



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Restauración de la máquina Truca
(1969) para efectos especiales,
como apoyo durante el servicio
social para la Fimoteca de la UNAM**

TESINA

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Bruno Valencia Trigos

DIRECTOR DE TESINA

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a mis padres y a mi hermana, ya que sin importar la distancia y las dificultades, siempre estuvieron apoyandome incondicionalmente.

A mis abuelas, tíos y primos, quienes nunca dudaron en brindarme su ayuda durante estos años.

A Frida, no solo por ser mi mejor amiga, sino por ser ese pilar de apoyo que siempre estuvo allí y a quien veo como un ejemplo.

A mis amigos, quienes a pesar de las distancias, el tiempo y las diferencias, siempre estuvieron presentes.

Por ultimo a mis profesores, quienes me brindaron todo su conocimiento y experiencia con lo cual fue posible lograr esta meta.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Descripción de la máquina.....	3
2.1 Vista frontal.....	3
2.2 Vista lateral.....	4
2.3 Vista posterior.....	5
3. Identificación de la causa raíz.....	7
3.1 Recreación de los hechos.....	7
3.2 Prueba de funcionamiento.....	8
4. Análisis eléctrico.....	11
4.1 Falla en el variador de velocidad del motor DC.....	12
4.1.1 Corto Circuito.....	13
4.1.2 Segunda falla eléctrica, circuito abierto.....	21
4.1.3 Arranque de la máquina.....	25
4.2 Falla en el circuito del foco del proyector.....	26
4.2.1 Recableado.....	27
4.2.2 Circuito equivalente.....	29
5. Sistema mecánico.....	32
5.1 Identificación de las fallas.....	34
5.1.1 Fallas en el tren reductor de los motores del magazine.....	35
5.1.2 Fallas menores en elementos de sujeción.....	40
5.1.3 Falla en el contador de pietaje de la cámara.....	42
5.1.4 Falla en el sistema de poleas de los marcadores de posición.....	45
6. Pruebas de operación.....	47
6.1 Pruebas de alineación.....	48

6.2	Pruebas de sincronización	51
6.3	Pruebas de luz	52
7.	Conclusiones.....	62
8.	Bibliografía	64

1. Introducción

La Filmoteca de la UNAM es la institución encargada de localizar, adquirir, identificar, clasificar, restaurar, conservar y difundir archivos cinematográficos, así como objetos y documentos relacionados con la cinematografía del país, algunos de ellos consideradas obras de arte. Uno de los papeles más importantes desempeñados por esta institución, es el de restaurar archivos cinematográficos en el formato de película original. Este trabajo es desempeñado dentro de la institución por el laboratorio cinematográfico, el cual cuenta con una gran cantidad de máquinas, que son utilizadas para generar copias de los materiales resguardados en las bóvedas de la institución.

Estas máquinas trabajan el material fílmico en diferentes formatos, desde 16 mm hasta 35 mm, que es el ancho de la película. Dichas máquinas al igual que los formatos mencionados anteriormente, son actualmente considerados obsoletos por el mercado, por lo que los servicios de mantenimiento y suministro de material son escasos. Esto genera una problemática al laboratorio, ya que la descompostura de una de estas máquinas implica la incapacidad de restauración en estos formatos, debido a que es difícil conseguir tanto una máquina de reemplazo como sus refacciones.

Para solventar esta problemática el laboratorio cinematográfico se apoya en la Facultad de Ingeniería, ofreciendo un puesto de servicio social, cuyo objetivo es el de mantener y restaurar las máquinas utilizadas por el laboratorio. Este programa de servicio beneficia directamente a este laboratorio, permitiéndole trabajar continuamente en su importante tarea.

Como prestador de servicio en esta institución, se me encomendó el proyecto de restauración de la máquina denominada "Truca" la cual se encontraba sin funcionar desde el 2014. Esta máquina data del año de 1969, y es denominada "Truca", ya que es originalmente una máquina diseñada para realizar efectos especiales (Trucos) realizando la superposición de dos imágenes proyectadas, las cuales inciden por medio de una serie de lentes, en la cámara la cual cuenta con material virgen fotosensible, en el que queda grabado la superposición de dichas imágenes.

Dicha máquina es esencial e imprescindible para la labor del laboratorio, pues les permite realizar la copia de archivos delicados o deteriorados, esto gracias a su peculiar funcionamiento el cual permite la reproducción cuadro por cuadro de la película, permitiendo así al personal del laboratorio un manejo delicado de la película, el cual no podría ser realizado en una impresora óptica comercial.

Además de ser un beneficio para la Filmoteca, actualmente alumnos del CUEC se han interesado en hacer uso de dicha máquina para realizar obras de cine experimental, y dada la estrecha relación que existe entre dichas instituciones, la posibilidad de tener una máquina de este tipo es una gran oportunidad para el desarrollo, no solo de profesionistas de esta rama, sino de grandes obras artísticas que pudieran ser producidas gracias a esta máquina.

Cabe mencionar que el proyecto ya había sido encomendado previamente encomendado a varias estudiantes de generaciones anteriores que prestaron su servicio social en la Filmoteca, sin alcanzar el objetivo deseado de restaurar el equipo antes mencionado.

En la presente tesina, expondré la metodología utilizada para la restauración de dicha máquina, tomando como fundamentos el análisis de falla y los principios de mejora continua.

2. Descripción de la máquina

La máquina Truca, es una máquina de efectos especiales diseñada a principios de los años 60, por la compañía Producers Service Co. Esta máquina fue diseñada para trabajar con el formato de 35mm, el cual fue el formato estándar de cine hasta el 2004, cuando el cine comenzó a digitalizarse.

El principio de funcionamiento de esta máquina involucra dos proyectores, uno aéreo y otro fijo, los cuales proyectan imágenes diferentes, haciéndolas coincidir por medio de dos lentes biconvexos sobre la cámara, la cual contiene material fotosensible (película de 35mm virgen) capturando así la superposición de dos imágenes, en un solo filme.

A continuación, se describen las partes de dicha máquina, las cuales serán referidas a lo largo de este trabajo.

2.1 Vista frontal

En la imagen 1 se muestra la máquina Truca en su vista frontal. En esta imagen se puede ver el sistema de proyección, así como la cámara y el panel de control. En el panel de control se encuentran los interruptores y seleccionadores de las diferentes funciones de la máquina. Todos los elementos mecánicos son potenciados por un motor DC ubicado en la parte inferior de la máquina. La potencia es transmitida a estos elementos por un sistema de transmisión el cual además sincroniza el movimiento de ambos proyectores con el de la cámara.

Los elementos numerados en la imagen 1 son los siguientes:

1. Foco
2. Proyector Aéreo (1)
3. Lente biconvexo Aéreo
4. Proyector fijo (2) y lente fijo biconvexo
5. Cámara
6. Panel de control

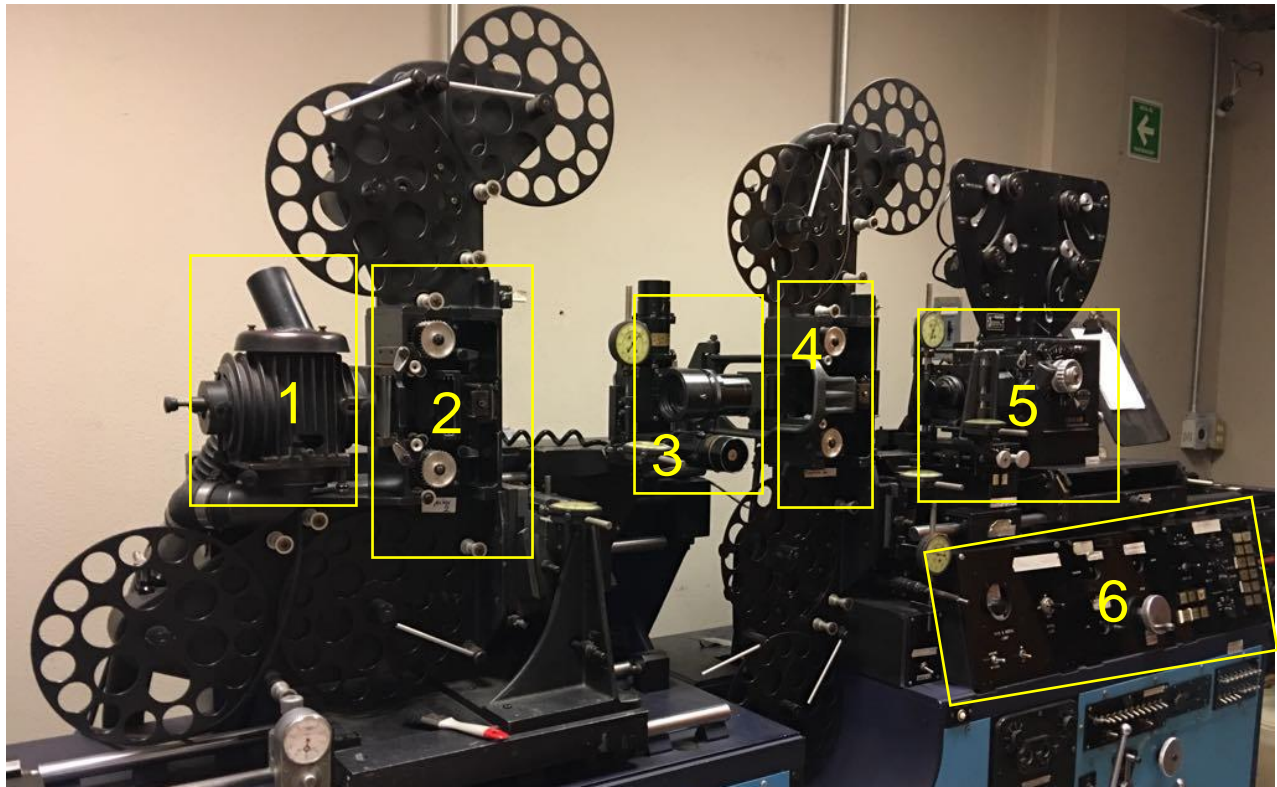


Imagen 1. Vista frontal de la Truca

2.2 Vista lateral

La imagen 2 muestra la vista lateral derecha de la máquina. En esta imagen se puede apreciar el panel lógico, el tablero de energía y el variador de velocidad del motor DC. El panel lógico contiene un banco de relevadores, encargado del control de la máquina. En la parte superior del panel se ubica el tablero de energía, donde se encuentran los interruptores maestros de los diferentes sistemas de la máquina. A un costado de este se encuentra el variador de velocidad del motor DC principal, encargado de generar potencia para el movimiento de ambos proyectores y de la cámara.

Los elementos señalados en la imagen 2 son los siguientes:

1. Panel lógico
2. Tablero de energía
3. Variador de velocidad del motor DC



Imagen 2. Vista lateral derecha de la Truca

2.3 Vista posterior

En las imágenes 3 y 4 se muestra la vista posterior de la Truca. En la imagen 3 se aprecia el variador de velocidad con su cubierta y el motor DC, así como parte del sistema de transmisión. En la imagen 4 se muestra un acercamiento al motor DC y al sistema de transmisión.

En la siguiente imagen 3 se muestran los siguientes componentes:

1. Variador de velocidad del motor DC
2. Sistema de transmisión
3. Motor DC

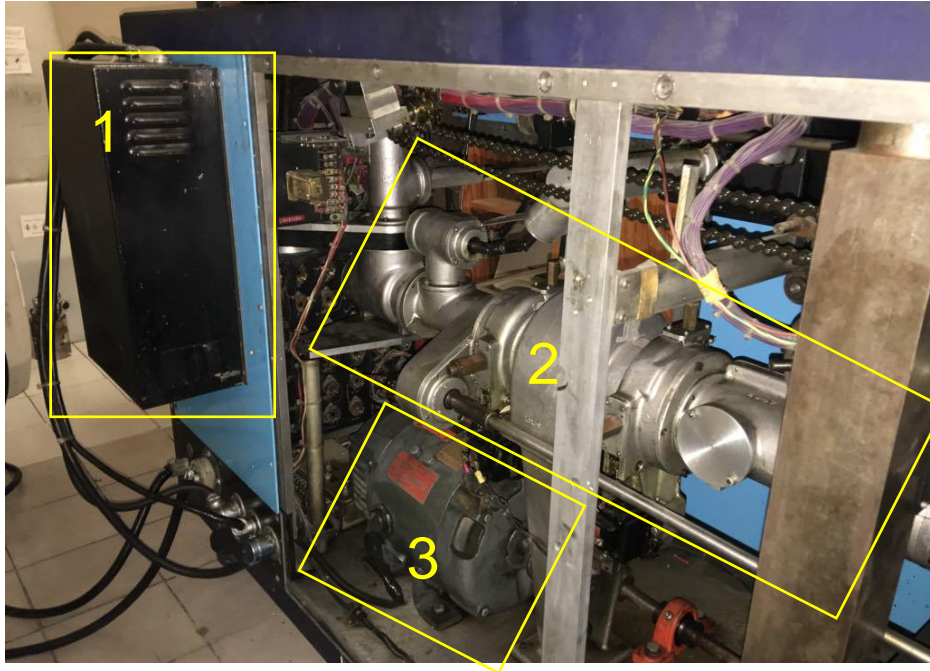


Imagen 3. Vista posterior de la Truca

En la imagen 4 se señalan los siguientes elementos:

1. Motor DC
2. Sistema de Transmisión

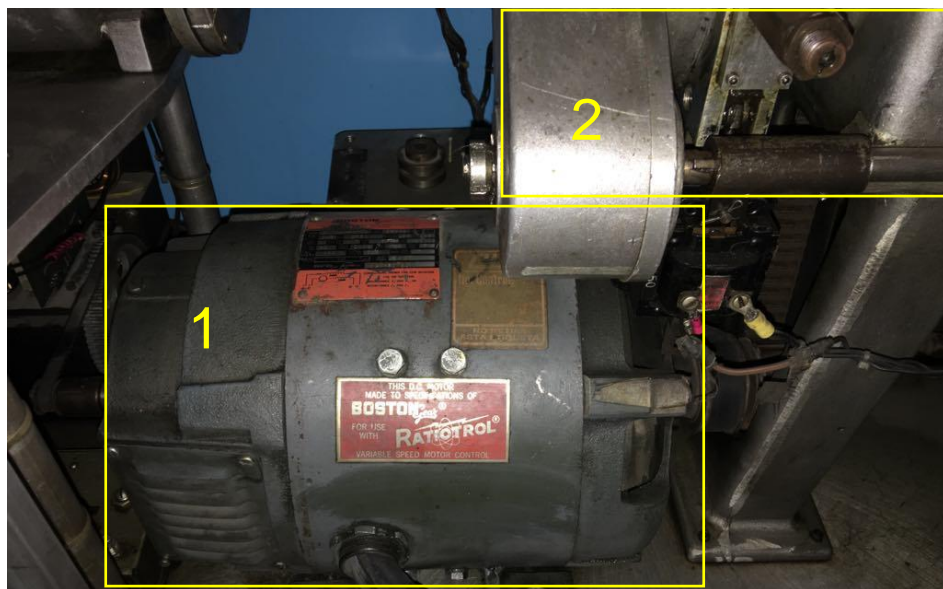


Imagen 4. Motor DC y sistema de transmisión

3. Identificación de la causa raíz

Para poder estudiar las fallas dentro de la máquina, fue importante primero identificar las causas de estas. Esto permitió determinar los parámetros que generaron dichas fallas, pudiendo así aislar el problema principal a una sección específica dentro de esta.

Al realizar la identificación de la causa, se puede disminuir considerablemente el tiempo de trabajo, pues es posible separar las diferentes partes de dicha máquina según sea conveniente. En este caso se separó, por las características de la máquina en sistema eléctrico y sistema mecánico.

3.1 Recreación de los hechos

Para identificar el problema, lo primero fue la recreación de los hechos. Esto consiste en identificar los hechos sucedidos los cuales desencadenaron las fallas en la máquina.

La falla se mostró por primera vez, en el año 2014 cuando llegó una nueva máquina de revelado al laboratorio. Para la instalación de la nueva máquina se realizaron movimientos dentro del laboratorio con la finalidad de generar espacio. Como parte de dichos movimientos, la máquina Truca fue desplazada de su lugar original donde trabajaba sin ningún problema.

Ya en el nuevo lugar designado para la Truca, se conectó la máquina y se encendió. Esto inmediatamente generó un cortocircuito dentro de las instalaciones de la Filmoteca. Los sucesos descritos por el personal del laboratorio señalan que la máquina fue conectada en un socket bifásico de 240V, cuando la máquina funciona con 220V monofásico como se muestra en la placa de identificación en la imagen 5. Ya que la máquina no está diseñada para trabajar con un suministro bifásico, es claro que se generó un corto circuito en algún componente eléctrico o electrónico.

