



# Trabajo Fin de Grado

Propuesta de digitalización de cintas  
magnéticas del archivo de Producciones  
Sin/Con Pasiones

Proposal for the digitization of magnetic tapes  
from the archive of Producciones Sin/Con  
Pasiones

Autor

Jorge Sastrón Tomillo

Director

Luis Mariano Blanco Domingo

Facultad de Filosofía y Letras  
Grado de Información y documentación  
Año 2018

SASTRÓN TOMILLO, Jorge

Propuesta de digitalización de cintas magnéticas del archivo de Producciones Sin/Con Pasiones / Jorge Sastrón Tomillo; director Luis Mariano Blanco Domingo. – Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2018.

Trabajo de Fin de Grado de Información y Documentación de la Universidad de Zaragoza, 2018

30 p.; 29 cm

1. Digitalización. 2. Cintas magnéticas. 3. Producciones Sin/Con Pasiones. 4.

Archivos sonoros. I. Blanco Domingo, Luis Mariano, dir. II-Tít

026.062:005.922.7

## Índice

1. Introducción.....	5
1.1. Justificación del trabajo .....	5
1.2. Estado de la cuestión .....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.4. Metodología.....	7
2. Desarrollo analítico .....	8
2.1. La cinta magnética como soporte sonoro. ....	8
2.1.1. La grabación magnética .....	8
2.1.2. Cabezales del magnetófono.....	9
2.1.3. Velocidad de arrastre.....	10
2.1.4. Ancho de la cinta.....	10
2.2. Problemas de conservación.....	11
2.2.1 Problemas de conservación internos .....	11
2.2.2. Problemas de conservación externos.....	12
2.3. Problemas de reproducción.....	14
2.3.1. Cabezales sucios y cabezales magnetizados .....	14
2.3.2. Wow y flutter.....	15
2.3.3. Pre-ecos y post-ecos .....	16
2.4. Digitalización de audio.....	16
2.4.1. Muestreo de la señal .....	16
2.4.2. Cuantificación de la señal .....	17
3. Proyecto de digitalización .....	18
3.1. El archivo de Producciones Sin/Con Pasiones .....	18
3.2. Propuesta de digitalización.....	19
3.2.1. Definición de la nueva colección y sus objetivos .....	19
3.2.2. Estimación del coste total y su viabilidad económica .....	19
3.2.3. Selección de los originales físicos .....	21
3.2.4. El proceso de digitalización .....	21
3.2.5. Preservación digital a largo plazo .....	22
3.3. Propuesta de mejora de las condiciones de conservación .....	23
4. Conclusiones .....	24
Bibliografía .....	25
Anexo: Fotografías del material a digitalizar .....	27
Glosario.....	30

## Resumen

En este trabajo se propone una estrategia para la digitalización de las cintas magnéticas almacenadas en el archivo histórico de Producciones Sin/Con Pasiones. Para ello, se desarrolla un marco teórico sobre los procesos de digitalización y restauración de archivos basados en soporte de cinta magnética, así como los principios básicos del audio digital y se analiza el estado de conservación del material almacenado en dicho archivo.

## Palabras clave

Digitalización, cintas magnéticas, Producciones Sin/Con Pasiones, archivos sonoros.

## Abstract

This work proposes a strategy for the digitization of magnetic tapes stored in the historical archive of Producciones Sin/Con Pasiones. To this end, a theoretical framework is developed on the processes of digitalization and restoration of files based on magnetic tape, as well as the basic principles of digital audio and the state of preservation of the material stored in the archive is analyzed.

## Keywords

Digitization, magnetic tapes, Producciones Sin/Con Pasiones, sound files.

# 1. Introducción

## 1.1. Justificación del trabajo

Producciones Sin/Con Pasiones es un sello discográfico fundado en Zaragoza por D. Juan Miguel Sánchez en el año 1995. En la actualidad es el sello discográfico aragonés con mayor número de referencias editadas en lo que podríamos denominar como música moderna. A día de hoy sigue funcionando y editando discos, principalmente de artistas aragoneses.

A lo largo de todos estos años, esta casa discográfica ha ido generando un archivo histórico sonoro muy importante, ya que entre sus estanterías reposan los masters de audio de una gran parte de la historia de la música moderna de Aragón.

La rápida evolución tecnológica de las últimas décadas ha hecho que en dicho archivo convivan actualmente diversos formatos de almacenamiento, algunos más idóneos que otros. Los documentos más antiguos están almacenados en cinta magnética analógica de 1", y son los que más riesgo corren de perderse si no se digitalizan. El resto de documentos están almacenados en cintas magnéticas digitales DAT, CD-ROM, DVD y discos duros. Prácticamente la totalidad de las cintas DAT están ya digitalizadas.

Para tratar de conservar el importante patrimonio compuesto por las cintas magnéticas analógicas, este trabajo desarrolla una propuesta para la digitalización de dichos documentos antes de que sea demasiado tarde.

## 1.2. Estado de la cuestión

A la hora de abordar el trabajo, he realizado investigaciones sobre digitalizaciones similares que se hubiesen podido llevar a cabo en ámbitos similares.

Desde que en 1982 Sony y Philips comenzasen a comercializar los primeros *Compact Disc* (Disco compacto, 2018) ha habido una aceptación total de los formatos digitales de audio dentro de la industria, de tal forma que actualmente prácticamente el 100% de la producción sonora actual se genera en este tipo de formatos.

A partir de ese momento, muchas empresas e instituciones que poseían archivos sonoros en formatos analógicos han ido digitalizando sus archivos analógicos en mayor o menor medida. Sin embargo, este trabajo todavía no se ha realizado con las cintas magnéticas en el archivo de Producciones Sin/Con Pasiones.

Existen multitud de ejemplos de archivos sonoros digitalizados con mayor o menor éxito, desde compañías discográficas hasta emisoras de radio, así como agencias de información u organismos institucionales.

Una gran ejemplo de digitalización de cintas magnéticas se llevó a cabo en los archivos históricos de la Cadena Ser. Entre 2009 y 2014, esta empresa digitalizó todos sus fondos sonoros históricos, incluyendo cintas magnetofónicas, cassettes y discos de pizarra. (Herederó, 2016, pag 121-132)

Podemos citar digitalizaciones históricamente importantes, como por ejemplo el catálogo del grupo musical The Beatles. La primera digitalización de aquellas cintas magnéticas se llevó a cabo en 1987, con una frecuencia de muestreo de 44,1kHz y 16 bits de profundidad. Los conversores analógico-digitales de aquella época estaban francamente muy poco desarrollados si los comparamos con la tecnología actual. Posteriormente, conforme ha ido mejorando la tecnología, el catálogo de The Beatles se ha digitalizado en varias ocasiones. La última fue en 2009, utilizando un sistema Cedar Audio Cambridge de alta gama con frecuencias de muestreo de 192kHz y 24 bits (Ruiz, 2009)

También se han dado casos de digitalizaciones fallidas o directamente de documentos perdidos por no haberlos digitalizado en su momento. Como ejemplo del primer caso, podemos citar la digitalización de las grabaciones analógicas del grupo musical oscense "Mestizos". Sus dos primeros discos fueron editados por el sello discográfico D.R.O., que posteriormente fue adquirido por Warner Music Internacional. Las grabaciones de Mestizos no se digitalizaron hasta el año 2010, y si reproducimos los archivos resultantes de dicha digitalización podemos encontrar problemas evidentes de *wow* y *flutter* que trataremos más adelante.

