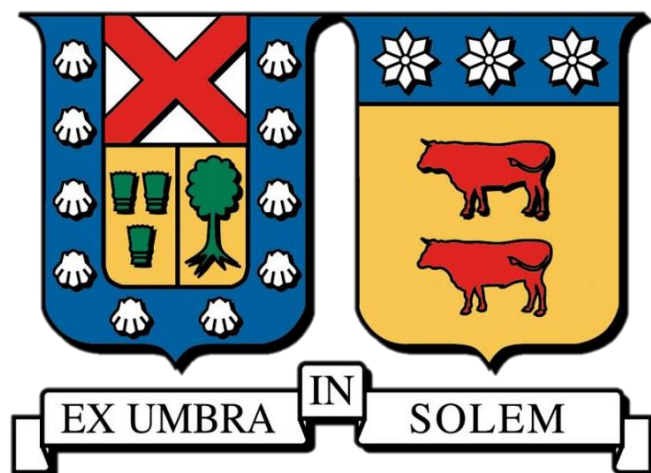


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**



**PLANIFICACIÓN DE MANTENCIÓN PREVENTIVA A
LOS ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS Y MOTOR
PRINCIPAL DE UN TORNO PARALELO.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en
ELECTRICIDAD

Alumnos:

Fernando Alonso Llanos Torres
Javier Ignacio Hernández Tapia

Profesor Guía:

Ing. Esteban Días Montt



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Planificación de Mantenimiento Preventiva a los accionamientos eléctricos y motor principal de un Torno paralelo.

Nombre del candidato(a): Javier Ignacio Hernández Tapia

Carrera / Grado: Técnico Universitario en Electricidad

Campus: Concepción ; **Departamento:** Electricidad

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Esteban Díaz Montt , en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 23/06/2025

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 23/06/2025

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Planificación de Mantenimiento preventiva a los accionamientos eléctricos y motor principal de un Torno paralelo.

Nombre del candidato(a): Fernando Alonso Llanos Torres

Carrera / Grado: Técnico Universitario en Electricidad

Campus: Concepción ; **Departamento:** Electricidad

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Esteban Díaz Montt, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

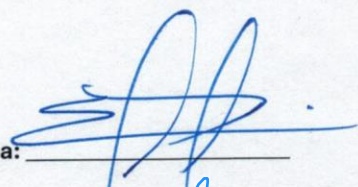
El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 23/06/2025 ; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 23/06/2025 ; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Fernando A. Llanos T:

Dedico este trabajo de título a mis padres Fernando Llanos y Susana Torres, por su amor, apoyo y sacrificio incondicional a lo largo de mi carrera universitaria. Su guía y motivación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

También dedico este trabajo a mi novia Daniela Vásquez, por su amor, comprensión y apoyo constante. Su presencia en mi vida ha sido una fuente de inspiración y motivación para seguir adelante.

A todos ellos, gracias por creer en mi y por ser mi fuente de inspiración y motivación. Este logro también es suyo.

Javier Hernández:

“Gracias a los que estuvieron presente en todo este proceso y a los que no me alegro que así fuese, ya sé con quien no contar”.

RESUMEN

El torno paralelo es una herramienta crucial en el mecanizado de piezas cilíndricas y cónicas en industrias como la metalurgia, aeronáutica y automotriz. Existen diversos tipos de tornos, cada uno adaptado a necesidades específicas de mecanizado, pero todos requieren un mantenimiento adecuado. Para garantizar su rendimiento y prolongar su vida útil, se emplean estrategias de mantenimiento industrial como el correctivo, preventivo, predictivo y el mantenimiento centrado en la confiabilidad, entre otros. El mantenimiento del torno incluye limpieza, inspección, lubricación y ajuste, siendo la lubricación fundamental para evitar el desgaste.

En este contexto, el trabajo de título propone un plan de mantenimiento preventivo para los accionamientos eléctricos y el motor principal del torno paralelo en la Maestranza Barcéna. El plan incluye tres mecanismos: medición de aislamiento, uso de termografía y un mantenimiento específico para los componentes eléctricos del tablero, como contactores y fusibles. Este enfoque busca maximizar la productividad, mejorar la seguridad y reducir fallos mecánicos y eléctricos.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: TORNO EN PARALELO O MECÁNICO.....	2
1.1. Torno, definición y tipos.....	3
1.2. Torno paralelo o mecánico	8
1.3. Torno paralelo o mecánica maestranza bárcena	12
CAPÍTULO 2: MANTENIMIENTO TORNO PARALELO EN MAESTRANZA BÁRCENA.....	15
2.1. Tipos de mantenimiento.....	16
2.2. Mantención en un torno paralelo	21
2.3. Fallas comunes en un torno en paralelo.....	25
CAPÍTULO 3: MANTENCIÓN PREVENTIVA A MOTORES EN TORNO PARALELO	27
3.1. Esquema eléctrico del torno paralelo.....	28
3.2. Mantenimiento preventivo mediante termografía	29
3.3. Mantenimiento preventivo mediante aislamiento.....	34
3.4. Mantenimiento preventivo accionamientos eléctricos.....	40
3.5. Propuesta de mantenimiento preventiva para torno paralelo en Maestranza Bárcena	43

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-1. Torno en paralelo	5
Figura 1-2. Torno copiador.....	5
Figura 1-3. Torno revolver.....	6
Figura 1-4. Torno automático	7
Figura 1-5. Torno vertical.....	7
Figura 1-6. Torno CNC.....	8
Figura 1-7. Torno paralelo.....	8
Figura 1-8. Torno paralelo, cabezal fijo	11
Figura 1-9. Torno paralelo, cabezal móvil y cabezal.....	11
Figura 1-10. Torno en paralelo	12
Figura 1-11. Engranajes internos del torno	13
Figura 1-12. Caja de avances del torno	13
Figura 1-13. Cabezal móvil.....	13
Figura 1-14. Bancada y cabeza móvil	14
Figura 1-15. Gaveta y depósito de desechos	14
Figura 2-1. Técnicas de mantenimiento industrial	16
Figura 2-2. Ciclo del mantenimiento correctivo.....	17
Figura 2-3. Ciclo del mantenimiento programado.....	18
Figura 2-4. Técnicas de mantenimiento industrial	19
Figura 2-5. Técnicas de mantenimiento industrial	20
Figura 2-6. Extracto capítulo 7 del manual de usuario torno TU I503V.....	24
Figura 2-7. Extracto manual de usuario torno Rono Harrison 13, velocidad variable modelo AA	25
Figura 3-1. Esquema eléctrico asociado al torno paralelo.....	28
Figura 3-2. Funcionamiento de una cámara termográfica.....	30
Figura 3-3. Criterios de temperatura y observaciones	31
Figura 3-4. Toma termográfica al tablero de forma general.....	31
Figura 3-5. Toma termográfica del interruptor general	32
Figura 3-6. Toma termográfica del interruptor general	32
Figura 3-7. Toma termográfica a una barra repartidora.....	33
Figura 3-4. Rango de operación para el IP	35
Figura 3-5. Rango de operación para el DAR	36
Figura 3-6. Medidor de resistencia de aislación.....	37
Figura 3-7. Motor de 4 kW presente en universidad	37
Figura 3-8. Placa motor de 4 kW presente en universidad.....	38
Figura 3-9. Medidor de resistencia de aislación.....	38
Figura 3-10. Setup implementando para la medición de aislación en motor	39
Figura 3-11. Planilla medición de aislación	46

ÍNDICE TABLAS

Tabla 3-1. Descripción nomenclatura plano Figura 3-1	29
Tabla 3-2. Medición de aislación para el índice IP	39
Tabla 3-3. Medición de aislación para el índice DAR.....	39
Tabla 3-4. Medición de aislación para el índice IP en base a fórmula (1).....	40
Tabla 3-5. Medición de aislación para el índice IP en base a fórmula (1).....	40
Tabla 3-6. Propuesta para el mantenimiento preventivo mediante fotografías termográficas	43
Tabla 3-7. Propuesta para el mantenimiento preventivo mediante medición de aislamiento.....	44
Tabla 3-8. Propuesta para el mantenimiento preventivo a los a. eléctricos	45

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

CNC	: Control número computarizado
TPM	: Mantenimiento productivo total
RCM	: Mantenimiento centrado en la confiabilidad
RBM	: Mantenimiento basado en el riesgo
SEC	: Superintendencia de Electricidad y Combustibles
PdM	: Mantenimiento productivo
Neta	: International Electric Testing Association
IP	: Índice de polarización
DAR	: Prueba de relación de aislamiento
RIC	: Requisito de información complementaria

INTRODUCCIÓN

El torno paralelo es una herramienta esencial para el mecanizado de piezas cilíndricas y cónicas en sectores industriales como la metalurgia, la aeronáutica y la automotriz. Dentro de los diferentes tipos de tornos disponibles, se incluyen el torno paralelo, el copiador, el revólver, el automático, el vertical y el CNC, cada uno diseñado para satisfacer necesidades específicas de mecanizado. Sin embargo, como cualquier equipo mecánico y eléctrico, el torno requiere un mantenimiento adecuado para garantizar su funcionamiento óptimo.

Para asegurar su buen desempeño y prolongar su vida útil, se emplean diversas estrategias de mantenimiento industrial, tales como el mantenimiento correctivo, programado, preventivo, predictivo, el mantenimiento productivo total (TPM), centrado en la confiabilidad (RCM) y basado en el riesgo (RBM). Estas metodologías buscan maximizar la eficiencia y la seguridad de los equipos en la organización. En particular, el mantenimiento del torno paralelo implica tareas de limpieza, inspección, lubricación y ajuste, siendo la lubricación un aspecto clave para minimizar el desgaste, utilizando lubricantes específicos para cada componente y aplicando los métodos más adecuados.

Con el fin de cumplir con la normativa establecida por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y garantizar la seguridad de las personas y equipos, en este trabajo de título se propone un plan de mantenimiento preventivo para los accionamientos eléctricos y motor principal del torno paralelo de la Maestranza Barcéna. Lo anterior se logra a través de tres mecanismos de mantenimiento preventivo como la medición de aislamiento, el uso de termografía y un plan de mantención para los componentes eléctricos que componen el tablero del torno como contactores, fusibles y relevadores térmicos. Este enfoque integral busca maximizar la productividad y prolongar la vida útil del equipo, reduciendo la aparición de problemas comunes como vibraciones, mala calidad en acabados, y otros fallos mecánicos y eléctricos.

OBJETIVOS GENERALES.

Se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo para un torno paralelo modelo “CDE6250A” y sus sistemas de accionamiento eléctrico, con el objetivo de mejorar su disponibilidad operativa. Este plan se estructurará conforme a la normativa vigente y a las recomendaciones establecidas por el fabricante del equipo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Describir funcionamiento del torno paralelo y sus partes principales, tanto eléctricas como mecánicas
2. Identificar los tipos de mantenimiento existentes aplicado a los accionamientos eléctricos y al torno paralelo modelo “CDE6250A”
3. Determinar actividades de mantenimiento a las maquinas rotatorias (motor eléctrico) y accionamientos (contactares) de un torno paralelo
4. Establecer un mantenimiento a los elementos de control presentes en el torno paralelo.

CAPÍTULO 1: TORNO EN PARALELO O MECÁNICO

El torno es una máquina herramienta utilizada para dar forma a materiales sólidos mediante el mecanizado, girando la pieza sobre su eje mientras una herramienta de corte elimina material. Se usa en diversas industrias, como la metalurgia, aeronáutica y automotriz, para fabricar piezas cilíndricas, componentes y prototipos.

Existen varios tipos de torno según las necesidades de producción. El torno paralelo se utiliza en tareas de aprendizaje y mantenimiento, aunque su operación manual puede generar errores. El torno copiador sigue el perfil de una plantilla, ideal para piezas con formas complejas. El torno revólver usa múltiples herramientas simultáneamente, lo que acelera el proceso, mientras que el torno automático es completamente automatizado, adecuado para grandes series de producción. El torno vertical, con eje en posición vertical, es ideal para piezas grandes, y el torno CNC, controlado por computadora, ofrece gran precisión y es eficiente en grandes volúmenes de piezas simples o complejas. Cada tipo de torno se adapta a diferentes necesidades de mecanizado y precisión en la producción industrial.

