 2018). En contraste con el papel, en el país no existe una guía práctica o recomendaciones para otros tipos de documentación tales como los medios ópticos, fílmicos o magnéticos.

Esta falta de conocimiento se presenta desde los hogares, en los cuáles muchas veces se pueden encontrar dispositivos magnéticos; como casetes, VHS o discos duros antiguos en una condición bastante desfavorable; hasta en las instituciones orientadas a la preservación, en las cuáles no se han seguido una metodología o protocolo adecuado para este tipo de prácticas. En efecto, muchos de estos medios de almacenamiento de información usados frecuentemente en décadas pasadas dejaron de emplearse debido a la aparición de nuevos medios los cuáles además de brindar una mayor capacidad de almacenamiento, eran mucho más fáciles de conservar debido a que no perdían la información almacenada con facilidad a causa de las condiciones ambientales. Un ejemplo de ello es lo ocurrido con la aparición de medios de almacenamiento óptico tales como el CD (1982) y el DVD (1996) los cuales causaron que sus predecesores, los medios de almacenamiento de cinta magnética como los VHS y Casetes, dejaran de ser utilizados (The Washington Post, 2005).

Sin embargo, existen muchas personas que poseen aún estos medios de almacenamiento a modo de reliquia y que por ignorancia desconocen cómo el medio ambiente es capaz de

deteriorarlos aceleradamente debido a que hoy en día estamos acostumbrados a discos duros más resistentes o medios ópticos, los cuáles debido a su principio de funcionamiento son menos vulnerables que los medios magnéticos para las mismas condiciones ambientales.

De igual forma, instituciones en el país tales como las filmotecas o cintotecas, las cuáles buscan preservar estos medios de almacenamiento de información, deberían seguir una metodología validada que justifique cómo es que se están regularizando los parámetros a tomar en cuenta en sus sistemas de climatización para la preservación en este caso de archivos fílmicos, cintas magnéticas y medios ópticos. Esto debido a que existen normativas a nivel nacional que dictaminan la preservación de este tipo de documentos tal como se menciona en el artículo 2, inciso “c” de la Ley N°26370 peruana. (Presidente et al., 2011)

Objetivos:

Objetivo General:

- Definir y comparar las condiciones ambientales óptimas para la preservación a largo y mediano plazo de medios de almacenamiento magnéticos, ópticos y fílmicos.

Objetivos Específicos:

- Entender el principio de funcionamiento de almacenamiento y reproducción de datos de cada uno de los distintos medios de almacenamiento
- Determinar los parámetros que influyen en la preservación de los distintos medios de almacenamiento.
- Comprender los mecanismos de deterioro que ocasionan cada parámetro en los distintos medios de almacenamiento y relacionarlos con las propiedades físicas y químicas del material.

1. Capítulo 1: Principio de Funcionamiento

En este capítulo se procederá a describir el principio de funcionamiento de cada medio de almacenamiento de información, para posteriormente saber cómo este podría verse afectado por los mecanismos de deterioro causados por las condiciones ambientales, tema que se verá a profundidad en el capítulo 2.



1.1. Medios de almacenamiento magnéticos:

Son aquellos que para el almacenamiento de datos utilizan propiedades magnéticas de los materiales, para luego ser procesados e interpretados digitalmente. Entre los más conocidos se encuentran: La cinta magnética, utilizada en los casetes y dispositivos VHS; el disco flexible o disquete y el disco rígido o disco duro. Las superficies de los disquetes, discos duros, discos flexibles y cintas magnéticas están cubiertas de un material magnéticamente sensible (como el óxido de hierro), los cuales reaccionan cuando se someten a un campo magnético. (Norton, 2006)

Una ventaja de los medios magnéticos frente a los tan usados medios de almacenamiento electrónico, en los cuales el almacenamiento de información se da por transistores, es que los magnéticos son capaces de representar ceros y unos (almacenar data) sin la necesidad de una fuente eléctrica y es por ello que este tipo de almacenamiento es el más utilizado para los ordenadores hasta la actualidad.

Principio de funcionamiento de cintas magnéticas:

Dentro de la categoría de cintas magnéticas se encuentran los casetes y los dispositivos VHS. Estos consisten en un material base de naturaleza plástica, el cual es recubierto con polvo de óxido férrico que se mantiene unido gracias a una capa de aglutinante que contiene lubricantes. En un inicio el material base utilizado era acetato de celulosa, sin embargo, posteriormente fue reemplazado por poliéster debido a que este último no presentaba el problema del “síndrome del vinagre”. El óxido de hierro o cromato de hierro es un material que posee propiedades ferromagnéticas, es decir que, cuándo es sometido a un campo magnético, este quedará magnetizado permanentemente. Este es el principio funcionamiento de las cintas magnéticas y es la razón por la cual estas pierden la información contenida cuando

son almacenadas cerca de imanes o en lugares donde existan campos magnéticos. (Boston, 1998)

El proceso de grabado de información en estos dispositivos se da por medio de un cabezal de hierro que tiene una pequeña abertura en su parte inferior, una bobina enrolla al cabezal haciendo circular corriente a través de ella, generando un campo magnético en la abertura y haciéndolo funcionar como electroimán (ver Figura 1). Cuando el casete esté moviéndose en esta brecha el óxido de hierro será magnetizado de acuerdo a la señal de corriente que esté llegando a la bobina. De esta forma la señal eléctrica estará permanentemente almacenada en la cinta magnética.

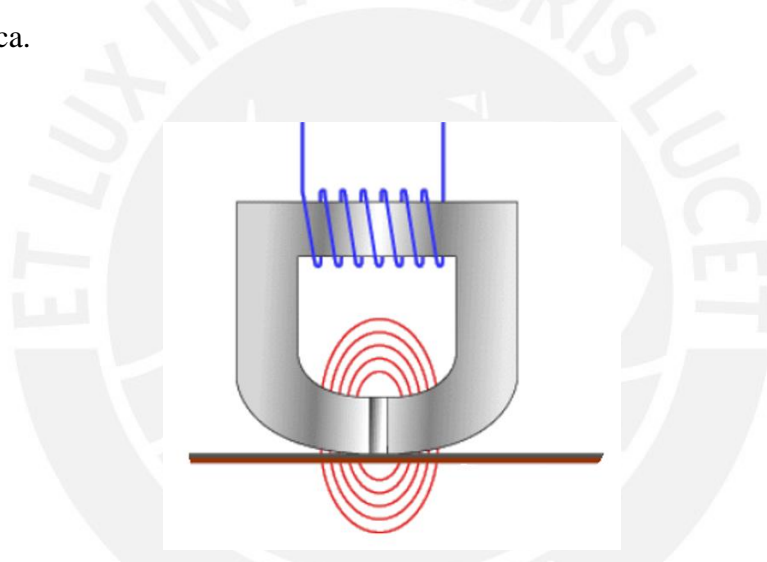


Figura 1. Cabezal de hierro que actúa como electroimán escritor
Tomado de la web “How Stuff Works”

Caso contrario se da cuando se está leyendo la cinta magnética, esta se mueve debajo del cabezal con cierta velocidad; al estar magnetizada, esta señal magnética generará una corriente pequeña en la bobina. Posteriormente esta corriente es amplificada por el sistema lector para finalmente traducir e interpretar la señal y esta pueda ser reproducida. (Kimizuka, 2012)

La desventaja principal de las cintas magnéticas frente a los discos duros o discos flexibles es que las primeras tienen que ser leídas de manera secuencial. Las cintas magnéticas de almacenamiento usadas antiguamente en las computadoras leen y escriben datos en la

superficie de una cinta de la misma manera que lo hace un casete, la diferencia es que una unidad de cinta de computadora escribe datos digitales y no análogos (ceros y unos discretos) en lugar de señales detalladamente graduadas creadas por sonidos en una grabadora de audio. Su uso se limitaba a datos que no se utilizan con frecuencia, como copias de seguridad.

La velocidad de lectura de las cintas magnéticas se encuentra normalizada internacionalmente. En el caso de los casetes se reproducen en velocidad estándar girando su carrete de tal forma que se obtenga una velocidad lineal de la cinta de 4.75 cm/s. En el caso de los VHS esta velocidad se encuentra normalizada de acuerdo a su capacidad de almacenamiento y a su resolución.

Principio de funcionamiento de Discos duros y Disquetes:

La ventaja principal de los Discos duros y disquetes frente a las cintas magnéticas es que no son secuenciales; es decir, se puede leer cualquier parte de los datos sin necesidad de recorrer por toda la data del dispositivo.

Los disquetes contienen un disco delgado normalmente de plástico, el cuál es flexible (es por ello que regularmente se les llama disco flexible), recubierto por un medio magnético, el cuál es capaz de almacenar información por ambos lados del disco. Por otro lado, los discos duros usualmente contienen múltiples discos los cuáles se conocen como platos debido a que están hechos de un material mucho más rígido, a comparación de los disquetes, como el aluminio. Al igual que las cintas magnéticas, su principio de funcionamiento está basado en la habilidad de magnetización de los imanes hacia otros elementos, esto debido a las propiedades de ciertos materiales llamados ferromagnéticos, los cuáles quedan magnetizados permanentemente alineando sus moléculas de hierro hacia cierta dirección; es decir, se polarizan. Tanto los disquetes como los discos duros poseen un principio de funcionamiento lo

suficientemente similar para la aplicación y el alcance de este trabajo, por lo tanto, en los siguientes párrafos solo se procederá a describir cómo es que funciona un disco duro debido a que son más usados que los disquetes actualmente.

Un bit es la unidad más pequeña de almacenamiento de datos, este podría ser visualizado como un bloque minúsculo que puede encontrarse solo en dos estados, que para este caso significa que puede ser magnetizado de una manera u otra formando así un imán permanente. En un disco duro existen múltiples platos, que son placas circulares de material magnético, las cuáles están divididas en fracciones de millones de pequeñas áreas. Cada una de esas áreas puede ser magnetizada independientemente para almacenar un 1 o un 0. El magnetismo se usa en el almacenamiento de la computadora porque continúa almacenando información incluso cuando la alimentación está apagada. Si magnetiza un bloque, permanece magnetizado hasta que se le desmagnetice por medio del cabezal de escritura.

Los cabezales de lectura/escritura contienen electroimanes que generan campos magnéticos en el hierro del medio de almacenamiento cuando la cabeza pasa por encima del disco (ver Figura 2). Como se mencionó previamente, la función de estos cabezales es grabar cadenas de 0 y 1 al alternar la dirección de la corriente en los electroimanes.

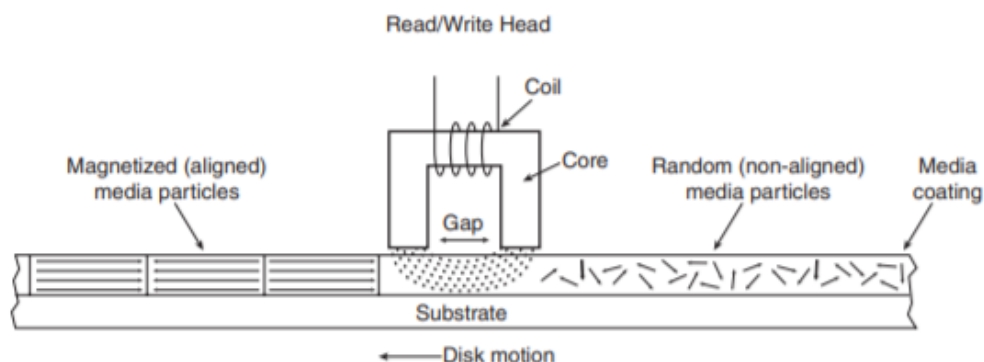


Figura 2. Cabezal de Lectura/Escritura en un disco duro
Tomado de "Upgrading and Repairing PCs" por Mueller (2015)

Para leer datos de una superficie magnética el proceso se invierte. El cabezal de lectura/escritura pasa sobre el disco cuando no fluye corriente eléctrica a través del electroimán. Por lo tanto, el cabezal no posee carga, pero el medio de almacenamiento está cubierto por pequeños campos magnéticos, los cuales representan los bits de datos, este campo magnético cargará el cabezal, el cuál generará una pequeña corriente eléctrica a través de la bobina del electroimán, dependiendo esta de la polaridad del campo dada por el bit. Posteriormente esta corriente es amplificada para su lectura. El principio de funcionamiento de los electroimanes está dado por la Ley de Faraday y la Ley de Lenz. (Zlatanov, 2016)

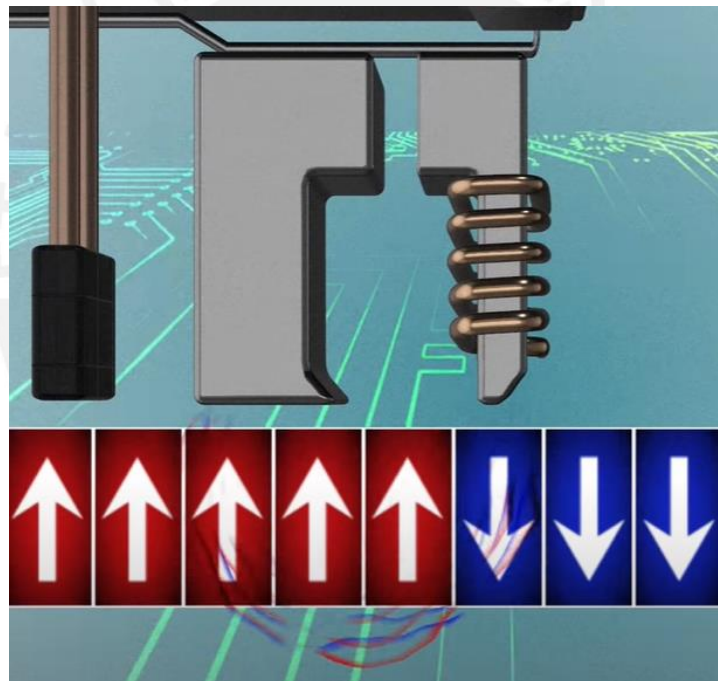


Figura 3. Bits almacenados en un Disquete/Disco Duro

Tomado de “How do hard drives work? - Kanawat Senanan” por TED-Ed

En la Figura 3 se muestra un esquema de la data almacenada en un disco duro: los polos rojos aquellos bits que tienen el norte apuntando hacia arriba, mientras que los polos azules son los que tienen el norte apuntando hacia abajo. Estos mismos son los que un procesador puede interpretar como ceros y unos.



Figura 4. Disco duro en el cual se observa el cabezal de escritura (6) y el brazo mecánico (2)
Tomado de la web “Explain that Stuff”

Un disco duro pequeño generalmente tiene un solo plato, pero cada lado tiene una capa magnética. Las unidades más grandes tienen una serie de platos apilados en un eje central, con un pequeño espacio entre ellos. Las bandejas giran hasta a 10 000 revoluciones por minuto para que los cabezales de lectura y escritura puedan acceder a cualquier parte de ellas. Existen dos cabezales de lectura y escritura para cada disco, uno para leer la superficie superior y otro para leer la parte inferior, por lo que un disco duro que tenga cinco platos necesitaría diez cabezales de lectura y escritura separados. Los cabezales de lectura y escritura se encuentran montados sobre un brazo controlado eléctricamente que se mueve desde el centro de la unidad hasta el borde exterior y viceversa (ver Figura 4). Para reducir el desgaste, en realidad no tocan el plato: hay una capa de líquido o aire entre la cabeza y la superficie del plato.

Debido a que los disquetes y los discos duros son dispositivos de almacenamiento de acceso aleatoria, es decir, no solo se pueden reproducir secuencialmente, la superficie del disco debe estar magnéticamente diseñada, de manera que la computadora pueda ir directamente a un punto específico sobre ella sin tener que buscar en todos lados. Cuando se da formato a un disco magnético, la unidad de disco crea un conjunto de anillos concéntricos llamados pistas. Las pistas están enumeradas desde el anillo más a la orilla hasta el más al centro, comenzando

en cero. Posteriormente, las pistas son divididas radialmente en partes iguales hacia los extremos, llamando a estas divisiones sectores. De esta forma es cómo se puede subdividir a los platos y tener “direcciones” hacia dónde el cabezal lector/escritor pueda ir (ver Figura 5).