Como ejemplo de documentos analógicos perdidos, aunque en este caso no son documentos exclusivamente sonoros, podemos nombrar las grabaciones de la NASA del primer alunizaje, cuya digitalización se quiso llevar a cabo en 2006 y tres años después la agencia norteamericana reconoció que posiblemente las cintas se habían destruido (Noain, 2009).

### 1.3. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es realizar una propuesta para la digitalización de los documentos sonoros almacenados en cinta magnética en el archivo de Producciones Sin/Con Pasiones de forma óptima.

Como objetivos complementarios tendremos el desarrollo de un marco teórico actual sobre los procesos de digitalización y restauración de archivos basados en soporte de cinta magnética, así como los principios básicos del audio digital. También se realizará un análisis del estado de conservación y de los posibles problemas del material a digitalizar.

## 1.4. Metodología

A continuación, voy a describir cuál va a ser la metodología de trabajo para lograr los objetivos anteriormente citados.

En primer lugar, voy a centrarme en la búsqueda de información sobre cintas magnéticas, su conservación y los posibles procesos de restauración. Igualmente, trataré de investigar sobre digitalización de archivos de audio analógicos, y los posibles problemas del audio digital.

Una vez tenga documentación teórica, he considerado relevante realizar diferentes entrevistas a personas que han estado relacionadas directamente con Producciones Sin/Con Pasiones. Por una parte, a Juan Miguel Sánchez, ingeniero de sonido y fundador de Producciones Sin/Con Pasiones, que grabó gran parte del material que se encuentra en el archivo. Por otra parte, a José Luis de Castro y Pedro Oliver, técnicos de sonido en Producciones Sin/Con Pasiones en la época en que se realizaron la mayoría de las grabaciones analógicas que se pretenden digitalizar.

Finalmente, después de la búsqueda de información general y las entrevistas personales, he planificado hacer un análisis directo del material almacenado en el archivo de Producciones Sin/Con Pasiones, para valorar su estado de conservación.

## 2. Desarrollo analítico

### 2.1. La cinta magnética como soporte sonoro.

El magnetofón o magnetófono es un aparato que permite almacenar sonido en un soporte magnético (cinta magnética). El primer magnetófono fue diseñado por una empresa alemana llamada AEG en 1928. La primera vez que el magnetófono se presentó al público fue en 1935 en una feria radiofónica de Berlín (Magnetophon, 2018)

El desarrollo del magnetófono se llevó a cabo en Estados Unidos gracias a John T. Mullin en 1945, que al descubrirlo lo envió a EEUU junto a varios rollos de cinta magnética. De vuelta a su país, optimizó y mejoró el aparato de forma significativa. Este invento supuso un gran avance en la calidad de las grabaciones de audio. La cinta magnética permitía una notable mejora de calidad sonora, facilidad en los procesos de edición, mayor duración en las grabaciones y mejor conservación. Además, era el primer formato de almacenamiento que permitía borrar y grabar sobre tomas previas, lo que suponía poder corregir interpretaciones, algo hasta ese momento absolutamente imposible (Magnetophon, 2018).

En el ámbito musical, la grabación en cinta magnética abrió nuevos campos de experimentación, e hizo emerger la figura del productor musical para dirigir artísticamente la grabación de temas musicales.

#### 2.1.1. La grabación magnética

El diccionario de la Real Academia define el fenómeno físico del sonido como "vibración mecánica transmitida por un medio elástico". Para que exista sonido, siempre es necesario que haya una fuente sonora que genere vibración mecánica y un medio elástico (como es el aire) a través del cual se propague la perturbación.

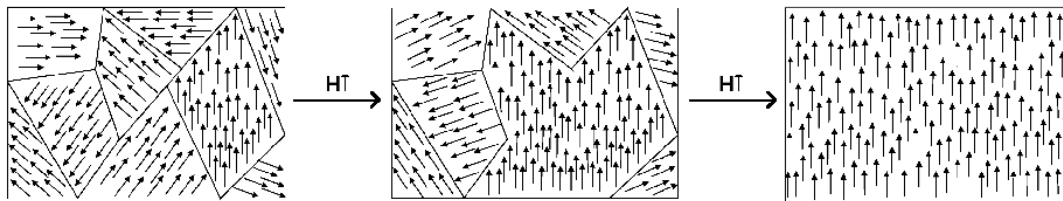
Los micrófonos son transductores acústico-eléctricos: Convierten la vibración de las ondas sonoras en movimiento mecánico, que a su vez genera una señal eléctrica. Esa señal eléctrica es la que va a ser transformada en el magnetofón en la energía magnética que se puede almacenar en cinta.

La cinta magnética moderna está compuesta de diferentes capas de distintos materiales. Aunque en origen las cintas magnéticas se fabricaron sobre una base de papel, pronto fueron sustituidas por las cintas de poliéster o cloruro de polivinilo (PVC). Junto a la capa base de PVC se encuentra la capa principal de óxido magnético, cuyas moléculas se combinan para crear uno de los tipos de imanes más pequeños conocidos, que son los dominios o dipolos magnéticos, que cuentan con un polo magnético norte y un polo sur (Cinta magnética, 2018).



El óxido magnético se fija en la cinta mediante un polímero aglutinante, que facilita también el transporte de la cinta al crear una superficie lisa y deslizante.

Si la cinta magnética no ha sido magnetizada (es decir, no se ha realizado una grabación), los dipolos están orientados de forma aleatoria separados por las paredes de Bloch, que son las zonas que marcan la transición de la orientación de los dipolos. Esta orientación aleatoria genera falta de señal cuando reproducimos la cinta magnética en un magnetófono (cinta vacía, sin grabación alguna) (Estructura magnética de los materiales, 2018)



*Ilustración 2-1: Esquema de dominios magnéticos de un ferromagneto alineándose con un campo creciente. Preparada por Jose Lloret y Alicia Forment, y liberada bajo la GFDL Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Dominio\\_magn%C3%A9tico#/media/File:Dominios.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Dominio_magn%C3%A9tico#/media/File:Dominios.png)*

Ahora bien, cuando se procede a realizar una grabación en la cinta, el magnetófono cuenta con un cabezal de grabación que genera magnetismo en la cinta en base a la señal eléctrica de audio que se pretende grabar. Con ese magnetismo polariza los dipolos de la cinta, que adoptan posiciones que ya no son aleatorias y que generarán un flujo magnético que se convertirá en señal eléctrica cuando la cinta sea reproducida de la forma adecuada.