El objetivo de este capítulo es proporcionar una comprensión detallada del torno paralelo, analizando sus componentes y su funcionamiento. Además, se presentará una descripción detallada del torno paralelo presente en la Maestranza Bárcena, acompañada de imágenes que ilustran sus características.

1.1. Torno, definición y tipos

El torno es una máquina herramienta que se utiliza para formar materiales sólidos a través de un proceso de mecanizado. Funciona haciendo girar una pieza sobre su propio eje mientras una herramienta de corte se mueve a lo largo de la pieza para remover material creando así formas acordes a lo solicitado (1).

Este dispositivo se suele utilizar en la industria de la metalurgia (para la producción de piezas metálicas, como componentes de motores, partes de maquinaria y herramientas), en la industria aeronáutica (para la fabricación de componentes precisos para aviones, como ejes y piezas estructurales), industria automotriz (para la producción de partes del motor, componentes de transmisión y otras piezas del vehículo), industria electrónica

(para la fabricación de componentes para dispositivos electrónicos), industria carpintera (para la producción de muebles y objetos de madera), entre otras.

En cuanto a las aplicaciones del torno este se utiliza para la fabricación de piezas cilíndricas (ejes, pernos, rodamientos, bujes, entre otros), fabricación de roscas y tornillos (creación de roscas internas y externas en diferentes tamaños), componentes de máquinas (piezas específicas para maquinaria industrial), prototipos y modelos (creación de prototipos para nuevas piezas o productos), entre otros (2).

En cuanto a los tipos de torno se tienen los siguientes:

- Torno paralelo
- Torno copiador
- Torno revólver
- Torno automático
- Torno vertical
- Torno CNC

A continuación, se hará una descripción de cada uno de ellos.

Torno paralelo: El torno paralelo o mecánico es un tipo de máquina herramienta que ha evolucionado a partir de los tornos antiguos, incorporando nuevos equipamientos que lo convirtieron en una de las herramientas más importantes de su época. No obstante, en la actualidad, este tipo de torno se utiliza principalmente para tareas menos relevantes, como en talleres de aprendizaje y mantenimiento, donde se realizan trabajos específicos o especiales. Para la producción en serie y con alta precisión, los tornos paralelos han sido reemplazados por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC. Estos tornos modernos requieren de operadores altamente capacitados, ya que el manejo manual de los carros en los tornos paralelos puede provocar errores frecuentes en la geometría de las piezas torneadas (3). La Figura 1-1 muestra un torno paralelo.



Figura 1-1. Torno en paralelo
Fuente: Página web empresa Heller

Torno copiado: Un torno copiado es un tipo de torno que opera mediante un dispositivo hidráulico o electrónico, permitiendo el torneado de piezas siguiendo el perfil de una plantilla. Esta plantilla reproduce una réplica exacta en la pieza a torner. Este tipo de tornos se utiliza para piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que han sido previamente forjadas o fundidas, y que presentan poco material excedente. También son muy utilizados en trabajos con madera y mármol artístico, especialmente para dar forma a columnas decorativas. La preparación para el mecanizado en un torno copiado es sencilla y rápida, lo que hace que estas máquinas sean muy útiles para mecanizar lotes o series de piezas que no sean muy grandes. Las condiciones tecnológicas del mecanizado en estos tornos son similares a las de otros tipos de tornos, requiriendo únicamente una herramienta que facilite la evacuación de la viruta y un sistema de lubricación y refrigeración eficaz del filo de corte mediante abundante fluido de corte (3).



Figura 1-2. Torno copiado
Fuente: Página web empresa Galimac

Torno revolver: El torno revólver es una variante de torno diseñado para mecanizar piezas que permiten el uso simultáneo de varias herramientas, reduciendo así el tiempo

total de mecanizado. Este tipo de piezas, que generalmente se trabajan a partir de barras, suelen tener una forma final de casquillo o similar. Una vez que la barra está bien sujeta mediante pinzas o un plato de garras, se puede taladrar, mandrinar, roscar o escariar el interior de la pieza mientras simultáneamente se cilindran, refrentan, ranuran, roscan y cortan las superficies exteriores con herramientas de torneado exterior. El torno revólver cuenta con un carro que tiene una torreta giratoria donde se insertan las diversas herramientas necesarias para el mecanizado de la pieza. También es posible mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras con accionamiento hidráulico (3).



Figura 1-3. Torno revolver
Fuente: Página web empresa Maquitos

Torno automático: Un torno automático es un tipo de torno en el que todo el proceso de trabajo está completamente automatizado. La alimentación de la barra necesaria para cada pieza también se realiza de manera automática, utilizando una barra larga que se inserta a través de un tubo en el cabezal y se sujeta con pinzas de apriete hidráulico. Existen tornos automáticos de uno o varios husillos. El torno de un solo husillo se utiliza principalmente para el mecanizado de piezas pequeñas que requieren grandes series de producción. El torno multihusillos se utiliza para mecanizar piezas de mayores dimensiones. En estos tornos, cada husillo realiza una parte del mecanizado de la pieza de forma programada. Dado que los husillos cambian de posición, el mecanizado final de la pieza es muy rápido, ya que todos los husillos trabajan simultáneamente en la misma pieza. La puesta a punto de estos tornos es muy laboriosa, por lo que se utilizan principalmente para grandes series de producción. El movimiento de todas las herramientas está automatizado mediante un sistema de excéntricas y reguladores electrónicos que controlan el ciclo y los topes de final de carrera. Un tipo específico de torno automático es el tipo suizo, conocido por su capacidad de mecanizar piezas muy pequeñas con tolerancias extremadamente estrechas (3).



Figura 1-4. Torno automático
Fuente: Página web empresa Mupem

Torno vertical: el torno vertical es un tipo de torno con eje vertical, diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño. Estas piezas, que se fijan en el plato de garras u otros dispositivos de sujeción, serían difíciles de manejar en un torno horizontal debido a sus dimensiones o peso. A diferencia de los tornos horizontales, los tornos verticales no cuentan con contrapunto. El único punto de sujeción de las piezas es el plato horizontal sobre el cual se apoyan. Para fijar las piezas en el plato, se utilizan grúas puente o polipastos (3).



Figura 1-5. Torno vertical
Fuente: Página web empresa Famasa

Torno CNC: El torno CNC es un torno controlado por un sistema de control numérico computarizado. Gracias a su estructura funcional y al control de la trayectoria de la herramienta mediante un ordenador incorporado, ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado. Este ordenador procesa las órdenes contenidas en un software previamente elaborado por un programador con conocimientos de

tecnología de mecanizado en torno. Esta máquina es especialmente rentable para el mecanizado de grandes series de piezas sencillas, en particular aquellas de revolución. Además, permite mecanizar superficies curvas con precisión, coordinando los movimientos axial y radial para el avance de la herramienta (3).



Figura 1-6. Torno CNC
Fuente: Página web empresa Tecnomquinaria

1.2. Torno paralelo o mecánico

El objetivo de esta sección es detallar de manera precisa el torno paralelo, sus partes y funcionamiento. La Figura 1-7 muestra al detalle las partes de un torno paralelo.

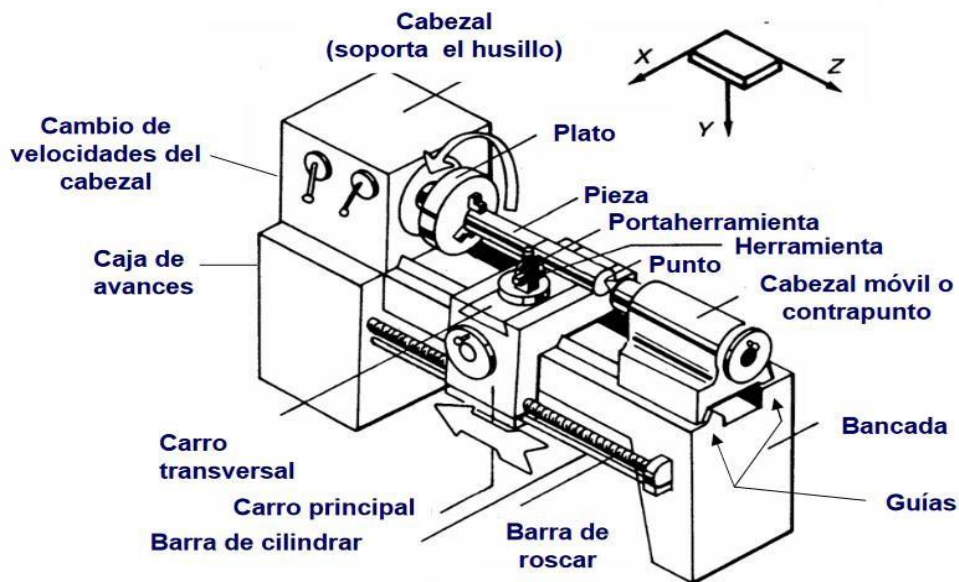


Figura 1-7. Torno paralelo
Fuente: [Referencia 3]

A continuación, se hace una descripción de las partes de un torno paralelo en base a la Figura 1-7.

Cabezal fijo: el cabeza fijo o cabezal es una pieza estática del torno paralelo que se compone de un conjunto de piezas como:

1. De manera general se compone del husillo o eje principal, un set de palancas, de forma interna por engranajes dentro de una gaveta y pulsadores de mando.
2. *Husillo o eje principal*: es un eje rotativo en el cabezal fijo del torno que sostiene y gira la pieza de trabajo durante el mecanizado, proporcionando la rotación necesaria para que la herramienta de corte elimine material y dé forma a la pieza. En el husillo se monta el plato, que gira junto con él y asegura que la pieza de trabajo alcance la velocidad adecuada para el torneado. Existen diversos tipos de platos de sujeción, como el de tres garras, cuatro garras, garras suaves y el plato de vacío, todos montados sobre el husillo. La Figura 1-8 a) y b) muestran lo que es un plato.
3. *Set de palancas*: conjunto de palancas que permiten desarrollar diferentes funciones con el torno paralelo, algunas son palancas selectoras de velocidad de marcha, palanca de inversión tornillo-barra, palanca de acoplamiento tornillo-barra y palancas selectoras. La Figura 1-8 a) muestra el set de palancas en el cabezal fijo.
4. *Caja de avances o Norton*: es un mecanismo de engranajes que permite seleccionar diferentes velocidades de avance para el carro del torno, facilitando el ajuste de la velocidad y el tipo de rosca que se desea mecanizar. La caja Norton se encarga de transmitir el movimiento desde el husillo hacia el carro, permitiendo variaciones en el avance longitudinal y en el roscado. La Figura 1-8 a) muestra la caja de avances.

La Figura 1-8 corresponde a un zoom de la Figura 1-1 pero que resalta el cabezal fijo.

Contrapunto: es un componente móvil del torno paralelo. Se encuentra en el extremo opuesto al cabezal fijo y puede moverse a lo largo de la bancada del torno para adaptarse a diferentes longitudes de piezas de trabajo. Algunas funciones del cabezal móvil son soporte de la pieza de trabajo, realización de operaciones de mecanizado y ajuste longitudinal (3).

Carro longitudinal o inferior: tiene la función de desplazar la herramienta de corte a lo largo del eje de la pieza de trabajo, en dirección paralela al husillo. Este movimiento permite realizar cortes longitudinales, que son esenciales para reducir el diámetro de la pieza, alisarla o crear formas cilíndricas. El carro longitudinal se desplaza sobre las guías de la bancada

Carro transversal o intermedio: permite el desplazamiento de la herramienta de corte en dirección perpendicular al eje de la pieza de trabajo. Su función principal es ajustar el

diámetro de la pieza al realizar cortes en sentido transversal, permitiendo reducir el grosor o crear superficies planas en los extremos. Además, junto con el carro longitudinal, facilita el torneado de formas cónicas y el ajuste preciso de cortes en distintos diámetros.

Carro superior o charriot: permite el ajuste fino de la herramienta de corte en ángulos específicos respecto al eje de la pieza. Montado sobre el carro transversal, puede girarse para realizar cortes en ángulo y es especialmente útil para torneados cónicos o perfiles complejos. Su movimiento manual permite al operario hacer ajustes precisos, lo que resulta fundamental en operaciones que requieren alta precisión, como el roscado o el acabado de superficies inclinadas.

Torre porta herramientas: ubicada sobre el carro superior.

Volantes: piezas mecánicas que permiten mover los carros.