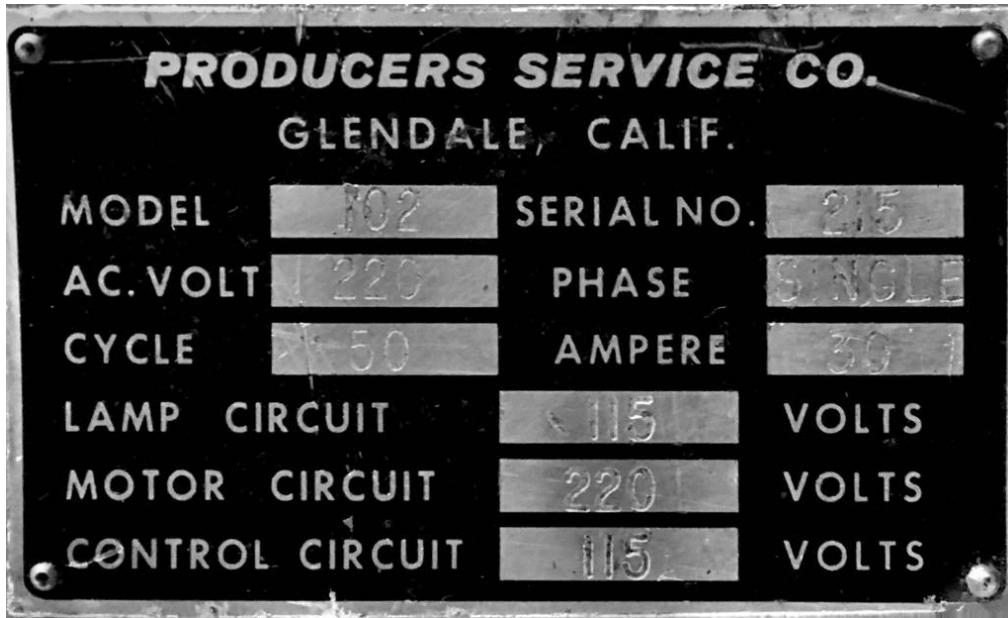


Imagen 5. Placa de identificación de la Truca

Fue a partir de dicho corto circuito, que la máquina presentó problemas y dejó de funcionar, generando una gran problemática para el personal del laboratorio.

Se puede definir la causa como la falta de identificación de los sockets, lo cual generó un error humano provocando así el cortocircuito dentro de la máquina.

Fue a partir de este momento, que el laboratorio se enfocó en la reparación de dicha máquina, dejando esta tarea para los prestadores de servicio social.

Como conclusión del proceso de recreación de hechos, se definió que el problema principal se encontraba en el sistema eléctrico, por lo que cualquier elemento mecánico se descartó en primera instancia.

3.2 Prueba de funcionamiento

Tras concluir la recreación de los hechos, y al haber identificado la falla dentro del sistema eléctrico, se procedió a realizar pruebas de funcionamiento en el equipo, con la finalidad de poder rastrear la falla dentro de dicho sistema.

En primera instancia, se supuso que el problema se encontraba dentro de la etapa de potencia del equipo, ya que esta etapa tiende a fallar primero en cualquier sistema

eléctrico y o electrónico, debido a que es la etapa que maneja corrientes eléctricas más altas. Generalmente esta etapa cuenta con seguros contra corto circuitos, como fusibles y pastillas, y al ser la primera defensa contra estos fenómenos, los elementos eléctricos contenidos en estas etapas suelen dañarse antes de involucrar un componente más delicado, como pudiera ser un componente de control. Con esto en mente se realizó la primera prueba, para esto se conectó el equipo al socket monofásico de 240V correspondiente, buscando primero descartar algún falso contacto en el suministro de energía. Para esto se revisó que las tensiones fueran correctas en los nodos correspondientes del tablero de energía (Imagen 6). Dicha medición se realizó con un multímetro, concluyendo que las tensiones eran correctas.

Una vez descartado el falso contacto, se realizó la segunda prueba la cual consistió en intentar encender la máquina de manera habitual. Para eso se colocaron todos los interruptores maestros en encendido, y se arrancó la máquina desde el panel de control. Al realizar el arranque, el interruptor maestro ubicado en la sección derecha del tablero de energía (Imagen 6), instantáneamente cambiaba de posición a apagado, emitiendo a su vez un chispazo, característico de estos interruptores al presentar un corto circuito. Al suceder esto se desconectó inmediatamente la máquina y se realizó la revisión de los fusibles principales, revisando la continuidad en estos¹ con la finalidad de ubicar el posible corto. Todos los fusibles se encontraban en buen estado, por lo que se descartaron problemas con sus sistemas correspondientes.

¹ Todos los procedimientos de manejo eléctrico, fueron realizados siguiendo los procedimientos de seguridad (desconexión del equipo, descarga de capacitores, procedimiento Lockout/Tagout LOTO) y haciendo uso del equipo de protección personal adecuado (guantes de eléctrico, botas y lentes de protección).

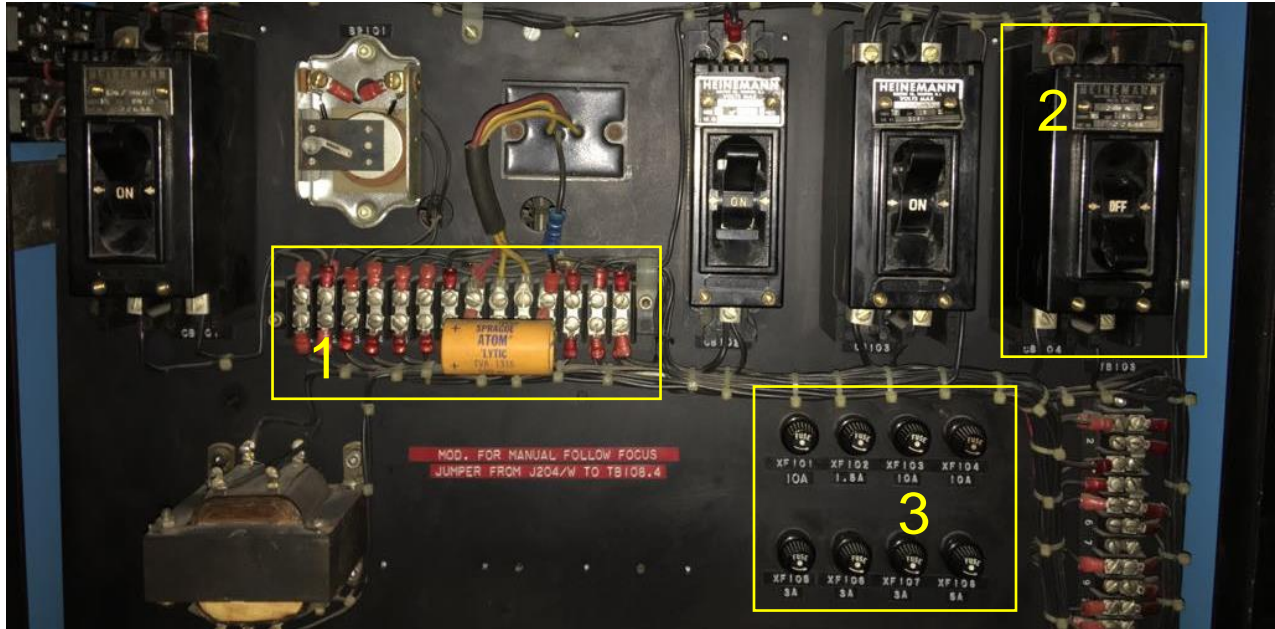


Imagen 6. Tablero de energía, 1) Nodos de alimentación principal, 2) Interruptor maestro del motor DC, 3) Fusibles principales

Esto dejó una única opción, la cual fue atribuir el problema al sistema relacionado directamente con el interruptor principal. Para identificar dicho sistema se recurrió a los planos o diagramas eléctricos existentes de la máquina, como se puede ver en la imagen 7, dicho interruptor corresponde al sistema del motor DC. Con esta prueba fue posible concluir que el problema principal se encontraba en dicha etapa del sistema eléctrico, descartando así en primera instancia, cualquier otro subsistema eléctrico.

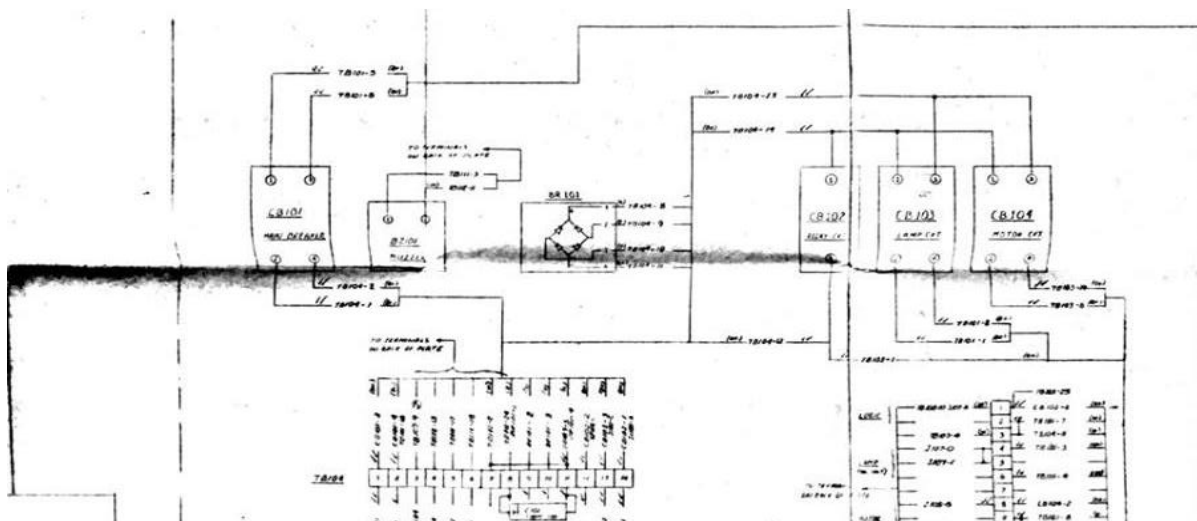


Imagen 7. Plano de cableado del panel lógico

4. Análisis eléctrico

Al identificar la falla en el sistema eléctrico, y más específicamente en el subsistema del motor DC, se procedió a evaluar los componentes involucrados en dicho subsistema. Estos componentes son los descritos anteriormente en el capítulo 2 (Descripción de la máquina), los cuales consisten en el interruptor principal del subsistema, seguido por el variador de velocidad del motor DC y finalmente el mismo motor DC.

El primer paso para identificar el componente dañado, fue identificar en los planos los elementos involucrados. Aquí se presentó la primer gran problemática, pues posterior a las salidas del interruptor principal del motor, no se contaba con ningún plano, pues los elementos siguientes (variador de velocidad y motor), fueron fabricados por una empresa ajena a Producers Services Co. quienes únicamente proporcionaron planos de los elementos fabricados por ellos. Dichos elementos fueron fabricados por Boston Gear Co. empresa que actualmente sigue en el giro de fabricación de elementos de transmisión de potencia. Una vez identificado esto, se procedió a buscar la empresa y a contactarla, sin embargo, por la antigüedad del equipo la compañía no fue capaz de brindar soporte sobre los elementos.

Al no poseer información acerca de los elementos posteriores al interruptor, se tomó una postura práctica para el análisis del sistema. Esto implica la identificación de elementos dañados primero visualmente y después revisando sus características con la ayuda de un multímetro. Para esto se aisló el sistema en los componentes descritos anteriormente con la finalidad de descartar los componentes que se encontraran en buen estado.

Una vez aislados, se comenzó por revisar el funcionamiento del interruptor principal. Esto se realizó simplemente con una prueba de continuidad, abriendo y cerrando dicho elemento asegurando así su funcionamiento. Al cumplir con su funcionamiento, dicho elemento se descartó completamente.

Por facilidad, posteriormente se procedió a revisar el motor DC, ya que el variador de velocidad es el componente con mayor complejidad en el sistema, con la finalidad de descartar un posible corto circuito en este. Primero se realizó una inspección visual de los embobinados, la cual no mostro ninguna problemática. Después se revisó la

resistencia en ambos embobinados del motor (armadura y campo), haciendo uso del multímetro en configuración de óhmetro, con la finalidad de garantizar que ambos siguieran en buen estado. Ambos mostraron resistencia adecuada, siendo la resistencia de armadura (0.4Ω) mucho menor a la del campo (11Ω), y un circuito cerrado, por lo que se concluyó que ambos embobinados se encontraban en buen estado. Como revisión final se realizó una prueba de continuidad entre las terminales de los embobinados y tierra, para esto se tomó como tierra en primera instancia el chasis del motor, y como segunda prueba la tierra común de la máquina ubicada en el panel lógico. Se revisó cada una de las terminales, mostrando cada una de estas una discontinuidad, garantizando un circuito abierto. Con esta última prueba se descartó el corto circuito en el motor.

Por eliminación, fue posible atribuir el problema en el subsistema eléctrico del motor DC al variador de velocidad, por lo que se procedió a realizar la revisión de este.

4.1 Falla en el variador de velocidad del motor DC

El análisis de este componente eléctrico se realizó siguiendo la metodología de análisis de falla en fuentes eléctricas. Se decidió considerar al variador de velocidad como una fuente de corriente directa por sus características. Esta metodología facilita la detección de elementos dañados dentro del equipo eléctrico, basándose en el funcionamiento de dichos elementos. Esta metodología consiste en los siguientes pasos:

1. Identificación de las etapas de la fuente eléctrica
2. Inspección visual y medición de componentes con multímetro
3. Revisión de etapa de suministro
4. Revisión de la etapa de rectificado
5. Revisión de la etapa de transformación
6. Revisión de la etapa de control

La metodología sigue dicho orden, debido a las características de las diferentes etapas, asumiendo que es más probable encontrar elementos dañados en etapas de mayor potencia. Esta también se fundamenta en el diseño de las fuentes, en el cual se busca tener elementos de seguridad, los cuales tienden a fallar antes. Estos elementos generalmente se encuentran en las primeras etapas, y suelen ser componentes de bajos

costo. En conclusión, la metodología asume que las últimas etapas, como las etapas de control, se encuentran protegidas por todas las etapas anteriores a estas. Si bien esto no es siempre cierto, en la mayoría de los casos, las fallas aparecen en las etapas de potencia, generalmente en componentes como fusibles, diodos y transistores.

4.1.1 Corto Circuito

Siguiendo la metodología anteriormente descrita, el primer paso fue identificar las diferentes etapas del variador de velocidad del motor DC con la finalidad de aislarlas, así como las condiciones de trabajo tanto del variador como del motor. Este paso fue muy importante, ya que al no contar con diagramas electrónicos ni información acerca de este variador, iba a ser necesario entender las bases de su funcionamiento. Además, al ser un sistema bastante antiguo, fue correcto asumir que dicho funcionamiento sería diferente a los actuales variadores existentes en el mercado y más aún que dicho sistema fue diseñado específicamente para el motor DC instalado.

Para identificar las características tanto del variador de velocidad como del motor, se revisaron sus placas de identificación las cuales se muestran en las imágenes 8 y 9.



Imagen 8. Placa de identificación del motor DC.

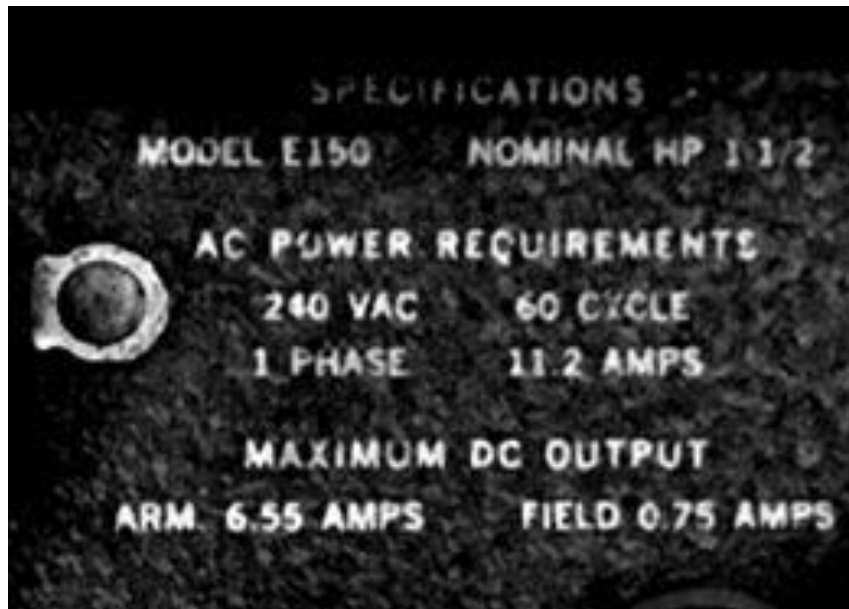


Imagen 9. Placa de identificación del variador de velocidad.