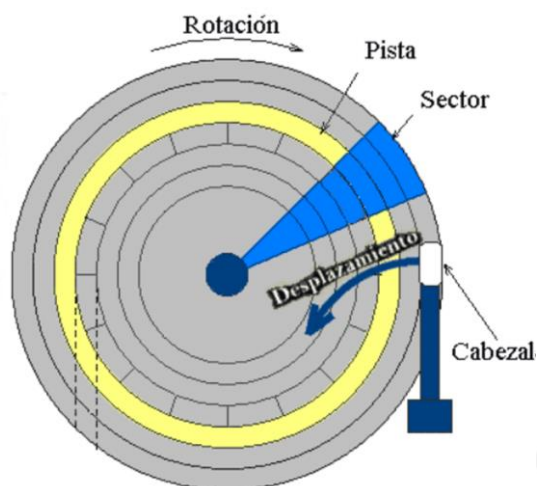


Figura 5. Pistas y sectores en el formateo de un Disco duro/ Disquete
Tomado de “Google Sites”

Los discos duros pueden fallar si se ensucian con partículas o polvo. Una pequeña cantidad de polvo puede hacer que el cabezal de lectura y escritura se desnivele ya sea hacia arriba o hacia abajo, chocando contra la bandeja y dañando el material magnético. Esto se conoce como bloqueo del disco o bloqueo del cabezal y puede, aunque no siempre, causar la pérdida total de información en un disco duro. (Mueller, 2015)

Como cada bit se debe de escribir en un área física del disco, lo que se busca en esta tecnología es incrementar la densidad de información por área del disco. La densidad de información de área de un disco duro moderno es de 600 gigabits por pulgada cuadrada. Esto es 300 millones de veces mayor que el primer disco duro de la IMB lanzado en 1956 el cual tan solo podía almacenar 2000 bits por pulgada cuadrada (Binns, 2010). También hay que tener en cuenta que, a igualdad de tamaño de partículas de suciedad, cuando un disco duro tiene mayor densidad de área, mayor será la pérdida de información.

1.2. Medios de almacenamiento ópticos:

Los dispositivos de almacenamiento óptico reciben su nombre debido a que almacenan la data en una superficie reflectora, de manera que esta puede ser leída mediante un rayo de luz láser.(Norton, 2006)

El tan conocido Blu-Ray, que apareció en el año 2006, es el descendiente de otros medios de almacenamiento de la misma familia tales como el LaserDisc (1978), el Compact Disk (1982) y el DVD (1996); y son parte de un grupo de almacenamiento de datos llamados colectivamente discos ópticos. Los más conocidos son los tres últimos mencionados (CDs, DVDs y Blue-Ray); estos usan el mismo factor de forma, conocido como disco, y además los dispositivos que son usados para reproducir su contenido funcionan bajo el mismo principio.

Principio de funcionamiento de los discos ópticos:

Los discos ópticos presentan una capa dónde los datos se almacenan por medio de zonas reflectoras. Esto puede lograrse por distintos métodos, pero todos se basan en que la superficie posea algunas secciones que reflejen el láser hacia el sensor y otras secciones que dispersen la luz o la absorban; esto representará la data contenida en forma de código binario. Un ejemplo, como se puede observar en la Figura 6, es crear pequeñas depresiones u hoyos en la superficie de datos del disco y que estas se encarguen de reflejar la luz hacia el sensor o desviarla.

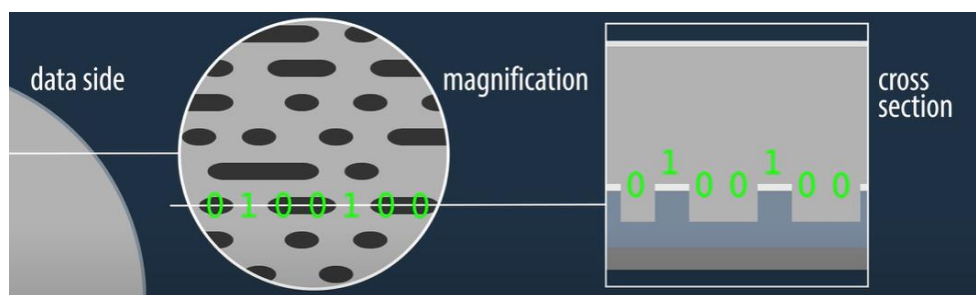


Figura 6. Depresiones en el disco y su interpretación de ceros y unos

Tomado de “How Does Blu-ray Work? - LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray Explained” por Into the Ordinary

El principio de funcionamiento está basado en un láser el cual está colocado de tal modo que, al incidir con los puntos de áreas planas, se reflejará su luz hacia una celda fotoeléctrica la cual actúa a modo de sensor, así este puede interpretar la luz láser reflejada como data binaria. Un láser utiliza un rayo de luz angosto y concentrado que se enfoca y se dirige por medio de lentes, prismas y espejos. (Weng et al., 2016)

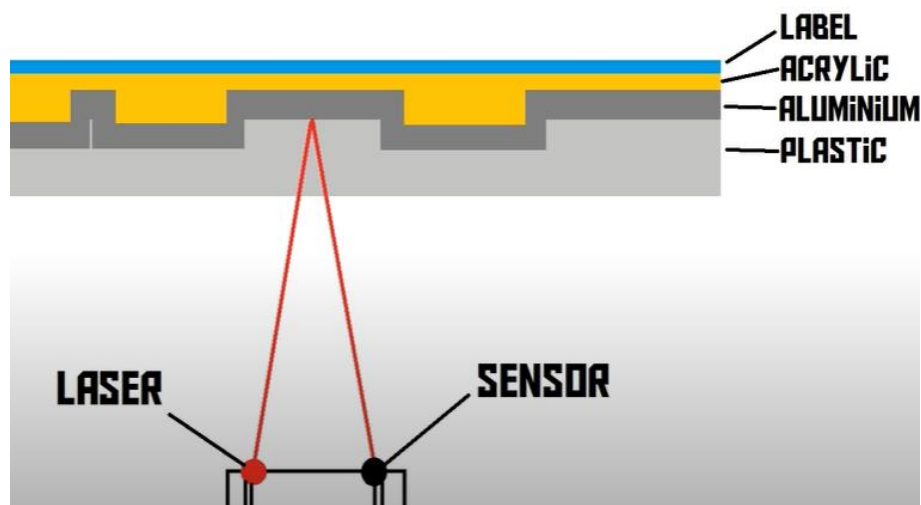


Figura 7. Esquema simple del láser y su reflejo en las hendiduras
Tomado de “How does a CD work?” por AKIO TV

Cuando un haz de luz incide en el sensor este lo interpreta como un “uno” binario, esto luego de ser reflejadas en las zonas planas; mientras que cuando no hay incidencia de luz debido a que esta se dispersó lo interpreta como “cero”, en el caso de las depresiones o huecos (ver Figura 6). Este código binario es interpretado luego por un procesador de computador ya sea como un archivo de texto, una imagen, canciones musicales, etc.

Para la lectura de estos medios de almacenamiento, el láser y el sensor están acoplados sobre un mecanismo que hace que se muevan conjuntamente solo en la dirección radial, mientras que otro mecanismo hace girar el disco para que así se pueda acceder a toda la información. Los datos se despliegan en un disco en un espiral largo y continuo.

Sin embargo, cuando el lector se mueve en dirección hacia los bordes del disco, si este girara a velocidad constante, como se da en el caso de los discos de almacenamiento magnético, el sensor notaría una aceleración y tendría que procesar la información más rápido, debido a que la velocidad lineal depende de la velocidad angular y del radio al centro de giro. Es por ello que para que en la lectura de los sectores más alejados del centro este problema no suceda, el mecanismo de giro está ajustado en función a la velocidad radial lineal, para que al alejarse del centro el CD gire a una menor velocidad, para tener una velocidad de lectura constante.

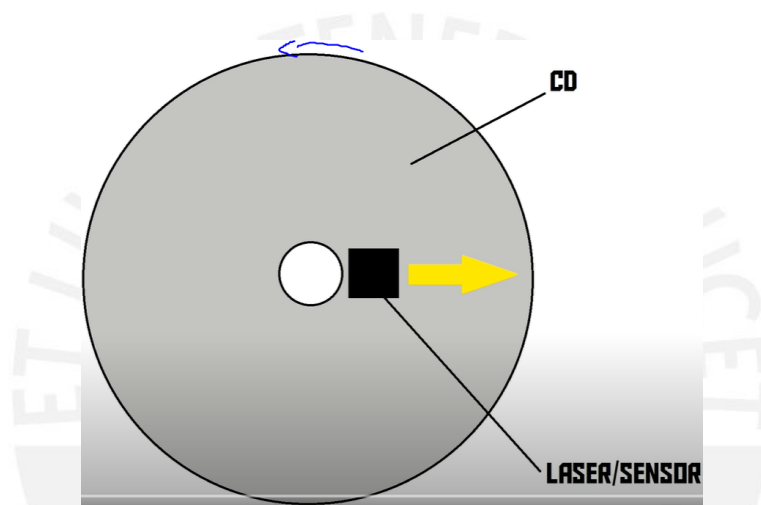


Figura 8. Esquema del movimiento relativo de un disco y del láser/sensor

Tomado de “How does a CD work?” por AKIO TV

Los discos ópticos están compuesto por múltiples capas, entre estas capas se encuentran: la de etiqueta, en la cual la persona puede escribir el contenido con un marcador o en algunos casos se encuentra impresa la portada del disco; la capa acrílica, que le da soporte y rigidez a la capa de etiqueta y la de inscripción; la capa de aluminio, sobre la cual se inscriben los datos en forma de pequeños hoyuelos y superficies planas; y finalmente la capa plástica o de polímero, la cual es una capa transparente cuyo objetivo es cubrir la capa previa para que no se pierda la información, esta capa es transparente para no interferir con los rayos láser que se proyectarán hacia la capa de aluminio. (Byers, 2003)

Tipos de discos ópticos

La cantidad de información que pueden almacenar estos discos dependen de qué tan pequeños pueden ser los hoyos en el disco plásticos y esto conlleva a que el tipo de láser también varíe debido a la longitud de onda que se puede obtener con este.

CDs (Primera generación): Los Compact Disc usan láser infrarrojo, el cual tiene una longitud de onda de $\lambda = 780\text{nm}$, este genera un diámetro de luz láser de es $1.6\ \mu\text{m}$ lo que proporciona la capacidad de leer hoyos de dimensiones de $800 \times 600\text{nm}$. Esto se traduce como una capacidad máxima de almacenamiento de 0.7 hasta 0.9 gigabytes por CD. (Sharpless, 2003)

DVDs (Segunda generación): Los Discos Versátiles Digitales por su parte, utilizan para su lectura láser rojo (que poseen una longitud de onda de $\lambda = 650\text{nm}$, siendo más pequeña que la de un láser infrarrojo). Esto en consecuencia, concede un diámetro de luz más pequeño $1.1\ \mu\text{m}$, lo que proporciona una capacidad de leer con precisión hoyos de hasta $400 \times 320\text{nm}$ de dimensión. Por lo tanto, al tener mejor resolución de lectura, se podrá almacenar mayor información; inicialmente poseían una capacidad de almacenar hasta 4.7 gigabytes, actualmente con las mejoras pueden llegar a almacenar hasta 17 gigabytes. (Taylor, 2003)

Blue-Ray (Tercera generación): Su nombre se debe a que usa una longitud de onda de láser cuyo espectro visual corresponde al del color azul. Este tiene una longitud de onda más baja que los dos previamente mencionados ($\lambda = 405\text{nm}$), lo que permite leer discos dimensiones de hoyos más pequeñas ($150 \times 130\text{nm}$) debido a que el diámetro de la luz láser es $0.48\ \mu\text{m}$ otorgando así una mayor capacidad de almacenar información en el mismo espacio que sus predecesores. Inicialmente podían almacenar hasta 25 gigabytes de información; sin embargo, hoy en día existen modelos que llegan hasta 50 en formatos estándar y 128 gigabytes en formatos XL. (Blu-ray-Disc-Association, 2015)

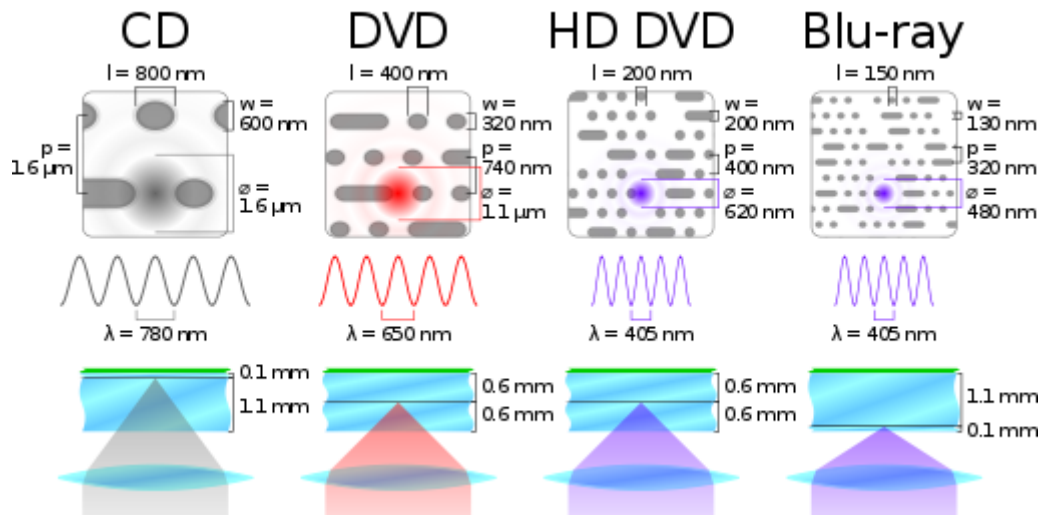


Figura 9. Comparación a escala de los agujeros en discos ópticos

Tomado de “Hard Disk Drive and Disk Encryption” por Zlatanov.N (2016)

En la Figura 9 se puede observar una comparación a escala de las depresiones en los discos ópticos de diferentes generaciones. Haciendo una analogía con los medios de almacenamiento magnéticos, se puede concluir que un disco Blue-Ray tendrá mucha más densidad de información de área debido a que el tamaño físico que emplea para almacenar la misma cantidad de información que un CD es mucho menor, esto debido a que sus depresiones son más pequeñas por la capacidad de lectura que tiene el láser utilizado.

1.3. Medios de almacenamiento filmico:

En esta primera sección se procederá a definir brevemente los elementos del material filmico y listar sus distintos componentes para entender su principio de funcionamiento. Al igual como sucedió con los medios de almacenamiento magnético, el principio de funcionamiento de la fotografía analógica y del material filmico usado para películas son lo suficientemente similar para la aplicación de este estudio, por lo que se procederá a hacer una descripción de ambas a la vez.

Perforaciones:

Son pequeños recortes a lo largo del borde de la tira, estos proporcionan a la cámara una manera de moverse a lo largo de todo el rollo filmográfico de forma sencilla, precisa y manteniendo un espacio uniforme entre las imágenes. En el caso de las películas móviles estas perforaciones también son usadas para reproducir el filme a velocidad constante.

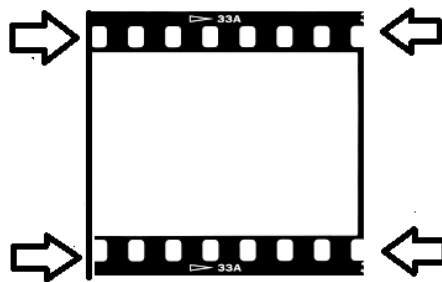


Figura 10. Tira de perforaciones del material filmico

Tomado de la web SeekPNG

Tira de Audio:

En el caso de las películas en movimiento, existen algunas que contienen una tira de audio grabado de la cámara, esta tira puede ser magnética o impresa como una onda óptica. Es

necesario precisar que el audio de una película de movimiento está grabado desde un dispositivo distinto a la cámara.

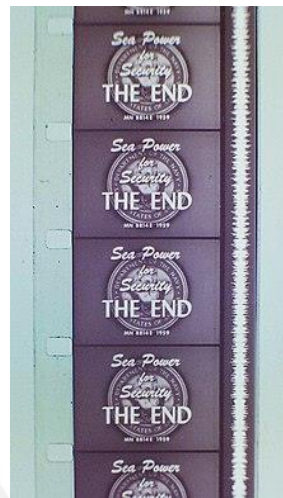


Figura 11. Tira de audio presente al lado derecho del material filmográfico

Tomado de la web Wikipedia

Marcos:

Son los recuadros que contienen a las imágenes. Tal cual como los megapíxeles pueden determinar el tamaño de una imagen digital; el tamaño de estos marcos influencia en qué tan grande se puede imprimir o proyectar la imagen sin perder calidad. Por esta razón muchas veces las perforaciones y las tiras de audio son reorganizadas para hacer espacio a una imagen más grande. Un ejemplo de estos arreglos se da en el caso de las películas “super 8mm” comparadas con las de 8mm estándar. Las super 8 mm encogen la perforación de la película hacia el borde para hacer espacio a una imagen más grande a lo largo del ancho de la tira. Ambas terminan midiendo 7.9 mm, pero la diferencia de calidad de imagen es notoria. (ver Figura 12)

Tamaños de Marco:

Los formatos más comunes son: 8 mm/super, 16 mm/super (aunque la diferencia de calidad no es tan grande como en el del super 8mm frente al 8 estándar), 35 mm y 75 mm (el

cual es el más grande usado hoy en día). El rollo de 35 mm es probablemente el más conocido de todos, debido a que es el estándar de Hollywood; así como el tamaño estándar de la fotografía analógica actual. El rollo de 75 mm es el más grande disponible de películas, está hecha para las más grandes pantallas también conocidas como Imax; este tipo de películas se corren de manera horizontal en vez de vertical, debido a que de esta forma se aprovecha el ancho de la película más eficientemente porque se puede hacer los marcos aún más grandes que si fueran verticales.