Tambores graduados de los carros: permiten conocer el posicionamiento de las herramientas.

Palancas y otros dispositivos eléctricos.

Bancada: es la estructura principal sobre la cual están montados todos los componentes esenciales de la máquina. Es una parte fundamental que proporciona estabilidad, rigidez y precisión durante el proceso de mecanizado. Algunas características de la bancada son que está construida típicamente con hierro fundido o acero de alta resistencia para garantizar una base sólida y estable. Además, se encuentran con guías y caminos por los cuales se desplaza el carro transversal y el cabezal móvil (3).

Barra o tornillo patrón: es un eje roscado que se utiliza para guiar el movimiento automático del carro longitudinal durante el roscado. Su función principal es sincronizar el avance del carro con la rotación del husillo, permitiendo así cortar roscas con precisión en la pieza de trabajo. Al girar junto con el husillo, el tornillo patrón asegura que el buril avance a la velocidad correcta para formar el paso de rosca deseado, manteniendo la uniformidad y precisión del perfil roscado en toda la longitud de la pieza.

Barra de avances: transmite el movimiento desde la caja de avances hacia el carro longitudinal y el carro transversal para permitir el avance automático de la herramienta de corte durante el mecanizado. Su función principal es facilitar el desplazamiento controlado y uniforme del carro a lo largo de la pieza, tanto en dirección longitudinal como transversal, lo cual es esencial para operaciones de cilindrado, refrentado y otras tareas de corte recto. A diferencia del tornillo patrón, que se usa específicamente para el

roscado, la barra de avances se emplea en operaciones de corte general donde no es necesaria la precisión del paso de rosca.

La Figura 1-9 a) muestra el cabezal móvil del torno paralelo y la Figura 1-9 b) muestra la bancada del torno paralelo.

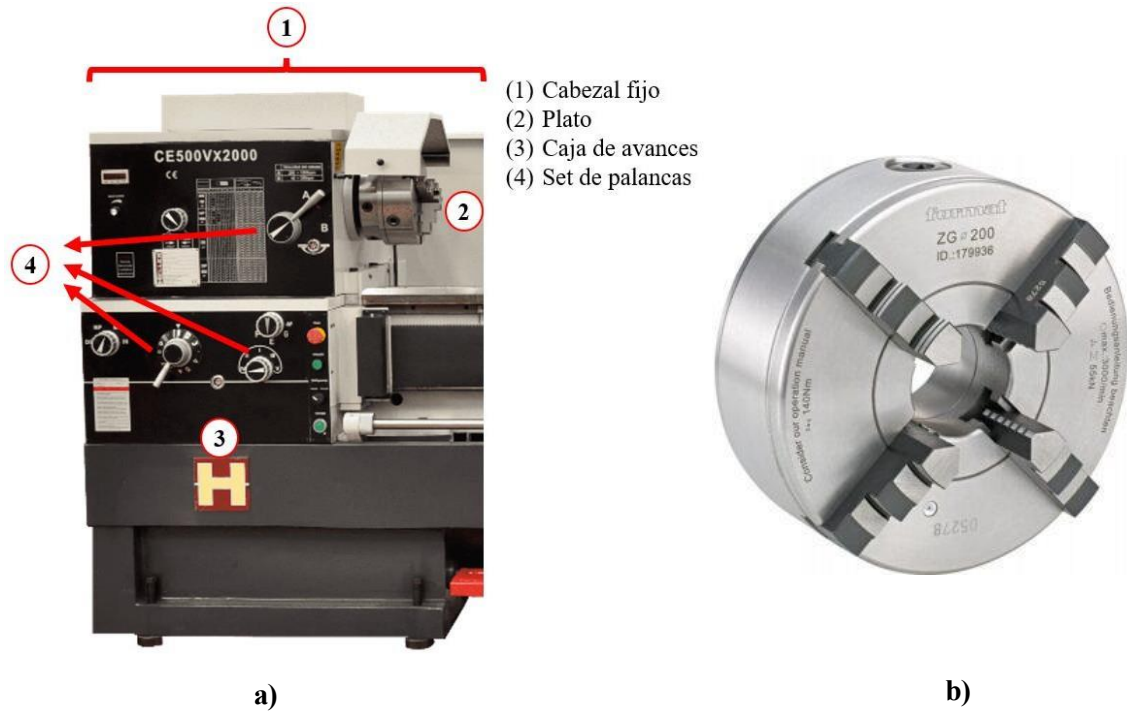


Figura 1-8. Torno paralelo, cabezal fijo

a) Cabezal fijo, b) Plato universal

Fuente: En a) empresa Heller, en b) página web empresa ademaq

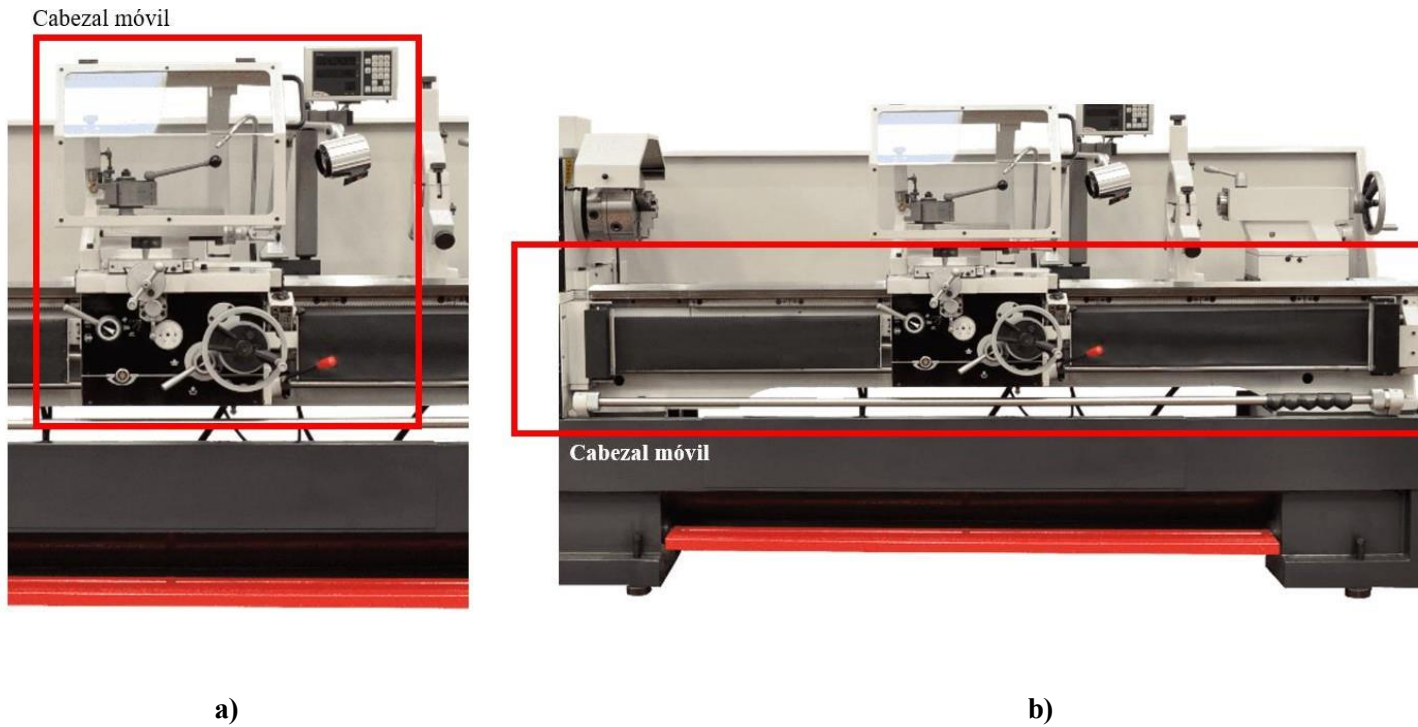


Figura 1-9. Torno paralelo, cabezal móvil y cabezal

a) Cabezal móvil, b) Cabezal

Fuente: En a) y b) empresa Heller

1.3. Torno paralelo o mecánica maestranza bárcena

Maestranza Bárcena es una empresa cuenta con más de 10 años de experiencia en el sector metalmecánico, especializada en la fabricación y venta de repuestos para la industria. La empresa ofrece en su línea de repuestos productos como levas para descortezadores, mordazas cuchillo chipper, poleas dentadas, rodillos estriados, bases y yunques, rodillo de casquete sierra múltiple, variedad de pasadores y bujes, ejes para reductores, rodillos cargadores, corona sin fin reductores, ejes estriados, engranajes y cremalleras, rodillos dentados para astilladores, rodillo cargador línea de aserrado y ruedas para carros secadores. La maestranza bárcena consta de dos tornos paralelos y un torno CNC.

La siguiente sección tiene por objetivo mostrar el torno paralelo encontrado en la maestranza bárcena. La Figura 1-10 muestra una imagen general del torno paralelo encontrado en la maestranza. En base a lo descrito en la sección 1.2 se puede observar el cabezal móvil, el carro longitudinal, carro transversal, carro superior, contrapunto, bancada, volantes, tornillo patrón, barra de avances y pulsadores de mando y palancas. La Figura 1-11 muestra de manera detalla la caja de engranajes, la Figura 1-12 muestra de manera detallada la caja de avances, la Figura 1-13 muestra de manera detallada los carros, la Figura 1-14 muestra la mantención realizada a los carros y la Figura 1-15 muestra la gaveta y el depósito de desechos.



Figura 1-10. Torno en paralelo

Fuente: Elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena



Figura 1-11. Engranajes internos del torno

Fuente: elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena



Figura 1-12. Caja de avances del torno

Fuente: Elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena



Figura 1-13. Cabezal móvil

Fuente: Elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena

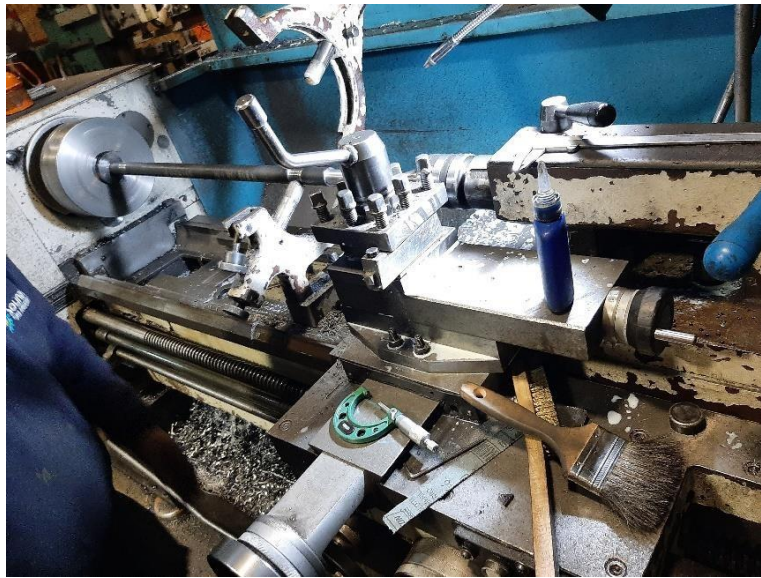


Figura 1-14. Bancada y cabeza móvil

Fuente: Elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena



Figura 1-15. Gaveta y depósito de desechos

Fuente: Elaboración propia, captura fotográfica al torno de la maestranza bárcena

CAPÍTULO 2: MANTENIMIENTO TORNO PARALELO EN MAESTRANZA BÁRCENA

El mantenimiento industrial es fundamental para mantener los equipos en óptimas condiciones, asegurando seguridad, eficiencia y rentabilidad en la producción. Existen varias estrategias clave: el mantenimiento correctivo actúa tras una falla, ya sea de emergencia o programado; el mantenimiento programado realiza intervenciones periódicas según las recomendaciones del fabricante; el mantenimiento preventivo busca evitar fallos mediante inspecciones y ajustes en intervalos predefinidos; y el mantenimiento predictivo monitorea variables operativas para anticipar fallos sin detener los equipos. Además, el mantenimiento productivo total (TPM) involucra a todos los empleados, incluyendo a operadores, en tareas básicas para maximizar la productividad, mientras que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se enfoca en la fiabilidad de los activos críticos mediante análisis de fallas y sus efectos en la seguridad y operación. Finalmente, el mantenimiento basado en el riesgo (RBM) dirige los recursos hacia equipos de mayor riesgo, ideal para plantas de alto peligro. Estas estrategias permiten optimizar los recursos y mejorar la eficiencia y confiabilidad de los sistemas en la organización.