### 2.1.2. Cabezales del magnetófono

Los cabezales son una parte fundamental de cualquier magnetofón. Normalmente, un magnetófono constará de tres cabezales: cabezal de grabación, cabezal de reproducción y cabezal de borrado.

El cabezal de grabación genera un campo magnético a partir de una señal eléctrica. Al pasar la cinta magnética por encima del mismo, los dipolos son polarizados.

El cabezal de reproducción funciona de forma inversa. El campo magnético de la cinta se induce en el cabezal de reproducción y acaba generando una señal de corriente alterna a través de la bobina del cabezal. Esa señal eléctrica será posteriormente amplificada y enviada a un altavoz, que convertirá la señal eléctrica en movimiento mecánico (exactamente el proceso contrario a lo que hacía el micrófono), generando sonido. (Miles Huber, p.205)

### 2.1.3. Velocidad de arrastre

La velocidad a la que se desplaza la cinta en el magnetófono también es un aspecto importante a tener en cuenta. Normalmente, los magnetófonos profesionales admiten velocidades de arrastre de cinta de  $7\frac{1}{2}$  y 15 pulgadas por segundo.

Cuanto más rápido se desplaza la cinta, mejor es la respuesta en alta frecuencia. Sin embargo, la parte más baja del espectro sonoro parece ser un poco más "sólida" cuando se graba a  $7\frac{1}{2}$ . Muchas grabaciones de los años 60 y 70 utilizaron  $7\frac{1}{2}$  pulgadas por segundo. Posteriormente, 15 pulgadas por segundo se convirtieron en un estándar.

### 2.1.4. Ancho de la cinta

Los principales anchos de las cintas magnéticas para almacenar fuentes sonoras son las siguientes:  $\frac{1}{4}$  ,  $\frac{1}{2}$  , 1, y 2 pulgadas

Las cintas de  $\frac{1}{4}$  suelen corresponder a grabaciones de dos pistas de audio.  $\frac{1}{2}$  suelen ser grabaciones de 4 pistas, 1 pulgada se utilizaba habitualmente para 8 pistas y 2 pulgadas para 16 y 24 pistas.

En el caso del material almacenado en Producciones Sin/Con Pasiones, el formato utilizado es bastante inusual: 24 pistas almacenadas en cinta de 1 pulgada. Esto es debido al uso del magnetófono Fostex G24S, que permitía hacer este tipo de grabación en un formato tan poco frecuente.



Ilustración 2-2: Magnetófono Fostex G24S. Recuperado de: <https://i.ebayimg.com/images/g/qiwAAOSwmuVabOPv/s-l1600.jpg>

## 2.2. Problemas de conservación

La cinta magnética es un tipo de soporte que se puede deteriorar con cierta facilidad. Podemos distinguir dos tipos de problemas en este soporte: los que corresponden a factores internos o de fabricación de la cinta, y los que son causa de factores externos durante su conservación.

### 2.2.1 Problemas de conservación internos

Estos problemas surgen de la composición química de la cinta. Han existido diferentes fabricantes de cintas magnéticas (hoy en día apenas quedan un par de fabricantes como ATM y RTM) y cada uno utilizaba una fórmula química distinta (aunque eran muy parecidas, había diferencias entre ellas).

La composición química de la cinta puede ocasionar diferentes problemas, entre los que cabe destacar los siguientes:

-Deformación del soporte de la cinta: Las antiguas cintas con soporte de acetato de celulosa pueden presentar un conocido problema denominado "síndrome del vinagre". *"Se trata de un proceso de deterioro que actúa sobre el acetato cuando es expuesto a condiciones adversas de humedad y calor. El material libera ácido acético, el responsable de su particular olor a vinagre y del deterioro de la película. Es un proceso irreversible y que se contagia de cinta a cinta a través del aire."* (De Azkue, 1948)

-El síndrome LOL (*Lost of lubrication*, o pérdida de lubricante): Las cintas magnéticas suelen llevar lubricantes para minimizar la fricción de los cabezales con la cinta. Debido al paso del tiempo, es posible que estos lubricantes puedan degradarse o evaporarse, generando problemas en la reproducción de las cintas.

-El síndrome de la cinta pegajosa (*Sticky Shed Syndrome*): Este fenómeno ocasiona que la cinta tenga un aspecto viscoso y rechinen durante la reproducción. La explicación al problema es el fenómeno de hidrólisis, que se puede definir como "una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar unión de otra especie química" (Hidrólisis, 2018). Para que este proceso tenga lugar, es evidente que se deben de presentar condiciones de humedad importantes en el espacio donde se almacena la cinta.

Los dos problemas anteriores (la pérdida de lubricante y el síndrome de cinta pegajosa) pueden hasta cierto punto revertirse exponiendo la cinta afectada a temperaturas elevadas (hasta 50°) y con una humedad relativa cercana al 0%. Sin embargo, aunque este tratamiento suele funcionar, el resultado puede ser sólo una mejora temporal, por lo que conviene aplicarlo cuando se vaya a digitalizar la cinta afectada. (Guidelines on the production and preservation of digital audio objects, 2009)

Los usuarios de cintas magnéticas más experimentados seguramente hayan escuchado que la solución a los dos problemas citados anteriormente suele ser "hornear" las cintas. Sin embargo, conviene tener mucho cuidado y no utilizar los hornos convencionales que se pueden encontrar en cualquier cocina, sino hornos de laboratorio donde podamos fijar con precisión la temperatura y esta se mantenga estable.

-Inestabilidad de las partículas magnéticas: Bogart (1995) indica que a partícula magnética, o pigmento, es responsable de almacenar la información registrada magnéticamente. Si hay algún cambio en las propiedades magnéticas del pigmento, las señales registradas pueden perderse irremediablemente.

La remanencia magnética caracteriza la capacidad del pigmento para retener un campo magnético. Se refiere a la cantidad de señal que queda después de un proceso de grabación.

La fuerza de la señal grabada en una cinta magnética está directamente relacionada con la remanencia magnética del pigmento. Así, una disminución en la remanencia magnética del pigmento con el paso del tiempo puede dar lugar a una señal de salida más baja, con pérdida de información.