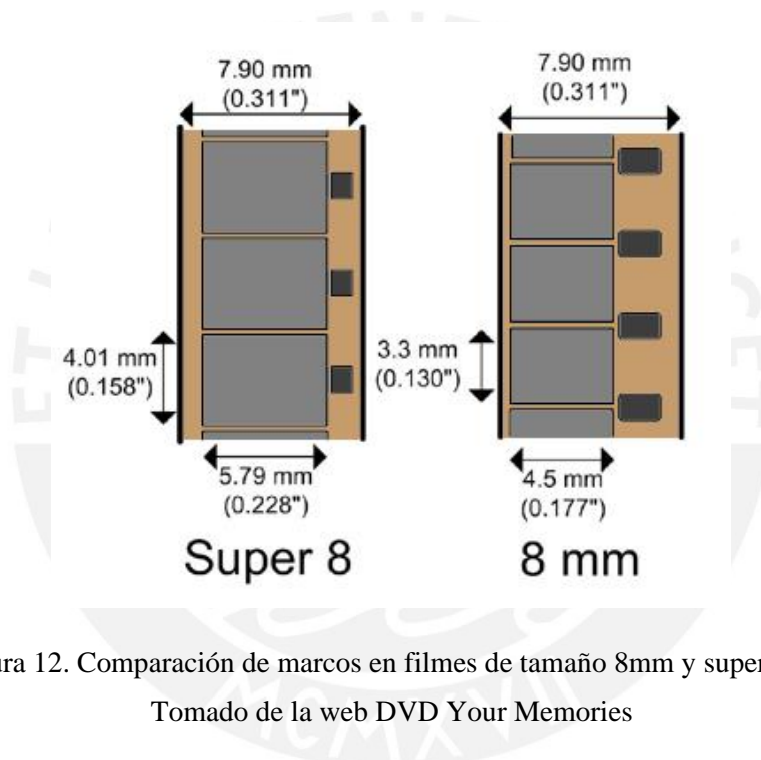


Figura 12. Comparación de marcos en filmes de tamaño 8mm y super 8mm
Tomado de la web DVD Your Memories

Principio de funcionamiento del material filmográfico:

El material filmográfico está compuesto por distintas capas de filtros, barreras y emulsiones que son sensibles a la luz. Sin embargo, las partes más importantes para explicar el principio de funcionamiento son solo dos: La capa de material base y las capas de emulsiones.

El elemento responsable de la fotosensibilidad en el material filmográfico es una emulsión compuesta de haluro de plata. Estos son pequeños granos con diámetro de alrededor

de 2 micrómetros, esto es 50 veces más delgado que un cabello humano, que cuando son golpeados por un haz de luz cambian de un estado a otro.

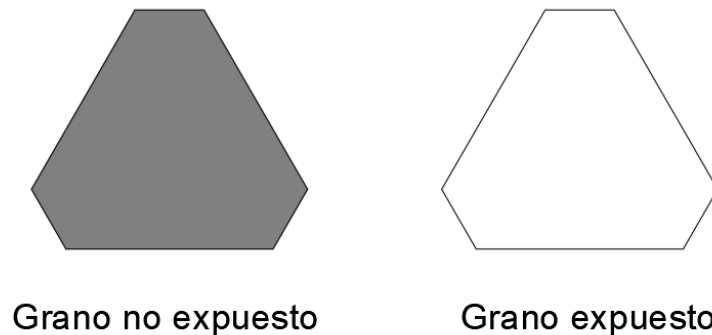


Figura 13. Granos de Haluro de Plata antes y después de haber sido expuestos a un rayo de luz
Elaboración propia

Cuando la cámara fotográfica/filmográfica abre su diafragma para capturar una imagen, deja pasar un haz de luz hacia el material filmográfico, exponiéndolo por un periodo de tiempo muy corto. Este haz de luz modifica el estado de la cinta, impregnando esa información sobre ella. Posteriormente, al revelar una película, se le da un baño químico a la tira en el cual se remueve solamente los granos que fueron afectados por la interacción con la luz. (Wilhelm, 1993)

En el caso de una fotografía/película a blanco y negro, cuanta más luz haya incidido en un área, más granos serán removidos químicamente y por lo tanto más clara se verá esa zona; mientras más granos se queden, es decir; no sean removidos, se verá esa zona más oscura.

En el caso de fotografías/películas a color son necesarias tres de estas capas sensibles a la luz. Cada capa tiene la sensibilidad tal que exclusivamente reaccionará solo con luz de un rango determinado de longitud de onda, en otras palabras, solo reaccionará con luz de un determinado color. En este caso se utilizan una capa para el color azul, una para el verde y una para el rojo; todas colocadas una sobre otra en ese orden. Así como se pueden combinar los

colores primarios azul, rojo y amarillo; para crear cualquier otro color; el rojo, verde y azul son los colores primarios basados en el espectro de longitud de onda para que la luz sea vista por los conos del ojo humano. Debido a que se tiene grabaciones separadas del rojo, verde y azul por capas; al yuxtaponerlas se obtiene la imagen a color completo. Esta técnica es conocida como “RGB compositing” por sus siglas en inglés. (Kampfer et al., 2005)

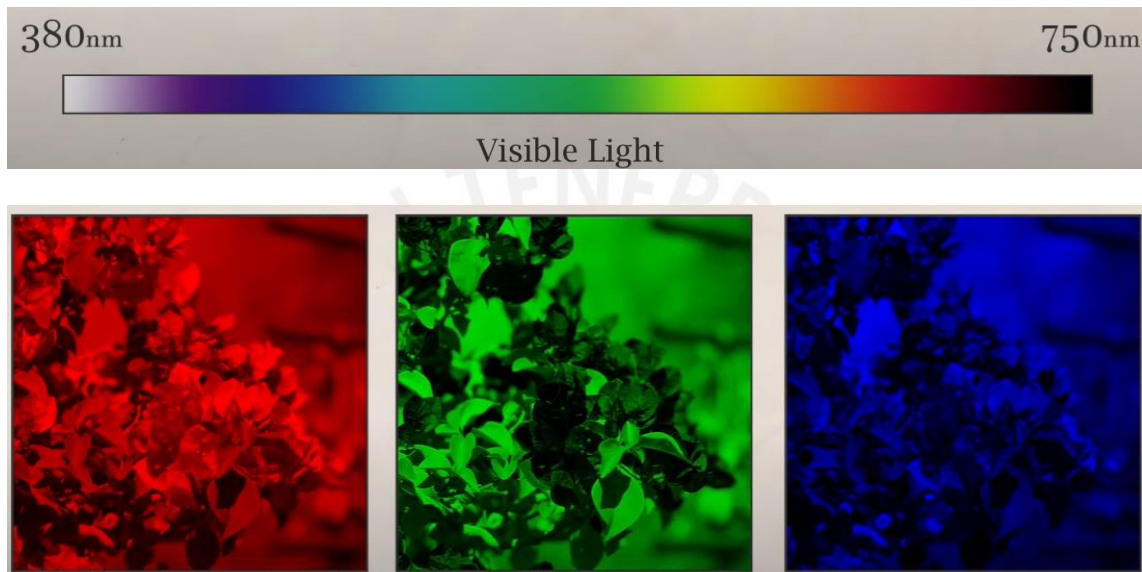


Figura 14. Espectro de colores por longitud de onda



Figura 15. Combinación de los registros RGB

Figuras 14 y 25 tomadas de “What Is: Film | How Film Works and Its Place in Modern Filmmaking” por What Is. . .

Estas capas de emulsiones con algunas capas adicionales de filtros y barreras son puestas juntas a modo de sándwich en un material transparente y flexible. (Ver figura 16)



Figura 16. Capas que conforman la tira del material fílmico

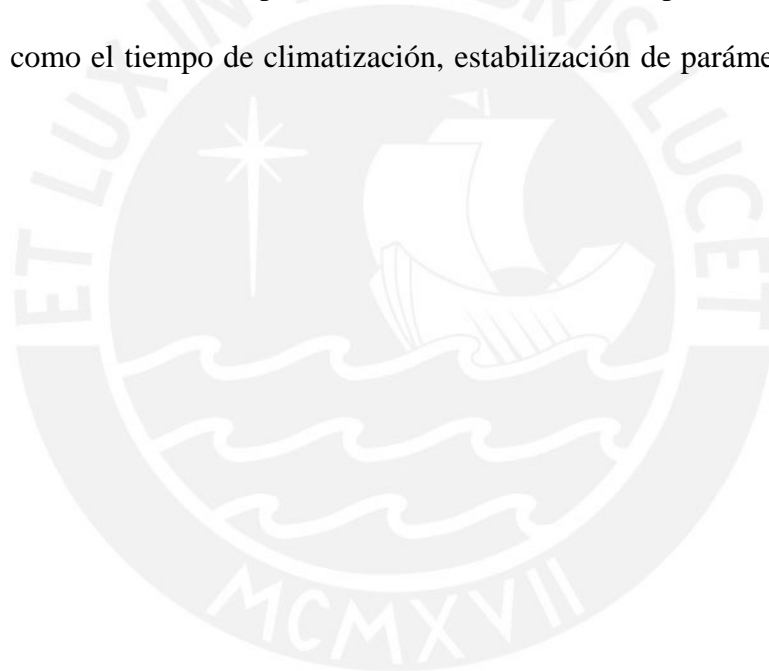
Tomado de “What Is: Film | How Film Works and Its Place in Modern Filmmaking” por What Is. . .

En principio este material estaba hecho de nitrocelulosa, pero se probó que era un material muy inflamable y explosivo; otras aplicaciones de uso que se le daban a este material estaban relacionadas con explosivos (papel mágico de magos, propulsores de cohetes, ojivas de torpedo o minas navales). A finales de los años 30 el material más usado fue acetato de celulosa, causando el cese del uso de la nitrocelulosa en los años 50, la razón fue que era mucho más seguro al ser menos inflamable, aunque el haluro de plata sigue siendo técnicamente inflamable. El acetato de celulosa fue el material más utilizado por una buena fracción del siglo 20, hasta que las manufactureras empezaron a usar plástico de poliéster para la base a inicios de los 90. (Northeast Document Conservation Center, 2012)

En el capítulo 2 se estudiará más a fondo la interacción de los materiales con respecto al medio ambiente y al deterioro del medio de información.

2. Capítulo 2: Parámetros ambientales y mecanismos de deterioro

En este capítulo se procederá a describir brevemente la composición físico-química de cada uno de los medios de almacenamiento, esta es necesaria para entender los mecanismos de deterioro que pueden sufrir estos a causa de condiciones ambientales no adecuadas. Para ello, se presentarán las variables ambientales que afectan negativamente la vida útil de los archivos y cómo es que los dañan ocasionando la pérdida de información de estos. Además, se proporcionarán rangos admisibles de estas variables de acuerdo al tipo de aplicación (mediano plazo o largo plazo). Finalmente, se presentarán consideraciones importantes al manejar estos materiales, tales como el tiempo de climatización, estabilización de parámetros en el tiempo entre otros.



2.1. Medios de almacenamiento magnético:

Los medios de almacenamiento magnético, ya sean en forma de cinta o discos, han sido utilizados considerablemente a lo largo de la historia para almacenar datos informáticos debido a que son un medio confiable debido a su estabilidad físico-química duradera a lo largo de los años. Dentro de estos medios, destacan los discos duros, los cuales tienen la capacidad de soportar un rango bastante amplio de condiciones ambientales sin verse comprometido a perder información o dañarse.

Cintas magnéticas y disquetes:

Las primeras cintas de audio usaban acetato de celulosa como material de soporte base o sustrato, al igual a como se usó en las películas de base segura previamente a la llegada del poliéster. Este material tiende a volverse quebradizo debido al hidrólisis causada por la humedad contenida en el aire. Las cintas con casos graves de este tipo pueden sufrir el “síndrome del vinagre”, el cual es un proceso autocatalítico en el cual el ácido acético de la celulosa se libera en cantidades cada vez mayores por la misma exposición de la cinta a este ácido. Este proceso particularmente suele producirse en áreas con clima cálido y húmedo. Las películas que sufren este síndrome en la fase final terminan como polvo. Si bien, esto podría pasar igualmente en cintas, no se tiene registros como sí los hay en el mundo del cine. Otro material que surgió tiempo después en reemplazo del acetato de celulosa como material base fue el cloruro de polivinilo (PVC). Tal cuál como en los discos de vinilo, este tipo de cintas no muestran ninguna inestabilidad sistemática al contrario de su predecesor. De igual manera a como sucedió en las películas, el poliéster fue el material preferido de las manufactureras en los últimos modelos usados de cintas magnéticas debido a su alta resistencia mecánica y resistencia a la humedad. (Boston, 1998).

De igual forma, se han usado variedades de materiales magnéticos para la capa de pigmento, es decir, la capa de información. En las primeras cintas se usó óxido de hierro, luego se descubrió que el dióxido de cromo tenía mejores propiedades para la aplicación, pero finalmente, en la década de los noventa, se decidió usar metal en polvo cuando las industrias manufactureras llegaron a un nivel tecnológico suficiente como para poder producirlo; esto debido a que las primeras cintas con pigmentos con metal en polvo sufrían de corrosión muy tempranamente.

Discos duros:

Los discos duros son más versátiles con respecto a las condiciones de almacenamiento, debido a que en funcionamiento pueden soportar temperaturas internas bastante elevadas. Es por ello que el rango de temperaturas de almacenamiento aún es más permisible, debido a que no se encuentra trabajando puede ir desde -40°C hasta 70°C , sin embargo, se recomienda que la temperatura exterior no supere los 35°C (Mueller, 2015). Con respecto a la humedad, se recomienda seguir los mismos valores de parámetros asociados con el resto de componentes magnéticos ya que se debe de evitar la condensación de agua. (ISO, 2014)

Mecanismos de falla comunes:

Según Pulido (2015), las fallas más comunes presentadas en las cintas magnéticas son las siguientes:

- **Degradación del aglutinante:** Es el mayor problema relacionado con las cintas magnéticas. El aglutinante es el pegamento que mantiene las partículas magnéticas junto con la base de una manera estable. Es ocasionada debido a que la humedad atmosférica es absorbida por el aglutinante del pigmento, haciendo que el polímero se hidrolice y pierda su propiedad

de unión. En caso de presentarse junto con el síntoma de cinta pegajosa, la cinta debe ser tratada a 50°C por tres días, tiempo en el cuál la capa de aglutinante se habrá reafirmado.

- Inestabilidad de partícula magnética: Este fenómeno es causado por la remanencia magnética y se presenta cuando la cinta es almacenada en algún lugar expuesto a campos magnéticos lo suficientemente intensos como para alterar la información guardada en estos.
- Deformación del sustrato (base): La base es la encargada de dar apoyo a la cinta para que esta pueda ser reproducida. El poliéster, el cual se usa como material base hoy en día, es altamente resistente a la oxidación y a la humedad, sin embargo; muchas veces se malinterpreta el que este sea un material muy estable y se les enrolla a las cintas con una presión más alta de la admisible. Esta mala calidad de bobinado conlleva a un envejecimiento acelerado de la cinta, dando como resultado el fallo de lectura al intentar ser reproducida. Cabe resaltar que la humedad y la temperatura influyen en la contracción o expansión del material, es por ello que se debe buscar un ambiente donde estos parámetros no varíen demasiado.
- Aspectos relativos al formato: Los dispositivos de grabación y reproducción deben mantenerse en excelentes condiciones, puesto que aquellos que se encuentren sucios, pueden arruinar las cintas distribuyendo la suciedad sobre su superficie o rayarlas.

Parámetros relevantes en la preservación de archivos magnéticos:

Para esta sección se usarán los parámetros definidos por G. Boston en su publicación: *Memory of the World: Safeguarding the Documentary Heritage Contributors* (1998)

La Humedad:

Es el factor ambiental más peligroso para los archivos magnéticos debido a que el agua es el principal elemento que produce la hidrólisis, que es el proceso químico de deterioro de los polímeros como la base y el aglutinante. Además, los valores altos de humedad, por encima

de 65%, fomentan el crecimiento de hongos que devoran la capa de pigmentos de las cintas magnéticas y disquetes lo cual causa pérdida de información

La Temperatura:

Es responsable de los cambios dimensionales de los portadores de información. Además, la temperatura es la que determina la velocidad de los procesos químicos: una mayor temperatura ocasionará reacciones químicas más rápidamente, como por ejemplo la hidrólisis ya mencionada.

El Polvo y Suciedad:

Evita el contacto íntimo entre los cabezales de reproducción con el medio de almacenamiento. Además, cuanto mayor sea la densidad de datos, aspecto que continuamente va en ascenso, mayor será la pérdida de información causada por una partícula del mismo tamaño. El polvo también puede causar el bloqueo de cabezal en discos duros lo que causa inevitablemente la pérdida de datos debido a que el cabezal golpea al disco duro dañándolo. Se debe evitar la presencia de gases o humos de cigarro o smog industrial porque fomentan el deterioro.