El mantenimiento de un torno paralelo incluye limpieza, inspección, lubricación y ajuste para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. La lubricación es clave para reducir el desgaste y el calor en los componentes en contacto. Los tipos de lubricantes incluyen aceites vegetales, minerales, sintéticos, compuestos, sólidos y grasas, cada uno con características y aplicaciones específicas. Existen métodos de lubricación sin recuperación, con recuperación y por baño de aceite. La limpieza del torno es crucial antes de la lubricación, siguiendo las indicaciones del manual del usuario en cuanto a partes y tipos de lubricante. Es importante lubricar adecuadamente los cojinetes, engranajes, bancadas, husillos y guías. Además, problemas comunes como mala calidad de acabado, vibraciones, rebabas y fallas en componentes mecánicos pueden surgir, y para mitigarlos se deben considerar factores como la elección de herramienta, velocidad y refrigerante adecuado.

Este capítulo tiene dos objetivos, el primero es explicar la importancia del mantenimiento industrial para asegurar el buen funcionamiento de los equipos y mejorar la producción a través de diversas estrategias, el segundo es explicar que el

mantenimiento de un torno paralelo implica limpieza, inspección, lubricación y ajuste para asegurar su buen funcionamiento y duración.

2.1. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento industrial es una disciplina esencial para la producción, que tiene como objetivo mantener los equipos y sistemas en condiciones óptimas de operación o restaurarlos a ese estado, forma parte de la ingeniería y contribuye a la conservación de los recursos de una empresa, minimizando las fallas inesperadas para lograr mayor seguridad, eficiencia y rentabilidad. El mantenimiento industrial utiliza recursos físicos, humanos, tecnológicos e información de manera coordinada para mejorar la confiabilidad y reducir costos, siempre dentro de un marco seguro para el personal y el medio ambiente. Es una actividad dinámica, que requiere constantes revisiones, ajustes y mejoras, siendo transversal a todas las áreas de la organización y crucial para el logro de sus metas. Las empresas utilizan diferentes métodos para llevar a cabo el mantenimiento, que pueden ir desde no hacer nada y solo actuar cuando hay una falla (mantenimiento correctivo de emergencia) hasta usar sistemas más avanzados, como el mantenimiento basado en el riesgo. Por otro lado, existe el concepto de mantenimiento de preparación, que incluye todas las tareas que deben hacerse antes de empezar con el mantenimiento. Estas tareas pueden incluir conseguir repuestos, preparar herramientas, fabricar partes necesarias y asegurar que el espacio esté listo para trabajar. Este tipo de preparación es necesario para cualquier tipo de mantenimiento. El esquema presente en la Figura 2-1 muestra las técnicas de mantenimiento industrial usadas en la industria.

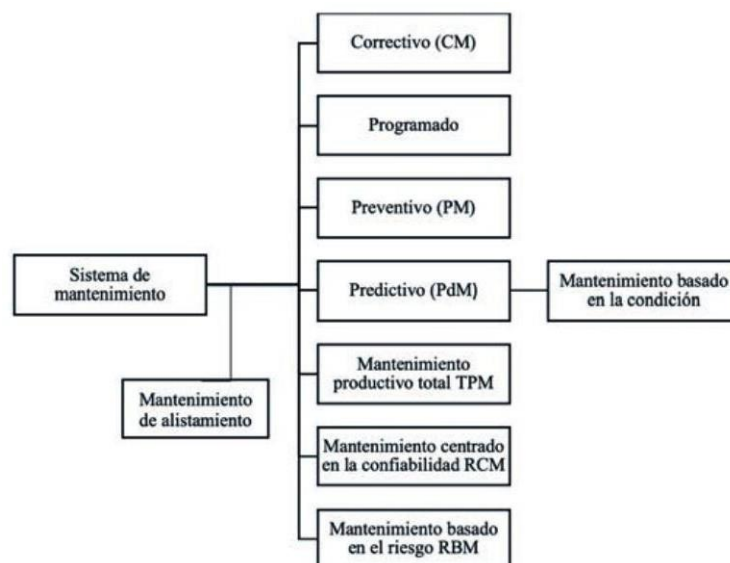


Figura 2-1. Técnicas de mantenimiento industrial
Fuente: Libro mantenimiento industrial y su administración (4)

A continuación, se definen cada uno de estos procedimientos:

Mantenimiento Correctivo (CM): El mantenimiento correctivo es un tipo de mantenimiento que se realiza cuando un equipo ha sufrido una falla funcional o se detecta una avería potencial. Este mantenimiento se activa de manera reactiva, con el objetivo de restaurar el funcionamiento de la máquina afectada lo más rápido posible, minimizando las interrupciones en la producción. Se divide en dos tipos:

1. **Mantenimiento correctivo de emergencia:** Se lleva a cabo cuando ocurre una falla funcional durante la operación, deteniendo la producción y generando posibles pérdidas o riesgos.
2. **Mantenimiento correctivo programado:** Se realiza cuando se anticipa una falla potencial, permitiendo completar el ciclo de producción antes de intervenir.

Es común en industrias con recursos limitados, donde no se aplican otros tipos de mantenimiento por falta de personal capacitado, herramientas, o tecnología adecuada. La Figura 2-2 muestra el ciclo del mantenimiento correctivo. Se relaciona el nivel de rendimiento con el tiempo transcurrido en un ciclo de mantenimiento correctivo. Se observa cómo el tiempo entre fallas (TBF) disminuye progresivamente a medida que se producen nuevas averías, hasta llegar a una falla catastrófica. Este tipo de fallo requiere una evaluación costo-beneficio para decidir si es más conveniente reemplazar el equipo o realizar una reparación integral (overhaul). A medida que el TBF se reduce, el rendimiento del equipo en el momento de la falla tiende a ser más alto.

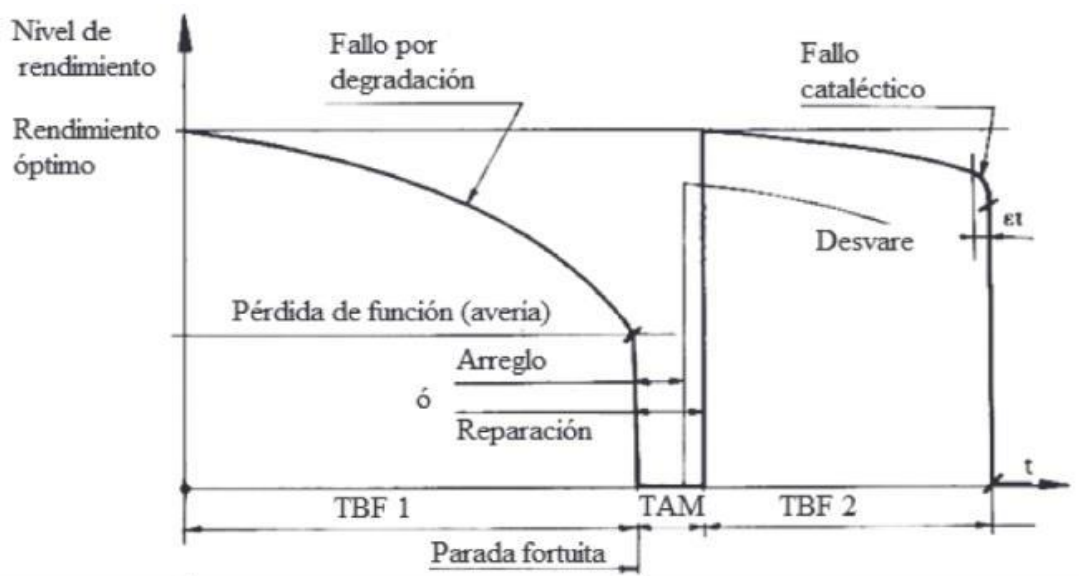


Figura 2-2. Ciclo del mantenimiento correctivo

Fuente: Libro mantenimiento industrial y su administración (4)

Mantenimiento Programado: El mantenimiento programado es una estrategia que implica detener el equipo en intervalos establecidos previamente para realizar tareas de mantenimiento como limpieza, lubricación, desarme, reemplazo de piezas y posterior

reensamblaje. Estos intervalos suelen ser los recomendados por el fabricante, sin tomar en cuenta la cantidad o la intensidad del uso real que ha tenido el equipo. Este tipo de mantenimiento asume erróneamente que todas las partes se desgastan de manera uniforme y a la misma velocidad. Sin embargo, no es posible hacer predicciones precisas sobre el comportamiento y el desgaste de los equipos, ya que factores como el operador y el entorno en el que se encuentran influyen significativamente. Por lo tanto, dos equipos iguales pueden mostrar diferencias notables en su rendimiento y durabilidad (4). La Figura 2-3 ilustra un gráfico que relaciona el nivel de rendimiento con el tiempo, correspondiente al ciclo de mantenimiento programado. De este gráfico, se pueden destacar algunas precisiones en relación con lo recomendado por el fabricante, por ejemplo, el equipo es sometido a inspecciones periódicas (puntos ii en el gráfico) basadas en el tiempo medio entre fallas (Mean Time Between Failure, MTBF). A partir de la determinación del MTBF, se establece un límite aceptable para el nivel de rendimiento ($K \times \text{MTBF}$). Cuando se alcanza este punto, el equipo es detenido de manera planificada, se realiza la intervención necesaria, y se restaura su rendimiento óptimo antes de volver a ponerlo en operación.

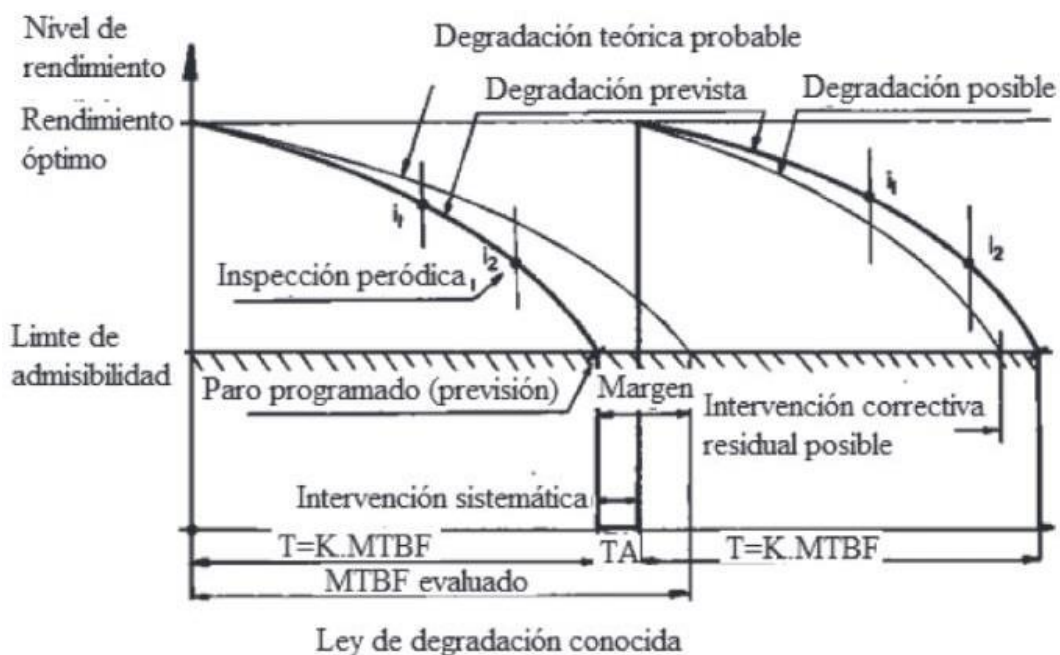


Figura 2-3. Ciclo del mantenimiento programado
Fuente: Libro mantenimiento industrial y su administración (4)

Mantenimiento Preventivo (PM): El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades planificadas con el propósito de asegurar que los equipos funcionen de manera segura y eficiente, evitando fallos inesperados. Estas tareas se programan con antelación suficiente para minimizar las interrupciones en el proceso productivo.