La coercitividad caracteriza la habilidad del pigmento de resistir la desmagnetización, o sea, es la fuerza del campo magnético que debe aplicarse a una partícula magnética de manera de forzarla a cambiar la dirección de su campo magnético.

Una cinta magnética con una baja coercitividad es más susceptible a la desimantación y a la pérdida de señal. Como los pigmentos magnéticos difieren en su estabilidad, algunas cintas retendrán la información más tiempo que otras (Martínez García, S.M. pag 31)

### 2.2.2. Problemas de conservación externos

Existen varios problemas de conservación provocados por agentes externos a las propias cintas magnéticas. Los principales generadores de problemas son las altas temperaturas y los niveles de humedad elevados.

Las casuísticas de los problemas generados por estos factores son variadas, así que indicaremos los principales problemas:

-Hongos en la cinta. La aparición de hongos en las cintas magnéticas es algo relativamente frecuente cuando se almacenan en condiciones de humedad elevada. Se suele poder detectar fácilmente de forma visual al aparecer en los bordes de la cinta una capa mohosa. Normalmente, las cintas con hongos pueden ser recuperadas si son sometidas a un procedimiento cuidadoso de limpieza.



Ilustración 2-3: Cinta afectada por hongos. Recuperado de: <http://audioforo.com/wp-content/uploads/2015/05/Box.jpg>

-Cinta compactada o bloque de cinta. Las altas temperaturas de almacenamiento unido a una humedad ambiental elevada pueden generar la compactación de la cinta. Cada vez que la temperatura aumentan, la cinta tiende a compactarse. El aumento de la humedad también hace que la presión de la cinta aumente, pues al absorber humedad del ambiente la cinta tiende a expandirse. Este tipo de problema tiene peor solución, ya que la distorsión de la cinta no suele ser recuperable.

Las condiciones de almacenamiento ideales, estarían entorno a 20°C y 35% de humedad relativa, tal y como podemos observar en el siguiente gráfico (Bogart, 1995)



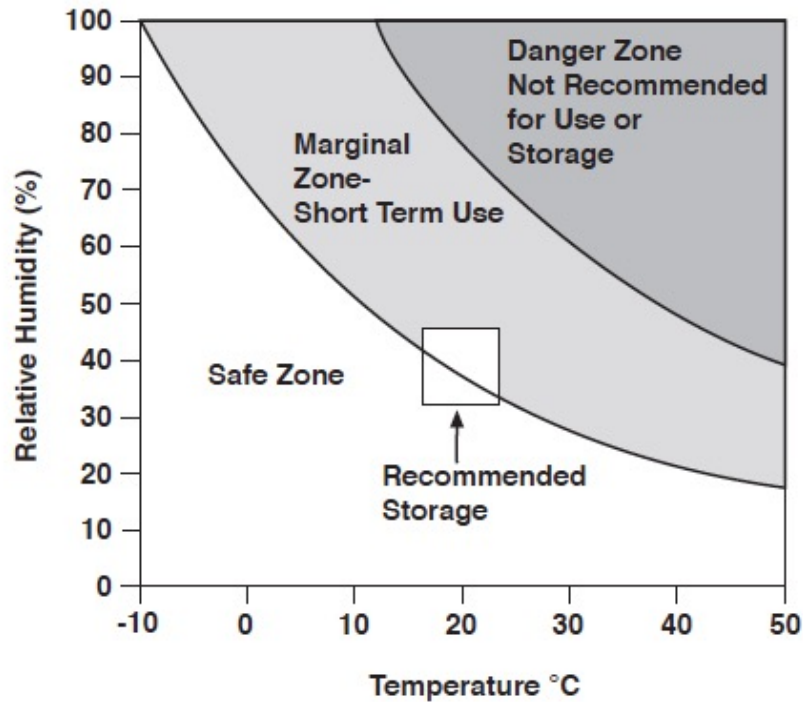


Ilustración 4: Temperatura y humedad recomendada para la conservación de cintas magnéticas.

### 2.3. Problemas de reproducción

Aunque las cintas se encuentren en buen estado de conservación, el proceso de reproducción también puede presentar problemas. Los magnetófonos son aparatos mecánicos que precisan recibir revisiones y mantenimientos frecuentes. Un magnetófono en mal estado puede generar distintos problemas de reproducción, e incluso puede dañar una cinta que se encuentre en buen estado. En este apartado vamos a analizar los principales problemas de reproducción que se pueden dar en los magnetófonos de cinta magnética.

Antes de hablar de los posibles problemas, hay que nombrar que siempre se debe de realizar un ajuste previo del magnetofón antes de la tarea de digitalización de material antiguo. Debemos tener en cuenta el tipo de cinta utilizado, y realizar un ajuste de cabezales para lograr una posición similar a la que tenían en el magnetófono en el que se grabó el material original. Para ello se utiliza una cinta de ajuste con tonos pregrabados. También se debe ajustar el flujo magnético en base a la formulación de la cinta empleada.

#### 2.3.1. Cabezales sucios y cabezales magnetizados

Las cintas magnéticas pueden ir provocando la acumulación de polvo y óxido magnético en los rodillos y en los cabezales del magnetofón. La suciedad en los

cabezales provoca un sonido sordo, poco definido y con ausencia de altas frecuencias.

Para limpiar los cabezales, lo más recomendado es un bastoncillo de algodón empapado con alcohol isopropílico. Así mismo, el paso de la cinta magnética por los cabezales va magnetizando poco a poco los núcleos de los mismos. Esta magnetización residual puede provocar una atenuación de frecuencias medias y altas en la grabación y reproducción.

Para solucionar este problema, existen dispositivos llamados "desmagnetizadores" que al aplicarse sobre los cabezales eliminan este magnetismo residual acumulado por el tiempo.



*Ilustración 4: Desmagnetizador de cabezales de la marca Teac. Recuperado de: <https://c1.zzounds.com/media/productmedia/fit,2018by3200/quality,85/p2694b-1e7b233aa9f4a438a19f0a033f0fb43e.jpg>*

### 2.3.2. Wow y flutter

El "wow" y el "flutter" son dos problemas muy parecidos que es fácil que aparezcan en la reproducción de las cintas magnéticas. El "flutter" sería una variación del tono de la grabación y el "wow" sería lo mismo pero menos acentuado. Normalmente se nombran siempre juntos: "Wow y flutter".

Estos problemas son debidos al transporte irregular de la cinta. Esto puede tener distintas causas: rodillos de transporte sucios o descentrados, gomas de presión mal reguladas o frenaje exagerado del carrete (Kruse, 1970).

Una grabación o reproducción en un magnetófono que presente estos problemas de transporte en la cinta produce un sonido tembloroso y con una afinación variable.