De estas placas se extrajeron los siguientes datos de importancia:

Motor	
Característica	Valor
Voltaje de trabajo	240 V
Corriente de armadura	5.7 A
Corriente de campo	0.44 A
Tipo de alimentación	Corriente directa

Variador	
Característica	Valor
Voltaje de entrada	240 V AC 1 Fase
Corriente de entrada	11.2 A
Corriente máxima de salida armadura	6.55 A
Corriente máxima de salida campo	0.75 A

De estos datos fue posible asumir los siguientes puntos:

1. Al ser un motor DC, el variador de velocidad debe contar con una etapa de rectificación.
2. El variador cuenta con una entrada AC y dos salidas DC conectadas a los diferentes embobinados del motor
3. Al ser un variador de velocidad DC, es necesario que este varíe el voltaje en la armadura o el flujo magnético del campo, basándose en los principios de funcionamiento de un motor DC. Esto implica que debe contar con una etapa de control.
4. El sistema debe contar con fusibles diferentes destinados a la etapa de entrada y de salida de este, ya que existe una gran diferencia entre las corrientes involucradas.

Con los puntos anteriormente descritos, fue posible identificar los elementos del variador según se indica en la imagen 10.

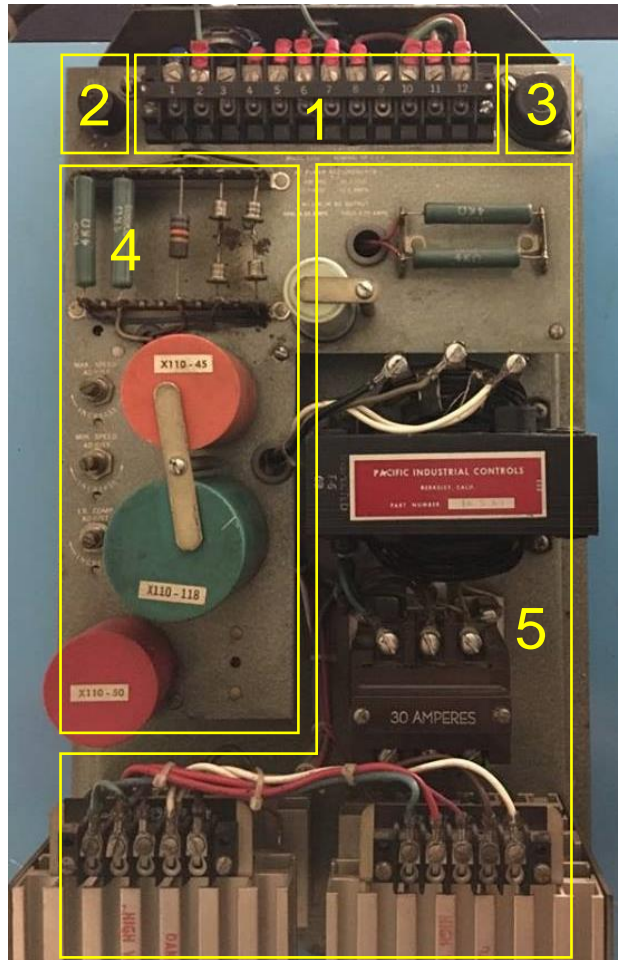


Imagen 10. Variador de velocidad.

La numeración corresponde a los siguientes elementos:

1. Bornes de entrada y salida
2. Fusible de entrada a 240 V 20 A
3. Fusible de salida a 240 V 7 A
4. Etapa de control
5. Etapa de rectificación

Una vez identificadas las diferentes etapas y elementos del variador, se realizó la inspección visual. Con esta inspección se busca identificar señales de corto circuito, como puede ser un componente quemado, alguna señal de una chispa de alta corriente,

signos de sobrecalentamiento de algún componente o algún elemento cuyo contacto con otro (contacto no deseado) haya generado el problema.

Se encontraron algunos elementos con indicios de sobrecalentamiento, en su mayoría resistencias ubicadas en la etapa de control. Estas fueron revisadas con ayuda de un multímetro, siendo el resultado de la prueba satisfactorio, por lo que se descartaron como elementos dañados y simplemente se asumió que las marcas de sobrecalentamiento se debían a la antigüedad de la máquina.

Otro posible elemento de falla detectado, fueron los cables de entrada y salida ubicados en el borne superior. Estos por la antigüedad del equipo, se encontraban desgastados, y en algunos casos el aislante exterior se encontraba roto o dañado por el calentamiento como se muestra en la imagen 11. Primero se realizó una prueba con el multímetro probando continuidad con la finalidad de descartar el contacto entre las diferentes terminales. Después de revisar cada una de ellas, no se encontró nada fuera de lo normal, por lo que se descartó dicho problema como la causa del corto circuito. Por seguridad y como mantenimiento preventivo, se realizó la reparación de dichos cables para así evitar un posible accidente en el futuro.



Imagen 11. Cables dañados en las terminales de entrada y salida.

Los casos anteriormente descritos, fueron los únicos problemas detectados con la inspección visual, por lo que se continuó con la metodología.

El tercer paso de la metodología implicó la revisión de la etapa de suministro. Esta etapa consiste en los bornes y los fusibles mostrados en la imagen 3. Como se describió en el

paso anterior, las entradas y salidas ya habían sido revisadas por lo que se evitó el retrabajo en esa sección. Se realizó la revisión de los fusibles, primero con una inspección visual y posteriormente con una revisión de continuidad con el multímetro. Ambos fusibles mostraron encontrarse en buen estado, por lo que se descartaron como elementos de falla.

Una vez descartada esta etapa, se procedió a revisar la siguiente descrita en la metodología. La siguiente etapa fue la de rectificación, la cual se muestra en la imagen 10. Esta etapa consta de dos resistencias, un transformador, un capacitor y diodos rectificadores de potencia ubicados en el disipador de la parte inferior.

Siguiendo la metodología, los elementos más propensos a fallar de los anteriormente descritos, serían los diodos. Esto se puede concluir analizando el funcionamiento de estos elementos. También es posible asumir que los diodos debieron fallar antes que los otros elementos, tomando en cuenta la causa raíz de la falla, la cual es descrita en el capítulo 2.

Con todas estas conclusiones, se continuó haciendo la revisión de dichos elementos. Para esto fue necesario extraer los diodos del disipador y probarlos aisladamente. Es posible comprobar el correcto funcionamiento de un diodo con el uso de un multímetro en su configuración de óhmetro. Siguiendo los principios de funcionamiento de un diodo y al ser un semiconductor tipo PN polarizado (cuenta con dos terminales un ánodo y un cátodo), este debe indicar dos posibles mediciones dependiendo del orden de conexión de las terminales del multímetro. Al polarizar correctamente el diodo en directa (el ánodo conectado a la terminal positiva y el cátodo a la terminal negativa del multímetro), este debe presentar una resistencia baja, sin que esta sea cercana a cero como para ser tomada como cortocircuito. En el caso contrario de polarizar el diodo en inversa (invirtiendo la conexión de las terminales), este debe mostrar una resistencia muy alta, implicando físicamente un circuito abierto. En el caso de que alguna de estas dos mediciones marque algo diferente a lo descrito anteriormente, es posible asumir que el diodo se encuentra dañado y requiere ser remplazado (por ejemplo, al medir una resistencia baja o alta en ambas polarizaciones implicaría que el diodo está en corto en el primer caso y abierto en el segundo caso).

Tras ser revisados todos los diodos, se encontró que uno de ellos se encontraba dañado, presentando una medición equivalente a un cortocircuito en ambos sentidos de polarización como se muestra en las imágenes 12 y 13. Después de encontrar este elemento dañado, se le atribuyó en primera instancia la actual falla del sistema, por lo que era necesario realizar un cambio de este elemento.

Como se muestra en las imágenes 12 y 13 el diodo dañado es original de la máquina, por lo que este elemento corresponde a un diodo rectificador de potencia de 1969. Al ser un elemento antiguo no se encontró nada de información de sus características. Esto implicó la segunda gran problemática en la reparación de la máquina, pues sería necesario encontrar un diodo equivalente, con las características adecuadas para garantizar el correcto funcionamiento del equipo.



Imagen 12. Diodo polarizado en directa, con el ánodo en la parte superior.

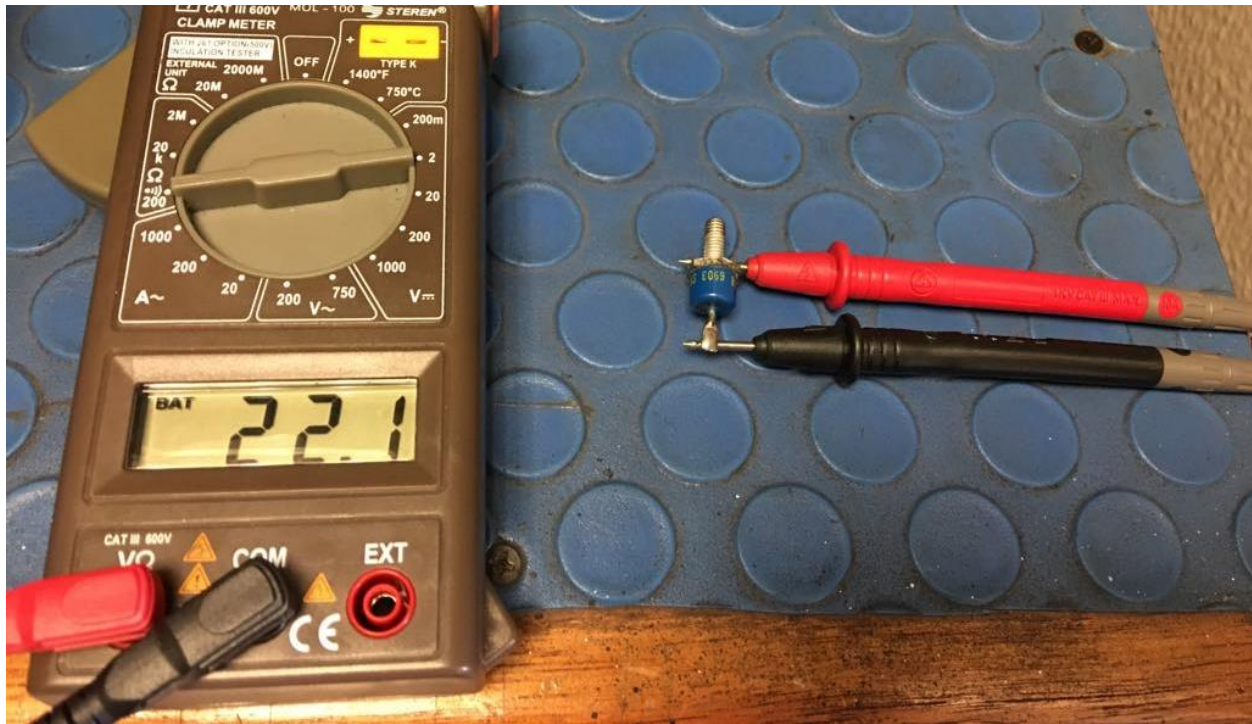


Imagen 13. Diodo polarizado en inversa, con el ánodo en la parte inferior.

Para la solución de este problema, se recurrió a la información recolectada anteriormente en la identificación de las etapas. En las placas de ambas máquinas eléctricas se indicaban sus características de funcionamiento. Siguiendo estas características, y los fundamentos de diseño, se tomaron las corrientes y voltajes más altos de ambas máquinas como base para la elección de un diodo equivalente. Dichas características, fue el voltaje de 240 V y la corriente de 11.2 A. Con esta información se buscó en catálogos de componentes eléctricos de potencia, un diodo que cumpliera con dichas características de funcionamiento.

El diodo seleccionado fue un 16F40/NTE5900, cuyas características de trabajo son 400V y 16 A. Este diodo cumple con las características de los equipos, además de ser la opción más económica entre los posibles diodos equivalentes.

Se presentó la requisición de compra ante el jefe del laboratorio, quien posteriormente la envió al departamento de compras de la Fílmoteca.

Después de adquirir el nuevo componente se realizó la instalación de este en el equipo. Una vez instalado se realizó una revisión de las conexiones con la finalidad de descartar

cualquier error en el momento de la instalación que pudiera desencadenar otra falla. También se realizaron revisiones de los elementos adicionales de la etapa de potencia (resistencias, transformador y capacitor), concluyendo que estos se encontraban en buen estado.

Al encontrar el diodo como elemento dañado, se descartó inmediatamente la posibilidad de una falla en la etapa de control del sistema, ya que esta está protegida por los elementos anteriores. Además, esta etapa consistía en su totalidad de elementos poco susceptibles a fallas, como resistencias, potenciómetros y bobinas.

Aun así, se realizó una segunda inspección visual de todo el equipo buscando alguna posible falla provocada por la manipulación de los elementos del variador, sin encontrar ningún problema.

4.1.2 Segunda falla eléctrica, circuito abierto

Realizado todo el procedimiento anterior, se procedió a reconectar todas las salidas y entradas del variador y a realizar una prueba de encendido de la máquina con los nuevos componentes².

Al encender la máquina no volvió a mostrarse la falla en el interruptor, este se mantenía en su posición de encendido, esta prueba comprobó que el diodo dañado, era el elemento causante de la falla en el encendido de la máquina y que esta falla había sido reparada. Una vez encendida, se procedió a arrancar el motor DC desde el panel de control presionando el botón de arranque. Aquí surgió la segunda falla eléctrica. Al presionar el botón de arranque del motor, este hacía un ruido como cualquier motor al arrancar e instantáneamente se detenía. Al intentar arrancarlo de nuevo, este ya no emitía ningún sonido. Esto implicó entonces, que, tras realizar el arranque del motor, algún componente dentro del variador de velocidad se había dañado causando un circuito abierto, impidiendo así que se lograra arrancar de nuevo el motor.

² Antes del arranque y como medida preventiva, se desconectó el motor del eje de transmisión, con la finalidad de evitar un daño en la transmisión en el caso de que esta se encontrara atorada.

La primera acción lógica al presentarse un elemento en circuito abierto, sería realizar una revisión a los fusibles ya que su finalidad es la de cortar el paso de la corriente a los componentes posteriores fundiéndose el conductor dentro de este, generando así un circuito abierto.

Después de la revisión, se encontró que el fusible de entrada se encontraba fundido. El otro fusible se encontraba en buen estado, por lo que se regresó a su posición. Este fusible como se indica anteriormente es un fusible a 240V y 20A. En primera instancia se reemplazó este fusible con la idea de que pudo haber sido un problema del fusible, debido a su antigüedad. Al reemplazar y realizar el arranque de nuevo, se presentó el mismo problema, por lo que se descartó la propuesta anterior.

Con la finalidad de garantizar que el fusible cumplía con su propósito durante la falla, se realizó una revisión de la etapa de potencia entera para descartar otro posible elemento dañado. Afortunadamente ningún elemento se vio dañado, por lo que se descartó esa posibilidad.

Esto abrió el panorama a dos posibilidades:

1. El motor se encontraba en corto circuito
2. El motor estaba demandando más corriente de la que requería

La primera se había descartado anteriormente durante la primera revisión del sistema eléctrico, sin embargo, al encontrarse en un estado diferente la máquina tras haber cambiado los diodos en la etapa de potencia, se realizó una nueva revisión del motor. El resultado de la revisión mostro lo mismo que se había obtenido anteriormente, ningún indicio de cortocircuito.

Al eliminar la primera posibilidad, se analizó la segunda. Para esto primero se recurrió a un análisis del funcionamiento de un motor de DC. Este tipo de motor funciona por el principio de inducción en bobinas los cual genera un campo magnético el cual hace girar la armadura del motor. En este caso el motor era DC con campo magnético variable, es decir que a diferencia de los motores de DC más comunes los cuales utilizan un imán permanente para producir dicho campo magnético, este hace uso de un embobinado, lo

cual permite variar la intensidad del campo variando la corriente que fluye a través de este. Fundamentándose en esto el motor de DC de la máquina consta de dos embobinados, un campo y una armadura, ambos conectados al variador de velocidad, pero cada uno con sus características de funcionamiento propias. Toda esta información se encuentra indicada en las imágenes 8 y 9 anteriormente mostradas. De las características extraídas de las placas, es posible observar que ambos embobinados funcionan con el mismo voltaje, sin embargo, su corriente de funcionamiento es muy diferente.

Esta observación llevo a suponer que sería posible que alguna de estas bobinas estuviera demandando una mayor corriente del variador de velocidad, fundiendo así el fusible de 20 A. Para comprobar esto en primera instancia, se realizó el encendido de la máquina y el arranque del motor, desconectando las salidas del variador de voltaje. Al realizar dicho arranque, el fusible no se fundió, lo cual comprobó que el problema se no se encontraba en el variador sino en la carga, es decir el motor. Como prueba también, se presionó el botón de arranque del motor, y se revisó la tensión en las terminales de salida del variador de velocidad respecto a tierra física. Aquí fue donde se encontró algo fuera de lugar, pues las mediciones mostraban que, en las dos terminales correspondientes al campo, se tenía una tensión de 240 V, siendo el voltaje entre las dos terminales 0 V mientras que las salidas hacia la armadura se tenía un voltaje de 80 V.