Este tipo de mantenimiento tiene como meta principal prevenir posibles fallos en el sistema productivo mediante la realización de acciones básicas, como la inspección,

calibración, ajuste, lubricación, reparación y reemplazo de componentes, a intervalos definidos de acuerdo con el ciclo de operación del equipo. A su vez, estas tareas pueden señalar la necesidad de realizar intervenciones adicionales, como mantenimiento correctivo o modificaciones. Las actividades de mantenimiento preventivo están organizadas en períodos específicos, ya sea por calendario o por el uso acumulado del equipo, y su finalidad es maximizar la eficiencia y confiabilidad de los equipos. Se busca garantizar que los activos operen de forma óptima y estén disponibles cuando se necesiten, incrementando tanto su disponibilidad como su confiabilidad.

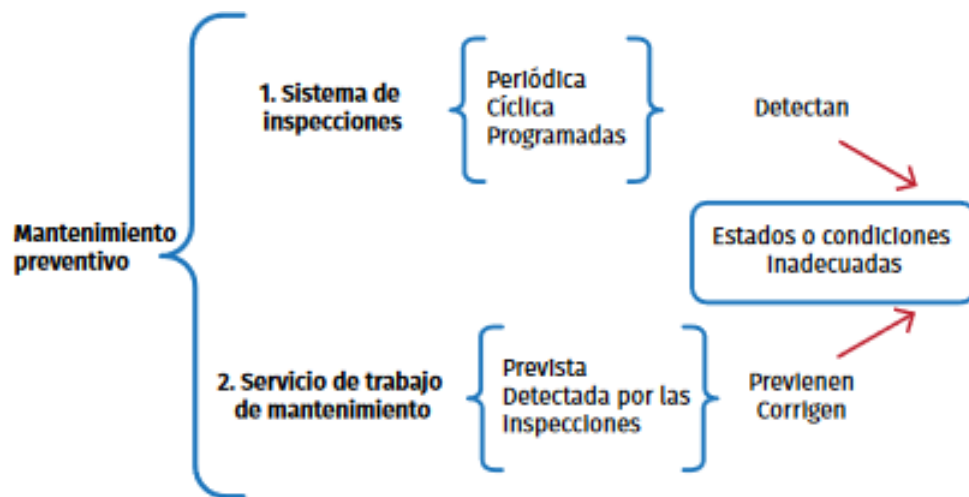


Figura 2-4. Técnicas de mantenimiento industrial

Fuente: Trabajo de grado planeación y desarrollo del mantenimiento correctivo y preventivo de las máquinas amarillas de la empresa Obrecol S.A.S (5)

Mantenimiento Predictivo (PdM): El mantenimiento predictivo es una estrategia que se basa en la observación y análisis de síntomas de fallas en equipos o máquinas, con el objetivo de anticipar la ocurrencia de fallos antes de que se presenten. Esto se logra midiendo y monitoreando diversas variables de operación, lo que permite detectar cambios que podrían indicar un desgaste o mal funcionamiento. A diferencia del mantenimiento preventivo, el predictivo utiliza tecnologías avanzadas como análisis de vibraciones, termografía, ultrasonidos, análisis de aceites y otras pruebas no destructivas para evaluar el estado de los equipos sin necesidad de detenerlos.

El enfoque predictivo busca estimar el momento en que un componente podría fallar, permitiendo su reemplazo justo a tiempo, lo que minimiza el tiempo de inactividad y prolonga la vida útil de las piezas. Además, evita la necesidad de mantener grandes inventarios de repuestos, ya que estos solo se compran cuando son necesarios. Esta metodología se apoya en técnicas no invasivas que monitorean el rendimiento y, si se detectan anomalías, se planifica una intervención antes de que ocurra una falla catastrófica. La Figura 2-5 muestra las técnicas de mantenimiento industrial.

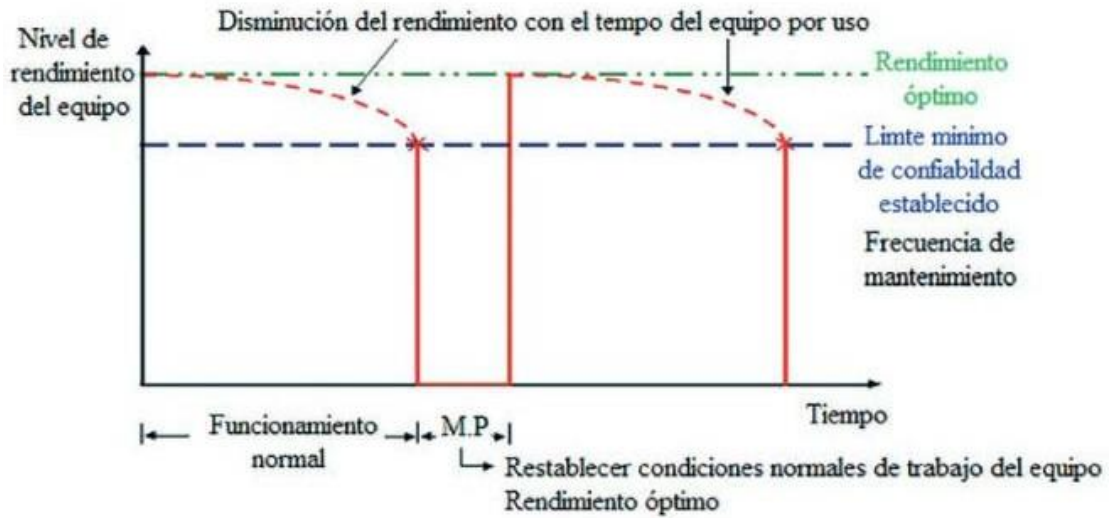


Figura 2-5. Técnicas de mantenimiento industrial
Fuente: Libro mantenimiento industrial y su administración (4)

Mantenimiento productivo total TPM: El mantenimiento predictivo total TPM representa la implementación de una filosofía tanto empresarial como personal, orientada a maximizar la productividad en los procesos. La productividad, en este contexto, implica optimizar la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados, logrando así una producción eficiente: el máximo rendimiento con el mínimo gasto. El TPM se enfoca en alcanzar sistemas altamente productivos mediante la eliminación de las seis grandes pérdidas que afectan la eficiencia: daños en las máquinas, largos tiempos de preparación, productos defectuosos, funcionamiento en vacío o a baja velocidad, accidentes en la planta y emisiones contaminantes.

En el marco del TPM, el operador de cada equipo desempeña un rol clave en el mantenimiento preventivo de su unidad productiva, involucrándose activamente en el compromiso de toda la organización con el aumento de la productividad, incluyendo a la alta gerencia. Para asumir este rol, el operador debe recibir capacitación y sensibilización, a fin de realizar tareas básicas de Mantenimiento Autónomo (4).

Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM: El mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM busca optimizar la confiabilidad operativa de sistemas que operan bajo condiciones específicas de trabajo. Este enfoque considera la criticidad de cada activo y los posibles efectos de sus modos de falla sobre la seguridad, el medio ambiente y las operaciones. En RCM, se prioriza el funcionamiento integral del sistema completo por encima del rendimiento de cada máquina o equipo individual; la importancia de un equipo radica en la función que desempeña dentro del proceso productivo.

El concepto central en RCM es la Confiabilidad o Fiabilidad. Para ello, el sistema se basa en estadísticas de fallas que permiten realizar un análisis de criticidad (CA) de las diferentes secciones o áreas de la planta, identificando luego la criticidad de los

subsistemas dentro de los equipos considerados críticos. Este análisis aplica la metodología de análisis de modo y efecto de Falla (AMEF o FMEA, por sus siglas en inglés) y genera un parámetro llamado número de prioridad de riesgo (NPR). Con estos datos, se desarrolla un plan de acción para cada subsistema crítico, que puede incluir acciones correctivas, preventivas, predictivas, la instalación de unidades redundantes o incluso el rediseño del subsistema (4).

Mantenimiento basado en el riesgo RBM: el sistema de mantenimiento basado en el riesgo dirige los recursos de mantenimiento hacia aquellos equipos que, tras un análisis de probabilidad y riesgo, se consideran los más peligrosos. Este mantenimiento es especialmente adecuado para su aplicación en plantas cuya operación implica altos niveles de peligrosidad, como las petroquímicas, nucleares, biológicas, entre otras (4).

2.2. Mantención en un torno paralelo

La mantención de un torno paralelo implica una serie de tareas de limpieza, inspección, lubricación y ajuste para asegurar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. Algunas de las mantenciones típicas que se le hacen a un torno en paralelo son:

Proceso de lubricación: procedimiento donde se le da importancia a la lubricación y engrase de las maquinas. Se identifica los elementos a engrasar o lubricar y luego se selecciona el método y lubricante adecuado. Para reducir el desgaste de los componentes, la pérdida de energía en las máquinas y la generación de calor derivada del rozamiento, se aplican acabados superficiales de alta calidad en las piezas que tienen contacto entre sí. Esto disminuye la rugosidad de las superficies y, por lo tanto, reduce la resistencia al movimiento. Es importante considerar que las piezas no están en contacto directo, ya que se emplea un lubricante adecuado que reduce el rozamiento. Este proceso de lubricación optimiza el rendimiento de la máquina o equipo y minimiza el desgaste causado por el rozamiento.

Algunos beneficios de la lubricación son:

1. Facilitar la evacuación de calor generador durante el funcionamiento.
2. Evitar la oxidación de los materiales que están en contacto.
3. Arrastrar impurezas que debido al ambiente de trabajo hayan podido caer en los componentes de la máquina.
4. Disminución del ruido generado por el funcionamiento de la máquina.

Los lubricantes son sustancias capaces de formar una película entre las piezas o mecanismos en movimiento, logrando la reducción del rozamiento. Algunos lubricantes son:

1. Aceites vegetales y animales: no suelen aplicarse en el campo de la mecánica debido a sus malas características de trabajo. Se oxidan en presencia del oxígeno y generan ácidos corrosivos si son sometidos a altas temperaturas.
2. Aceites minerales: son refinados del petróleo y de ciertos carbones.
3. Aceites sintéticos: estos aceites son producidos a través de la síntesis química de hidrocarburos, utilizando subproductos derivados del petróleo. Su proceso de elaboración es complejo, lo que conlleva un alto costo de fabricación. Sin embargo, presentan propiedades lubricantes superiores, un índice de viscosidad elevado, mejor fluidez a bajas temperaturas y la capacidad de soportar altas temperaturas sin causar oxidación en los componentes.
4. Aceites compuestos: son mezclas de diferentes tipos de aceites y aditivos diseñados para mejorar las propiedades lubricantes y adaptarse a diversas aplicaciones industriales. Estos aceites se utilizan en una amplia gama de máquinas y equipos, y ofrecen varias ventajas en comparación con los aceites simples.
5. Lubricantes sólidos: estos lubricantes se utilizan solo en situaciones excepcionales, principalmente cuando no es viable aplicar lubricantes en estado líquido o pastoso. Son empleados en entornos que requieren soportar temperaturas extremas o altas presiones en puntos específicos. Entre los más comunes se encuentran el grafito, el talco y el politetrafluoroetileno, entre otros.
6. Lubricantes pastosos (grasas): las grasas están compuestas en aproximadamente un 80% por un aceite, que puede ser mineral o sintético, al cual se le incorpora un espesante que proporciona soporte y estabilidad, dándole su consistencia pastosa. Al igual que los aceites, las grasas incluyen aditivos que mejoran ciertas propiedades, como la resistencia a la oxidación, la protección contra el agua y la reducción del desgaste, entre otras.

En cuanto a los métodos de lubricación, estos dependen de las condiciones de funcionamiento, de la clase de lubricante, de la forma de la superficie de contacto, etc. Los métodos de lubricación son:

1. Sin recuperación de lubricante: sistema en el cual el lubricante se aplica en las partes móviles de la máquina, pero no se recupera para su reutilización. Una vez que el lubricante ha cumplido su función de reducir la fricción y el desgaste en las superficies de contacto, se pierde o se elimina, ya sea

evaporándose, escurriendo, o dispersándose en el entorno. En este método se utilizan engrasadores manuales.

2. Con recuperación de lubricante: sistema diseñado para recolectar y reutilizar el lubricante que se aplica a las partes móviles de una máquina. Este enfoque permite que el lubricante se mantenga en circulación en el sistema, lo que reduce el consumo de lubricante nuevo y minimiza la contaminación ambiental.
3. Engrase por baño de aceite: sistema en el que las partes móviles de una máquina o equipo se sumergen parcialmente en un depósito de aceite lubricante. Este método es comúnmente utilizado en aplicaciones donde se requiere una lubricación continua y efectiva.