Hasta hace muy poco resultaba complicado resolver el problema de wow y flutter de una digitalización mal realizada. Pero recientemente, la compañía Celemony lanzó un software específico para corregir estos problemas conocido como "Capstan".

### 2.3.3. Pre-ecos y post-ecos

En ocasiones, en las cintas magnéticas pueden aparecer ciertos ecos o repeticiones del contenido almacenado en ellas. Este fenómeno se produce cuando, por contacto entre dos capas de una misma cinta magnética, una induce parte de su magnetismo a la otra. Esto genera una repetición del sonido, que puede ser conocida como pre-eco o post-eco.

El pre-eco ocasiona que se escuche lo que hay grabado antes de tiempo, aunque normalmente a muy bajo nivel.

El post-eco es el fenómeno inverso, se oye repetido lo que se acaba de escuchar. También es una señal de bajo nivel.

Para evitar estos problemas, las cintas se deben guardar para almacenar en el formato que se conoce como "de cola". Esto significa que las cintas deben guardarse sin rebobinar, con la última parte grabada en la zona más exterior y dejando unas vueltas de cinta virgen al final de la misma. De esta forma, en el caso de que se produzcan los ecos serán post-eco, y el oyente lo percibirá inconscientemente como reverberación (Miles Huber, p.214).

## 2.4. Digitalización de audio

Hasta ahora nos hemos referido a las cintas magnéticas, que son soportes de audio analógico. Almacenan un magnetismo que al reproducirse adecuadamente genera una variación eléctrica continua que se puede convertir en sonido con los transductores adecuados (amplificadores, altavoces...)

En cambio, el mundo digital lo que hace es tomar muestras periódicas de esa señal analógica continua y las convierte a valores digitales para su posterior tratamiento o reproducción, utilizando dos parámetros fundamentales como son el muestreo y la cuantización.

Por tanto, una señal digitalizada a partir de un master analógico siempre va a ser una reproducción con, en cierta manera, menos definición: La señal analógica es continua y la digital se ha obtenido a partir del muestreo de la señal original.

### 2.4.1. Muestreo de la señal

El muestreo de una señal representa el componente temporal de la misma, y se podría definir como "*varias medidas (muestras) que se toman de una señal analógica en un segundo*" (Miles Huber, 2005).

Un muestreo de 48kHz corresponde con 48.000 muestras tomadas por segundo.



Según el teorema de Nyquist de 1928, la frecuencia de muestreo seleccionada debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta que se va a muestrear (Nyquist, 1928). Por tanto, una señal de audio que abarque hasta 20kHz deberá tener al menos una frecuencia de muestreo de 40kHz. A la hora de llevarlo a la práctica, la frecuencia de muestreo debe ser un poco mayor debido a las pendientes de los filtros que se utilizan para eliminar señales espurias en frecuencias superiores. Por tanto, en los CD-Audio se utiliza una frecuencia de muestreo de 44,100Khz.

A la hora de digitalizar una señal con mayor precisión, cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo más parecida será la señal muestreada a la señal original. Aunque hoy en día hay conversores que pueden trabajar con frecuencias de muestreo muy elevadas (192kHz), utilizar frecuencias tan altas implica mayor tamaño de los archivos de audio digitales generados.

#### 2.4.2. Cuantificación de la señal

Si el muestreo de la señal representaba el componente temporal de la misma, la cuantificación representa la amplitud de la señal. Se utiliza la cuantización para convertir en digital los diferentes niveles de voltaje que presenta una señal de audio analógica en cada muestra obtenida.

Del mismo modo que al aumentar la frecuencia de muestreo aumentamos el parecido de la señal analógica con la señal digital, a mayor cuantización (expresada normalmente como profundidad de bits) mayor precisión y mayor rango dinámico de la señal digital.

Una profundidad de 16 bits (el estándar del CD-Audio) supone un rango dinámico de 97,8 dB. Los 24 bits habituales de los DVD y los Blu Ray supone un rango dinámico de 145,8 dB.

Cualquiera de estas resoluciones supone mayor rango dinámico que el de las cintas magnéticas, que suelen tener un rango dinámico de unos 55dB (mejorables hasta 30 dB si se aplican algunos sistemas de reducción de ruido como Dolby A o DBX) (Smith III, 2007).

### 3. Proyecto de digitalización

#### 3.1. El archivo de Producciones Sin/Con Pasiones

El material almacenado en cinta magnética de Producciones Sin/Con Pasiones se encuentra en un local de un solo piso situado en la Carretera de Castellón 6 de Zaragoza.

El local se encuentra medianamente acondicionado, pero aún así la temperatura y la humedad pueden variar con frecuencia en función de la época del año, lo que genera que la cinta pueda sufrir contracción y expansión, que puede generar problemas en el material base y riesgo de hongos e hidrólisis.

Las cintas magnéticas se encuentran a priori bien guardadas. Todas las cintas están dentro de sus cajas y recogidas "de cola" para evitar ecos producidos por la inducción magnética. Además, cada caja lleva en su interior la documentación de la grabación, indicando las canciones que contiene y qué hay en cada pista de la cinta.



Ilustración 6: Ejemplo de la documentación contenida dentro de cada caja.

Al examinar en detalle el material almacenado, encontramos que todas las cintas se encuentran en aparente buen estado de conservación. La emulsión se ve estable, no hay compactación ni se aprecian signos de hongos u otro tipo de problemas.

Tras estudiar todo el material, contamos 61 cintas de 24 pistas en formato de 1 pulgada y 39 cintas de 16 pistas en formato de 1/2 pulgada. Todas ellas del fabricante Ampex y el modelo 456. También están almacenadas las cintas de calibración para poder ajustar el magnetofón a la hora de llevar a cabo la digitalización.

## 3.2. Propuesta de digitalización

Llegados a este punto, empezamos a plantear la propuesta de digitalización del archivo de Producciones Sin/Con Pasiones. Aunque algunos autores plantean dividir un proceso de digitalización en diez fases (Giné Guix et al., 2017), he considerado más adecuado, debido a las características de este proyecto, dividir la digitalización utilizando cinco fases que paso a detallar a continuación.

### 3.2.1. Definición de la nueva colección y sus objetivos

La nueva colección, en este caso, se trata de todo el fondo almacenado en cinta magnética del archivo de Producciones Sin/Con Pasiones. Es un material que conforme pase el tiempo correrá más peligro de perderse definitivamente, por lo que se considera importante tratar de digitalizarlo lo antes posible. Una vez realizada la digitalización, su conservación en formato digital será mucho más sencilla.

He intentado localizar infructuosamente ejemplos similares de procesos de digitalización en otras colecciones parecidas, especialmente de otros sellos discográficos. Aunque me consta que la digitalización de muchos fondos parecidos se ha ido realizando en los últimos años, no he podido encontrar información relevante y detallada de procesos similares.