Al presentarse la problemática anterior, se supuso que en alguna parte de la etapa de rectificación se estaba teniendo una caída de tensión, provocando así la caída de voltaje a 160 V en el caso de la armadura, y a su vez en el caso el campo, era posible que ambas terminales de salida se encontraran en corto circuito.

Para poder aclarar este problema de alimentación, se realizó un diagrama simple de conexión de la etapa de rectificación, únicamente siguiendo la dirección de los cables y la polarización de los diodos. Se comprobó también la continuidad en los cables de dicha etapa. En la imagen 14 se muestra dicho diagrama.

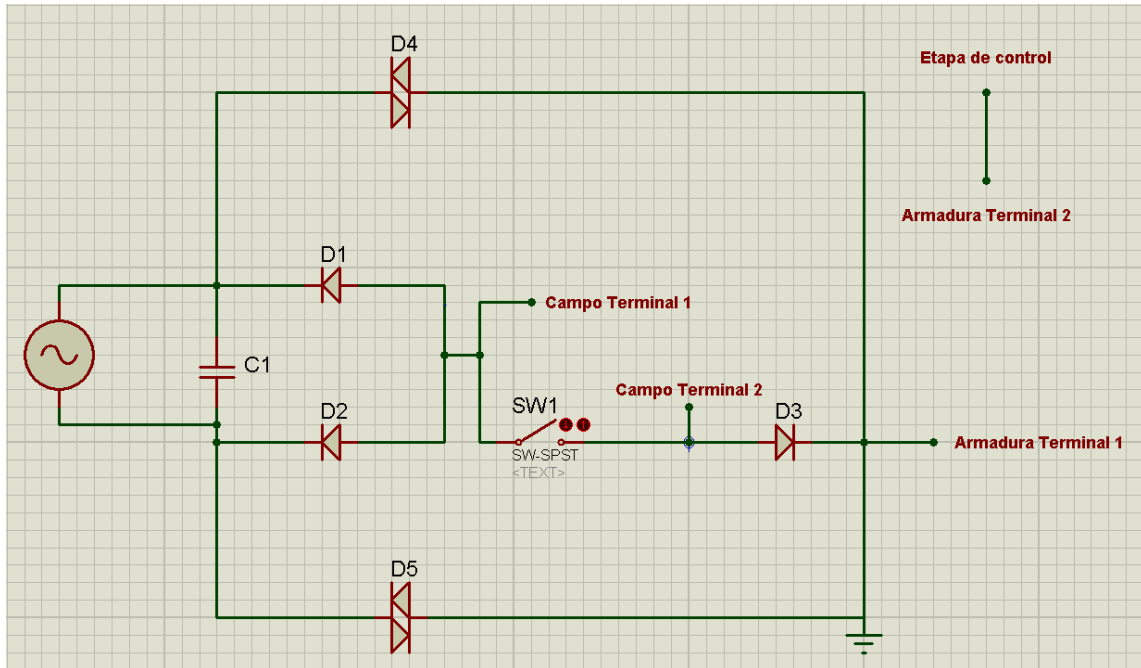


Imagen 14. Diagrama bosquejo de conexión en la etapa de rectificación tal y como se encontraba

Al revisar que el diagrama fuera correcto, brincaron las primeras inquietudes. Como se ve en la imagen anterior, al cerrarse el interruptor situado entre las dos terminales del campo, estas se encuentran en corto circuito, teniendo así la misma tensión. Este interruptor era activado por el botón de arranque en el panel de control. Por otro lado, se observa que una de las terminales de la armadura se encuentra conectada a tierra, y la otra llega desde la etapa de control en la cual es posible variar la tensión de dicha terminal.

Con este diagrama se hizo evidente que las terminales se encontraban mal conectadas, primero por la imposibilidad de que ambas terminales del campo coincidieran en el mismo nodo, lo cual implica que no hay flujo de corriente por el campo. Por otro lado, por las indicaciones en el mismo variador, el variador de velocidad funcionaba con el principio de variación de campo magnético en el campo, por lo que la salida de la etapa de control debía pertenecer al circuito del campo.

Bajo estas consideraciones se realizó el recableado de las terminales de salida en los bornes superiores del variador. El hecho de que estos cables habían sido cambiados de

lugar por un prestador de servicio social anterior no se había tomado en cuenta, pues según el reporte de las personas que precedieron, no se había realizado modificación alguna en el variador de velocidad. El diagrama con las conexiones correctas quedó de la siguiente manera:

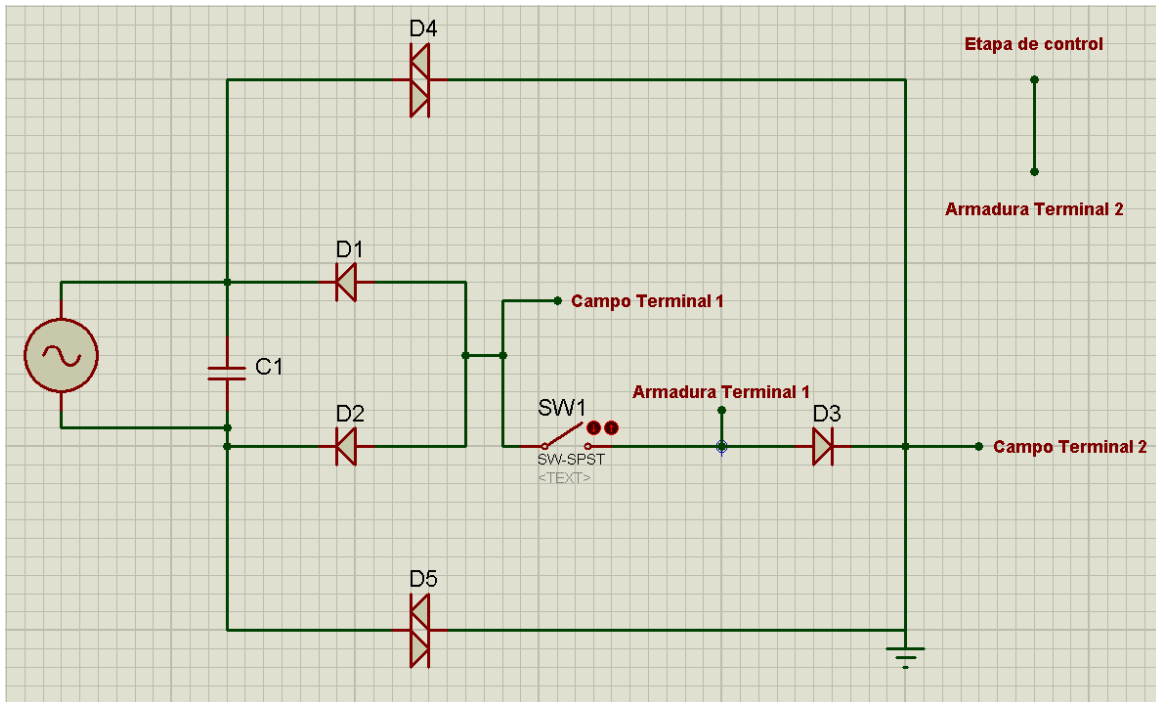


Imagen 15. Diagrama bosquejo de conexión correcto

Después de realizar dicho cambio, se procedió a re-cablear todos los sistemas para realizar de nuevo la prueba de arranque.

4.1.3 Arranque de la máquina

Después de re-cablear todo el sistema del motor y de sustituir el fusible de 20 A, se procedió a realizar el arranque primero de la máquina, el cual de la misma manera que antes sucedió sin ningún inconveniente. Posterior a esto se realizó el arranque del motor desde el panel de control. Como era esperado el motor arrancó correctamente, la máquina se encontraba funcionando.

Con el motor funcionando, se realizaron pruebas para garantizar que el variador se encontrara funcionando correctamente. Para esto se manipularon los potenciómetros ubicados en la etapa de control del variador, dando como resultado un correcto funcionamiento.

La principal falla de la máquina había sido reparada, por lo que se procedió a revisar otras fallas menores dentro de esta.

4.2 Falla en el circuito del foco del proyector

Después de reparar la falla relacionada con el motor, se buscó atacar otras fallas reportadas por los anteriores prestadores del servicio. Dentro del reporte redactado por ellos, describían que se tenía la suposición de que un corto circuito dentro del subsistema eléctrico de la lámpara provocaba el problema en el encendido, por lo cual habían desconectado la lámpara del tablero lógico de la Truca, y habían hecho un cableado directo a una toma de 120 V, pasando por un dimmer, con la finalidad de revisar que la lámpara funcionara bien. Como conclusión de su prueba, descartaron la falla en la lámpara ya que esta encendía sin ningún problema al conectarla directamente a la toma eléctrica. Sin embargo, nunca reconectaron el sistema del foco de nuevo al panel lógico de la Truca, por lo que esta quedó aislada del sistema principal. Además, el cableado se había realizado de manera burda, dejando el dimmer pegado al tablero con cinta como se muestra en la imagen 16.



Imagen 16. Recableado del foco

Como parte de la reparación se solicitó que de ser posible regresar a dicho sistema a su estado original, ya que se había descartado un posible problema en el foco.

4.2.1 Recableado

Se realizó el recableado de la lámpara, en este caso a diferencia del caso del variador, si se contaban con los planos originales de cableados suministrados junto con la máquina durante su adquisición que, aunque muy viejos y deteriorados fueron de gran ayuda. En la imagen 17 se muestra dicho plano. Esto facilitó mucho la tarea del recableado, ya que solo era necesario revertir lo hecho anteriormente, regresando las terminales a la posición especificada.

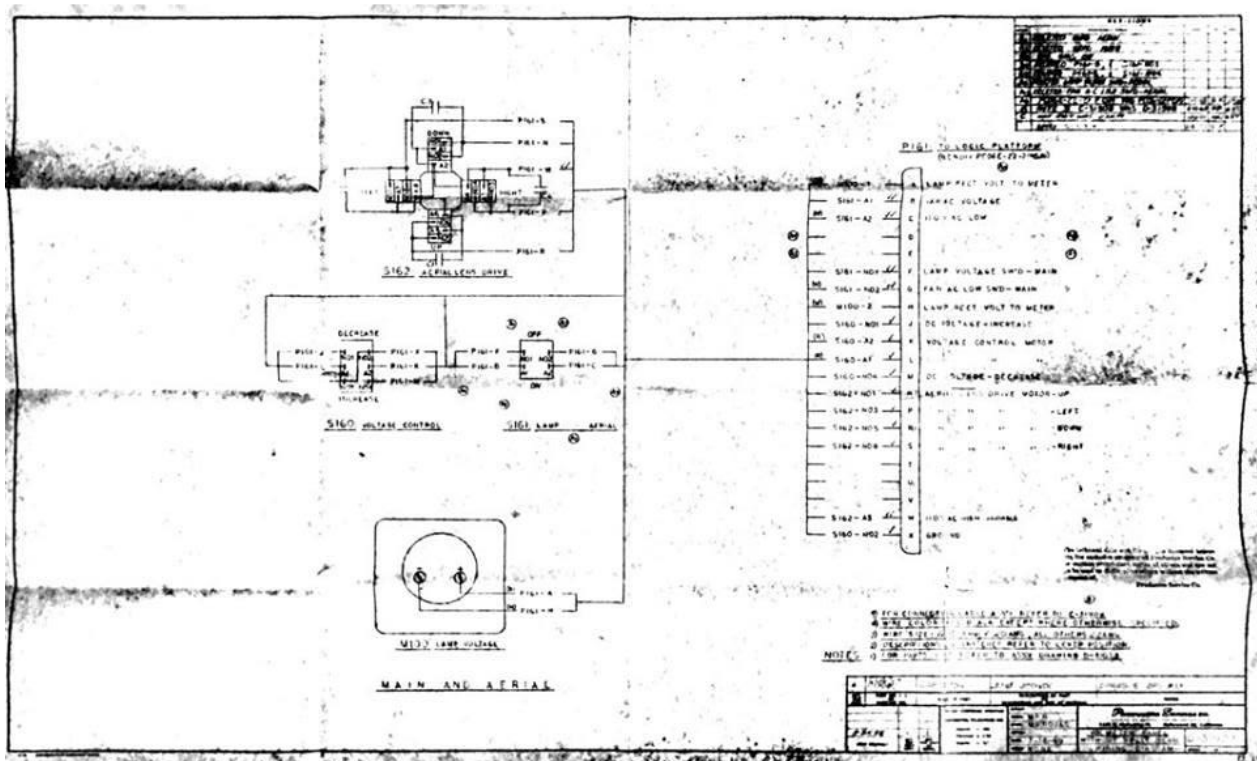


Imagen 17. Plano de conexión del sistema del foco

El recableado se realizó con facilidad, y se procedió a realizar una prueba de arranque, cuidando también que no surgieran problemas con el problema anteriormente resuelto. No se presentó ningún problema con el encendido de la máquina, ni con el arranque del motor. Se procedió a realizar el encendido del foco, este funcionó sin ningún problema, sin embargo, el regulador de voltaje de la lámpara no parecía funcionar.

Al presentarse esta falla, se buscó el diagrama del controlador de voltaje del foco en los planos eléctricos, y se encontró que el voltaje era regulado por un variac muy antiguo, el cual era a su vez ajustado por medio del giro de un motor controlado desde el panel de control.

Como primera prueba, se revisaron las tensiones en las diferentes terminales del controlador del motor con la finalidad de comprobar que este funcionara, pero la alimentación de este se encontraba cortada, es decir las tensiones marcaban 0V en todos los casos. Como segunda prueba se buscó el variac encargado de controlar dicha variación de voltaje dentro de la máquina.

Al ubicarlo en el interior de la máquina, fue evidente que este se encontraba desconectado y que, además, el motor encargado de cambiar la posición de dicho variac no se encontraba en su lugar, por lo que el variac se encontraba completamente deshabilitado. En la imagen 18 se muestra una fotografía del variac.



Imagen 18. Variac de control de voltaje de la lámpara desconectado y sin motor.

Por la falta de piezas se descartó la posible restauración original del sistema, y en cambio se propuso la adaptación de un circuito equivalente haciendo uso de un dimmer, sin la necesidad de aislar completamente la lámpara de la máquina.

4.2.2 Circuito equivalente

Para el circuito equivalente, se propuso utilizar el dimmer que había sido utilizado cuando se realizó el aislamiento de la lámpara, pero en este caso utilizando la alimentación propia de la máquina ya que este se encontraba funcionando correctamente. Esto con la finalidad de poder tener control completo de toda la máquina, desde el panel de control, sin necesidad de realizar opresiones extras.

Se propuso utilizar un dimmer en lugar de un variac, ya que su funcionamiento es similar, con la diferencia de que el dimmer es una versión más actualizada. Además, el dimmer es mucho más compacto, lo cual facilitó la adaptación de este a la actual máquina.

Revisando los planos de conexión mostrados en la imagen 17, se ubicaron las líneas de alimentación, estas estaban directamente conectadas al interruptor de encendido, el cual como se describe anteriormente se encontraba funcionando correctamente, por lo que se mantuvo dicha conexión. Para el funcionamiento del dimmer, este debe ser conectado en serie con alguna de las dos líneas, por lo que se abrió una de estas y se conectaron las terminales del dimmer. Todas las conexiones al variac, fueron separadas, aisladas e identificadas con números, para evitar algún posible problema entre las dos conexiones.

Con la conexión lista, se realizó el encendido de la máquina y se probó el funcionamiento del dimmer variando los valores de este desde cero hasta cien por ciento. Las pruebas fueron exitosas, entonces se realizó una adaptación de dimmer a la consola de la Truca. Además, se solicitó que de ser posible se instalara un voltímetro, ya que con este se pueden graduar los valores de iluminación de la lámpara.

Para la instalación de voltímetro, se utilizó un voltímetro de aguja, el cual se tenía anteriormente instalado en la máquina, pero había sido removido al hacer el aislamiento de la lámpara. Este se conectó en paralelo con el foco obteniendo así el voltaje de este.

De nuevo se realizaron pruebas, esta vez revisando el funcionamiento conjunto del dimmer y del voltímetro. Ambos funcionaron correctamente, por lo que también se realizó una adaptación del voltímetro a la consola.

El diagrama final de la reconexión se muestra a continuación en la imagen 19.