Elementos que lubricar en torno paralelo: los componentes que requieren lubricación en cualquier máquina industrial son especificados por la empresa o el diseñador a través del manual del usuario, el cual detalla las partes que se deben lubricarse y el tipo de lubricante que se debe emplear. La Figura 2-6 y Figura 2-7 ilustran lo anterior.

En la Figura 2-6 se puede observar una parte del manual de usuario del torno TU I503V de la empresa OPTIMUM donde ellos en el capítulo 7 del manual detallan el procedimiento de mantenimiento de la máquina. Guías deslizantes y boquillas de lubricación se deben lubricar con aceite de maquina marca Mobil Oil, el cuándo cuanto se lubrican depende de la pieza, pero está indicado en el catálogo.

En la Figura 2-7 se puede observar una parte del manual de usuario torno Rono Harrison 13, velocidad variable modelo AA. Se detalla claramente el lugar y el tipo de aceite a utilizar dentro del torno.

El lubricado del torno comienza con una limpieza de este mismo. La limpieza del torno se realiza utilizando un soplador, con el objetivo de eliminar las virutas, comenzando desde el husillo y avanzando hacia el estante inferior. Para asegurar una lubricación adecuada del torno, es necesario limpiar toda su superficie, desde la bancada hasta el carro portaherramientas. Al lubricar el torno, es fundamental enfocarse en las herramientas que se emplearán, tales como brochas, cepillos, trapos limpios y el lubricante especificado en el manual del usuario. También se deben tener contenedores para los trapos sucios de aceite o grasa. En esta actividad, se priorizan ciertas partes del torno. Concluido lo anterior se puede entonces llevar a cabo el proceso de lubricación de cada parte del torno según corresponda.

Algunos aspectos que considerar:

1. Cojinetes y engranajes deben tener un sistema conveniente de engrase. Se debe limpiar la superficie alrededor de los cojinetes y engranajes junto a sus áreas circundantes. Posteriormente se debe aplicar grasa o aceite dependiendo de lo que indique el manual de usuario. En las cajas de engranajes predomina el engrase forzado por bombas de aceite.
2. En las maquinas suelen coexistir varios sistemas de engrases, se debe ver el manual de usuario para identificar si se debe echar grasa o aceite, no es lo mismo lubricar una caja que una guía. En un torno es de vital importancia lubricar la bancada y los distintos carros que lo componen.
3. En los puntos de movimiento de giro lento se emplean engrasadoras de grasa consistentes. En las guías de los carros se emplean aceites suministrados en general por una bomba manual.
4. La lubricación de los ejes o husillos de un torno paralelo es crucial para asegurar un funcionamiento suave y prolongar la vida útil de la máquina. Se debe limpiar las superficies de los husillos y ejes para eliminar polvo y aceite viejo para luego aplicar el lubricante en las áreas de contacto de los ejes y husillos, así como en los rodamientos, usando una brocha o gotero.

7.2 Inspección y mantenimiento

El tipo y nivel de desgaste depende en gran medida del uso individual y las condiciones de funcionamiento. Por este motivo, todos los intervalos solo son válidos para las condiciones autorizadas.

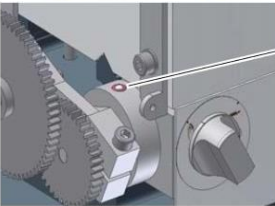
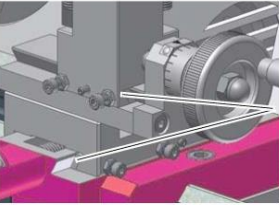
Intervalo	¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?
cada semana	Carra de la máquina	Lubricar	- Lubrique todas las piezas de acero brillante con aceite lubricante no corrosivo. - Material operativo en la página 15
	Stock de husillo	Pruebas	- Compruebe que los tornillos de fijación de los engranajes de cambio en el cuadrante y los tornillos de fijación de las poleas de las correas trapezoidales estén bien apretados.
Intervalo	¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?
Cada mes	Stock de husillo	Lubricante	- Engrase el tornillo de avance en la boquilla de lubricación. Utilice la botella de aceite de la caja de herramientas.  Pezón lubricante Img.7-1: Engrase de alimentación
cada seis meses		Inspección visual	- Controle si las correas sincronas son porosas o gastadas.
según sea necesario	Sillín de torno	Reajuste	- Reajuste la holgura de la guía deslizante de la guía transversal y superior.  Reajuste de las chavetas Img.7-2: Sillín de torno

Figura 2-6. Extracto capítulo 7 del manual de usuario torno TU I503V
Fuente: Manual de usuario torno TU I503 V

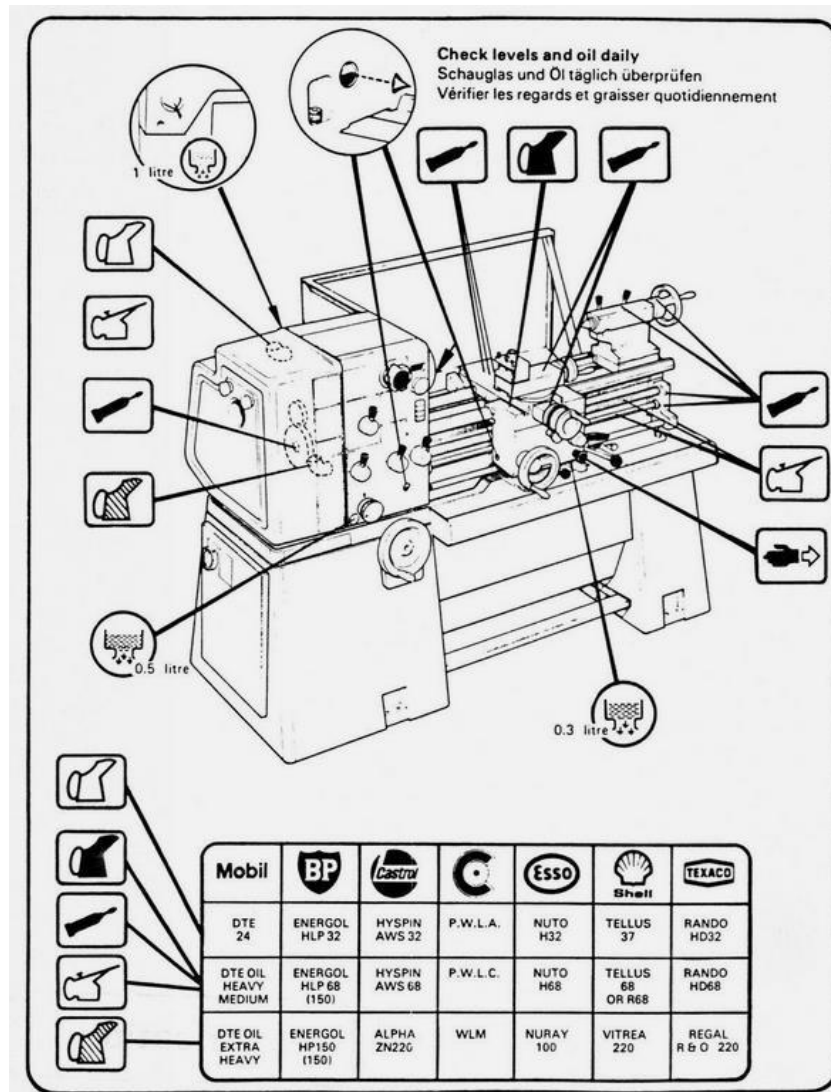


Figura 2-7. Extracto manual de usuario torno Rono Harrison 13, velocidad variable modelo AA
Fuente: Manual de usuario torno Rono Harrison 13

2.3. Fallas comunes en un torno en paralelo

Durante el proceso de torneado, pueden surgir diversos problemas que dificultan la correcta ejecución del trabajo. Muchos de estos inconvenientes se originan en una elección inapropiada de la herramienta, en una velocidad inadecuada para una actividad específica, o en una selección incorrecta del refrigerante, entre otros factores. Entre los problemas más comunes se encuentran:

1. Mala calidad en el acabado de la superficie: las causas de este problema pueden incluir una velocidad de avance o corte excesivamente alta, así como la rigidez de la pieza de trabajo mecanizada. Para solucionar esta situación, es necesario utilizar un refrigerante adecuado, reducir la velocidad de avance y mejorar la estabilidad tanto de la herramienta de corte como de la pieza de trabajo.

2. Vibraciones: uno de los problemas más frecuentes al torneear una pieza son las vibraciones, que pueden ser causadas por un desequilibrio en la pieza de trabajo o en la herramienta de corte. Para abordar este problema, se recomienda aumentar la velocidad de avance, utilizar una herramienta con un ángulo de posicionamiento más reducido y disminuir la profundidad de corte.
3. Rebabas: este problema suele presentarse al mecanizar piezas de acero y plástico blando. Para mitigar su aparición, se sugiere utilizar una herramienta con un ángulo de posicionamiento más reducido.
4. Problemas propios de la maquina: problemas de rodamiento, en cojinetes y partes móviles, roturas de piezas móviles, fugas de líquido y gases, fallos de calibración, recalentamiento de motores eléctricos, rotura de bandas y correas entre otras.

CAPÍTULO 3: MANTENCIÓN PREVENTIVA A MOTORES EN TORNO PARALELO

Como se explicó en el capítulo 1, el torno paralelo es una máquina herramienta utilizada para mecanizar piezas con formas cilíndricas o cónicas, mediante el giro de la pieza y el desplazamiento de una herramienta de corte de forma paralela al eje de rotación. Es ampliamente utilizada en procesos de torneado para la fabricación de componentes precisos. El torno paralelo cuenta con componentes tanto mecánicos como eléctricos. Entre los componentes mecánicos se encuentran el cabezal fijo, el carro principal, el contrapunto, las guías y la bancada, entre otros. Por otro lado, los componentes eléctricos incluyen motores, paneles de control, contactores, relés y sistemas de iluminación, entre otros.

Este capítulo tiene cuatro objetivos. En primer lugar, comprender el esquema eléctrico que gobierna el torno paralelo. En segundo lugar, analizar el uso de la termografía como método para proponer un plan de mantenimiento preventivo para los motores del torno paralelo. En tercer lugar, entender la medición de aislamiento con el fin de plantear un plan de mantenimiento preventivo para los motores del torno. Es importante señalar que tanto la termografía como la medición de aislamiento no se realizan directamente en los motores del torno paralelo, debido a la falta de acceso directo a estos y a la ausencia de los instrumentos necesarios en el lugar donde se llevó a cabo la práctica laboral. Como alternativa, y en virtud de lo acordado con el profesor guía, se propone efectuar la medición termográfica en un tablero eléctrico de la universidad, mientras que la medición de aislamiento se realizará en un motor eléctrico de 4 kW perteneciente a la misma institución. Finalmente, en cuarto lugar, desarrollar un procedimiento de mantenimiento para contactores, fusibles, relevadores térmicos y otros componentes, con el fin de prolongar la vida útil de los equipos.

3.1. Esquema eléctrico del torno paralelo

La Figura 3-1 muestra el cuadro eléctrico correspondiente al torno paralelo.