Los Campos Magnéticos:

Los campos magnéticos extraviados son el enemigo natural de la información registrada magnéticamente. Las fuentes pueden ser micrófonos dinámicos, altavoces o auriculares, así como también motores de alta potencia inductiva. Es diferente la influencia de los campos magnéticos generados por corriente alterna a los generados por corriente continua, debido a que estos últimos son menos perjudiciales y los valores permisibles son mayores. Cabe resaltar que la intensidad de campo decrece rápidamente con la distancia, por lo tanto, generalmente con una distancia de 15 a 10 cm es suficiente para disminuir la densidad de campo.

Consideraciones de almacenamiento:

Temperatura y Humedad:

En la Tabla 1 se presenta los rangos admisibles de los parámetros influyentes para el almacenamiento de los medios magnéticos dados por diferentes entidades y autores. Se define como almacenamiento con acceso regular a aquel almacenamiento en el cuál constantemente se hace uso de los materiales almacenados ya sea para su grabación o reproducción; mientras que el almacenamiento para preservación es aquel en el cuál se busca conservar el material el mayor tiempo posible sin necesidad de utilizarlo constantemente. En general, con respecto a la temperatura y humedad dentro de los intervalos especificados a continuación, se debe de procurar de mantener ambos parámetros lo más cercano al límite inferior dentro del rango admisible debido a que, como se mencionó previamente, las temperaturas altas aumentan la velocidad de las reacciones y las humedades altas favorecen la formación de hongos y que se dé el fenómeno de hidrólisis.

Tabla 1

Rangos admisibles de los parámetros ambientales influyentes en archivos magnéticos

Fuente	Consideración	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Máxima variación de T (°C)	Máxima variación de RH (%)	Máximo campo magnético
ISO 18923 (2000)	Almacenamiento para preservación	De 8 a 23	De 15 a 50	± 2 en 24 horas	± 5 en 24 horas a largo plazo ± 10 en 24 horas a mediano plazo	-
ISO 18933 (2012)	Almacenamiento con acceso regular	De 18 a 25	De 15 a 50	-	-	DC = 50 Oe AC = 10 Oe
G. Boston (1998)	Preservación Acceso regular	De 5 a 10 Menor a 20	30 40	± 2 anual ± 1 en 24 horas	± 5 en 24 horas	DC = 25 Oe AC = 5 Oe
N. Pulido (2015)	Acceso regular	18	40	± 2 en 24 horas	± 10 en 24 horas	-
Cuddihy (1892)	General	18	40	± 2 en 24 horas	± 5 en 24 horas	-
SMPTE (RP-103) (1982)	General	21	50	± 2 en 24 horas	± 20	-
NARA (1990)	General	18	40	± 2 en 24 horas	± 5 en 24 horas	-

Nota. Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla y en la bibliografía.

Los rangos de variaciones de temperaturas y humedades son sumamente estrechos debido a que ellas ocasionan variaciones dimensionales, las cuáles podrían llevar a la cinta a fallar por deformación del sustrato en caso se encuentre mal bobinada por el aumento de presión en el rollo.

Temperaturas menores a 0°C pueden acortar la vida de la cinta como consecuencia de una riesgosa exudación del lubricante (Pulido Daza, 2015). Según la norma ISO 18923:2000 las cintas magnético o disquetes no deberían almacenarse por debajo de 8°C debido a que ocasionaría la separación del lubricante con el aglutinante generando así una pérdida de información al ser reproducido.

Relación entre la Temperatura y Humedad:

La degradación de las cintas magnéticas es causada por reacciones químicas cuyas tasas se reducen al disminuir la temperatura y la humedad relativa. En consecuencia, es posible aumentar la vida útil reduciendo cualquiera de los dos parámetros (sin exceder el límite inferior, previamente mencionado). Como se puede suponer una temperatura de almacenamiento más baja puede compensar una humedad alta y viceversa, obteniendo así la misma esperanza de vida. (ISO, 2000)

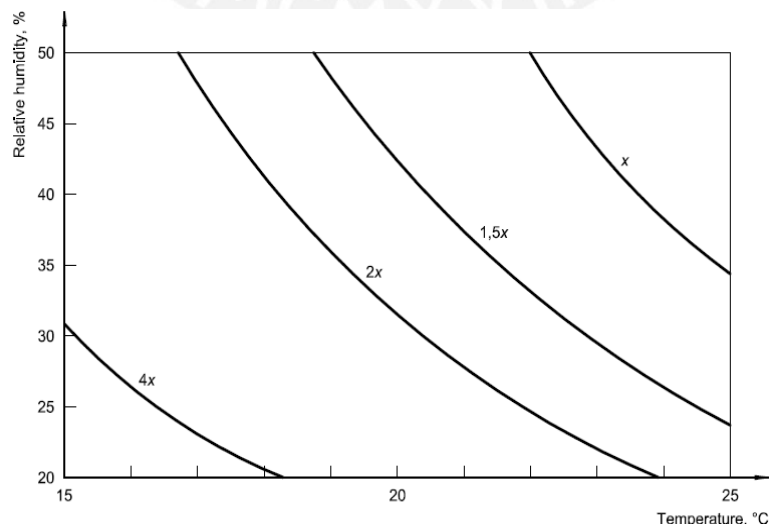


Figura 17. Humedad relativa vs Temperatura en cintas magnéticas
Tomada del estándar ISO 18923 por ISO (2000)

En la Figura 17 se muestran las isocurvas de esperanza de vida a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa para una cinta de poliuretano. El comportamiento es similar para una cinta con base de poliéster y para la cinta de metal en polvo. Cualquier punto que se encuentre sobre la curva “2x” tendrá una esperanza de vida del doble que un punto que se encuentre sobre la curva “x”, y similarmente un punto que esté sobre la curva “4x” tendrá el doble de esperanza de vida que un punto que se encuentre sobre la curva “2x”. Es así como se pueden generar distintas condiciones óptimas de almacenaje.

Tabla 2

Condiciones equivalentes de temperatura y HR para preservación de cintas a largo plazo

Condiciones para preservación a largo plazo	
Máxima Temperatura (°C)	Máxima Humedad Relativa (%)
23	20
17	30
11	50

Nota. Adaptada del estándar ISO 18923 por ISO (2000)

Aclimatación:

Es posible que no sea posible el reproducir el material magnético almacenado apenas sea retirado de los cuartos de almacenamiento debido a que estos posiblemente se encuentran a condiciones ambientales muy distintas a las salas de reproducción. El cambio brusco de ambiente podría causar una variación dimensional del material y podría también generar condensación de la humedad ya que generalmente los ambientes de almacenamiento se encuentran a temperaturas más bajas que las salas de reproducción. Si este es el caso, podrían ocasionarse los problemas relacionados con la humedad previamente mencionados en este documento. Además, si se trata de reproducir una cinta apenas retirada del almacenamiento, esta se encontrará ligeramente reducida en longitud debido a las bajas temperaturas, lo que ocasionará un pequeño cambio de frecuencia de la grabación de audio, volviéndola más aguda de lo que realmente representa. (ISO, 2000)

En el caso de que las condiciones ambientales de la sala de reproducción sean diferentes será necesaria la aclimatación del material para su reproducción. La humedad es el parámetro más complicado de estabilizar, por lo que una técnica recomendable para lidiar con este problema es climatizar la sala de reproducción a la misma humedad relativa de la sala de almacenamiento y así solo esperar la estabilización de la temperatura.

En el caso de las cintas magnéticas enrolladas, la velocidad de estabilización es aproximadamente equivalente al cuadrado del ancho del rollo, esto se debe al hecho de que el calor y la humedad se deben de difundir desde los bordes de la cinta hacia el interior. Una cinta de tamaño de carrete de $\frac{3}{4}$ de pulgada requiere más del doble que una de $\frac{1}{2}$ pulgadas (Vos et al., 1994). En la tabla 3 se comparará parámetros analíticos con experimentales dados por dos distintas fuentes. Se consideró una diferencia de temperatura de 15°C y 30% de humedad relativa desde el almacenamiento hasta la sala de reproducción.

Tabla 3

Tiempo de aclimatación en cintas magnéticas

Ancho de cinta (pulgadas)	Tiempo de aclimatación de temperatura (horas)		Tiempo de aclimatación de humedad relativa (días)	
	Analítico	Experimental	Analítico	Experimental
1/4	0.5	1	1	1
1/2	0.5	2	4	4
3/4	1	4	8	8
1	1	-	14	-
2	4	16	50	50

Nota. Elaboración propia a partir de los datos de “El cuidado y manejo de grabaciones sonoras” por St-Laurent (1998) y “Heat and Moisture Diffusion in Magnetic Tape Packs” por Vos et al (1994)

Los valores experimentales de Tabla 3 fueron extraídos de la publicación “El cuidado y manejo de grabaciones sonoras” (St-Laurent, 1998). Los valores analíticos de la Tabla 3 fueron extraídos de la publicación “Heat and Moisture Diffusion in Magnetic Tape Packs” (Vos et al., 1994). Como se mencionó previamente, la aclimatación de humedad relativa es mucho más complicada y ello se puede ver en el orden de magnitud del tiempo presentado en la Tabla 3.

Pureza de Aire:**Impurezas gaseosas:**

Se debe evitar el contacto con sustancias gaseosas que fomentan el deterioro del aglutinante magnético tales como amoníaco, cloro, sulfuros, peróxidos, ozono, óxidos de nitrógeno, humos y gases ácidos. Estos causan reacciones químicas que son perjudiciales para el material magnético. Se debe mantener una presión positiva en las áreas de almacenamiento para evitar el ingreso de aire no tratado. Agentes de limpieza a base de amoníaco y cloruro no deberán ser usados (ISO, 2012).

Contaminantes particulados:

Las partículas contaminantes pueden bloquear el acceso físico al material magnético en el cual está grabada la información. Objetos que generan polvo o humo, tales como alfombras, cortinas, muebles; no deben estar presentes en ninguna zona donde se manipulen estos medios. Las salas de almacenaje, reproducción y grabación deben tener como mínimo una clase tipo 100 000 de medio ambiente según se define en la norma ISO 14644-1 e ISO 14644-2; es decir, que no excedan partículas de tamaño 1 micrómetro no deberían superar la cantidad de 100 000 por pie cúbico.

Contaminantes orgánicos:

Los contaminantes orgánicos pueden dañar al medio magnético directamente o pueden atraer y sostener otros contaminantes que lo hagan. El personal debe lavarse las manos antes de manipular la cinta, debido a que la piel humana transfiere fácilmente a los medios los aceites epidérmicos y o sustancias artificiales como las lociones. Dichos aceites pueden ser destructivos para los polímeros y pueden transportar otros contaminantes dañinos. Además, los contaminantes biológicos más comunes encontrados en las cintas son los hongos que se

forman a altas humedades relativas, generalmente mayores a 65%. Los hongos se consideran tóxicos y deberán ser tratados por personal especializado. Finalmente, queda totalmente prohibido el uso o manipulación del material magnético cerca de alimentos. Muchos alimentos, en especial aquellos que contienen azúcares tienen propiedades adhesivas, las cuáles son perjudiciales para las cintas y disquetes debido a que pueden provocar que se pegue a sí misma o su descomposición puede favorecer el crecimiento de hongos. En la Figura 18 adaptada de la norma ISO 18933:2012 se puede observar los tamaños relativos de elementos contaminantes frente a un pequeño cabezal de lectura/escritura de una cinta magnética.

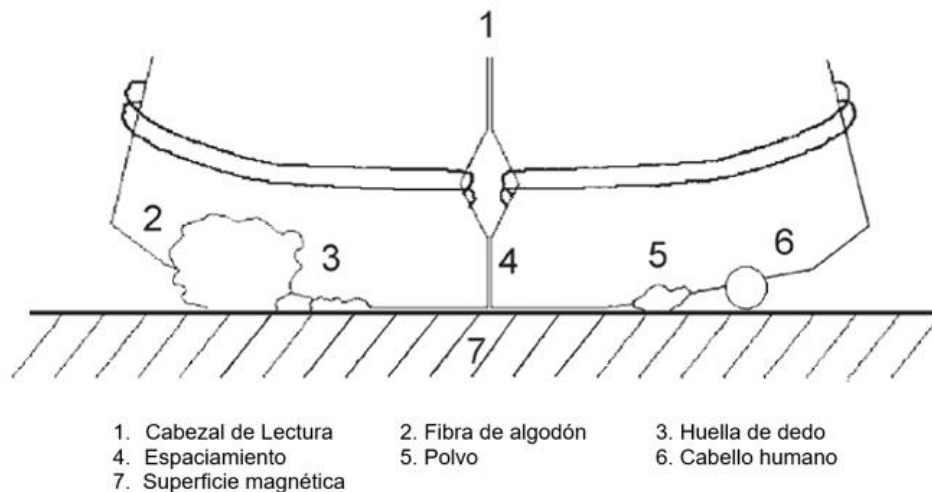


Figura 18. Tamaños relativos de elementos contaminantes frente a un cabezal de lectura
 Tomada del estándar ISO 18933 por ISO (2012)

Exposición a la Luz y Campos Magnéticos:

Las cintas magnéticas y disquetes pueden dañarse por la exposición a luz ultra violeta, es por ello que no se deben exponer a luz solar de manera directa. Las áreas de uso y almacenamiento no deben tener ventanas exteriores, tragaluces u otras fuentes de iluminación natural. Las fuentes artificiales de iluminación deberán tener filtros UV apropiados para minimizar el contacto con el medio magnético, las luces se apagarán cuando los ambientes no están siendo ocupados. (ISO, 2012)

Se debe evitar la exposición continua a valores campos magnéticos muy elevados porque podrían afectar la información almacenada. Según G. Boston (1998) niveles de campos magnéticos para un almacenamiento de preservación no deben exceder 25 Oersted cuando sea ocasionado por corriente continua, mientras que el valor máximo admisible para corriente alterna es de tan solo 5 Oersted. Por otro lado, según la norma ISO 18933:2012 para una preservación de acceso y manejo continuo los límites son más permisibles. El valor máximo cuando es un campo producido por corriente continua es de 50 Oersted y cuando se trata de corriente alterna es de 10 Oersted. El valor de campo magnético decrece con el cuadrado de la distancia según la ley de Biot-Savart, por lo tanto, una separación de 10 a 15 centímetros del lugar afectado reducirá drásticamente el valor de este.

Recomendaciones finales:

En general, es imposible especificar cuál es la mejor temperatura o humedad relativa para la preservación de estos documentos en un caso específico, debido a que esto depende del valor del material, el historial de almacenamiento pasado, el tiempo que se planea conservar, el tamaño de la bóveda, el costo de la aclimatación y las condiciones climáticas geográficas donde se ubica la instalación. Temperaturas más bajas con el rango de humedad relativa especificado pueden ser difíciles de conseguir con un equipo de tratamiento de aire acondicionado y requiere una instalación especial. Se recomienda utilizar las publicaciones de ASHRAE para hacer este tipo de instalaciones. El ambiente debe ser lo más limpio posible y estar equipado con los filtros necesarios para partículas e impurezas gaseosas.

2.2. Medios de almacenamiento óptico

Estructura de los discos ópticos:

Si bien la manufactura y los procesos de fabricación difieren entre cada generación de discos ópticos con la intención de lograr una mejor densidad de data, todas las generaciones de discos ópticos son fabricados a partir de materiales similares y poseen las mismas capas básicas. Un DVD o Blu-Ray son básicamente como dos CDs delgados de primera generación colocados conjuntamente.

Una de las ventajas de los medios ópticos frente a los magnéticos es que los primeros apenas se ven afectados por la suciedad o el polvo en cuanto a pérdida de información. Esto debido a que la capa en donde se encuentra la información y es grabada o reproducida no se encuentra expuesta al exterior. Si bien la suciedad podría afectar en la lectura del disco, no se trata de un daño permanente, sino por el contrario, removible (Blu-ray-Disc-Association, 2015).

La siguiente sección describirá brevemente el material por el cual está compuesta cada capa y su función; estas están basadas en la publicación “Care and Handling of CDs and DVDs” de Fred. R Byers (2003).

Capa de sustrato de policarbonato:

Esta capa constituye la mayor parte del disco, está presente en ambos lados aún en los discos de una sola cara. Por un lado, se encuentra como capa protectora en la cara de lectura, permitiendo que el rayo láser la atraviese y llegue a la capa de información; por otro el otro lado, también se encuentra como capa de etiqueta, en la cuál es posible designar el disco con alguna distinción propia del contenido. Este sustrato proporciona al disco la profundidad necesaria para mantener el enfoque del láser en las capas de metal y de datos. Además, también

es el responsable de proveer al disco la consistencia necesaria para mantenerse plano. Cualquier elemento dentro o sobre la capa de policarbonato que interfiera con el láser ocasionará una lectura errónea del disco, sin embargo; esta capa previene que la información pueda verse directamente modificada o dañada a causa de agentes externos. Huellas dactilares, manchas o rayones, así como polvo o solventes pueden interferir con la capacidad de láser para leer datos.