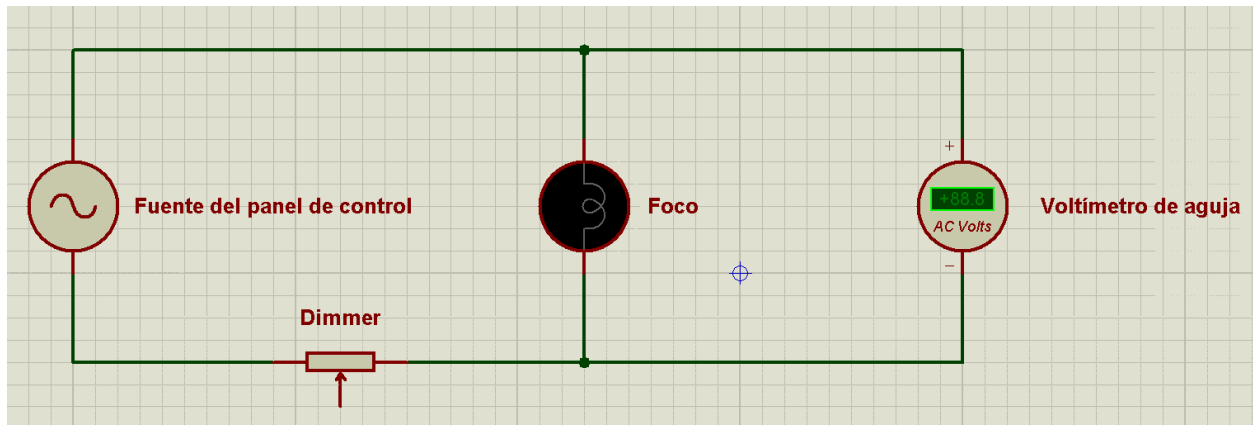


Imagen 19. Diagrama final de conexión.

La instalación final de los elementos en la consola se muestra en la imagen 20, y el funcionamiento de estos se puede observar en las imágenes 21 y 22.



Imagen 20. Adaptación de los elementos a la consola. 1) Voltímetro de aguja 2) Dimmer.



Imagen 21. Funcionamiento de la lámpara a 30 V

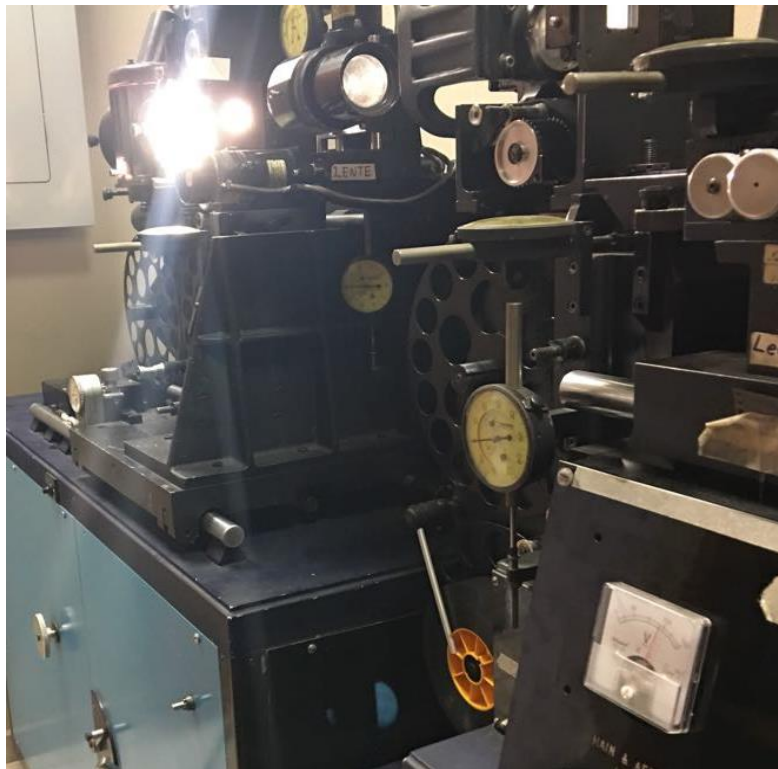


Imagen 22. Funcionamiento de la máquina a 100 V

Una vez todo instalado, se llevó a cabo una última prueba, realizando el encendido completo de la máquina con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de todos los sistemas eléctricos restantes. La prueba fue exitosa, por lo que con este último ajuste, se solventaron todos los problemas eléctricos presentes en la máquina.

Una vez solucionado el problema eléctrico y electrónico, se procedió a la segunda etapa de revisión, la etapa mecánica.

5. Sistema mecánico

Como primer paso de la revisión del sistema mecánico, se realizó una inspección visual de todos los elementos, excluyendo el sistema de transmisión, involucrados en el funcionamiento de la máquina, esto incluyendo cualquier elemento dentro de esta que involucrara un movimiento a través de un mecanismo.

En su mayoría se presentaron mecanismos de tornillo sin fin – cremallera, ya que los diferentes elementos de la máquina poseen varios grados de libertad esto con la finalidad de cumplir con su funcionamiento de efectos especiales. Todos estos elementos se revisaron exhaustivamente con la finalidad de resaltar alguna posible falla en estos.

Con la inspección visual no se observó nada fuera de lo normal, únicamente se determinó que la mayoría de los elementos mecánicos requerían de limpieza y lubricación, ya que por el tiempo que estuvo parada la máquina, estos se encontraban en su mayoría sucios y sin lubricante.

Se realizó una limpieza completa de la máquina y posterior a esto se lubricaron todos estos elementos. Una vez lubricados se realizó una revisión de operación de los mismos para determinar si alguno se encontraba atorado, dificultando así su manejo.

Tras realizar dicha revisión, no se encontró ningún problema con estos elementos, por lo que se descartó un malfuncionamiento en ellos.

Continuando con la inspección y revisión de los elementos, solo quedaba revisar el sistema de transmisión, el cual se encontraba desconectado del motor para evitar algún daño.

Se realizó la inspección visual sin que resaltara ningún detalle, y al igual que con los elementos anteriores, primero se realizó la limpieza y lubricación en los diferentes puntos del sistema y después de realizar una prueba de movimiento de este.

Para esta prueba se realizó el movimiento manual de las diferentes etapas de transmisión. Esto fue posible gracias a que la máquina cuenta con diferentes embragues que permiten realizar el movimiento independiente de cada una de las partes conectadas al sistema. Dichas partes se dividen en cámara, impresora (accesorio externo), proyector aéreo y proyector fijo. Un total de 4 embragues a lo largo de la máquina. En la imagen 23 se pueden observar tres de los volantes conectados a los diferentes embragues.

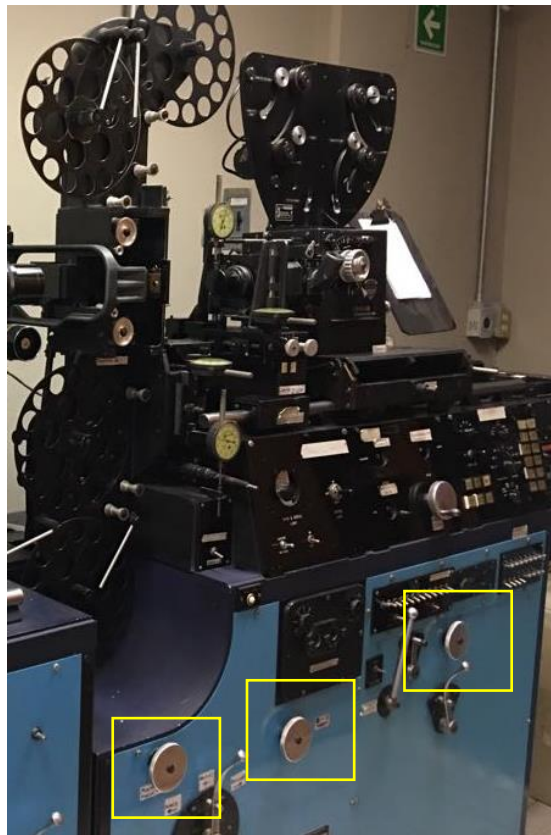


Imagen 23. Volantes exteriores de los embragues. De izquierda a derecha, 1) Embrague del proyector fijo, 2) Embrague de la impresora, 3) Embrague de la cámara.

Tras realizar la operación de estos elementos, se concluyó que su funcionamiento era correcto, ya que presentaban movimiento sin dificultad, por lo que se descartó un posible atascamiento del sistema de transmisión.

Al concluir esto se realizó la reconexión del sistema de transmisión al motor y se procedió a realizar una prueba de encendido completa. Se encendió la máquina, junto con todos sus subsistemas, sin mostrar ninguna anomalía. Ya funcionando la máquina, se realizaron pruebas de operación utilizando los diferentes interruptores que controlan el movimiento de la cámara y los proyectores. Estos interruptores tienen selección de frente y reversa, ambas funcionaron de manera adecuada e independiente, por lo que se concluyó con esto que todos los sistemas funcionaban correctamente.

Con esta primera prueba de funcionamiento completa, se consideró necesario realizar una prueba de operación, ya con todos los montajes necesarios, como magazines y cintas para poder descartar cualquier anomalía que pudiera presentarse al incluir todos los equipos necesarios para él funcionamiento.

En esta etapa, fue posible garantizar que por lo menos el 80% de los problemas de la máquina, los cuales evitaban que esta funcionara, habían sido solucionados, dejando únicamente el 20% de posibles fallas en elementos que, si bien afectaban la operación, no evitaban el funcionamiento de la máquina.

5.1 Identificación de las fallas

Tras correr la primera prueba de operación con los elementos necesarios como el magazine en la cámara y cintas en los proyectores, se detectaron una serie de diferentes fallas menores en algunos de los elementos de la máquina. Estas fallas no provocaban que la maquina dejara de funcionar en su totalidad, pero dificultaban la operación, ya que requerían ser atendidas después de un lapso de tiempo. Si bien podían ser corregidas durante la operación, fue necesario realizar la reparación adecuada para cada una.

Las fallas encontradas durante esta prueba de operación fueron las siguientes:

1. Uno de los motores cuya función era girar el magazine, dando avance a la película en la cámara, se detenía después de tres cuartos de giro y era necesario girarlo manualmente para que este siguiera funcionando.
2. Uno de los elementos de sujeción de la cinta en el proyector fijo, no se mantenía en su lugar, haciendo que la cinta saltara del proyector al intentar avanzarla.
3. El contador de pietaje³ de la cámara no giraba con el avance de la cinta dentro de esta. Tampoco era posible reiniciar el conteo, indicando que algún elemento estaba dañado o desconectado dentro del mecanismo de este.
4. Algunos contadores de posición permanecían inalterados, al realizar un movimiento en los diferentes ejes de los elementos.

Para identificar estos problemas, las pruebas fueron realizadas junto con el encargado de la operación de la máquina, quien fue indicando las diferentes problemáticas con las que se encontraba durante dicha operación. Cabe mencionar que este método de identificación de fallas es altamente utilizado en la industria como parte del modelo de manufactura esbelta y mejora continua, pues abre el panorama del análisis al obtener el punto de vista de un experto en la operación.

Con las fallas identificadas, se procedió al análisis de estas, así como a la propuesta e implementación de las soluciones. Como se había realizado anteriormente y siguiendo la metodología propuesta, lo primero era encontrar la causa raíz del problema.

5.1.1 Fallas en el tren reductor de los motores del magazine

Comenzando con la primera falla, esta se presentó en el sistema encargado de girar el magazine de la cámara, acción que debe estar sincronizada con el avance dado por el mecanismo de la cámara. Este sistema se muestra en las imágenes 23 y 24 donde se observa que el sistema consiste de cuatro motores con trenes reductores distribuidos en pares para los diferentes tamaños de magazine.

³ Pietaje es el término utilizado en la industria cinematográfica, para medir la longitud de la cinta, con lo cual es posible conocer los cambios de escena a lo largo de esta. El nombre se deriva de la unidad de longitud en el sistema inglés del pie, unidad utilizada en el medio del cine.

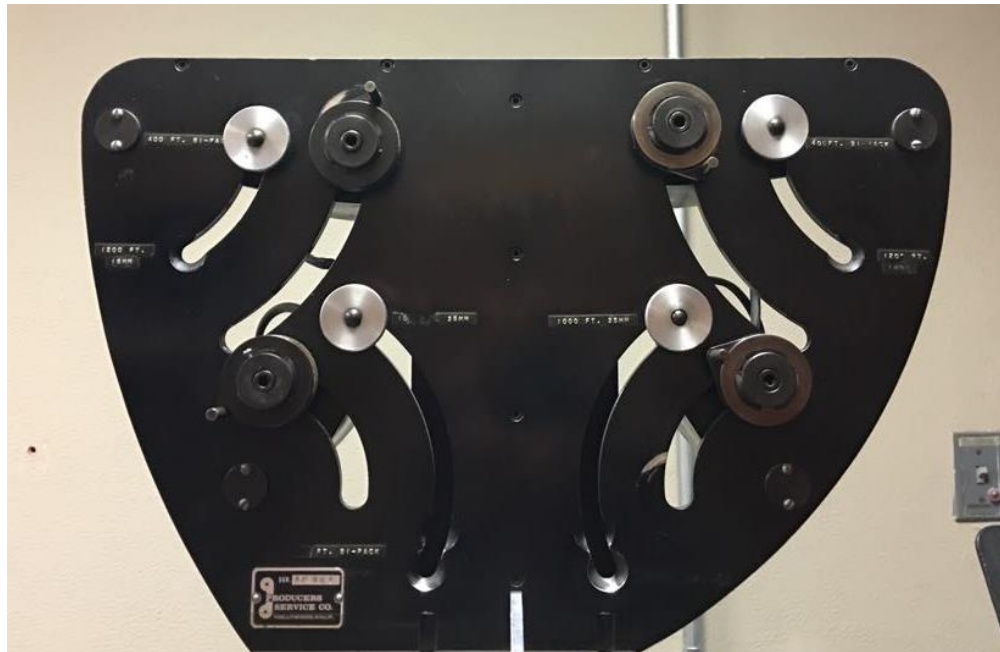


Imagen 24. Sistema de motores del magazine vista frontal



Imagen 25. Sistema de motores del magazine vista posterior

El único motor que presentaba problemas es el ubicado en la parte inferior derecha de la imagen 24, correspondiente al magazine de 1000 pies el cual es el más común.

Como había sido señalado anteriormente por el operador experto de la máquina, el motor se detenía aproximadamente a tres cuartas partes de vuelta provocando que la película no siguiera avanzando dentro del magazine. Si bien esta seguía corriendo, ya que el principal avance era dado por el mecanismo de la cámara, el magazine debía jalar a la velocidad suficiente para evitar un atascamiento dentro de la máquina.

El problema podía ser solucionado por el operador durante el funcionamiento, realizando un giro manual del magazine, sin embargo, esta acción dificultaba dicha operación, por lo que se buscó solucionar el problema.

El problema se atribuyó a dos posibles causas, la primera una posible falta de alimentación eléctrica del motor reductor, generando así una deficiencia de par motor y por lo tanto la incapacidad de este para mover el magazine. Este problema también podría ser causado por algún falso contacto. La segunda opción menos deseable, era un posible daño en los engranes del tren reductor del motor, lo cual implicaba una necesidad de cambiar completamente el tren de engranes.

Con estas dos posibles causas en mente, se procedió a revisar la primera atribuida a una falla eléctrica, para eso se puso en funcionamiento la máquina y se midieron tensiones en las terminales del motor. Se monitorearon las tensiones y se descartó la posibilidad de una falta de alimentación, pues estas se mostraron prácticamente constantes y correspondientes a las características indicadas en la placa del motor, implicando una correcta alimentación. Como segunda prueba para descartar la posible falla eléctrica, se cambiaron las terminales del motor con falla y el motor superior a este el cual se encontraba funcionando correctamente. Se volvió a encender la máquina y tras realizar las pruebas el motor seguía presentando el mismo problema, con esto se descartó una posible falla eléctrica, y se atribuyó a una falla mecánica.

Se procedió a desmontar el motor que presentaba fallas, este se muestra en la imagen 26 junto con su placa de identificación.



Imagen 26. Motor con reductor desmontado.

Una vez desmontado el motor reductor, se accedió al tren reductor quitando la tapa superior de este como se muestra en la imagen 27. En primera instancia se realizó una inspección visual de este sin mostrar ninguna anomalía. Se separó el tren del rotor, y se realizó el giro del eje con la mano con la finalidad de revisar que los engranes funcionaran de forma correcta. Al realizar esta acción el eje tuvo un repentino “brinco”, al revisar el engrane inferior fue posible observar una anomalía en los dientes de este. Para hacer una revisión más minuciosa se realizó un desmontaje del eje para poder acceder al engrane inferior.



Imagen 27. Tren de engranes reductores de velocidad.

Al realizar la revisión se notó que efectivamente los dientes del engrane se encontraban dañados mostrando un desgaste severo en casi una cuarta parte de la circunferencia de este como se muestra en la imagen 28. Una vez detectado esto fue posible atribuir la causa al engrane desgastado.



Imagen 28. Engrane inferior dañado.