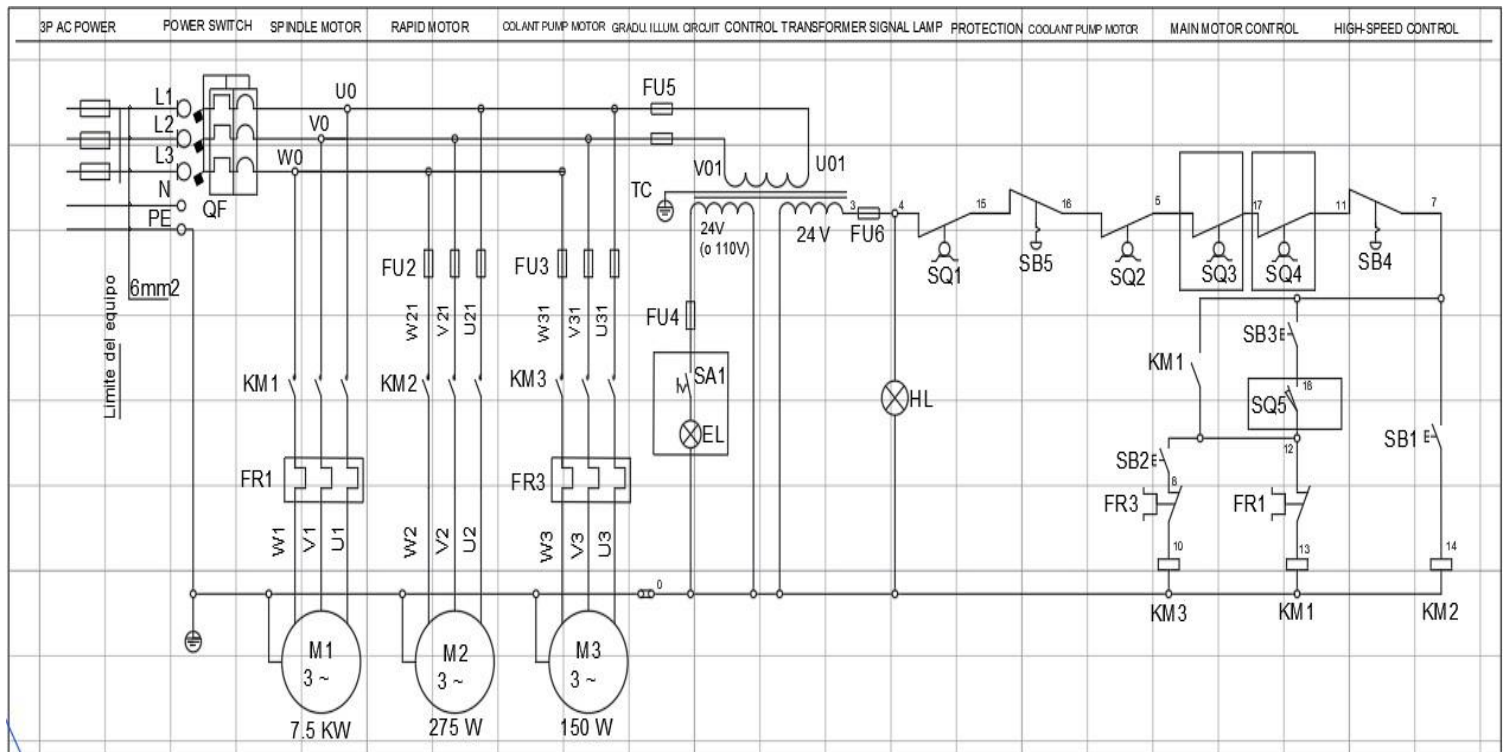


Figura 3-1. Esquema eléctrico asociado al torno paralelo

Fuente: manual de usuario

La Tabla 1-1 resume los componentes que se pueden encontrar en la Figura 3-1. Notar que la Figura 3-1 se compone de un circuito de fuerza y de mando. En el circuito de fuerza se observa la alimentación trifásica, el interruptor de encendido, el motor del husillo, el motor rápido, el motor de la bomba refrigerante, el circuito de iluminación, el transformador de control y protecciones. En el circuito de mando se tiene el control de la bomba refrigerante, el control del motor principal y el control de alta velocidad.

Componente	Descripción
M1	Motor 1. Con una potencia de 7.5 kW es el encargado de suministrar energía mecánica a través de la polea, generando así movimiento en los ejes del torno
M2	Motor 2. Con una potencia de 275 W permite mover el carro de manera longitudinal con el joystick sin necesidad de usar un volante de movimiento.
M3	Motor 3. Con una potencia de 150 W, es una bomba encargada de extraer agua y tirar agua al plato.
FR1, FR3	Relés térmicos. Dispositivos de protección encargados de proteger los equipos frente a sobrecargas.
KM1, KM2, KM3	Contactores. Dispositivos eléctricos encargados de conectar y desconectar una línea de energía cuando se le envíen señales de cambio.

FU2, FU3, FU4, FU5	Fusibles. Dispositivo de protección encargado de proteger los equipos frente a sobrecargas que generan aumentos de corriente y cortocircuitos.
QF	Interruptor termomagnético de 3 polos.
EL, HL	EL corresponde a una luz de emergencia y HL corresponde a la luz principal.
TC	Transformador de corriente. Reduce la corriente del circuito a un valor manejable que puede ser monitoreado o utilizado por dispositivos de medición y protección, como amperímetros, relés o sistemas de monitoreo.
SQ1, SQ2	Interruptor de protección o de seguridad. dispositivo de seguridad que controla el acceso o la operación de una máquina o equipo cuando se cumplen ciertas condiciones de protección.
SQ3	Interruptor de seguridad de la herramienta.
SQ4	Interruptor de seguridad.
SQ5	Interruptor de posición neutra.
SB4, SB5	Botones o pulsadores

Tabla 3-1. Descripción nomenclatura plano Figura 3-1

Fuente: Elaboración propia

3.2. Mantenimiento preventivo mediante termografía

El análisis de motores eléctricos mediante termografía puede considerarse una práctica de mantenimiento preventivo, ya que cumple con los principios de este tipo de mantenimiento al ayudar a detectar posibles problemas de manera anticipada y sin necesidad de desmontar el equipo.

La termografía por infrarrojos es una disciplina que se centra en el uso de dispositivos optoelectrónicos para detectar y medir la radiación térmica, a partir de la cual se calcula la temperatura de las superficies en observación. La radiación representa un mecanismo de transferencia de calor en forma de energía radiante (ondas electromagnéticas), que no requiere de un medio material para propagarse. En la termografía por infrarrojos moderna, estos dispositivos se emplean para medir la temperatura superficial de estructuras o equipos inspeccionados. Como técnica de inspección no invasiva, la termografía utiliza cámaras de infrarrojos para registrar las temperaturas superficiales de componentes eléctricos. Al identificar puntos calientes fuera de lo normal, esta técnica permite detectar problemas como sobrecalentamiento, conexiones flojas, desgaste en el aislamiento, desequilibrios eléctricos o fricción excesiva en elementos mecánicos.

De este modo, la termografía ayuda a identificar posibles fallos antes de que evolucionen en problemas graves que puedan provocar interrupciones imprevistas en los sistemas (6). La Figura 3-2 muestra el funcionamiento de una cámara termográfica.

Cámaras termográficas

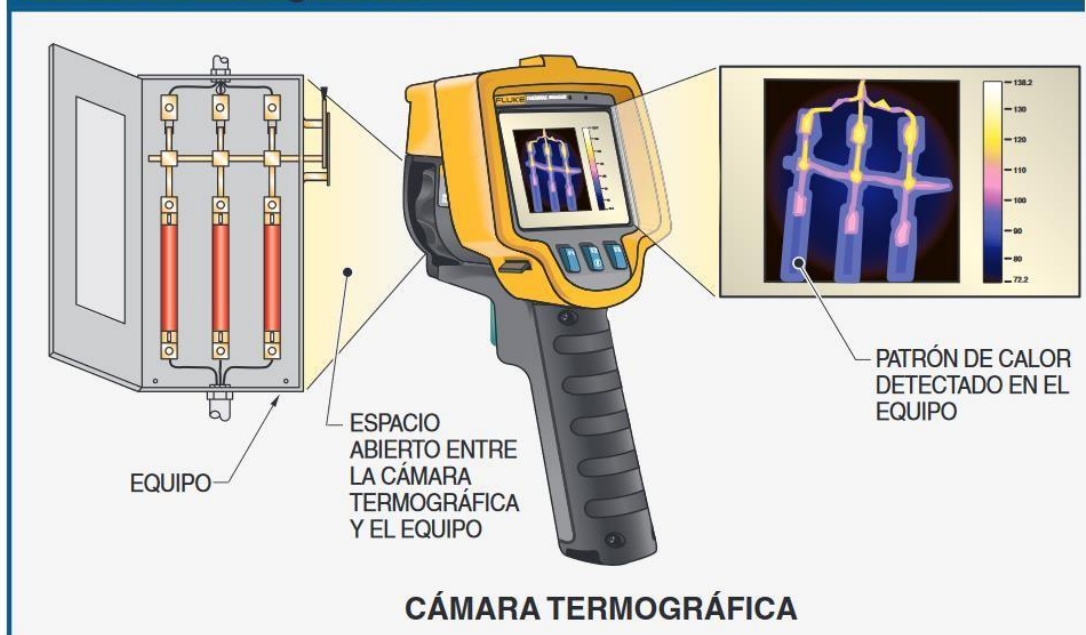


Figura 3-2. Funcionamiento de una cámara termográfica
Fuente: Introducción a los principios de la termografía (6)

Las ventajas de la termografía como parte del mantenimiento preventivo en motores eléctricos incluyen:

1. Detección temprana de problemas: al identificar áreas con temperaturas elevadas o puntos calientes, la termografía permite detectar componentes que están fallando o funcionando de manera ineficiente, lo que posibilita realizar ajustes o reparaciones antes de una falla completa.
2. Reducción de paradas no planificadas: al realizar inspecciones regulares mediante termografía, se puede programar el mantenimiento de forma preventiva, reduciendo la probabilidad de paradas imprevistas y mejorando la continuidad del proceso productivo.
3. Programación de mantenimiento correctivo: la información obtenida por termografía permite decidir si es necesario realizar un mantenimiento correctivo específico, optimizando el uso de recursos al intervenir sólo en los puntos problemáticos detectados.
4. Incremento en la vida útil del motor: al prevenir sobrecalentamientos y condiciones que aceleran el desgaste, la termografía contribuye a extender la vida útil del motor y a mantener su rendimiento óptimo, aumentando así la confiabilidad del equipo.

Para el análisis comparativo entre el motor principal del torno paralelo y un motor con características similares se usa la tabla de severidad termográfica según NETA (International Electric Testing Association) que se observa en la Figura 3-3. La tabla mencionada es una referencia ampliamente utilizada en inspecciones termográficas para

evaluar la gravedad de las anomalías térmicas en equipos eléctricos. Esta tabla ayuda a clasificar los problemas detectados en función de la diferencia de temperatura medida entre el componente defectuoso y la referencia (una parte similar que esté funcionando correctamente o el ambiente).

Relevancia	Prioridad	Incremento de temperatura ΔT (°C)	Observación
NORMAL	1 (bajo)	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$ (O/S) $1^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 10^{\circ}\text{C}$ (O/A)	No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.
LEVE	2	$3^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 15^{\circ}\text{C}$ (O/S) $10^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 20^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.
GRAVE	3	$15^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 25^{\circ}\text{C}$ (O/S) $20^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de cada empresa y sus turnos de trabajo, se deberá aprovechar el paro más inmediato para corregir el problema.
CRÍTICO	4	$25^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 35^{\circ}\text{C}$ (O/S) $30^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 40^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
MUY CRÍTICO	5 (alto)	$\Delta T > 35^{\circ}\text{C}$ (O/S) $\Delta T > 40^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Interrumpir el proceso de inmediato para corregir el problema.

(O/S) = Temperatura sobre similar (O/A) = Temperatura sobre ambiente

Figura 3-3. Criterios de temperatura y observaciones

Fuente: Artículo de investigación Análisis de termografía aplicada en las líneas eléctricas del alimentador de la subestación Crucita (7)

A continuación, se presentan las fotografías tomadas a un tablero de la universidad.