Capa de datos:

Es la capa que contiene toda la información almacenada en el disco óptico. Como se mencionó previamente, los datos se encuentran escritos en lenguaje binario por medio de pequeños cambios de secciones en la superficie de la capa del disco. Estos cambios de secciones pueden ser logrados con diferentes métodos a partir de la naturaleza del disco: Algunos usan pequeñas depresiones moldeadas, otros usan tintes orgánicos que absorben la luz y otros usan metales que cambian de fase, en la Tabla 4 se puede observar el método usado para distintos tipos de discos. La lectura del disco está basada en la reflexión de la luz láser hacia el sensor o la desviación del rayo evitando la incidencia con la lectora. Estos dos efectos se pueden conseguir cuando el láser pasar por las pequeñas hendiduras o los sectores planos de la pista del disco interpretándose, así como unos o ceros binarios. Cabe resaltar que la capa de datos se encuentra en diferente profundidad de acuerdo a la generación del disco. En la primera generación la capa de datos se encuentra hacia el lado de la etiqueta del disco, en la segunda generación la capa de datos se encuentra aproximadamente en el centro del disco y en la tercera generación la capa de datos se encuentra hacia el lado opuesto de la etiqueta del disco.

Capa de metal:

Es la responsable de reflejar el láser hacia el sensor del cabezal de lectura una vez que el rayo pasa la capa de datos e incide con esta. Generalmente se han usado tres materiales para esta función: aluminio, plata o aleación de plata y oro debido a las propiedades reflectoras de

estos. Existen algunas excepciones como los DVD de doble capa en los cuales en los cuales se usa silicio como capa semi-reflectante. En la Tabla 4 se puede observar los materiales que se usaban en la capa de metal según la naturaleza del disco óptico.

Tabla 4

Capa de datos y capa de metal según la naturaleza del disco

Tipo de Disco Óptico	Abreviatura	Capa de Datos	Capa de Metal
Disco de Solo Lectura	ROM	Moldeada por pequeñas depresiones/hoyos	Aluminio (en algunos casos silicona, oro o plato)
Disco de Grabado Único	-R +R	Tinte orgánico	Oro, plata o aleación de plata
Disco Re-Grabable	-RW +RW -RAM	Aleación metálica que cambia de fase	Aluminio

Nota. Adaptado de “Care and Handling of CDs DVDs” por Byers, F. R. (2003)

Capa de laca protectora:

Esta es aplicada entre la capa de etiqueta de policarbonato y la capa de metal del disco. Su función es proteger el metal de la exposición al medio ambiente. Mayormente esta capa solo existe en los discos de primera generación o en los discos de una sola cara debido a que en ellos la capa de metal se encuentra muy cerca de la superficie del lado de la etiqueta por lo que podría verse afectada por el ambiente. Finalmente, un esquema de las capas presentes en los discos ópticos serían como el presentado en la Tabla 5.

Tabla 5

Esquema de capas en un disco según el número de caras

Disco simple	Disco de doble cara
Etiqueta	Etiqueta (solo en el centro)
Policarbonato	Policarbonato
Laca (Opcional, 1era gen)	Datos
Metal	Metal
Datos	Centro Adhesivo
Policarbonato	Metal
	Datos
	Policarbonato
	Etiqueta (solo en el centro)

Nota. Adaptado de “Care and Handling of CDs DVDs” por Byers, F. R. (2003)

Parámetros relevantes en la preservación de archivos ópticos:

Se usarán los parámetros definidos en la publicación: Memory of the World: Safeguarding the Documentary Heritage Contributors de G. Boston (1998):

La Humedad:

Como ocurre en otros soportes de almacenamiento, la humedad es un factor sumamente peligroso. Esta tiene una acción hidrolítica sobre los componentes de las capas externas de los discos las cuáles están hechas de polímeros; además, puede corroer los compuestos metálicos que conforman las capas reflectantes. Una humedad mayor a 65% también puede fomentar la formación y crecimiento de hongos que pueden obstruir la trayectoria del láser para la lectura del disco.

La Temperatura:

La temperatura determina la velocidad con la que se dan las reacciones químicas y en específico, la velocidad con del deterioro. Para el caso de los discos ópticos la temperatura es muy importante debido a que estos están compuestos por distintas capas de materiales diferentes; por lo que una variación grande de temperatura en un tiempo corto podría generar dilataciones o contracciones de magnitudes distintas en cada capa generando alguna fractura en el disco.

El Polvo y Suciedad:

Las partículas pequeñas son impurezas que impiden la adecuada reproducción de la información almacenada en el disco. Estas son más perjudiciales para los dispositivos de tercera generación debido a que el diámetro de láser es más pequeño y por ello puede causar una mayor pérdida de información por la mayor densidad de data.

La Luz y los Campos Magnéticos:

La luz puede afectar a los discos de grabado único debido a que afectan a la capa de tinte que almacena la información en forma de código binario. Los campos magnéticos solo afectan a los discos magneto-ópticos, los cuales no han sido considerados para este estudio.

Consideraciones de almacenamiento:**Temperatura y Humedad Relativa:**

Los discos ópticos funcionan bien dentro de un rango bastante amplio de temperatura y humedad relativa. Aquellos que se mantienen en un lugar más fresco y seco suelen durar más debido a los parámetros mencionados en la sección anterior. Si bien la gama de humedades y temperaturas óptimas es amplia, se debe evitar los cambios bruscos de estos debido a los diferentes coeficientes de dilatación de cada capa de los discos óptimos; es por ello que se recomienda un ambiente de aclimatación gradual cuando se proceda a retirar algún disco del ambiente a preservar. Esto para minimizar las tensiones internas que se pueden generar por la dilatación de las capas y también para evitar la condensación del agua del aire cuando el ambiente de preservación sea más frío que la temperatura de rocío del exterior ya que esto podría ocasionar problemas relacionados con la humedad. El dejar el disco dentro de su estuche ayuda a que la aclimatación sea gradual. El almacenar discos a una temperatura bajo cero puede generar tensiones internas y solo se recomienda en ambientes fríos y cuando no se piensa sacar el disco del almacenamiento por un periodo muy largo de tiempo.

Humedad Interna:

La capa base o sustrato, es bastante susceptible a fallar a causa de la humedad; esto debido a que está compuesta de un material polimérico y este ocupa la mayor parte del disco. Cualquier exposición prolongada permite que el disco absorba el agua, dando la posibilidad a

que esta reaccione con las capas interiores. El exponer el disco a un ambiente seco y caliente permitirá disipar el agua absorbida, sin embargo, esta podría dejar contaminantes como colorantes o impurezas que afecten la lectura del disco.

En la Tabla 6 se presentan recomendaciones de temperatura y humedad relativa brindadas por estudios de diferentes autores.

Tabla 6

Condiciones de almacenamiento recomendadas para discos ópticos

Fuente	Temperatura Recomendada (°C)	Máximo gradiente de Temperatura (°C/tiempo)	Humedad Relativa Recomendada (%)	Máximo gradiente de Humedad Relativa (%/tiempo)
ISO TC 171/SC (2002)	De 5 a 20	4 °C / hr	De 30 a 50	10 % / hr
ISO 18925 (2013)	De 10 a 23	-	De 20 a 50	10 % / hr
F. Byers (2003)	De 18 a 20	2 °C / hr	De 25 a 45	5 % / hr
N. Pulido (2015)	18	-	40	-
G. Boston (1998)	20	1 °C / hr	40	5 % / hr
NARA (2001)	20	0.6 °C /24 hr	40	5 % /24 hr
National Archives of Australia (2018)	De 3 a 5	1 °C /24 hr	De 35 a 45	5 % /24 hr
National Library of Canada (1996)	De 15 a 20	2 °C /24 hr	De 25 a 45	5 % /24 hr
Jerome L. Hartke (2001)	De 10 a 15	-	De 20 a 50	-
DVD Demystified (2001)	De -10 a 50	15 °C / hr	De 5 a 90	10 % / hr

Nota. Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla y en la bibliografía.

Idealmente el máximo de temperatura durante periodos prolongados no debe exceder los 25°C y se prefiere una temperatura inferior a 23°C. La temperatura máxima no debe superar los 32°C debido a que la degradación química se acelera a mucho a partir de esta temperatura. No es recomendable almacenar discos por debajo de -10°C y 10% (ISO, 2013).

El valor de la temperatura y humedad específica ideal es imposible de especificarlo, debido a que este depende de muchos factores únicos en cada instalación como el historial de almacenamiento pasado, periodo de tiempo del disco, tamaño de la bóveda, costo de la instalación y las condiciones climáticas externas de la zona.

Relación entre la Temperatura y Humedad:

La degradación de los materiales del disco es causada por reacciones químicas cuyas velocidades se reducen disminuyendo la temperatura y la humedad relativa. En consecuencia, la vida útil de los discos ópticos puede aumentarse reduciendo estos dos parámetros dentro de lo posible, hablando técnica y económicamente.

Una temperatura de almacenamiento más baja puede compensar el aumento de la humedad relativa para obtener la misma vida útil. Esta relación permite muchas combinaciones aceptables de temperatura y humedad relativa para una adecuada preservación.

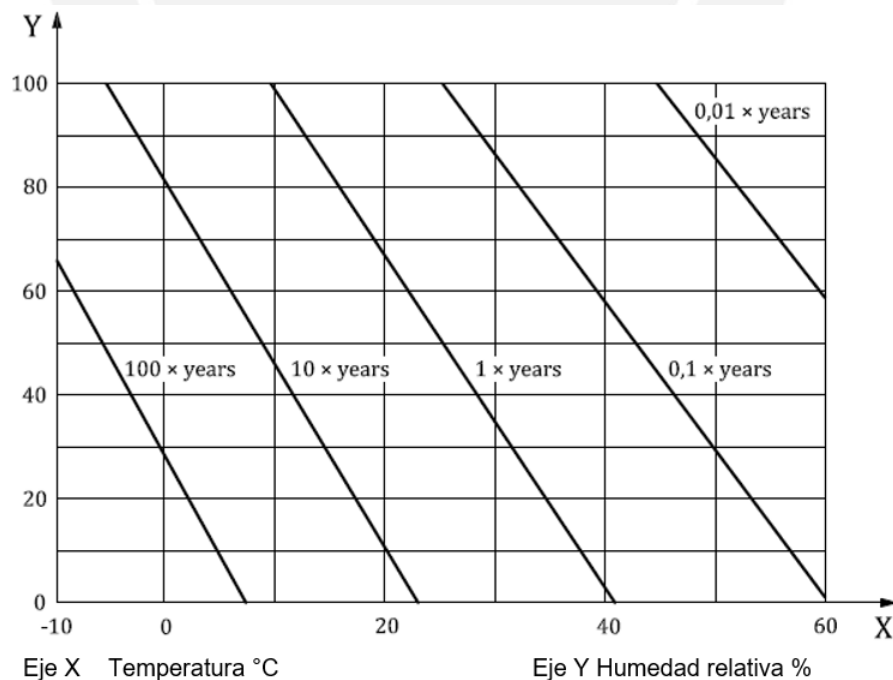


Figura 19. Relación entre la humedad relativa y temperatura en la preservación de discos

Tomada del estándar ISO 18925 por ISO (2013)

En la Figura 19 se muestran las isocurvas de vida útil evaluadas para un disco óptico de grabado único de Selenio y Telurio cuya vida útil estándar se ha definido a 25°C y 50% de humedad relativa. En este caso es apreciable que las isocurvas tienen una tendencia lineal, no como en el caso de los archivos magnéticos en los que eran curvas cóncavas. Cada punto que se encuentren sobre la curva de “10 *x* years” tendrá una vida útil de 10 veces la vida útil estándar que se definió y así respectivamente. Si bien este gráfico está realizado con un tipo de disco con materiales específicos, es útil a modo de ilustración debido a que en general el resto de materiales de discos ópticos siguen la misma tendencia. (ISO, 2013)

Pureza de Aire:

Impurezas gaseosas:

Los contaminantes pueden atravesar las pequeñas grietas o rajaduras en las capas protectoras de los discos y reaccionar con la capa de datos o la capa reflectiva de metal. Se debe de minimizar al máximo la presencia de impurezas gaseosas como el amoníaco, cloro, sulfuros, peróxidos, ozono, óxidos de nitrógeno, humo y gases ácidos.

Contaminantes particulados:

Las partículas contaminantes pueden interferir con el haz de luz emitido por la lectora láser y ocasionar una mala lectura de la información. Esto puede ser incluso más dañino que un rasguño debido a que los procesadores actuales tienen un algoritmo que recupera/predice datos y es eficiente cuando las ralladuras son en la dirección radial; en contraste con ello, una partícula de polvo o huella digital tiene un ancho mucho más grande y el algoritmo no podría recuperar una cantidad tan grande de datos. Objetos que generan polvo o humo, tales como alfombras, cortinas, muebles; no deben estar presentes en ninguna zona donde se manipulen estos medios. Las salas de almacenaje deben tener como mínimo una clase tipo 100 000 de

medio ambiente según se define en la norma ISO/IEC 15486:1998 en el Anexo A. Se recomienda el uso de filtros HEPA, capaces de eliminar el 99.97% de las partículas con un tamaño de 0.3 micrómetros o mayor, para el sistema de suministro de aire. La presión en el área de almacenamiento se mantendrá en un valor positivo en relación con los pasillos y habitaciones adyacentes para evitar el ingreso de aire no tratado.

Contaminantes orgánicos:

No se debe permitir que se acumule en las superficies de plástico agua, el aceite de huellas dactilares o vapores orgánicos del medio ambiente porque ocasionan una degradación a largo plazo del medio de almacenamiento.

Debe evitarse el contacto del disco con disolventes orgánicos fuertes. Los disolventes más agresivos como la acetona o el benceno disolverán el policarbonato y en consecuencia dañarán el disco sin posibilidad de reparación. Solo se permite contacto limitado para la limpieza de las superficies del disco con disolventes suaves como alcohol isopropílico o metanol, ya que estos disolventes se evaporan rápidamente y no disuelven el policarbonato. Sin embargo, estos disolventes sí pueden dañar las etiquetas del disco. (Byers, 2003)

2.3. Medios de almacenamiento filmico

Como se mencionó en el primer capítulo, tres materiales han sido usados como compuesto base para los archivos fílmicos: Nitrocelulosa, Acetato de Celulosa y Poliéster. Estos materiales se han utilizado como soporte de películas, microfilmes, fotografías a lo largo de los años. Sin embargo, el nitrato de celulosa y el acetato de celulosa son compuestos inestables. Los productos de la degradación de estos materiales son capaces de causar un efecto autocatalítico y dañar gravemente o incluso destruir completamente colecciones fotográficas. Además, pueden poner en riesgo la integridad humana, ya sea por emitir gases tóxicos o por su autoinflamabilidad. Es por ello que esta sección se subdividirá para entender a profundidad los mecanismos de deterioro y las consideraciones a tener para cada tipo de soporte usado: Base de nitrocelulosa y Base segura; que involucra acetato de celulosa y poliéster.

Base de nitrocelulosa:

En el año 1889, Eastman Kodak comenzó a vender los primeros negativos fotográficos de película flexible de nitrato de celulosa; esta invención fue una gran tendencia en el mercado debido a que proporcionaba mayor comodidad a los usuarios el tomar fotografías de forma relativamente portátil. Sin embargo, como soporte fotográfico, el film de nitrocelulosa presentaba una desventaja: su inestabilidad físico-química. Este material es altamente inflamable y libera gases peligrosos a medida que se deteriora. A lo largo de la historia, muchas colecciones de material fílmico se han visto afectadas por incendios provocados por este tipo de base. Es por ello que como regla general películas con esta base deben ser preservados en un ambiente distinto al resto; a los cuáles se les designa como base segura, que comprende tanto películas de acetato de celulosa como de poliéster. (Northeast Document Conservation Center, 2012).

Las películas con base de nitrocelulosa están compuestas en mayor parte por nitrocelulosa, que posee un porcentaje másico de 70 a 82%; dentro de este porcentaje de 11.5 a 12.6% es nitrógeno. Tanto el material plastificante como las emulsiones fotográficas representan entre 5 a 15% del peso total de la película cada uno. El resto, son componentes gaseosos, los cuáles son equivalentes al 1.5 a 4.5% másico. (ISO, 1996)

Estabilidad química y deterioro:




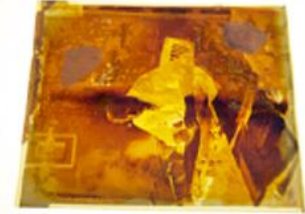


La estabilidad química del nitrato de celulosa usado para el soporte del material filmográfico es bastante baja. Estas películas se deterioran lenta y continuamente incluso bajo condiciones normales. Durante el deterioro emiten gases como el óxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno; en presencia de humedad, estos pueden formar ácido nítrico y ácido nitroso, los cuales son agentes oxidantes muy fuertes. Cuando el dióxido de nitrógeno no puede escapar del estuche del film, reacciona con el nitrato de celulosa acelerando su deterioro. Esta reacción autocatalítica es la causa por la cual películas de nitrato que han sido preservadas con una buena ventilación durante años pueden deteriorarse en pocos meses. (ASHRAE, 2019)

La formación del ácido nítrico actúa para degradar aún más la película de nitrocelulosa y puede hasta destruir los recintos en dónde se almacenan o incluso puede dañar los materiales almacenados cerca de la colección. Debido a su alta inflamabilidad se deben de aislar las fotografías o películas que posean este tipo de base. Las películas con base de nitrocelulosa al quemarse arden con una llama amarilla brillante y poseen un poder calorífico similar al de la madera, de 14 a 19 MJ/kg; sin embargo, dado que la película se quema 15 veces más rápido que la madera, la temperatura asciende mucho más rápido. (ISO, 1996)

La descomposición de este material suele ser muy rápida por el efecto autocatalítico y suele clasificarse en las etapas mostradas en la Tabla 7.