Con la causa raíz detectada, se plantearon posibles soluciones a la problemática al personal del laboratorio. Las tres soluciones más viables fueron las siguientes:

1. El rediseño y manufactura del tren de engranes para reemplazar el tren dañado.
2. La adquisición de un motor reductor de características similares.
3. Realizar el reemplazo de los motores, deshabilitando el uso de uno de los magazines.

Al analizar las posibles soluciones y su factibilidad se decidió descartar las primeras dos y proceder con la tercera. La primera se descartó, ya que si bien es posible realizar el diseño de los engranes y manufacturarlos, esto hubiera sido costoso y poco práctico debido al tamaño de estos. Los engranes pequeños requieren de métodos de manufactura diferentes como inyección de plásticos, proceso muy caro para la

producción de una única pieza. Otra posibilidad sería mediante la manufactura aditiva metálica (impresión 3D) que también resulta un poco costosa. La segunda opción se descartó debido a la dificultad para obtener un motor con las mismas características, esto por la antigüedad del equipo, así como por el giro específico en el que se utiliza este. Por estas razones se procedió con la tercera opción.

Si bien la solución no eliminaba por completo el problema permitiendo trabajar con la máquina en cualquier formato, por el uso que se le da en la Fílmoteca, el segundo par de motores para un magazine de 1200 pies no implicaba ningún beneficio para el laboratorio, pues el formato de películas que ellos restauran no supera los 1000 pies. Por esta razón el segundo par de motores se deshabilitó. Como beneficio de esto, el segundo motor del par que funciona correctamente, puede ser utilizado como refacción en un futuro, si se vuelve a presentar una falla en dicho sistema.

Tras realizar este procedimiento, se ejecutó de nuevo una prueba de operación, mostrando que el problema no se volvía a presentar, por lo que se descartó dicho problema de la lista y se procedió a revisar los problemas restantes.

5.1.2 Fallas menores en elementos de sujeción

La segunda falla que fue resaltada por el personal de laboratorio, fue en un elemento de sujeción en el proyector fijo el cual se utiliza para mantener la cinta proyectada en su posición, como un seguro. Esta pieza se muestra en la imagen 28.

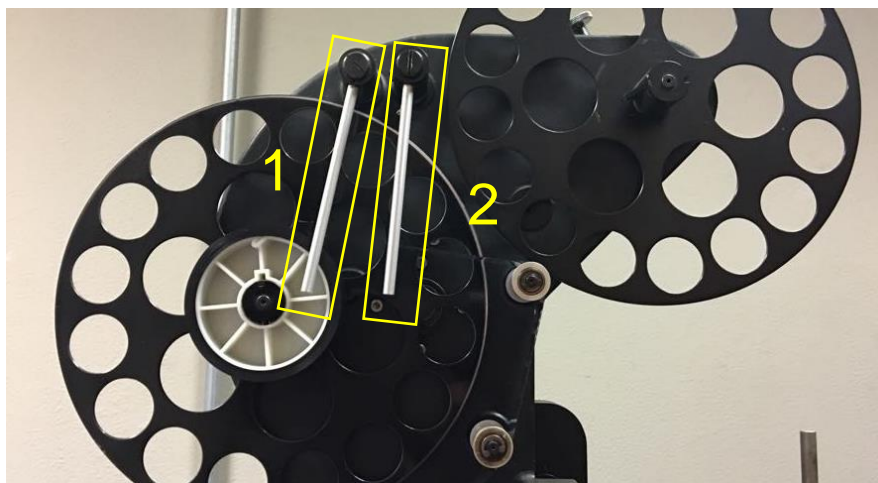


Imagen 29. Proyector fijo. 1) Seguro funcionando correctamente. 2) Seguro dañado

Como se muestra en la imagen, el seguro izquierdo funciona correctamente manteniendo la película en su lugar, mientras que el seguro derecho cae por gravedad, este debería encontrarse en posición horizontal permitiendo el montaje de la película en el eje superior.

Este elemento es importante, ya que no solo mantiene la cinta en su lugar, sino que permite que esta se enrolle de manera correcta al avanzar. El laboratorio requería del segundo eje, para poder realizar algunos de los trabajos de restauración, por lo que la reparación de este elemento implicaba un beneficio directo para ellos.

Siguiendo la metodología, se procedió a detectar la causa raíz del problema, para esto se realizó una comparación del elemento izquierdo el cual funcionaba correctamente con el elemento dañado. Para esto se desmontaron ambos y se desensamblaron en sus diferentes piezas. Al realizar el desensamble, se observó que en el elemento dañado hacía falta una pieza, esta era un pequeño balín, el cual ejercía una fuerza en el elemento en dirección del eje donde se encontraba montado. El balín aplicaba esta fuerza únicamente en la posición de seguridad, esto por medio de una canaleta cuya profundidad disminuía en dicha posición. Este sistema junto con un resorte precargado que se encontraba en la parte interna del elemento provocaba la fuerza que mantenía en posición el seguro.

Tras detectar la causa del problema, se realizó la acción de buscar un reemplazo para el elemento faltante. Dentro de las refacciones con las que contaba el laboratorio, se encontraban una gran cantidad de balines de diferentes diámetros. Obteniendo el diámetro del balín del seguro en buen estado haciendo uso de un calibrador, se buscó entre las refacciones un elemento de iguales dimensiones. Tras encontrarlo, se realizó el reemplazo de dicho elemento y el montaje de los seguros en su posición original.

Una vez realizado el montaje, se revisó el funcionamiento del elemento que se encontraba dañado. En la imagen 30 se muestra el seguro manteniendo su posición horizontal, con lo que el problema fue resuelto exitosamente.



Imagen 30. Seguro dañado en su posición de seguridad horizontal.

5.1.3 Falla en el contador de pietaje de la cámara

Tras solventar las fallas anteriores, se continuó con la falla en el contador. Este contador se encontraba insertado dentro de la cámara como se muestra en la imagen 31. Su función es llevar el pietaje de la película, permitiendo al operador tener una noción de la cinta que ha sido utilizada, y en dado momento poder realizar avances o retrocesos de esta según se requiera para llegar a una escena específica, o realizar una edición en el material grabado.

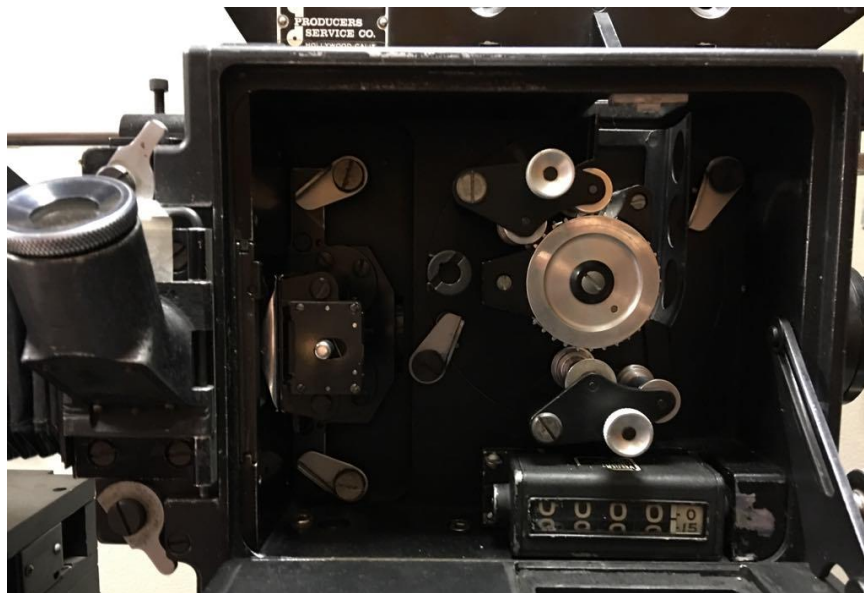


Imagen 31. Interior de la cámara. Se muestra el contador de pietaje en la parte inferior derecha de esta.

El problema que presentaba el contador de pietaje, era de avance pues este elemento no giraba con respecto a la velocidad de la cámara y además no era posible rebobinar el avance, por lo que la función de pietaje se encontraba completamente deshabilitada.

Por la antigüedad de la máquina, el contador funcionaba completamente por medio de elementos mecánicos como engranes y levas, las cuales realizaban el avance de los dígitos en el contador. Para el reinicio del contador, este contaba con un sistema de trinquetes, los cuales bloqueaban por completo el giro independiente de los diferentes dígitos cuando estos llegaban a cero, por lo que por medio de un volante ubicado a la derecha del contador era posible llevar todos los dígitos a cero.

Al no funcionar correctamente este mecanismo fue necesario realizar el desmontaje del contador como se muestra en la imagen 32.



Imagen 32. Contador desmontado

Una vez desmontado el contador de la cámara, se realizó el desensamble de este como se muestra en la imagen 33.



Imagen 33. Desensamble del contador de “pietaje”

Al realizar dicho desmontaje, en primera instancia se notó que los gatillos del sistema de trinquete se encontraban fuera de lugar. Esto se detectó inmediatamente, pues dicho sistema se encontraba en el primer dígito (blanco), el cual por obviedad es el encargado de mover los siguientes. Al encontrarse fuera de lugar, estos permitían que el sistema de dígitos girara libremente, por lo que el eje no era capaz de transmitir movimiento a estos.

Se detecto que esto era la posible causa raíz del problema, por lo que se realizó el reensamblaje del contador, con los gatillos en su respectivo lugar. Tras realizar esto se probó el giro del contador por medio del volante con la finalidad de reiniciar el conteo. Este funciono correctamente, por lo que se volvió a montar en la cámara.

Una vez montado, se arrancó la máquina y se encendió el sistema de avance de la cámara. Al estar en funcionamiento se observó que el contador avanzaba a una velocidad correspondiente al avance de la cámara, sin presentar ningún problema, por lo que se concluyó que el problema se había solucionado.

Con los anteriores problemas solucionados, únicamente faltaba resolver el problema con los marcadores de posición.

5.1.4 Falla en el sistema de poleas de los marcadores de posición

Como último problema, se detectó que algunos de los marcadores de posición de los carros, se encontraban deshabilitados. La finalidad de estos marcadores, es la de señalar la posición en un eje específico en la cual se encuentra ubicado el carro. En este caso los marcadores de ambos carros, el del proyector aéreo y el de la cámara, no se encontraban funcionando.

Estos marcadores son de cierta importancia, sobre todo cuando se requiere realizar el enfoque de los dos proyectores sobre la cámara. Con estos proyectores es posible alinear el foco de la proyección, por lo que el habilitarlos podría facilitar enormemente la labor del operador del equipo de laboratorio.

En primera instancia, se tomó como referencia el contador de la cámara, anteriormente reparado, pues los marcadores funcionan por medio de un mecanismo similar por lo que era posible que estos presentaran el mismo problema.

Teniendo esto en cuenta se realizó primero la inspección del sistema conectado al marcador del carro del proyector. Al realizar dicha inspección se encontró el sistema mostrado en la imagen 34.

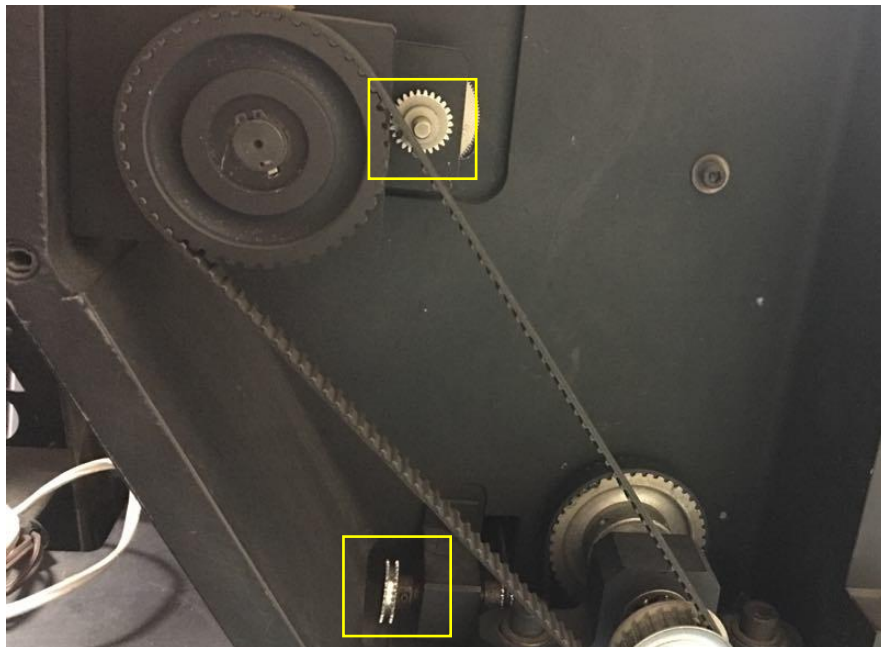


Imagen 34. Sistema de poleas conectado al marcador.

Como se muestra en la imagen, es posible observar que el par de poleas marcadas en color amarillo se encuentran desconectadas completamente. A su vez la polea inferior se encuentra conectada por un eje a otra polea la cual conecta con el marcador. En el caso de este último par de poleas, la banda se encontraba dañada como se muestra en la imagen 35.



Imagen 35. Banda dentada completamente dañada.

Al notar esto, inmediatamente se descartó en primera instancia el problema con el mecanismo interno en el marcador y se atribuyó la falla a la ausencia de conexión y al daño en las bandas.

Como se mostró en la imagen 35, las bandas utilizadas por el sistema son poco comunes, y actualmente es prácticamente imposible encontrar remplazos para este tipo de bandas. Para solucionar esta problemática fue necesario hacer uso de bandas lisas cuyo tamaño se adecuarán a las necesidades del sistema.

Al igual que con los balines, en el caso de sujeción, el laboratorio contaba con varias refacciones de bandas de diferentes dimensiones, por lo que, tomando las medidas del sistema de poleas existente, se buscaron bandas que cumplieran con dichas especificaciones.

Una vez seleccionadas las bandas adecuadas se instalaron en el sistema. Aun teniendo en mente el problema que se presentó en el contador de la cámara, se realizaron pruebas del marcador desde un máximo hasta un mínimo, girando el eje conectado a este, siendo estas pruebas exitosas y descartando entonces algún problema interno. Después de esta

prueba rápida se revisó su funcionamiento con el sistema completo conectado y realizando el movimiento desde el panel de control de la máquina. El resultado fue satisfactorio.

Tras obtener este resultado, se realizó el mismo proceso en el marcador del carro de la cámara, en el cual se presentó la misma problemática. Al final ambos sistemas quedaron funcionales.

En el caso de esta solución, se es consciente que el sistema no se encuentra en las mejores condiciones, pues al intercambiar las bandas dentadas por bandas lisas existe la problemática del deslizamiento de las bandas lisas, la cual puede llegar a afectar el valor mostrado en el contador con el paso del tiempo.

Esta problemática queda parcialmente solventada por la frecuencia de uso y movimiento de los carros, pues estos generalmente para las operaciones del laboratorio permanecen estáticos, y únicamente son movidos para cuestiones de mantenimiento.

Con este último problema solucionado, se finalizó el proceso de reparación necesario para la correcta operación de la máquina, según los requerimientos del laboratorio. Con esto concluido fue posible empezar a realizar pruebas de operación con material fílmico real.

6. Pruebas de operación

Siguiendo la metodología realizada anteriormente, con la finalidad de poder detectar nuevos problemas que pudieran surgir dentro de la operación de la máquina, fue necesario realizar diferentes pruebas. Con estas pruebas también fue posible realizar ajustes y calibraciones de los diferentes elementos de la máquina, los cuales era muy probable que por el tiempo que se encontró deshabilitada y por la cantidad de movimientos que se habían realizado a lo largo de ese tiempo, se encontraran fuera de los parámetros operativos correctos.

Se realizaron tres pruebas diferentes, involucrando las interacciones de los diferentes sistemas y tomando en cuenta la importancia de estos para el correcto funcionamiento de la máquina.

Las pruebas fueron las siguientes:

1. Prueba de alineación.
2. Prueba de sincronización.
3. Prueba de luz.

La primera prueba fue necesaria para obtener un buen encuadre de la imagen en la cámara, ya que, por el fenómeno de proyección, si las distancias y la alineación entre proyectores y cámara no son adecuadas, la imagen final será de una dimensión diferente a la original, imprimiendo en el material virgen de la cámara una imagen incorrecta.

La segunda prueba buscaba garantizar que tanto los proyectores como la cámara se movieran de manera sincronizada, evitando así una velocidad relativa entre estos elementos, genere una mala impresión de la imagen.

Por último, la prueba de luz era necesaria para garantizar que tanto la lámpara como los lentes se encontraban en buen estado, garantizando una cantidad de luz homogénea incidiendo sobre el material virgen, evitando así contrastes en la imagen final.

Para la realización de estas pruebas se siguieron las metodologías descritas a continuación.