Producciones Sin/Con Pasiones se plantea poner a disposición pública el contenido del archivo una vez digitalizado, probablemente a través de una página web. En este caso, la propiedad de las grabaciones pertenece completamente a Producciones Sin/Con Pasiones, que cuenta con contratos firmados por los intérpretes de todas las grabaciones que así lo acreditan. Por tanto, no habría problemas legales ya que el sello discográfico cuenta con todos los derechos de las grabaciones.

### 3.2.2. Estimación del coste total y su viabilidad económica

Para realizar una estimación del coste total, hacemos un desglose de gastos. La compra de los magnetofones y su puesta a punto costará, aproximadamente, 1.700€ (IVA no incluido).

Cada cinta tiene un tamaño de 1800 pies (que en el sistema métrico corresponde a 548,64 metros). Esa longitud, reproducida a la velocidad de grabación de 7 ½ pulgadas por segundo, hace que cada cinta dure aproximadamente 48 minutos. Si contamos con aproximadamente 42 minutos para preparar la cinta antes de la digitalización (entre rebobinado a baja velocidad, limpieza, ajuste...) y los 48 minutos de reproducción, más aproximadamente 30 minutos extra para el corte de las canciones y su almacenamiento en carpetas digitales, el proceso total de digitalización de una cinta llevaría 2 horas.

Las 100 cintas de las que consta el archivo tardarían 200 horas en digitalizarse. El coste de un técnico de sonido autónomo para realizar este trabajo sería de 12€/hora (IVA no incluido), por lo que en personal técnico la digitalización tendría un coste de 2.400€ más IVA.

61 cintas de 24 pistas suponen 70.272 minutos de pistas de audio.

39 cintas de 16 pistas corresponden a 29.956 minutos de pistas de audio.

Por tanto, al digitalizar el material obtendríamos, aproximadamente, 100.000 minutos de grabación de audio.

A partir de estos datos podemos calcular el tamaño total de los archivos digitalizados. Para ello aplicamos la siguiente fórmula: Tamaño=Frecuencia de muestreo x N° de canales x N° de bits por segundo x segundos de duración (Paulitinatina, 2013)

Si la frecuencia de muestreo a emplear es de 96khz, 2088 pistas, 24 bits por segundo y duración aproximada de 2880 segundos, obtenemos un resultado de 13854965760000 bits, que suponen 1,73 terabytes.

En la actualidad, un disco duro de 2TB cuesta aproximadamente 57,8€ más IVA. El almacenamiento en la nube de Google Drive de 2TB supone 198,24€ más IVA al año. Por tanto, el proceso de digitalización el primer año tendría un coste de 4356,04€ más IVA.

A partir del primer año, el coste de almacenamiento supondría 198,24€ más IVA y a esto habría que sumar las tareas de mantenimiento, que podemos valorar en unas 20 horas al año de trabajo de un técnico para la revisión periódica del material.

Producciones Sin/Con Pasiones está dispuesto a asumir los gastos de la digitalización y el mantenimiento, aunque no se descarta la presentación del proyecto a las Ayudas a la Música en Aragón, que convoca anualmente el Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón mediante el cual destina ciertas subvenciones económicas a proyectos relacionados con la música que cumplan los requisitos establecidos en las bases.

### 3.2.3. Selección de los originales físicos

El segundo paso era analizar el estado de conservación del material, para saber si necesitaba ser sometido a un proceso de restauración. Tras el análisis inicial, parece que todo se encuentra en buen estado, aunque no se puede descartar que durante el proceso de digitalización aparezcan problemas que no habían sido detectados a simple vista.

A continuación se procedió a localizar los magnetófonos adecuados, pues Producciones Sin/Con Pasiones no cuenta en la actualidad con ninguno. He conseguido contactar con una persona de Valencia que cuenta con un Fostex G24S y un Fostex G16 en buen estado a la venta y actualmente Juan Miguel Sánchez, gerente de PS/CP, se encuentra negociando la compra de los mismos para llevar a cabo la digitalización.

Una vez con el magnetofón en nuestro poder, ajustado y calibrado, deberemos rebobinar los carretes con cuidado, a baja velocidad y tensión constante. Se trata de cintas que llevan entre 20 y 30 años sin utilizarse, así que deberemos comprobar que la cinta no está pegada (a primera vista parece que no) y que ruedan bien, comprobando también que no desprendan restos de la emulsión.

### 3.2.4. El proceso de digitalización

Una vez todo listo, se debe conectar la salida analógica del magnetofón a la entrada de un conversor analógico-digital de la más alta calidad que sea accesible. En este caso se utilizarán los conversores Digidesign 192 i/o de los que dispone el estudio de grabación Inguz.

La señal de reloj (wordclock) es especialmente importante en el proceso de digitalización. Cada interface digital que hace conversiones de analógico a digital (A/D) o de digital a analógico (D/A) trabaja codificando o decodificando audio con una frecuencia de muestreo y una profundidad de bits concreta. Cuando realiza ese muestreo de la señal de audio, la interface toma las muestras de forma periódica, utilizando para ello una señal generada por un reloj interno (wordclock) que le indica cuándo debe tomar las muestras.

Cuando utilizamos varios dispositivos digitales conexiados entre si, debemos tener una señal de wordclock única para todos los dispositivos. No podemos permitir que cada uno trabaje con su propio reloj. Un ejemplo para entender mejor este concepto es imaginar que tenemos que quedar con varios amigos en algún sitio a una hora concreta y cada uno de ellos lleva una hora distinta en su reloj. Así será imposible que coincidamos nunca.

La señal de wordclock indica por tanto a nuestros dispositivos digitales cuándo debe tomar las muestras de la señal en las conversiones A/D y D/A. Cuanto más

precisa sea esa señal de Wordclock, mejor será la digitalización. En el caso de utilizar señales de reloj poco precisas puede aparecer errores de jitter.

Para el proceso de digitalización que planteamos, tras realizar pruebas reales en los estudios Inguz, y comparar la señal de reloj interna de los conversores Digidesign 192 i/o con la utilización de un reloj externo Apogee Big Ben, los resultados fueron claros: El audio presentaba mucha más similitud con la señal original utilizando la señal de reloj externa.

El software utilizado para realizar la grabación digital del audio será Pro Tools 10 HD, con una frecuencia de muestreo de 96kHz y una profundidad de 24 bits, en el formato de audio sin pérdida Wav.