Tabla 7

Las fases del deterioro en filmes con base de nitrocelulosa

Fase de deterioro	Imagen	Descripción	Fase de deterioro	Imagen	Descripción
1		Sin deterioro	4		El material se torna ambar y contiene burbujas de gas nocivo, la imagen empieza a desvanecerse
2		La imagen comienza a reflejarse y el material se vuelve amarillento	5		El material es muy suave y puede soldarse a los materiales adyacentes (otras fotografías o recipiente)
3		El material se vuelve pegajoso y emite un olor nocivo (ácido nítrico)	6		El film se degenera completamente volviéndose un polvo ácido

Nota. Adaptado de "A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication." por Northeast Document Conservation Center. (2012).

Los filmes deteriorados en las fases 2 y 3 son reproducibles fotográficamente en base segura o digitalmente. Aquellos que se encuentren en la condición 4 se podrán recuperar parcialmente. Por otro lado, aquellos archivos que se encuentren en la condición 5 y 6 son inservibles y deben ser destruidos sin consideraciones extras. Debe tomarse en cuenta que las fases 3 y 4 son las más peligrosas en cuanto a inflamabilidad. Cuando la película llega a la fase 6 virtualmente ya perdió sus grupos de nitrógeno; por lo tanto, es tan inflamable como la celulosa, tan inflamable como un simple papel. (Cummings et al., 1950)

Reconocimiento del soporte de nitrocelulosa:

Existen 4 métodos para identificar películas a base de nitrato de celulosa los cuáles son mencionados en el documento “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication” (2012):

- Impresión en los bordes: La mayoría de fabricantes estamparon en los bordes la palabra “nitrate” para reconocer que se estaba tratando con una película de acetato. Sin embargo, no todas las instituciones adoptaron esta identificación; además, al realizarse la copia de una película de nitrato a base de acetato esta copia podría mostrar la palabra “nitrate” cuando realmente es de base segura. En el caso de la marca Kodak, la más popular en aquella época, solía identificar los filmes de acetato con una muesca en la esquina en forma de “V”, mientras que las de base segura con una forma de “U”.



Muesca e impresión en película Kodak de nitrato



Muesca e impresión en película Kodak de base segura

Figura 20. Identificación por medio de los bordes en películas Kodak

Tomada de “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication.” por Northeast Document Conservation Center. (2012)

- Deterioro: El mecanismo de deterioro descrito en la Tabla 7 es exclusivo de las películas con base de nitrato de celulosa.
- Año de producción: Algunas marcas proveen tablas en las cuáles se proporciona el último año de producción de cierto tipo de material. (ver Tabla 8)

- Pruebas físico-químicas: Se puede realizar testeo de polarización, prueba de difenilamina, test de quemado o test de flotación

Tabla 8

Últimos años de producción de nitrocelulosa como base para Kodak

Tipo de Película	Último año de producción con Nitrato
Película de rayos x	1933
Rollos de fotografía de 35 mm	1938
Fotografía de retrato	1939
Película aerea	1942
Paquete de película	1949
Rollos en tamaño 616, 620	1950
35 mm para película móvil	1951

Nota. Adaptado de “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication.” por Northeast Document Conservation Center. (2012)

Consideraciones de almacenamiento:

Como ya se mencionó previamente, el principal problema a la hora de almacenar una película con base de nitrocelulosa es su inestabilidad química que se da aún bajo condiciones que para la mayoría de medios de almacenamiento serían aceptables. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el inicio del deterioro puede variar hasta un periodo de varias décadas. La vida útil no solo depende de las condiciones de almacenamiento, sino también de la historia previa de la película antes de almacenarse. Se ha observado que el uso frecuente de estas películas, que implica desenrollarlas y enrollarlas con exposiciones simultáneas de sus circunvoluciones individuales, prolonga su vida útil. Esto debido a que el desenrollarlas y exponerlas al ambiente permite que los gases atrapados de óxidos de nitrógeno no se acumulen y dañen la película. Consecuentemente, todos los rollos que son guardados deben ser examinados, limpiados y probados.

Si algún ejemplar muestra indicios de deterioro, este debería ser duplicado en base segura mientras sea posible; luego de ello la tira en nitrocelulosa debería ser retirada del ambiente y destruida debido a que el deterioro no puede ser revertido o detenido. Los rollos de películas

de nitrocelulosa que no se han deteriorado aún, deben almacenarse individualmente en latas de metal con cierre ajustado, pero sin sellar hasta que puedan ser duplicados en “base segura” (ISO, 1996)

Todos los filmes de nitrato deben ser almacenados en una cabina adecuadamente ventilada. Nunca se deben almacenar conjuntamente con las películas de base segura debido a que los gases que emiten pueden reaccionar con la base de las películas seguras y acelerar su descomposición. Las latas donde se almacenan este tipo de películas de nitrato nunca se debe de sellar porque atraparía el dióxido de nitrógeno. Los estándares de almacenamiento en caso de incendio se encuentran en el reglamento NFPA 40. La temperatura de almacenaje se debe de mantener lo más baja que se pueda económicamente. El film se debe mantener con una humedad relativa menor a 50% (ASHRAE, 2019). En la tabla se muestran las condiciones ambientales según requerimiento a corto o largo plazo. El término corto plazo se refiere a examinación, limpieza o duplicación del material.

Tabla 9

Condiciones de almacenamiento adecuadas para film de nitrocelulosa

Almacenamiento	Máxima temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Corto plazo	25	De 25 a 50
Largo plazo	2	De 20 a 30

Nota. Tomada del estándar ISO 10356 por ISO (1996)

Se recomienda climatizar la película de 40 a 50% de humedad relativa antes y después de su uso debido a que en condiciones de almacenamiento a largo plazo puede volverse muy frágil.

Base segura:

Entre los años 1924 y 1926 la película con soporte de nitrocelulosa se fue reemplazando debido a su alta inflamabilidad por una base de acetato de celulosa. A esta base se le denominó

como base segura por no autoinflamarse y principalmente fueron cuatro los materiales que se utilizaron concretamente en los diversos archivos: Acetato de celulosa propiamente dicho, diacetato de celulosa, acetato butirato de celulosa y triacetato de celulosa. Sin embargo, este material también posee problemas de estabilidad físico-química: Su deterioro es autocatalítico debido a que los productos de su degradación inducen a un mayor deterioro de la base; provocando que esta se vuelva ácida, se encoja y desprenda ácido acético produciendo un olor avinagrado.

Reconocimiento del soporte de acetato de celulosa:

Al igual que en el caso de archivos con base de nitrocelulosa; para identificar películas con base de acetato de celulosa se utilizan los mismos 4 métodos según la publicación “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication” (2012).

- Impresión en los bordes: Tal como se mencionó en el apartado anterior, las manufactureras suelen imprimir en los bordes de la tira la palabra “safety” si el material tiene una base de acetato de celulosa. Además, otra característica es la muesca en forma de “U” que se le hace en la esquina, esta se puede apreciar en la Figura 20 previamente expuesta.
- Año de producción: Algunas marcas proveen tablas en las cuáles se proporciona el rango de años de producción de cierto tipo de material en distintos formatos.

Tabla 10




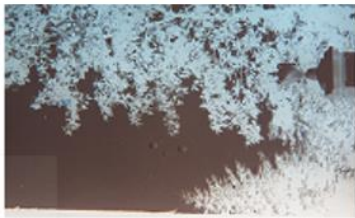

Años de uso de base segura en la empresa Kodak

Tipo de Celulosa	Hojas fotográficas	Película en rollo
Diacetato de Celulosa	De 1925 a 1950	De 1920 a 1935
Acetato-propionato de Celulosa	De 1930 a 1945	De 1920 a 1945
Acetato-butirato de Celulosa	De 1935 hasta hoy	-
Triacetato de Celulosa	De 1945 hasta hoy	De 1945 hasta hoy

Nota. Adaptado de “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication.” por Northeast Document Conservation Center. (2012)

- Deterioro: Cuando este material se almacena en un ambiente a altas temperatura y humedad o se expone a los vapores ácidos de otra película de su tipo en proceso de degradación, esta experimenta reacciones químicas y comienza la formación de ácido acético. Esta sustancia hace que el soporte se vuelva quebradizo y se encoja; a su vez, el ácido se esparce en la emulsión gelatinosa emitiendo un olor desagradable y avinagrado. A esta forma de deterioro se le conoce como el “síndrome del vinagre”. Generalmente el deterioro se clasifica en las etapas mostradas en la Tabla 11.

Tabla 11*Las fases del deterioro en filmes con base de acetato de celulosa*

Fase de deterioro	Imagen	Descripción	Fase de deterioro	Imagen	Descripción
1		Sin deterioro	4		Empieza la deformación notoria
2		Los negativos se empiezan a doblar y se pueden volver rojos o azules	5		Comienza la formación de burbujas y cristales en las capas internas de la película
3	No se encontró imagen	En esta fase empieza a formarse el ácido acético y el olor avinagrado; empieza el encogimiento y se torna frágil	6		La película muestra el siguiente patrón en su exterior

Nota. Adaptado de “A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication.” por Northeast Document Conservation Center. (2012)

- Pruebas físico-químicas: Se realizan las mismas 4 pruebas mencionadas para las películas con soporte a base de nitrocelulosa.

Consideraciones de almacenamiento de base segura:

Las variables importantes que juegan un rol trascendente en la preservación de la película con base segura son la humedad, la temperatura, los contaminantes del aire; también tiene un efecto dañino el agua, el fuego, la luz, el crecimiento de hongos, los insectos, ataques microbiológicos, el contacto con elementos químicos y el daño físico. El contacto directo entre dos archivos del mismo tipo también puede ser perjudicial para la vida útil de ambos. La cantidad máxima de humedad, temperatura y contaminantes atmosféricos permisibles sin producir efectos negativos dependerá del tiempo de exposición. En general, los filmes con base de acetato de celulosa son más propensos al deterioro que los de poliéster (ISO, 2010)

Existen dos tipos de almacenamiento: medio y largo plazo. Se considera almacenamiento a mediano plazo a aquel cuyo objetivo es preservar el material en cuestión por lo menos por 10 años. Por otro lado, el almacenamiento a largo plazo está relacionado con el concepto de esperanza de vida (*Life Expectancy LE*); el cuál asigna tiempo de vida para los materiales en condiciones de preservación. Los filmes de poliéster a blanco y negro poseen un LE de 500 años por su bajo deterioro, mientras que aquellos manufacturados a base de celulosa poseen un LE de 100 años. No se ha definido un LE para los filmes a color. (ASHRAE, 2019)

Las habitaciones de inspección deben ubicarse en la misma área de almacenamiento; la buena limpieza es esencial, el sistema de ventilación debe ser cerrado y proveer la pureza de aire necesaria. Los ambientes deben de estar protegidos ante inundaciones, lluvias, rociadores o fugas de tuberías; además, deben estar diseñados de tal forma que eviten la condensación por la humedad en su interior. Aquellas películas que presenten síntomas de deterioro deberán almacenarse en un ambiente diferente con circulación de aire por separado. Se debe diferenciar entre los ambientes destinados hacia el mediano o largo plazo.

Mediano plazo:

La humedad relativa del entorno no deberá superar 50% y en caso esta sea mayor a 60% se deberá usar un sistema de aire acondicionado que regule la humedad para evitar la formación de hongos. En caso de habitaciones pequeñas se pueden instalar deshumidificadores para regular la humedad; se recomienda configurar el equipo de tal forma que la lectura del humidistato sea de 40%. Los ciclos de humedades relativas no deben superar 10% en periodos de 24 horas. (ISO, 2010)

Idealmente la temperatura máxima no debe superar los 25°C y es preferible una temperatura por debajo de los 21°C. La temperatura máxima solo podrá llegar al pico de 35°C por periodos muy breves. Los ciclos de temperatura no deben ser mayores a 5°C en 24 horas. Los filmes a color deberían almacenarse por debajo de los 10°C.

Largo plazo

En general, el rango de humedad relativa recomendado es de 20 a 50% y depende del tipo de film. En caso de encontrarse diversos tipos de filmes en una sola habitación, el valor de 30% es el más adecuado y la temperatura no debería superar los 21°C. Es imposible designar una temperatura adecuada; pero por lo general se debe tratar de mantener lo más baja posible dentro de lo posible económicamente. El aire acondicionado y dampers en ductos que llevan aire hacia o desde el ambiente de almacenamiento debe ser construido según la NFPA Standard 90A y para archivos resistentes al fuego NFPA Estándar 232. Todo el aire de suministro debe ser filtrado con filtros HEPA no inflamables para remover el polvo, el cual resulta abrasivo y puede reaccionar con los films. En caso de requerir protección contra fuego el film debe ponerse dentro de capsulas o contenedores clase 150 (class 150 NFPA, estándar 232). Los ductos deben tener sensores de humo. (ASHRAE, 2019)

En la Tabla 12 se presentan las condiciones óptimas de humedad relativa y temperatura según las fuentes mencionadas. Para ello, algunas toman consideraciones del tipo de material base, del plazo de almacenamiento o también si la película es a blanco y negro (B/N) o se trata de material cromogénico (a color).

Tabla 12*Temperatura y Humedad Relativa recomendadas para la preservación de filmes*

Fuente	Consideración	Temperatura Recomendada (°C)	Rango de Humedad Relativa (%)
ISO 18911:2010 para largo plazo (2010)	Emulsión de plata con base de acetato B/N	< 2	20-50
		< 5	20-40
		< 7	20-30
	Emulsión de plata con base de poliéster B/N	< 21	20-50
		A color	< -10
Emulsión de Diazo con base poliéster		< -3	20-40
		< 2	20-30
ASHRAE - HVAC Applications Chapter 26 (2019)	Todos mediano plazo	20 - 25	40
	B/N	15 - 25	30-40
	Color	< 10	20-50
Northeast Document Conservation Center (2012)	Nitrocelulosa y Base segura B/N	< 20	20-30
Cinematheque Francaise (2008)	Base de acetato B/N	18 - 19	45-55
Cinematheca Nacional de la República Democrática de Corea (1997)	Base de acetato B/N	< 12	50-60
	Base de acetato a Color	< -5	30-40
The Permanence and Care of Color Photographs (1993)	Acetato a Color	De -18 a 12	30
African Film Library of Ouagadougou (2019)		15 - 20	30-40
Swedish Film Institute (2015)	Basado en FIAF	De -6 a 6	25-35
National Film Preservation Board (1994)		De 2 a 7	25-45
Photographic Negatives: Nature and Evolution of Process	B/N	< 18	30-40
	Color	De -15 a 4	30-40
Cinematheca Nacional de Nicaragua (2019)		De 5 a 10	40 - 50

Nota. Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla y en la bibliografía.

Se reconoce que muchas instalaciones no podrán obtener los niveles de temperatura y humedad relativa especificados previamente debido a consideraciones energéticas, condiciones climáticas o construcción de las habitaciones de almacenamiento. En tales casos, se recomienda el mantener la temperatura y la humedad relativa lo más baja posible dentro de los rangos

especificados debido a que proporcionará algunos beneficios. En la siguiente sección se hablará de la estabilidad físico-química de las películas de forma general.

Estabilidad físico-química

Para el almacenamiento con fines de preservación del material fílmico se debe garantizar tanto la estabilidad física como la química. Se viola la estabilidad física de las imágenes fotográficas cuando se presentan daños como grietas, descamación y deformación o rizado permanente de esta. Por otro lado, la estabilidad química es violada cuando los compuestos por los cuáles está formado el material, reacciona con el medio que los rodea acelerando su deterioro de este.