6.1 Pruebas de alineación

Para las pruebas de alineación se siguió un procedimiento utilizado muy comúnmente en la industria cinematográfica, llamada encuadre. Para esto fue necesario montar película en ambos proyectores y hacer uso de la mirilla ubicada en la cámara mostrada en la imagen 36.



Imagen 36. Mirilla de la cámara

Para el procedimiento fue necesario encender la lámpara y ajustar la luz de esta hasta tener una imagen clara. En este caso no fue necesario realizar el encendido completo de la máquina, pues solo se requería de la proyección.

Con la imagen ya proyectada, primero se realizó el movimiento del carro de la cámara con la finalidad de alinear el foco del proyector fijo con esta, garantizando así que lo proyectado por proyector fijo tenga las dimensiones y el enfoque adecuado cuando llegue al material fotosensible dentro de la cámara. Para dimensionar, se colocó una muestra con el encuadre entre la mirilla y la cámara permitiendo entonces una superposición de la imagen proyectada con dicho encuadre. Al encontrarse estas dos superpuestas correctamente es posible concluir que el encuadre ha sido exitoso. En la imagen 37 se muestra el encuadre visto desde la mirilla de la cámara.



Imagen 37. Imagen encuadrada vista desde la mirilla.

Una vez determinada esta posición se registró haciendo uso del marcador de posición mostrado en la imagen 38.



Imagen 38. Marcador de posición del carro de la cámara.

Con eso se finalizó la calibración de encuadre, pues el segundo proyector al ser móvil, este podría ser encuadrado dependiendo de los requerimientos que se tuvieran en el momento de la operación.

Durante toda esta operación, no se presentó ninguna problemática de interés, por lo que se concluyó satisfactoriamente, procediendo entonces a la siguiente prueba.

6.2 Pruebas de sincronización

Con la prueba de encuadre concluida, lo siguiente era comprobar que el avance en ambos proyectores, así como en la cámara era simultaneo. Una velocidad relativa entre estos mayor a cero, implicaría una imagen movida en el material fotosensible en la cámara una vez se revelará, por lo que se debía descartar una posible desincronización generada por los movimientos que la máquina había tenido en el tiempo en el que se encontró deshabilitada.

Para esta prueba fue necesario montar en la cámara material virgen, con la finalidad de poder realizar un revelado que nos diera un resultado final garantizando la sincronización. Si bien en primera instancia, esto podría ser comprobado por los contadores de pietaje instalados en cada uno de los proyectores, así como en la cámara, por la experiencia anterior en que uno de estos se encontraba dañado, no era posible garantizar la sincronización únicamente por este medio.

Una vez montado el material virgen en la, así como material de proyección en el proyector fijo, se procedió a arrancar el motor y dar avance en ambos sistemas. Durante esta operación se revisó el avance en los contadores como indicador secundario de éxito. También se realizaron paros y arranques repentinos del avance tanto de la cámara como del proyector para probar que estos no se desarmonizarían por alguna de estas operaciones.

Una vez realizadas las pruebas, se extrajo la película en cuarto oscuro y fue mandada a revelado. Con el material revelado, se realizó una inspección cuadro a cuadro por parte del personal del laboratorio con la finalidad de dar una conclusión de la prueba.

Tras la inspección, no se encontró ninguna anomalía en la película revelada, por lo que se concluyó que los sistemas se encontraban bien sincronizados, obteniendo exitosamente los resultados esperados.

Si bien no se encontró problema alguno en cuanto la sincronización, la prueba si mostro un problema con la luz en la película revelada, esta no era uniforme, pues se presentaba una mayor concentración de esta en el centro del cuadro, generando un circulo el cual se iba atenuando conforme se acercaba a las orillas del cuadro.

Con esta problemática latente se procedió a realizar las pruebas de luz con la finalidad de solventar este problema.

6.3 Pruebas de luz

Como antecedente, durante la prueba de sincronización en la cual como se describió anteriormente se revelo la problemática con la luz, se notó que, al incidir la luz de la lámpara sobre el lente aéreo, este mostraba rayaduras graves. Estas rayaduras se observaban en un patrón circular a lo largo de toda su superficie haciendo que este se viera opaco.

Con este antecedente, en primera instancia, se buscó comprobar que dicho daño en el lente, no fuera el responsable de la falla. Se realizó una prueba rápida retirando dicho lente, como se muestra en la imagen 39, y se observó que la uniformidad de la luz aumentaba, sin embargo, el retirar el lente deshabilitaba completamente el proyector aéreo, por lo que esta no era una solución viable.

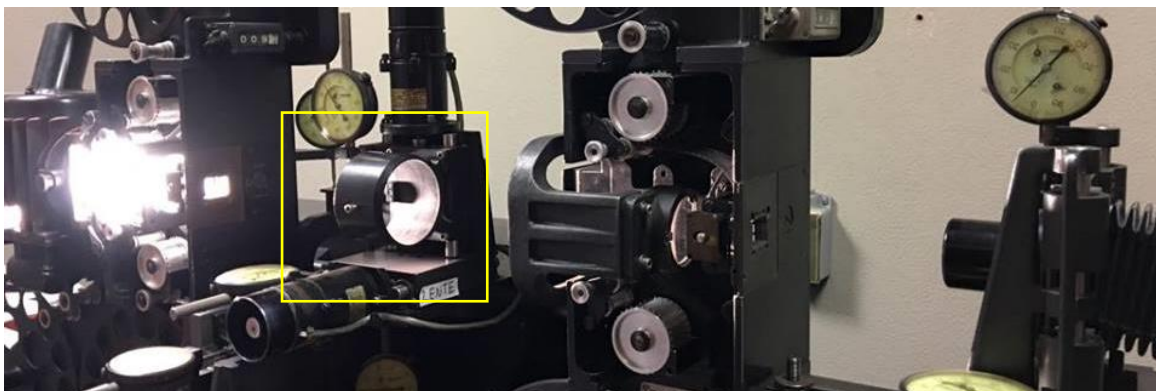


Imagen 39. Prueba retirando el lente aéreo

Como primer acercamiento a la causa raíz, este parecía un problema que podía estar altamente relacionado con la falta de luz. Para estar seguros y descartar este caso, se

propuso al laboratorio buscar el asesoramiento de un experto en el área de óptica que pudiera darnos un punto de vista más acertado.

Siguiendo lo planteado anteriormente, se decidió hacer un acercamiento interinstitucional con el CCADET, conociendo que dicho Instituto contaba con un laboratorio de óptica. Como parte de este proceso, fue necesario conocer quien estaba encargado de dicho departamento, y plantear la problemática presente con la finalidad de obtener su punto de vista, y que, en dado caso de ser posible, nos pudieran proporcionar ayuda técnica con dicho elemento.

Al plantear la problemática, nos indicaron que era poco probable que dicho daño en el lente, pudiera estar provocando la falta de luz en la impresión, sin embargo, comentaron que la posibilidad de realizar un pulido al lente, podría traer beneficios para el proceso. Con esto planteado, nos indicaron que ellos no contaban, ni con el equipo para realizar dicha reparación, ni con la capacidad de asegurar que dicha operación pudiera ser llevada a cabo sin dañar los ángulos de curvatura del lente, no obstante, nos ayudaron a contactar a un instituto en Puebla, quienes podían realizar dicha operación, claro tomando en cuenta que existe un riesgo en ella de dañar el lente.

En conclusión, la asesoría indicó que, si bien el pulido podría mejorar la calidad óptica del lente, esta problemática, no era la causa raíz del problema, y además existía una gran probabilidad de que este terminara más dañado por el proceso debido a su antigüedad. Tomando en cuenta esta conclusión, se tomó la decisión de no realizar el pulido, y proceder con el lente en el estado que se encontraba, pues al final sería más difícil y costoso reemplazar dicho lente en el caso de que terminara dañado.

Con la posibilidad del daño descartada como causa raíz, se propuso entonces que la máquina no estaba siendo operada bajo las condiciones adecuadas. Esto es algo normal, pues al no ser operada la máquina durante tanto tiempo, el conocimiento técnico de esta desaparece, y es necesario replantear las óptimas condiciones de funcionamiento del equipo.

Teniendo esto en cuenta, se plantearon dos condiciones variables que podían ser ajustadas para obtener las condiciones adecuadas:

1. La potencia de la lámpara
2. Las distancias entre los elementos. (proyectores, lente aéreo y cámara)

Tras plantear estas condiciones, se decidió que la potencia de la lámpara permanecería constante, ya que, según las pruebas obtenidas anteriormente, la potencia de esta era suficiente para la operación. En conclusión, se atribuyó el problema a las distancias entre los diferentes elementos de enfoque presentes entre la fuente de luz y la cámara.

Con la finalidad de comprobar que lo anterior era cierto, sería necesario realizar pruebas con diferentes distancias entre los elementos comprobando la uniformidad de la luz en cada una de estas.

En este punto surgió una gran problemática con la naturaleza del proceso de fotografía en esta máquina, pues a diferencia de los equipos de fotografía modernos, los cuales permiten una vista previa de esta, en el caso de este equipo la única referencia que se tiene es la mirilla de la cámara, la cual si bien muestra una imagen preliminar útil para cuestiones de enfoque y encuadre, la información que se obtiene de esta respecto a iluminación es meramente cualitativa y no cuantitativa, es decir es posible saber si la proyección se encuentra sobre expuesta o sub expuesta, pero no es posible observar variaciones de luz a lo largo del cuadro como las que se presentaban a la hora del revelado.

Esta problemática empujaba a la necesidad de realizar diferentes fotografías de las proyecciones con las diferentes condiciones planteadas, y después realizar un revelado de estas para poder medir las variaciones de luz en el cuadro cuantitativamente. Esto por las características de las cámaras, las cuales se encuentran aisladas de cualquier otra fuente de luz, ya que cualquier incidencia externa de luz dañaría la impresión.

El laboratorio estaba dispuesto a realizar dichas pruebas, las cuales requerían no solo del proceso de impresión sino también de revelado y posterior de revisión, sin contar además el uso de película virgen, cuya producción actual es muy reducida además de cara por la razón anterior.

El proceso propuesto era laborioso y requería de una buena planeación para evitar el gasto innecesario de material virgen, así como la suficiente variación entre las condiciones para establecer parámetros adecuados.

Teniendo todas estas problemáticas detrás, se comenzó también a buscar alternativas para el proceso de prueba. Para esto se analizó el fundamento de funcionamiento de la fotografía. Siendo este fundamento, hasta cierto punto simple, desde el punto de vista de la impresión, en la cual el material fotosensible captura lo que es proyectado gracias a las reacciones químicas que provoca la incidencia de la luz sobre este.

Siguiendo esta línea de análisis, fue posible concluir que lo proyectado exactamente en la posición en la que se encuentra la película, sería en este caso lo que queda impreso en la misma. Tomando esta consideración, sería posible observar la proyección de la imagen enfocada, si se colocara algún otro material que pudiera ser operado en una recámara con luz. Esto también se fundamentó en el principio de proyección utilizado de manera habitual hoy en día.

Con lo anterior planteado, se generó una alternativa a la prueba con material virgen. Aprovechando las capacidades de la máquina, era posible desplazar la cámara permitiendo colocar un elemento intermedio que representara la película, el cual a su vez nos permitiera ver en tiempo real la proyección. Si bien el laboratorio no cuenta con el equipo para realizar mediciones de luz en esta configuración, esta prueba nos permitiría tener una noción cualitativa más real que pudiera ayudarnos a plantear un margen de variación menor en las pruebas finales con material virgen.

Para comprobar la factibilidad de esta prueba, se registró la posición que ocuparía la película dentro de la cámara, posterior a esto la cámara se desplazó, y se colocó una hoja de papel blanco en la posición registrada anteriormente como se muestra en la imagen 40.

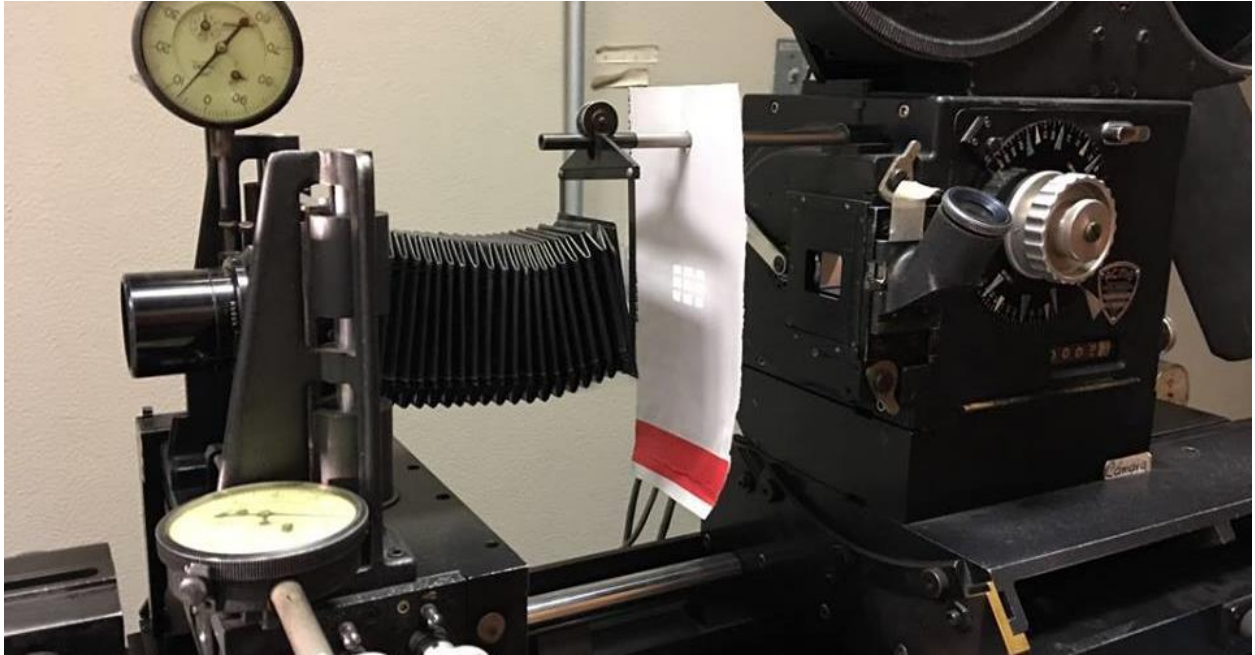


Imagen 40. Propuesta para la prueba de luz.

Con este arreglo se realizó una primera prueba. En la imagen 41 se puede ver la proyección obtenida.

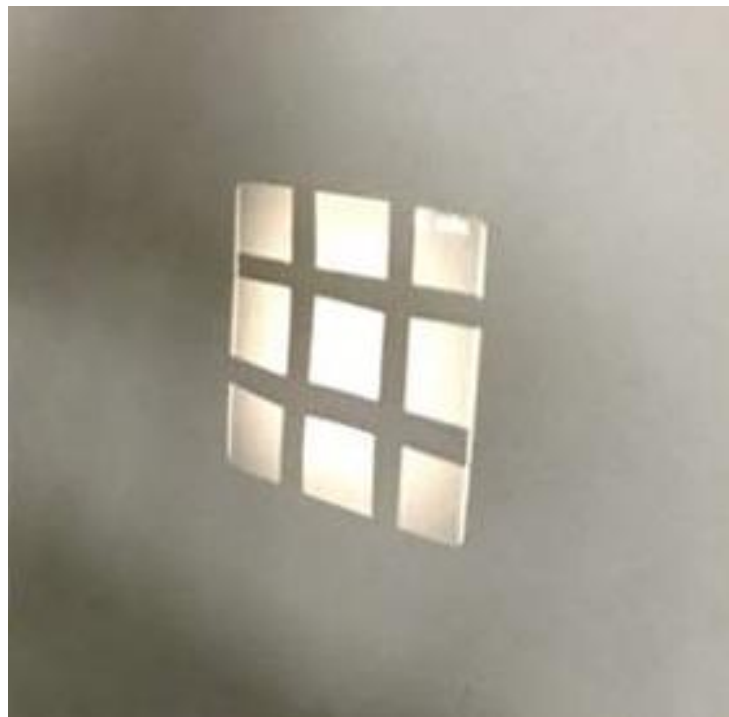


Imagen 41. Primera prueba de luz.

En esta imagen es posible ver la proyección de la película, la cual se preparó como se muestra, en diferentes cuadros con la finalidad de medir tanto los blancos como los negros en las diferentes posiciones del cuadro.

Los resultados de esta primera prueba se mostraron prometedores, pues como se observa en la imagen, es apreciable la variación de la luz como se presentaba en la impresión tras el revelado. Siguiendo con las pruebas rápidas, se realizaron movimientos en las posiciones, tanto del proyector como el lente aéreo, notándose una variación en la calidad de la luz. Los resultados de las pruebas parecían suficientes para poder establecer los parámetros adecuados de operación sin la necesidad de usar material virgen y con la posibilidad de hacer en tiempo real por lo que se estableció este procedimiento para realizar las pruebas.