Se creará una carpeta para cada cinta, nombrada con la referencia discográfica, el nombre del grupo y nombre del disco, y dentro de esta habrá subcarpetas por cada canción contenida en la cinta. La referencia discográfica es un identificador único que tiene cada disco que se ha publicado en el sello Producciones Sin/Con Pasiones, que empieza siempre por SCP y detrás tiene un código de letras que hace referencia al grupo y un código numérico que hace referencia al año. Por ejemplo, el disco del grupo Stabilito titulado "La gran mentira" lleva el identificador único SCP-ST-13.

Además, no sólo habrá que digitalizar el audio de las cintas. La documentación adjunta también deberá escanearse para almacenarse dentro de las carpetas, pues contienen información de mucho valor. El escaneo se realizará a 24 bits de color y una resolución de 300 x 300 puntos por pulgada.

Cuando se termina la digitalización de una cinta, es importante no rebobinarla para volver a almacenarla en su estado original y proceder a realizar una copia de seguridad inmediata de los nuevos archivos digitales.

### 3.2.5. Preservación digital a largo plazo

Una vez finalizado el proceso de digitalización, con todos los costes que supone, es importante contar con una estrategia de preservación a largo plazo de los archivos digitales obtenidos.

A la hora de almacenar los archivos digitales, Producciones Sin/Con Pasiones combina las copias locales realizadas en discos duros con copias en sistemas de almacenamiento externos, conocidos como "la nube".

Existe un plan de revisión periódica para controlar el correcto estado de los discos duros. Cada año se procede a revisar la integridad de todos los discos duros con el software "CrystalDiskInfo", que ofrece información completa de los parámetros S.M.A.R.T (*Self Monitoring Analysis and Reporting Technology*), que permite la detección con anticipación de los fallos en la superficie permite al

usuario el poder realizar una copia de su contenido, o reemplazar el disco, antes de que se produzca una pérdida de datos irrecuperable (S.M.A.R.T, s.f.)

### 3.3. Propuesta de mejora de las condiciones de conservación

Actualmente, el archivo presenta muchos aspectos mejorables para la conservación de las cintas magnéticas, ya que no existe un plan de conservación ni hay personal dedicado a dicha tarea.

Además, según Ogden, *“Los métodos de almacenamiento inadecuados tienen un efecto directo en la vida útil de los materiales. Las condiciones de descuido, desorganización y amontonamiento rápidamente producen daños a las colecciones que podrían ser evitados. Del mismo modo, los estuches para almacenamiento de mala calidad aceleran el deterioro de los materiales que deben proteger. La manipulación normal de algún modo causa siempre daños inevitables, pero una manipulación tosca conduce rápidamente a daños serios e irreparables. En tal sentido, la observación de los siguientes lineamientos básicos prolongará significativamente la longevidad de las colecciones.”* (Ogden, 1992)

La propuesta de mejora de las condiciones de conservación plantea los siguientes aspectos:

- Planificación y ejecución de una limpieza semanal del archivo, para eliminar polvo o cualquier otro tipo de suciedad.

- Instalación de un sistema de control de temperatura y humedad para mantener el espacio a unos 20°C y 35% de humedad relativa (Bogart, 1995).

- Comprobación de que las cintas se han bobinado de forma correcta, sin ninguna detención y a baja velocidad.

- Bobinado periódico de todas las cintas realizado cada 3 años a partir de la fecha de su digitalización.



## 4. Conclusiones

Actualmente, las cintas magnéticas son un soporte que está bastante en desuso, y sin embargo todavía quedan en muchos archivos documentos con valor histórico por digitalizar. No existen tampoco demasiadas personas que sean expertas en este tipo de material, y he tenido que buscar mucha información en las fuentes que detallo en la bibliografía.

En cuanto al objetivo principal, creo haber desarrollado una propuesta de digitalización adecuada, tras haber examinado la colección. La elección de una resolución a 96khz/24bits parece ser una opción muy válida para no tener que plantearse una segunda digitalización posterior a mayor resolución, tal y como ha sucedido en ocasiones con otras digitalizaciones. Aunque 192khz presenta una mejor calidad a la hora de reproducirse un archivo digital, no existe una diferencia excesivamente acusada, por lo que plantearnos frecuencias de muestreo superiores actualmente no supone ninguna ventaja significativa ni creo que la pueda tener en un futuro próximo.

Respecto a los objetivos secundarios, creo también haber desarrollado adecuadamente un marco teórico que me ha permitido aprender sobre los procesos de digitalización y restauración de archivos basados en soporte de cinta magnética. Los principales problemas que pueden aparecer en las cintas magnéticas se deben, principalmente, a malas condiciones de conservación. Aunque suele haber técnicas para poder recuperar información frente a muchos de los problemas que pueden aparecer, en ocasiones los daños son irrecuperables. Afortunadamente, en el archivo de Producciones Sin/Con Pasiones las cintas presentan un aparente muy buen estado. Para seguir preservando en un futuro las cintas magnéticas, se propone mejorar las condiciones de conservación mediante mejoras en la limpieza, condiciones de temperatura y humedad y realización de bobinado de manera periódica.



## Bibliografía

Cinta magnética. (30 de junio 2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 8 de agosto de 2018 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta\\_magn%C3%A9tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_magn%C3%A9tica)

De Azkue, Javier. (1948). *Síndrome del vinagre*. IDIS. Extraído el 8 de agosto de 2018 desde <http://proyectoidis.org/sindrome-del-vinagre/>

Disco Compacto. (25 de julio de 2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 30 de julio de 2018 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Disco\\_compacto#Comercializaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Disco_compacto#Comercializaci%C3%B3n)

Estructura magnética de los materiales. Dominios magnéticos. (Sin fecha). En *Universitat Politècnica de Valencia*. Recuperado el 8 de agosto de 2018 de [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm10/pfcm10\\_3\\_2.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm10/pfcm10_3_2.html)

Giné Guix, E, Ullate i Estanyol, M, García-Monge, I, Térmens, M, Landaraberea, J, López, M, Bordes, I. *Archivos sonoros. Recomendaciones para su digitalización*. Madrid: Centro de Documentación de Música y Danza, 2017. Recuperado el 10 de septiembre de 2018 de <http://www.musicadanza.es/ficheros/documentos/archivos-sonoros.pdf>

Heredero, Á. A. (2016). Recuperando nuestra memoria sonora: La digitalización de los archivos históricos de la Cadena SER. *9 Jornadas archivando: usuarios, retos y oportunidades* (págs. 121-132). León: Fundación Sierra-Pambley.

Hidrólisis. (24 de julio de 2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 8 de agosto de 2018 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3lisis>

International Association of Sound and Audiovisual Archives. (2009). Guidelines on the production and preservation of digital audio object. *International Association of Sound and Audiovisual Archives*. Recuperado el 8 de agosto de 2018 de <https://www.iasa-web.org/tc04/audio-preservation>

Kruse, M. (1970) *El breviario ameno de la cinta magnetofónica*. Berlin, Alemania. Basf.