Se define como el límite de la estabilidad física el límite elástico. Debajo de este, los materiales se expandirán y contraerán en respuesta a las fluctuaciones de temperatura y humedad de manera reversible. Por otro lado, la deformación plástica conduce a mecanismos irreversibles como las dislocaciones. Según muchas pruebas realizadas, para los materiales fílmicos el límite elástico se ha definido como el 0.4% de su elongación. Por otro lado, la estabilidad química toma en cuenta todas las reacciones que pueden darse en los compuestos que forman parte de las películas. Los materiales fotográficos son de naturaleza muy higroscópica. Incluso cuando películas cuando se encuentran 'secos' contienen cantidades significativas de agua absorbida dentro de la molécula estructura. El contenido de humedad de las capas de gelatina es de particular importancia. Por ejemplo, a 22 ° C y 50% de humedad relativa, la gelatina contiene casi un 14% en peso de agua. A 22 ° C y 80% RH la gelatina contiene aproximadamente 20% en peso de agua. Para mantener un nivel constante de contenido de humedad dentro de la gelatina emulsión, la humedad relativa debe reducirse un 3-4% por cada 10°C de caída en temperatura. La temperatura es un parámetro importante para

la estabilidad química, debido a que determina la velocidad de las reacciones y además define el punto de transición vítrea “Tg”. (McCormick-Goodhart, 1996)

La región 1 que se muestra en la Figura 21 representa las combinaciones de temperatura y humedad relativa que son tanto química como físicamente seguras para materiales fotográficos convencionales; es decir, películas, planchas y papeles con emulsiones de gelatina. Los puntos A, B, C y D delimitan las condiciones de contorno para la región 1. La región 2 representa la zona de transición vítrea, la cual depende de la temperatura y la humedad; y en donde los materiales se comportan de manera frágil. Finalmente, las zonas 3 y 4 son condiciones en las que los filmes se encuentran estables químicamente pero no físicamente. Cabe resaltar que dentro de la región 1 el punto más estable es el D, mientras que el menos estable es el B.

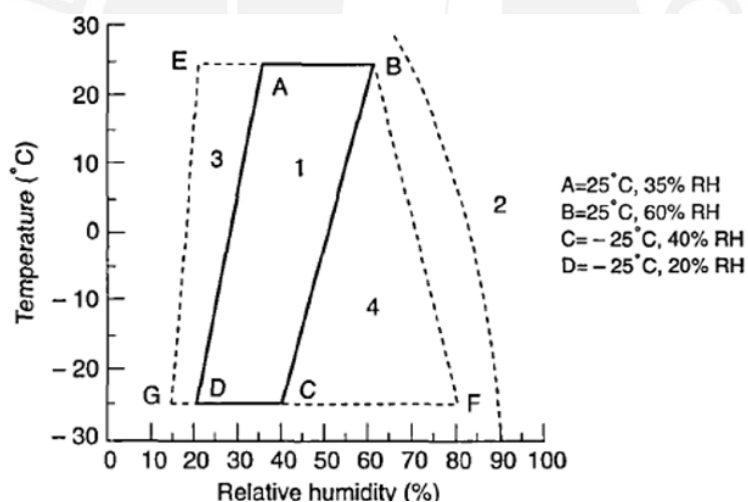


Figura 21. Campos de estabilidad físico-química de los filmes

Tomada de “The allowable temperature and relative humidity range for the safe use and storage of photographic materials” por McCormick-Goodhart, M. H. (1996).

Parámetros relevantes en la preservación de archivos fotográficos/fílmicos:

La Humedad:

La humedad relativa fuera de los límites especificados puede tener un efecto degenerativo sobre la película fotográfica. En general, deben evitarse humedades relativas superiores al 60% e inferiores al 20%. La exposición prolongada a humedades relativas superiores al 60% puede

dañar o destruir la capa de emulsión de gelatina de haluro de plata debido al crecimiento de hongos, y eventualmente hará que la emulsión se adhiera a otras superficies como los recintos de almacenamiento. La exposición a altas humedades fomenta el aumento de cambios dimensionales; además, puede acelerar la oxidación de la imagen y la degradación de la base de la película tanto de películas con base de nitrato como de base segura. (ASHRAE, 2019)

Por otro lado, exposición constante a humedades por debajo del 15% de HR puede producir una fragilidad temporal en la película de emulsión de gelatina, pero esta se puede restaurar mediante acondicionando la película al 30% de HR o más. La exposición a bajas humedades relativas también puede resultar en una alta ondulación de la película y causar riesgos asociados a daños por manipulación por su fragilidad. A este efecto se le conoce como rizado y se da mayormente cuando una película está enrollada o muy tensa o sin la tensión suficiente causando una distorsión en la imagen. También puede agravar los problemas físicos existentes, como la descamación o delaminación de la emulsión. (ISO, 2010)

La Temperatura:

Temperaturas de exposición continuas mayores a 40 ° C pueden reducir permanentemente la flexibilidad de las películas y puede acelerar el desvanecimiento de imágenes a color. A temperaturas menores de 0°C la película tiene un comportamiento bastante frágil y es por ello que deben manipularse con cuidado cuando se almacenan a baja temperatura. Sin embargo, flexibilidad se restablece al volver a la temperatura ambiente. Se deben evitar fluctuaciones mayores a 4°C en menos de 24 horas. (ASHRAE, 2019)

Las temperaturas de almacenamiento que están por debajo del punto de rocío del aire en el área de uso pueden causar condensación sobre las superficies de la película, es por ello que se recomienda pre-calentar el material para hacer uso de él. El tiempo de calentamiento

requerido puede variar de 1 hora a 1 día, dependiendo del tamaño, formato y la diferencia de temperatura.

Relación entre Temperatura y Humedad relativa:

La degradación de la película fotográfica es causada por reacciones químicas cuyas tasas se reducen al disminuir temperatura y humedad. En consecuencia, la vida útil de la película se puede aumentar reduciendo el almacenamiento temperatura o humedad de almacenamiento. Un aspecto importante de la temperatura es su efecto sobre la humedad relativa. Las temperaturas bajas de almacenamiento permiten aumentar la humedad relativa consiguiendo la misma estabilidad y vida útil del material. Esta técnica es muy usada si el área de almacenamiento no tiene control de humedad. Esto puede causar condiciones más allá de los valores fijos recomendados en la bibliografía y así dejarnos a disposición diversas combinaciones. Existe un comportamiento similar para la degradación de las películas con base de poliéster y las tasas de decoloración de las películas a cromogénicas. En la Figura 22 se muestran las iso-curvas de vida útil para una película de triacetato; al igual que en los medios ópticos, estas siguen una tendencia lineal, pero con una pendiente distinta. (ISO, 2010)

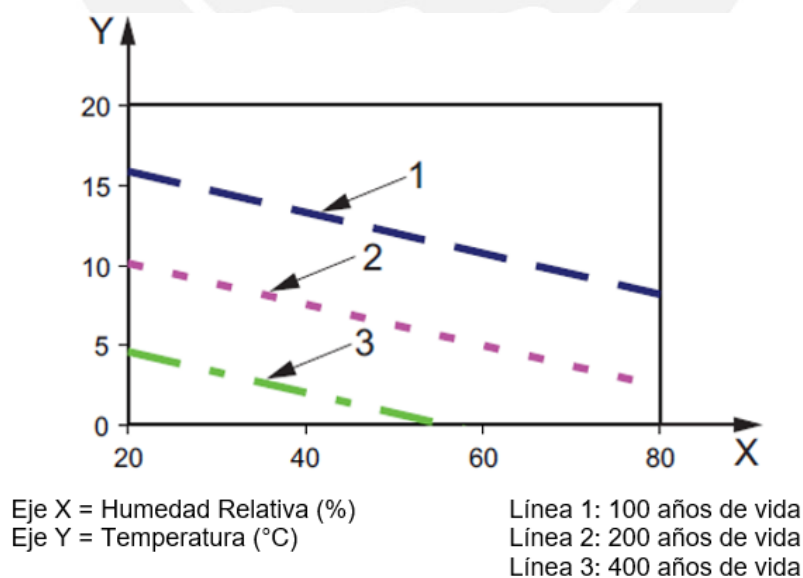


Figura 22. Relación temperatura-humedad relativa para un film de triacetato de celulosa

Tomada del estándar ISO 18911 por ISO (2010)

Aclimatación:

Las películas almacenadas a temperaturas significativamente inferiores a la temperatura ambiente requerirán un tiempo de calentamiento antes de poder utilizarse para evitar la condensación de humedad en las superficies de película fría y la absorción de esta. Este procedimiento generalmente se realiza con vapor utilizando el mecanismo de convección del calor hasta alcanzar la temperatura deseada. Para esto la película debe encontrarse en un envase adecuado en el cuál no hayan fugas o ingreso de vapor.(ASHRAE, 2019)

Por otro lado, el equilibrio de humedad requiere de mucho más tiempo y según la norma ISO 18911:2010 depende de los siguientes factores:

- El formato de película (fotografías, rollos)
- La densidad de empaquetado (número de hojas apiladas o de convoluciones en rollos)
- Permeabilidad de los estuches
- Diferencia de humedades
- Temperatura a la que se produce la aclimatación

La combinación de estos factores puede amplificar o reducir el tiempo de acondicionamiento. Por ejemplo, una pila de 150 hojas fotográficas se acondicionará en menos de dos semanas a temperatura ambiente, pero la misma pila requeriría seis meses con temperaturas bajo cero. (Adelstein et al., 1997)

Por esta razón muchas veces se usan técnicas de microambientes para almacenar individualmente las películas con una humedad relativa antes de entrar a la bóveda por medio de la encapsulación. Los rollos de película que contienen más humedad de la deseada se pueden secar manteniéndolos durante dos o tres semanas en recipientes metálicos con cinta adhesiva que contienen cantidades adecuadas de gel de sílice o un tamiz molecular.

Si se elige una humedad relativa del entorno de uso que coincida con la del entorno de almacenamiento, los procedimientos de acondicionamiento de humedad pueden reducirse o eliminarse. Además, el hacer esto tiene la ventaja adicional de reducir el estrés físico en la película causado por los ciclos entre el almacenamiento y el uso. Los niveles de humedad inigualables tendrán una gran influencia en el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio de humedad.

Pureza de Aire:**Polvo y suciedad:**

Las partículas sólidas que pueden desgastar la película o reaccionar con la imagen deben ser eliminadas del aire de suministro mediante filtros mecánicos. Estos filtros mecánicos son preferiblemente del tipo de medio seco, incombustibles y deben tener una tasa de arrestancia de no menor de 85% según el estándar 52-76 de ASHRAE. Es preferible el uso de filtros HEPA para asegurar la máxima eficiencia de filtrado. Se debe mantener una presión de aire ligeramente positiva dentro de la sala de almacenamiento de unos 12 a 25 pascales para evitar el ingreso de aire no tratado.

Cuando el aire acondicionado no sea práctico, las altas humedades pueden reducirse mediante deshumidificadores controlados con higrostats. Desecantes inertes, como gel de sílice químicamente puro, puede utilizarse siempre que el deshumidificador esté equipado con filtros capaces de eliminar las partículas de polvo hasta 0,3 μm de tamaño.

Gases contaminantes:

Las impurezas gaseosas como el dióxido de azufre, el sulfuro de hidrógeno, los peróxidos, el ozono, humos ácidos, amoníaco y los óxidos de nitrógeno pueden causar el deterioro de la base de la película o la degradación de la imagen en algunas películas. Se debe

de contar con los filtros químicos adecuados para evitar el ingreso de estos gases. (ASHRAE, 2019)

Dado que los vapores de pintura pueden ser una fuente de contaminantes oxidantes, la película se debe quitar del área de almacenamiento ya sea mediano o largo plazo por un período de tres meses cuando el área se haya pintado.

Los gases emitidos por la descomposición de películas a base de nitrato dañarán o degradarán la imagen en los registros de películas con base segura; por lo tanto, las películas de base segura no deben almacenarse con películas de nitrocelulosa, ya sea en la misma habitación o en habitaciones conectadas por conductos de ventilación. (ISO, 2010)

Luz:

Normalmente, la película se mantiene en condiciones de oscuridad. Las luces del almacenamiento solo serán encendidas al ingresar el personal. Esta es una práctica recomendada, ya que la luz puede ser perjudicial para algunas imágenes.

3. Capítulo 3: Comparativa de condiciones de preservación

En este capítulo se procederá a comparar las condiciones óptimas de almacenamiento de cada uno de los tipos de archivos previamente estudiados. Se analizará si existe la posibilidad de tener un ambiente de almacenamiento con condiciones comunes para estos 3 tipos de archivos y que logre el objetivo de conservarlos de manera adecuada. Además, se explicará si las condiciones presentadas son las mejores posibles para la preservación o son medianamente efectivas para ello; lo cuál será importante en caso que no se cuente con los recursos adecuados como para conseguir mejores resultados.

Parámetros en común relevantes para la preservación:

A partir de la información descrita en el Capítulo 2 se presentarán los factores comunes que afectan en la preservación los medios magnéticos, ópticos y fílmicos.

Temperatura

Las temperaturas afectan el grado de velocidad con el cuál se dan las reacciones químicas, por lo tanto, es un factor importante para la preservación independientemente del material que se esté tratando. Además, la temperatura afecta directamente a la estabilidad física de los materiales debido el tiempo su aclimatación suele ser corto y esto genera la contracción o dilatación que será determinante en los archivos multicapas, como es el caso de los materiales estudiados, debido a los diferentes coeficientes de dilatación de cada capa. El caso más crítico es el de los discos ópticos, en los cuáles la diferencia de los coeficientes entre sus capas es tan grande que una variación de pocos grados de temperatura en un periodo corto de tiempo podría generar su falla mecánica.

La norma ISO 18934:2006 especifica cuatro condiciones de temperatura para el almacenamiento de materiales mixtos: Condiciones ambiente, frescas, frías y bajo cero. En la

Tabla 13 se presentan los rangos de temperatura comprendidos para estas. Cabe destacar que todas estas condiciones son para una humedad relativa de 30 a 50%.

Tabla 13

Rango de temperaturas para las condiciones establecidas por la norma ISO

Condición	Rango de Temperatura (°C)
Ambiente o de sala	De 16 a 23
Fresca	De 8 a 16
Fría	De 0 a 8
Bajo cero	De -20 a 0

Nota. Tomada del estándar ISO 18934 por ISO (2006)

Las condiciones ambientes o “de sala” son satisfactorias para los materiales que se consideran químicamente estables a condiciones normales, como las imágenes en fotografías de emulsión de plata a blanco y negro sobre base de poliéster. Las condiciones “frescas” son adecuadas para materiales cuya estabilidad puede verse comprometida a bajas temperaturas como los medios magnéticos o que a temperaturas más altas sus componentes podrían verse afectados tal como sucede con las películas a blanco y negro con base de acetato. Las condiciones “frías” son recomendadas para materiales inestables, como las fotografías o películas a color en cualquier base y películas de base celulósica. Las condiciones “bajo cero” se pueden utilizar para obtener la máxima vida útil de todos los materiales que pueden tolerar estas temperaturas. También debe usarse para materiales inestables que tienen poca tolerancia a temperaturas más altas como las tiras de nitrocelulosa. (ISO, 2006)

Los ciclos de temperatura dentro de los límites recomendados no deberían ser un problema a menos que la temperatura promedio está cerca del límite superior. En estas condiciones, la variación no debe exceder los $\pm 3^{\circ}\text{C}$ en un período de 24 horas para que no se ocasionen cambios bruscos por dilatación.

Humedad relativa

Las humedades relativas muy altas son un enemigo común para los tres medios estudiados debido a que fomentan la formación de hongos, los cuáles degradan los materiales e imposibilitan la buena lectura o reproducción de los datos almacenados en estos archivos. Además, los sustratos o materiales base de estos tres medios tienen en común que son polímeros y al estar expuestos a una humedad muy alta puede darse una reacción hidrolítica sobre estos y descomponerse. También algunos de los materiales enunciados en el Capítulo 2 son higroscópicos; por lo tanto, tienen la tendencia a absorber agua cuando las humedades son muy altas. Esto como consecuencia puede conllevar a una distorsión de los datos en el caso del material fílmico o los materiales magnéticos como las cintas, mientras que en el caso de los discos ópticos podrían causar una modificación o desviación en el haz de luz del láser y, en consecuencia, provocar una mala lectura del sensor.

Por otro lado, debido a que las bajas humedades relativas juegan un rol importante en la transición vítrea de los polímeros junto con la temperatura; esta puede volver los polímeros más frágiles y propensos a la rajadura como en el caso de los filmes y las cintas magnéticas. (McCormick-Goodhart, 1996)

Los rangos de humedad relativa recomendados generales van desde 15 a 50% y están fuertemente ligados con la temperatura como se presentó en el capítulo pasado. Para casi todos materiales, una humedad relativa promedio de 30 a 50% es segura para la estabilidad química y física para la manipulación. Sin embargo, la estabilidad química de muchos materiales se mejora reduciendo el nivel de humedad relativa superior. Las variaciones de humedad relativa no deberían ser mayores a $\pm 5\%$ en un periodo de 24 horas debido a que podría causar daños mecánicos y si el promedio está cerca a algunos de los límites podría traer complicaciones con

la estabilidad química. El daño mecánico o la pérdida de la integridad física de los medios pueden ser una preocupación para las fotografías antiguas con escasa adhesión entre la base y la emulsión. El fallo de adherencia entre las capas de discos ópticos también puede ser un problema, esto debido a las diferencias en la contracción y dilatación de los distintos materiales causado por la humedad. (ISO, 2006)

A partir de la información brindada en el Capítulo 2 se realizó la Tabla 14 la cual muestra una recopilación de recomendaciones de temperatura y humedades según las normas ISO presentadas para los materiales tratados en este documento.