Con estas pruebas exitosas, se continuó con la planeación de las pruebas finales. Para esto era necesario establecer los parámetros tanto fijos como variables para las pruebas. De las pruebas anteriores y cualitativamente, se estableció que, a una distancia de 16 cm o menos entre el proyector y el lente aéreo, la imagen proyectada parecía no presentar el problema de luz, esto sin importar a que distancia se encontraran estos de los demás elementos. Esta última distancia no parecía afectar la distribución de la luz, sino únicamente su intensidad y por obiedad el enfoque del proyector aéreo sobre la cámara. Por lo que la única variable que podría causar la falla era la distancia entre estos dos elementos.

Tomando todo lo anterior en cuenta se consideró el valor de 16 cm como máximo valor permisible para evitar el problema. Para comprobar esto se planeó aumentar dicha distancia a 18 y 20 cm, con la finalidad de comprobar que este valor era el correcto como máximo permisible.

En las imágenes 41-46 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas.

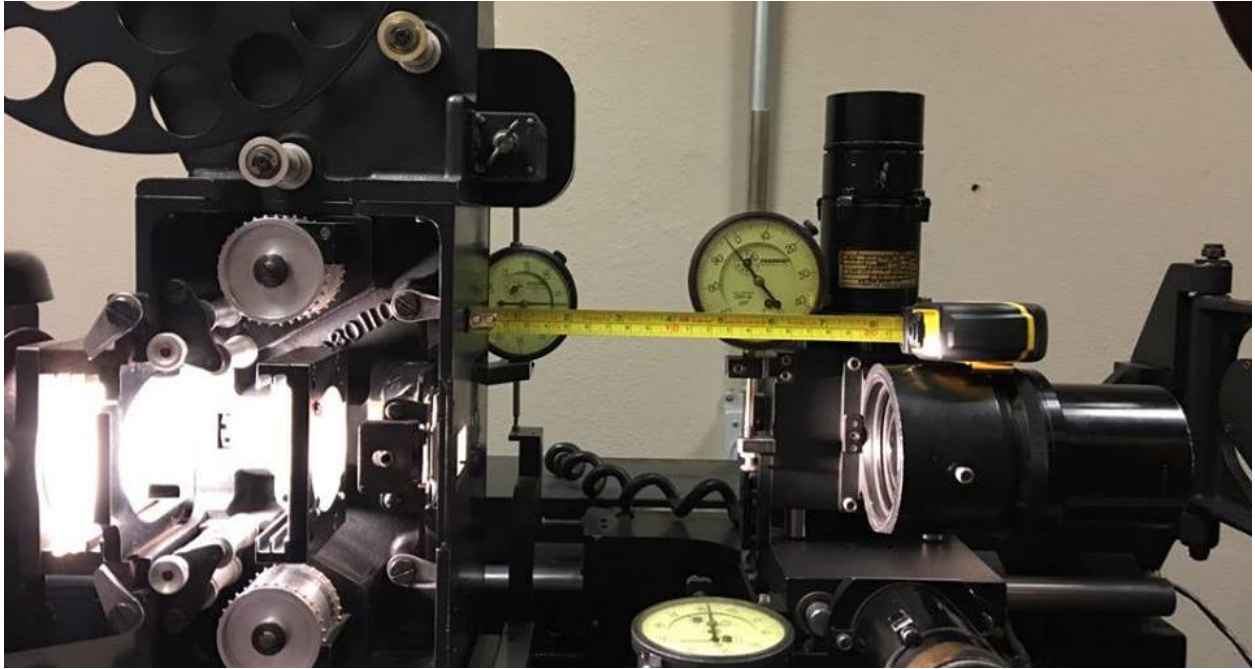


Imagen 42. Prueba a 20 cm.



Imagen 43. Resultado a 20 cm.

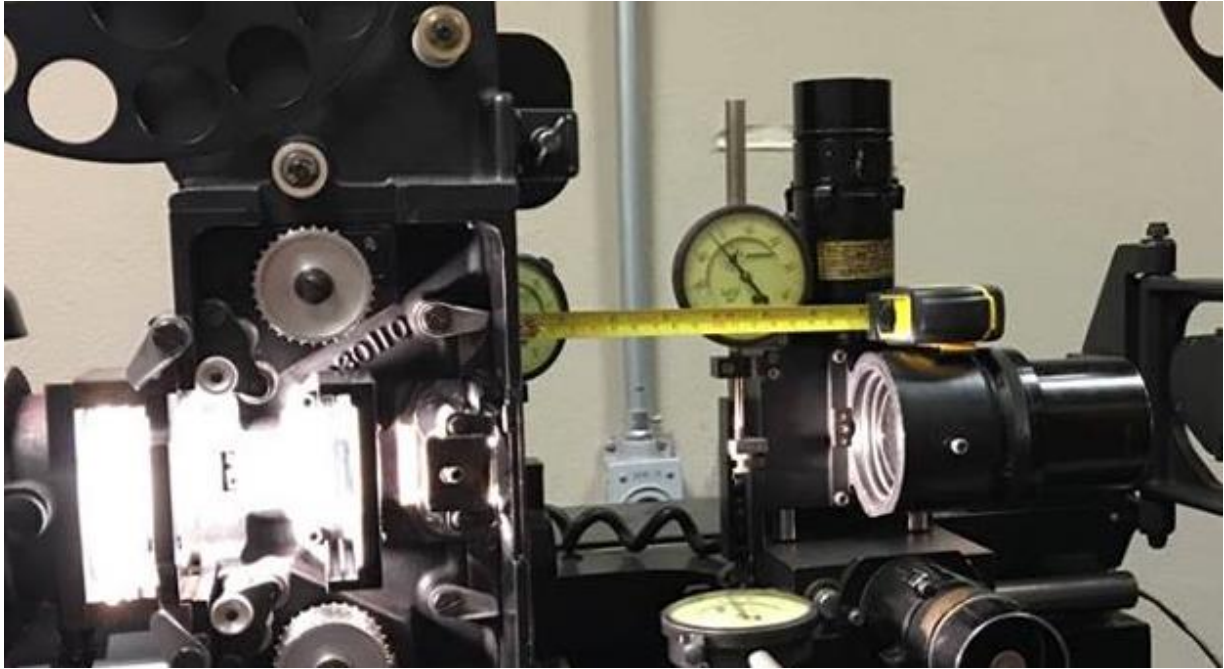


Imagen 44. Prueba a 18 cm.

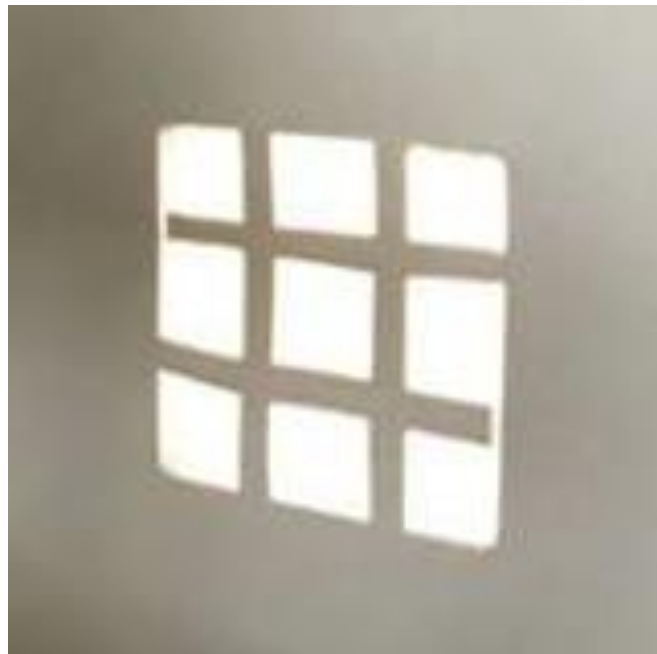


Imagen 45. Resultado a 18 cm.

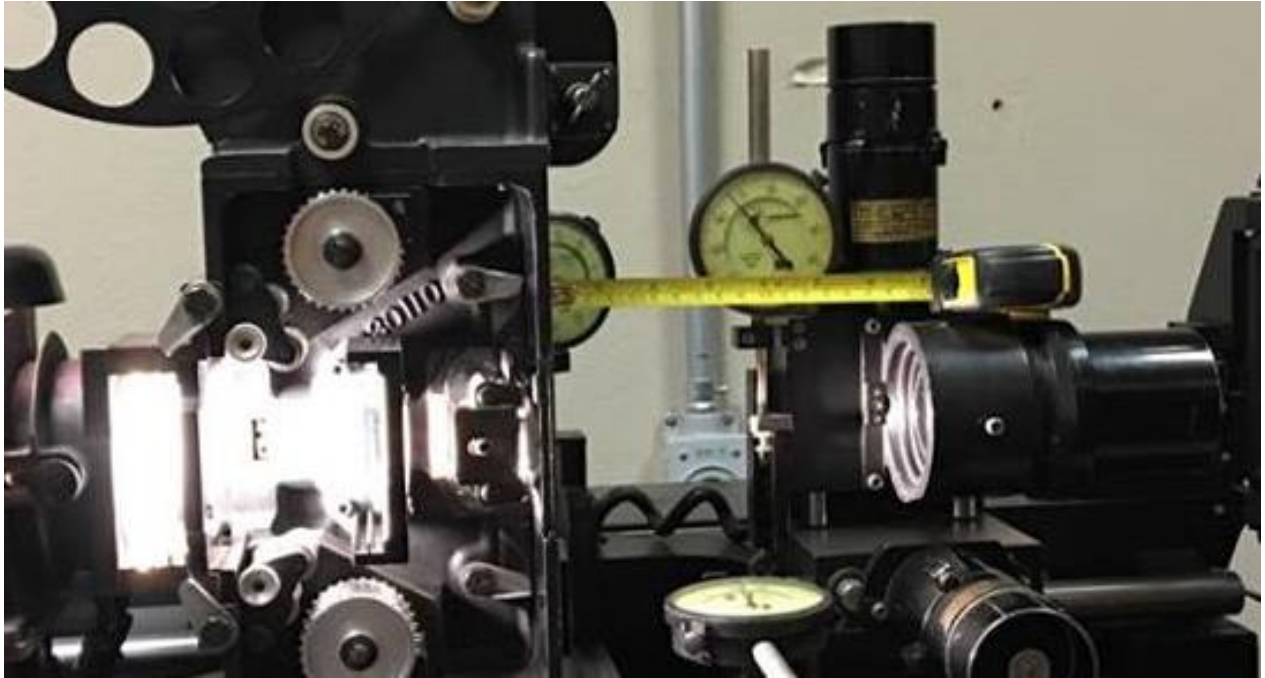


Imagen 46. Prueba a 16 cm.



Imagen 47. Resultado a 16 cm.

Como se ve en las imágenes tanto la prueba a 18 cm como la prueba a 16 cm, parecen mostrar cualitativamente una buena distribución adecuada de luz en todo el cuadro, mientras que la prueba a 20 cm comienza a mostrar variaciones en dicha distribución, esto puede notarse en las esquinas de las imágenes, donde la luz parece desvanecerse. Con estas pruebas se estableció que, si bien a 18 cm pareciera que el problema desaparece, los 16 cm o menos podrían asegurar que el problema desaparece por completo.

Con estas consideraciones en mente, se planteó llevar a cabo una prueba con material virgen, con la finalidad de poder realizar una medición cuantitativa de la distribución de la luz, medición que forma parte de los controles de calidad del laboratorio, y la cual en el caso de presentar una variación dentro de los parámetros de calidad aseguraría que dichas condiciones son adecuadas para el trabajo en la máquina.

Las fotografías se realizaron regresando la cámara a su posición original, realizando el encuadre, enfoque y calibración de la luz adecuados, y haciendo tomas a 16 cm y 14 cm. El material fue llevado a revelado y posteriormente al analizador. Los resultados obtenidos de las pruebas de calidad indicaron que las variaciones de luz a los 16 cm en ocho de los nueve cuadros de la película se encontraban dentro de los parámetros. En el caso de los 14 cm todos los cuadros presentaron variaciones dentro de los estándares de calidad, por lo que con esto se comprobó que los parámetros establecidos eran los adecuados para la correcta operación de la máquina.

Con este último problema resuelto, la máquina Truca de efectos especiales se encontraba a un cien por ciento de su capacidad para operar, según las necesidades actuales del laboratorio, concluyendo así el mantenimiento correctivo de la máquina.

7. Conclusiones

Con relación a la restauración realizada, primero que nada, cabe mencionar que fue un gran desafío por muchas razones, la primera, la antigüedad de la máquina, esto complicó bastante la restauración, pues en primera instancia, está ya no cuenta con piezas de refacción ya que este tipo de máquinas actualmente se consideran “obsoletas”, por lo que ya no se producen. En segunda y una de las mayores problemáticas fue el hecho de que la máquina ya había sido intentada reparar anteriormente por otros alumnos de la Facultad, sin llevar una bitácora de los cambios realizados a la máquina, esto obstaculizó el trabajo que realicé, pues al no conocer dichos cambios, el problema podría encontrarse en cualquier parte de la máquina. Por esta razón, se entregará una copia de este trabajo a la Filmoteca, sirviendo como una bitácora de mantenimiento para generaciones futuras. La tercera, fue que la experiencia de operación de la máquina, al tener tantos años dañada, se había perdido parcialmente, por lo que fue necesario realizar muchas pruebas junto con el equipo de laboratorio, para recuperar dicho conocimiento. Por último, la limitación de recursos para la reparación fue un punto importante, pues parte del trabajo fue evitar costos de reparación excesivos.

Ahora si bien el trabajo mostró complicaciones, logré trabajar de manera eficaz y eficiente, pues logré utilizar los pocos recursos disponibles para realizar la reparación, sin incurrir en gastos adicionales. Esto a su vez gracias a los conocimientos que adquirí, no solo de mis profesores a lo largo de la carrera, sino también de técnicos de laboratorio, compañeros, en mis prácticas profesionales como ingeniero de procesos y de personas del ámbito de la ingeniería que conocí a lo largo de mi formación.

Otra cosa importante a resaltar, es el hecho de que la mayoría de la reparación fue eléctrica-electrónica, disciplinas en las cuales mi carrera no se especializa, sin embargo, como parte de la formación integral dentro de la facultad me fue posible tanto aplicar mis conocimientos sobre el tema, así como la investigación por mi propia cuenta de dichas disciplinas. También cabe resaltar, que mucho del conocimiento aplicado fue empírico, ya que, si bien es posible encontrar bibliografía acerca de algunos temas, por las

características de la máquina, mucha de esta bibliografía se relaciona con equipos y componentes más modernos. Esto es una demostración de la consistencia del plan de estudio de la carrera y de las habilidades adquiridas a lo largo de mi formación universitaria.

Con relación al trabajo realizado durante el servicio social, fue una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, esto en un ámbito que en primera instancia pareciera ajeno a la ingeniería. En este pude aplicar mis conocimientos de mantenimiento, seguridad, la aplicación del método científico, análisis y criterio de fallas, métodos de mejora continua, así como conocimientos de diseño, electricidad, electrónica y mecánica. A lo largo de este trabajo, se mostró todo el procedimiento realizado para la restauración de una máquina cinematográfica, la cual representa un gran beneficio no solo para la Filmoteca, sino para la UNAM e incluso si lo escalamos, para el mundo, pues el trabajo de restauración que se realiza en el laboratorio de esta institución, nos permite conservar el arte del cine para la posteridad.

Es importante también resaltar, que este no fue el único equipo restaurado por mi parte para la institución, pero se decidió elegir este por la importancia que tiene. Dentro de los otros equipos reparados, se encuentran analizadores de color, ponchadoras de cintas perforadas para los programas de impresión, un editor Steenbeck, el equipo de impresión BHP wet, algunos proyectores de diapositivas, así como algunas pequeñas reparaciones en las reveladoras de 35mm.

Esto demuestra la importancia de la ingeniería en estos ámbitos, pues por la antigüedad de algunas máquinas, estas ya no cuentan con refacciones originales, por lo que, si queremos seguir manteniendo este arte, es de suma importancia que mostremos interés.

Al final me siento muy agradecido con la Filmoteca por permitirme realizar mi servicio social con ellos, y por darme toda la confianza y libertad de trabajar con sus máquinas, y a su vez agradezco la oportunidad de poder generar un beneficio para la UNAM.

8. Bibliografía

- i. Pérez Amador Barrón, V. (1992). “Generadores, motores y transformadores eléctricos” México, UNAM.
- ii. Nasar, S. (1979). “Electromecánica y máquinas eléctricas” México, Editorial Limusa
- iii. Budynas, R. (2003) “Diseño en Ingeniería mecánica de Shingley” México, Mc Graw Hill.
- iv. Norton, R. (2002). “Diseño de máquinas” México, Pearson