Magnetophon. (10 de mayo 2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 1 de agosto de 2018 de <https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetophon>

Martínez García, S.M. (2008). *La Conservación de las Cintas Magnéticas en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Música Cubana. Alternativas para salvaguardar el patrimonio musical cubano*. Ciudad de La Habana: Universidad de La Habana.

Miles Huber, D. (2005). *Técnicas de grabación modernas*. Barcelona: Ediciones Omega.

Nyquist, H. (1928). *Certain topics in Telegraph Transmission Theory*. Extraído el 11 de septiembre de 2018 de: [https://www.eit.lth.se/fileadmin/eit/courses/eit085f/Nyquist\\_Certain\\_Topics\\_in\\_Telegraph\\_Transmission\\_Theory\\_\\_AIEE\\_1928.pdf](https://www.eit.lth.se/fileadmin/eit/courses/eit085f/Nyquist_Certain_Topics_in_Telegraph_Transmission_Theory__AIEE_1928.pdf)

Noain, Idoia. (2009). *La NASA da por perdido el vídeo original del primer paseo lunar*. Extraído el 30 de julio de 2018 de: <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20090719/la-nasa-da-por-perdido-el-video-original-del-primer-paseo-lunar-112649>

Ogden, Sherelyn.(1998). *El Manual de Preservación de Bibliotecas y Archivos del Northeast Document Conservation Center*. Caracas: Biblioteca Nacional de Venezuela.

Paulitinatina (2013). *Cálculo del tamaño de un archivo de audio sin comprimir*. Extraído el 11 de septiembre de 2018 de: <http://infopaulitina.blogspot.com/2013/01/calculo-del-tamano-de-un-archivo-de.html>

Ruiz, Julián. (2009). *El milagro de las 217 canciones de los Beatles*. Extraído el 30 de julio de 2018 de: [http://www.elmundo.es/especiales/2009/09/cultura/beatles\\_remastered/index.html](http://www.elmundo.es/especiales/2009/09/cultura/beatles_remastered/index.html)

S.M.A.R.T. (6 de junio 2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 11 de septiembre de 2018 de <https://es.wikipedia.org/wiki/S.M.A.R.T>.

Smith III, Julius O. (2007). *Mathematics of the Discrete Fourier Transform (DFT), with Audio Applications --- Second Edition*. Extraído el 2 de septiembre de 2018 de <https://ccrma.stanford.edu/~jos/mdft/>

Van Bogart, John W.C. (1995). *Magnetic Tape Storage a Handling. A Guide for Libraries and Archives*. Extraído el 4 de agosto de 2018. <https://www.clir.org/wp-content/uploads/sites/6/pub54.pdf>

## Anexo: Fotografías del material a digitalizar



Fotografía 1: Cintas de 1 pulgada



Fotografía 2: Cintas de 1/2 pulgada

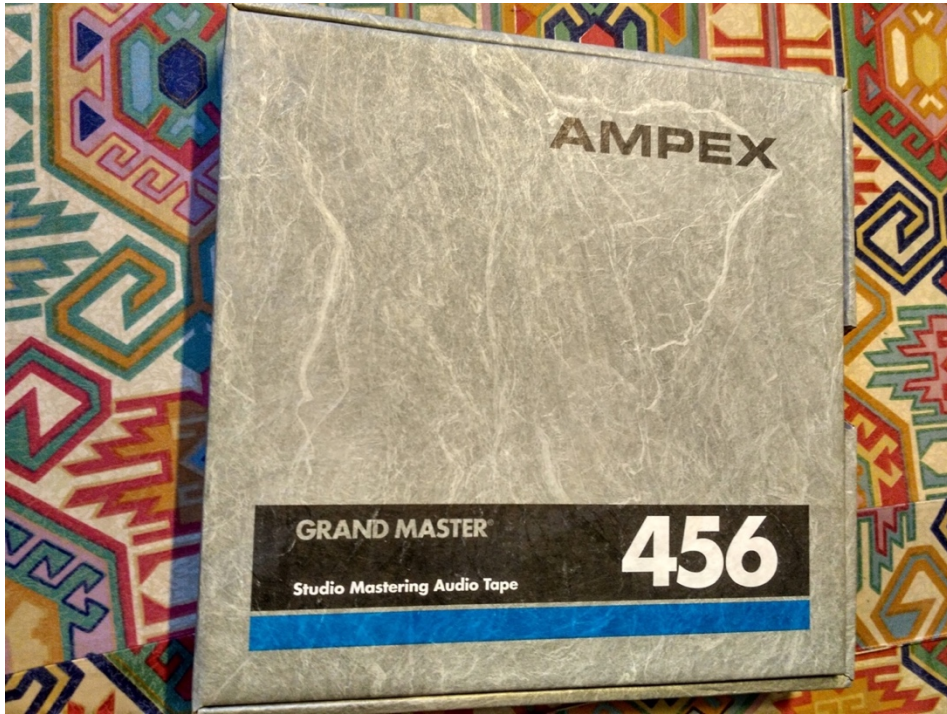




Fotografía 3: Cintas de 1 pulgada



Fotografía 4: Cintas de 1 pulgada



Fotografía 5: Detalle funda de cinta 1 pulgada



Fotografía 6: Detalle de cinta 1 pulgada



## Glosario

Coercitividad: Medida de la dificultad de borrado de la cinta magnética.

Cuantificación: Conversión de una señal analógica a una expresión numérica mediante valores medidos en puntos de muestreo.

DAT: Cinta de audio digital (*Digital Audio Tape*)

dB: Abreviatura de decibelio, que es una indicación de nivel en formato logarítmico.

Frecuencia de muestreo: Número de muestras por segundo que se toman al digitalizar una señal de audio analógica.

Jitter: Es la desviación no deseada de una señal periódica. Durante el muestreo de una señal analógica, sería la desviación temporal a la hora de capturar las muestras.

Khz: Abreviatura de kilohercio, que en audio significa miles de ciclos por segundo.

Profundidad de bits: Número de bits que describen la muestra de audio digital.

Rango dinámico: Intervalo medido en decibelios entre el nivel más alto de señal admitido por un equipo o formato y el nivel más bajo que puede oírse antes del ruido de fondo.

Teorema de Nyquist: La teoría del muestreo de señales analógicas que define que para una señal de ancho de banda limitado, la frecuencia de muestreo debe ser al menos dos veces mayor que su ancho de banda medido en Hercios.

Wordclock: Señal de reloj utilizada para la sincronización de los circuitos de procesamiento de audio digital dentro de cada dispositivo.

Wow y flutter: Problema de variación del tono de un audio grabado, que se puede dar en reproductores de cinta magnética o de vinilos.