Tabla 14

Condiciones ambientales óptimas para cada medio según estándares ISO

Medio de almacenamiento/Condiciones		Norma ISO	Temperatura Máxima (°C)	Humedad Relativa (%)	
Archivos magnéticos		18923 y 18943	11	15 - 50	
			17	15 - 30	
			23	15 - 20	
Discos ópticos de Policarbonato		18925	23	20 - 50	
Filmográfico	Nitrocelulosa		10356	2	20 - 30
	Acetato	B/N	18911	2	20 - 50
				5	20 - 40
				7	20 - 30
				-10	20 - 50
	Poliéster	Color	18911	-3	20 - 40
				2	20 - 30
				21	20 - 50
				-10	20 - 50
-3				20 - 40	
			2	20 - 30	

Nota. Adaptada del estándar ISO 18934 por ISO (2006)

Se muestran distintas condiciones óptimas variando la temperatura máxima y el rango de humedad relativa debido a la relación de compensación que fue mencionada en el capítulo 2.

En la Tabla 15 mostrada en la página 64 se presenta qué nivel de preservación es alcanzada al someter los archivos presentados en este documento a las 4 condiciones

especificadas por la norma ISO 18934: Ambiente, fresco, frío y bajo cero. Una preservación “muy buena” significa que la preservación del archivo se encuentra más que garantizada, el ambiente es incluso mejor que los estándares presentados en las normas ISO. Una preservación “buena” significa que el ambiente cumple con los estándares ISO y cumplirá con su esperanza de vida designada por estos. Una preservación "regular" denota una calidad que es satisfactoria para tiempos de conservación moderados, pero no igual a la obtenida por siguiendo los estándares; solo se recomienda estas condiciones cuando técnica o económicamente es imposible satisfacer los estándares. Una condición “mala” quiere decir que el material sufrirá daños, ya sea física o químicamente y acelerará su deterioro. (ISO, 2006)

Pureza del Aire

En general toda habitación destinada a la preservación debe ser bastante limpia, el ambiente debe tener como mínimo una clase tipo 100 000 de medio ambiente según se define en la norma ISO/IEC 15486:1998 en el Anexo A. Se recomienda el uso de filtros HEPA, capaces de eliminar el 99.97% de las partículas con un tamaño de 0.3 micrómetros o mayor, para el sistema de suministro de aire. La presión en el área de almacenamiento se mantendrá en un valor positivo en relación con los pasillos y habitaciones adyacentes para evitar el ingreso de aire no tratado; esta presión tendrá un valor aproximadamente de 12.5 a 25 pascales. No se recomienda la presencia de objetos que sean posibles contenedores de polvo tales como almohadas, sillones, alfombras o cortinas. Además, el sistema de ventilación debe ser capaz de eliminar por medio de filtros químicos toda impureza gaseosa tales como: amoníaco, cloro, sulfuros, peróxidos, ozono, óxidos de nitrógeno, humo, gases ácidos o humos de pinturas.

Tabla 15

Calidad de la preservación de los archivos al ser sometidos a las 4 condiciones de almacenamiento definidas por la norma ISO

Condición de almacenamiento			Magnético		Óptico	Fílmico				
			Base Acetato	Base Poliester		Base Nitrato	Base Acetato		Base poliester	
						B/N	Color	B/N	Color	
Condición "ambiente"	T °C HR %	De 16 a 23 De 30 a 50	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala	Mala	Buena	Mala
Fresca	T °C HR %	De 8 a 16 De 30 a 50	Regular	Buena	Buena	Mala	Mala	Mala	Buena	Mala
Fría	T °C HR %	De 0 a 8 De 30 a 50	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena	Muy Buena	Buena
Bajo cero	T °C HR %	De -20 a 0 De 30 a 50	Mala	Mala	Mala	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena

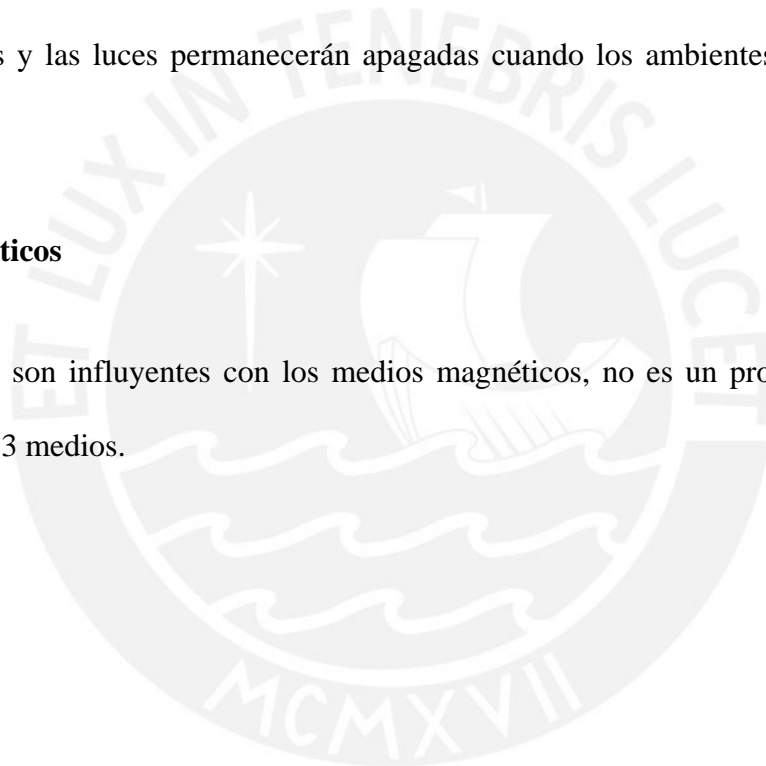
Nota. Adaptada del estándar ISO 18934 por ISO (2006)

Luz

La exposición continua a la luz puede afectar a los materiales magnéticos debido a que estos son sensibles a la luz ultra violeta. También los discos ópticos de grabado único pueden verse afectados en su capa de data debido a que está hecha orgánicamente. Algunos tipos de filmes también son fotosensibles. Se recomienda que las áreas de uso y almacenamiento no tengan ventanas exteriores, tragaluces u otras fuentes de iluminación natural. Las fuentes artificiales de iluminación tendrán que tener filtros UV apropiados para minimizar el contacto con los archivos y las luces permanecerán apagadas cuando los ambientes no están siendo ocupados.

Campos magnéticos

Estos solo son influyentes con los medios magnéticos, no es un problema común en común entre los 3 medios.



Conclusiones:

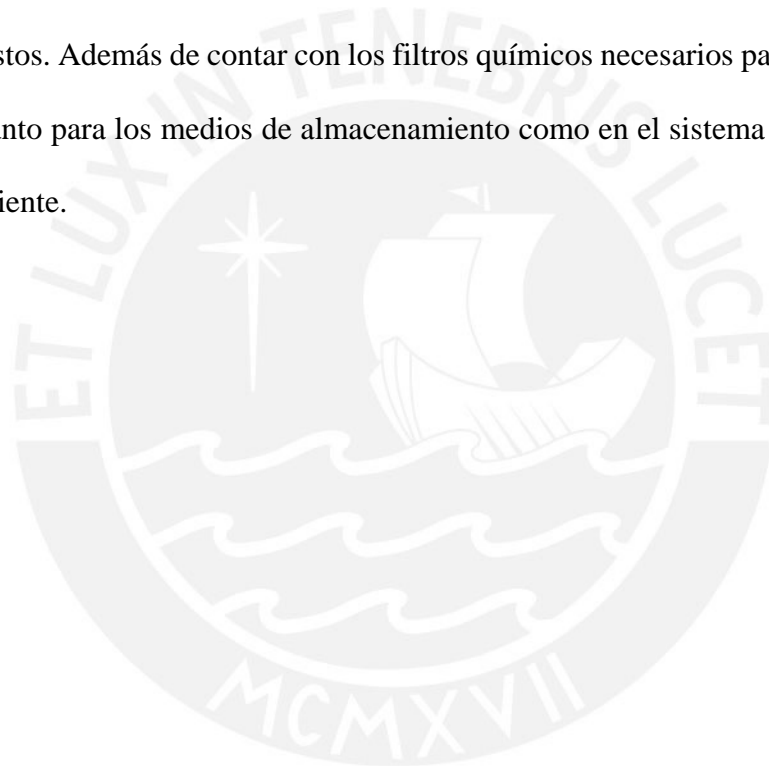
En general, si se buscara almacenar a todos los tipos de almacenamiento de información estudiados en este trabajo bajo los mismos parámetros de temperatura y humedad relativa se recomendaría un ambiente “frío” según la designación de la norma ISO 18934. Esto debido a que este ambiente tiene el mejor desempeño para los materiales desarrollados en este documento. El único material que podría verse afectado negativamente bajo esta condición de almacenamiento serían las cintas magnéticas con base de poliéster debido a que presentaría deterioro a largo plazo por tratarse de una temperatura muy fría.

Todos materiales fílmicos pueden preservarse por muchos más años cuando se les almacena en una condición bajo cero debido a que estas condiciones la emulsión de plata alcanza su máxima estabilidad química y el material base su máxima estabilidad física. Sin embargo, los medios ópticos y los medios magnéticos no podrían debido a los distintos coeficientes de contracción que poseen los materiales de sus capas; el almacenarlos en condiciones bajo cero dañaría su integridad física de estos.

El material más estable de los presentados en este documento es la película a blanco y negro con base de poliéster, esta puede ser almacenada en cualquiera de las 4 condiciones presentadas por la norma ISO 18924 y lograr una adecuada conservación a largo plazo; es por ello que fue el avance tecnológico más grande de la década de los noventa. Por otro lado, todas las películas a color tienen un comportamiento similar independientemente de su base; esto debido a los componentes químicos usados para que su capa de emulsión solo reaccione con una determinada longitud de onda

La humedad tiene un comportamiento similar para los 3 medios de almacenamiento mencionados en este documento, debido a que las bases de estos están compuestas por polímeros cuya mayor debilidad es la hidrólisis del agua. Además, una alta humedad relativa, mayor a 65%, genera la formación de hongos, los cuales evitan la adecuada reproducción de la información almacenada.

El ambiente de almacenaje para cualquiera de estos 3 medios tendrá que contar con filtros mecánicos HEPA debido a que las partículas sólidas pueden dañar o reaccionar con las capas protectoras de estos. Además de contar con los filtros químicos necesarios para la absorción de gases nocivos tanto para los medios de almacenamiento como en el sistema de evacuación de aire para el ambiente.



Bibliografía:

- Adelstein, P. Z., Bigourdan, J., & Reilly, J. M. (1997). *Moisture Relationships of Photographic Film Author (s): P . Z . Adelstein , J . -L . Bigourdan and J . M . Reilly Published by : Taylor & Francis , Ltd . on behalf of American Institute for Conservation Stable URL : <http://www.jstor.com/stable/3179948> R. 36(3), 193–206.*
- Archivo General de la Nación. (2018). *Guía para la conservación preventiva papel.*
- ASHRAE. (2019). *ASHRAE - HVAC Applications, SI Edition.*
- Binns, C. (2010). Introduction to Nanoscience and Nanotechnology. En *Introduction to Nanoscience and Nanotechnology*. <https://doi.org/10.1002/9780470618837>
- Blu-ray-Disc-Association. (2015). Objective of Blu-ray Disc™ format. *White Paper Blu-ray Disc™ Format General 4 th Edition*, 4–6. <http://www.blu-raydisc.com/en/technical/technicalwhitepapers/general.aspx>
- Boston, G. (1998). MEMORY OF THE WORLD Safeguarding the Documentary Heritage Contributors : *Organization, April.*
- Byers, F. R. (2003). *Care and Handling of CDs DVDs* (Número October).
- Cinemateca Nacional Nicaragua. (2019). *El Patrimonio Fílmico y Audiovisual de la Cinemateca Nacional*. <https://cinemateca.gob.ni/el-patrimonio-filmico-y-audiovisual-de-la-cinemateca-nacional/>
- Cinémathèque française. (2008). *Cinémathèque française: Heritage Value*. <http://www.fiafnet.org/images/tinyUpload/E-Resources/Standards-And-Guidelines/BAT-charte-patrimoine-ang-.pdf>
- Cummings, J. W., Hutton, A. C., & Silfin, H. (1950). Spontaneous Ignition of Decomposing Cellulose Nitrate Film. *Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers*, 54(3), 268–274. <https://doi.org/10.5594/J06354>
- FESPACO. (2019). *Presentation of the Cinematheque*. <https://fespaco.bf/en/presentation-cinematheque/>

- ISO. (1996). *ISO 10356:1996 Cinematography — Storage and handling of nitrate-base motion-picture films.*
- ISO. (2000). *ISO 18923:2000 Imaging Materials — Polyester-base magnetic tape — Storage practices.*
- ISO. (2006). *ISO 18934:2006 Imaging materials — Multiple media archives — Storage environment. 2006.*
- ISO. (2010). *ISO 18911:2010 Imaging materials — Processed safety photographic films — Storage practices.* 13.
- ISO. (2012). *ISO 18933:2012 Imaging materials — Magnetic tape — Care and handling practices for extended usage.* 2012.
- ISO. (2013). *ISO 18925:2013 Imaging materials — Optical disc media — Storage practices.*
- ISO. (2014). *ISO 18943:2014 Imaging materials — Magnetic hard drives used for image storage — Care and handling.*
- Kampfer, H., Ag, A. G., Republic, F., Lapp, O., L, H., Scheerer, R., & H, D. (2005). Vol. 26 *Photography 1. Technology*, 26.
- Kimizuka, M. (2012). Historical Development of Magnetic Recording and Tape Recorder. *Survey Reports on the Systemization of Technologies*, 17.
- Library of Congress. (1994). *Redefining Film Preservation: A National Plan | Film Preservation Plan | Preservation Research | National Film Preservation Board | Programs at the Library of Congress | Library of Congress.*
<https://www.loc.gov/programs/national-film-preservation-board/preservation-research/film-preservation-plan/redefining-film-preservation/>
- McCormick-Goodhart, M. H. (1996). The allowable temperature and relative humidity range for the safe use and storage of photographic materials. *Journal of the Society of Archivists*, 17(1), 7–21. <https://doi.org/10.1080/00379819609511785>
- Mueller, S. (2015). Upgrading and Repairing PCs. En *Xtemp-01*.

- National Archives of Australia. (2018). National Archives of Australia Standard for the storage of archival records (excluding digital records). *Records Management, February*, 1–18. <http://www.naa.gov.au/records-management/publications/standard-for-storage/index.aspx>
- Northeast Document Conservation Center. (2012). *A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care, and Duplication*. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/5.-photographs/5.1-a-short-guide-to-film-base-photographic-materials-identification,-care,-and-duplication>
- Norton, P. (2006). Introducción a la computación. *British Journal of Cancer*, 6. <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>
- Pausch, O. (1997). Museum Internacional: Museos y archivos del cine. *Ediciones Uneso*, XLIX(194), 67.
- Presidente, E. L., Republica, D. E. L. A., Congreso, E. L., Democrático, C., La, L. E. Y. D. E., Peruana, C., & Definiciones, D. E. L. A. S. (2011). *Ley de la Cinematografía Peruana LEY Nº 26370. 2011(75)*.
- Pulido Daza, N. J. (2015). Conservación y preservación de documentos audiovisuales. *Métodos de información*, 5(9), 121–155. <https://doi.org/10.5557/iimei5-n9-121155>
- Sharpless, G. (2003). *Introduction to CD and CD-ROM*. July, 32.
- St-Laurent, G. (1998). *El cuidado y manejo de grabaciones sonoras*.
- Swedish Film Institute. (2015). *Conservation*. <https://www.filminstitutet.se/en/learn-more-about-film/archival-film-collections/the-film-archive/conservation/>
- Taylor, J. (2003). *Everything You Ever Wanted to Know about DVD* (pp. 1–69).
- The Washington Post. (2005). *Parting Words For VHS Tapes, Soon to Be Gone With the Rewind*. <https://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/08/26/AR2005082600332.html>
- Vos, M., Ashton, G., Bogart, J. Van, & Ensminger, R. (1994). Heat and Moisture Diffusion

in Magnetic Tape Packs. *IEEE Transactions on Magnetics*, 30(2), 237–242.

<https://doi.org/10.1109/20.312264>

Weng, S., Li, X., Li, Y., & Yu, H.-Z. (2016). Optical disc technology-enabled analytical devices: From hardware modification to digitized molecular detection. *The Analyst*, 141.

<https://doi.org/10.1039/C6AN01781A>

Wilhelm, H. (1993). Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, and Color Slides Which Products Last Longest? En *The Permanence and Care of Color Photographs*.

<https://doi.org/10.2307/1224709>

Zlatanov, N. (2016). *Hard Disk Drive and Disk Encryption*. November 2015.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1228.9681>