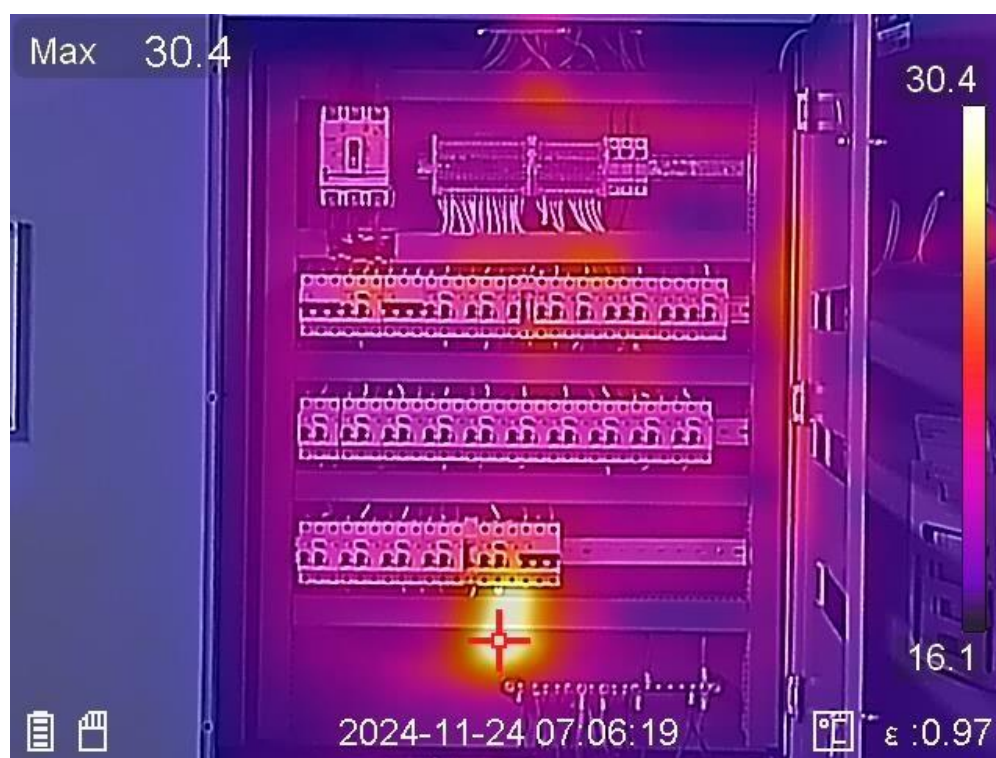


Figura 3-4. Toma termográfica al tablero de forma general

Fuente: Elaboración propia



Figura 3-5. Toma termográfica del interruptor general
Fuente: Elaboración propia

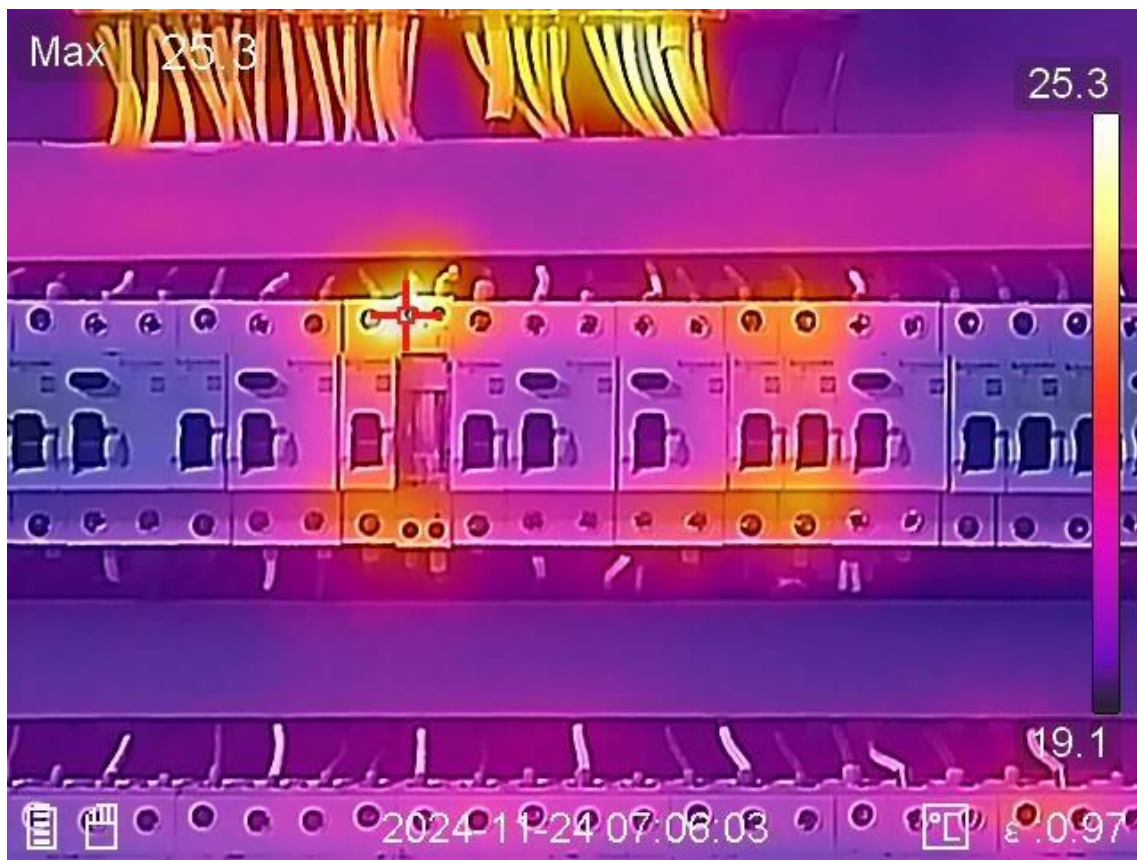


Figura 3-6. Toma termográfica del interruptor general
Fuente: Elaboración propia



Figura 3-7. Toma termográfica a una barra repartidora
Fuente: Elaboración propia

La Figura 3-4 presenta una imagen termográfica general del tablero eléctrico. Los rangos de temperatura registrados por el instrumento varían entre 16.1 °C y 30.4 °C. A partir de la imagen, se puede inferir que el tablero opera bajo condiciones normales, ya que se identifican pocos puntos con temperaturas elevadas. No obstante, resulta necesario realizar una inspección más detallada de los equipos que lo componen para obtener conclusiones definitivas. Por otra parte, las Figuras 3-5, 3-6 y 3-7 muestran un análisis más detallado de algunos componentes del tablero. En la Figura 3-5 se observa una fotografía termográfica del interruptor diferencial general, en la Figura 3-6 se observa una fotografía termográfica de un temporizador de alumbrado y en la Figura 3-7 se observa una fotografía termográfica de dos barras repartidoras. En los tres casos, se confirma que los dispositivos operan en condiciones normales de carga, lo que, según la tabla de severidad termográfica presentada en la Figura 3-3, corresponde a un estado "normal". Denotar que según la empresa Legrand y Schneider Electric, el rango de operación seguro para protecciones eléctricas como interruptores diferenciales y barras repartidoras oscila entre los -25 °C y 70°C (esto dependerá también de la corriente admisible de cada equipo).

Como propuesta de mantenimiento preventivo mediante termografía para el torno paralelo, se plantean los siguientes pasos:

1. Realizar una evaluación completa de todos los componentes eléctricos del torno paralelo, incluyendo tableros eléctricos, cables, motores, protecciones eléctricas y conexiones. Se debe analizar y registrar sus condiciones de operación bajo carga, prestando especial atención a los rangos de temperatura durante el funcionamiento normal, con el objetivo de identificar posibles anomalías

- térmicas. Cuando el torno paralelo este en plena operación tomar fotografías termográficas de cada componente.
2. Con el torno paralelo en plena operación y bajo carga nominal, tomar fotografías termográficas detalladas de cada componente eléctrico previamente identificado. Es fundamental asegurar que las imágenes sean claras y precisas para facilitar la comparación de temperaturas y la detección de puntos calientes o zonas de sobrecalentamiento que puedan indicar problemas como conexiones flojas, desgaste de componentes o sobrecargas.
 3. Contrastar finalmente las fotografías tomadas con los rangos de operación admisibles en temperatura de cada componente eléctrico y realizar una evaluación final con la tabla de severidad termográfica presentada en la Figura 3-3.

3.3. Mantenimiento preventivo mediante medición de aislamiento

Las pruebas de aislamiento IP (índice de polarización) y DAR (Prueba de Relación de Aislamiento) a motores eléctricos son actividades que corresponden a un tipo de mantenimiento preventivo.

Estas pruebas se realizan para verificar la integridad del aislamiento de los motores y componentes eléctricos, lo cual es crucial para asegurar el funcionamiento seguro y eficiente de los equipos. La prueba de aislamiento IP evalúa la resistencia del aislamiento del motor, detectando posibles fallos o desgastes en el aislamiento que podrían provocar cortocircuitos o fallas eléctricas. Por su parte, la prueba DAR mide la relación entre la resistencia de aislamiento medida a diferentes intervalos de tiempo, lo que ayuda a identificar la tendencia del aislamiento a lo largo del tiempo.

El aislamiento del motor se puede ver afectado por diversos factores como sobrecargas, excesos de temperaturas, cortocircuitos, fallas mecánicas, exposición a la humedad, cantidad de arranques, etc. Estos factores contribuyen a que el aislamiento de las bobinas y el aislamiento de las bobinas respecto a tierra se vea afectado y tienda a disminuir. Si se pierde el aislamiento el motor comienza a fallar y comienza a operar las protecciones.

En un motor eléctrico se pueden realizar tres mediciones diferentes:

1. Medición de la resistencia entre bobinas.
2. Medición de aislamiento de las bobinas del motor.
3. Medición de aislamiento de las bobinas con respecto a tierra o carcasa del motor.

A continuación, se detallan estas pruebas:

1. Prueba de aislamiento IP (índice de polarización): es una prueba eléctrica utilizada para evaluar la calidad del aislamiento de los equipos eléctricos, como motores, cables y transformadores. Su principal función es determinar la capacidad de un material aislante para resistir la corriente de fuga a lo largo del tiempo, lo que permite identificar posibles defectos o desgastes en el aislamiento antes de que ocurran fallos graves. La lectura realizada a un minuto se divide entre la lectura tomada a diez minutos para obtener una relación. El resultado es un número puro que se considera independiente de la temperatura, ya que la masa térmica del equipo probado es generalmente tan grande que el enfriamiento total durante los diez minutos de la prueba es despreciable. En términos generales, una relación baja indica poco cambio, lo que sugiere un aislamiento deficiente, mientras que una relación alta indica lo contrario. Los valores típicos de IP suelen ser referenciados en la literatura, lo que facilita el uso de esta prueba. Sin embargo, se debe aclarar que esta relación puede no ser aplicable en todos los casos, ya que existen materiales que presentan una mínima o nula absorción dieléctrica. En esos casos, la prueba de IP podría arrojar un resultado cercano a 1 (8).

De (9), matemáticamente la prueba de aislamiento IP (índice de polarización) se define como:

$$IP = \frac{R_{\text{aislamiento a 10 minutos}}}{R_{\text{aislamiento a 1 minuto}}} \quad (1)$$

De la Figura 3-4 se observa que si $IP < 1$ se tiene un aislamiento de baja calidad, lo que implica que el material aislante está degradado o ha absorbido humedad. Si $1 < IP < 2$ el material aislante está en una situación cuestionable y se deben tomar medidas antes de que el indicador baje. Si $2 < IP < 4$ el aislamiento está en condiciones normales y se puede seguir operando. Finalmente, si $IP > 4$ el aislamiento está en óptimas condiciones y no requiere intervención.

Índice de polarización de la condición del aislamiento	
< 1	Pobre
1-2	Cuestionable
2-4	OK
> 4	Bueno

Figura 3-4. Rango de operación para el IP
Fuente: Guía de la medición de aislamiento (9)

2. Prueba de aislamiento DAR (relación de absorción de aislamiento): la prueba de aislamiento DAR (relación de absorción de aislamiento) es una prueba eléctrica que se utiliza para evaluar la condición del aislamiento de los equipos eléctricos, como motores, transformadores, cables, entre otros. Esta prueba mide cómo varía la resistencia de aislamiento con el tiempo y proporciona información adicional sobre la calidad del aislamiento, complementando otras pruebas como la del índice de polarización (IP) (9).

De (9), matemáticamente la prueba de aislamiento DAR (relación de absorción de aislamiento) se define como:

$$DAR = \frac{R_{\text{aislamiento a 60 segundos}}}{R_{\text{aislamiento a 30 segundos}}} \quad (2)$$

De la Figura 3-5 se observa que si $DAR < 1.25$ se tiene un aislamiento de baja calidad, si $DAR < 6$ el aislamiento esta en condiciones normales y si $DAR > 6$ el aislamiento esta en excelentes condiciones y no requiere intervenciones.

Valor del DAR	Condición de aislamiento
< 1.25	Insuficiente
< 1.6	OK
> 1.6	Excelente

Figura 3-5. Rango de operación para el DAR
Fuente: Guía de la medición de aislamiento (9)

A continuación, se presentan las fotografías tomadas durante el proceso de la medición de aislación del motor.



Figura 3-6. Medidor de resistencia de aislación
Fuente: Elaboración propia



Figura 3-7. Motor de 4 kW presente en universidad
Fuente: Elaboración propia

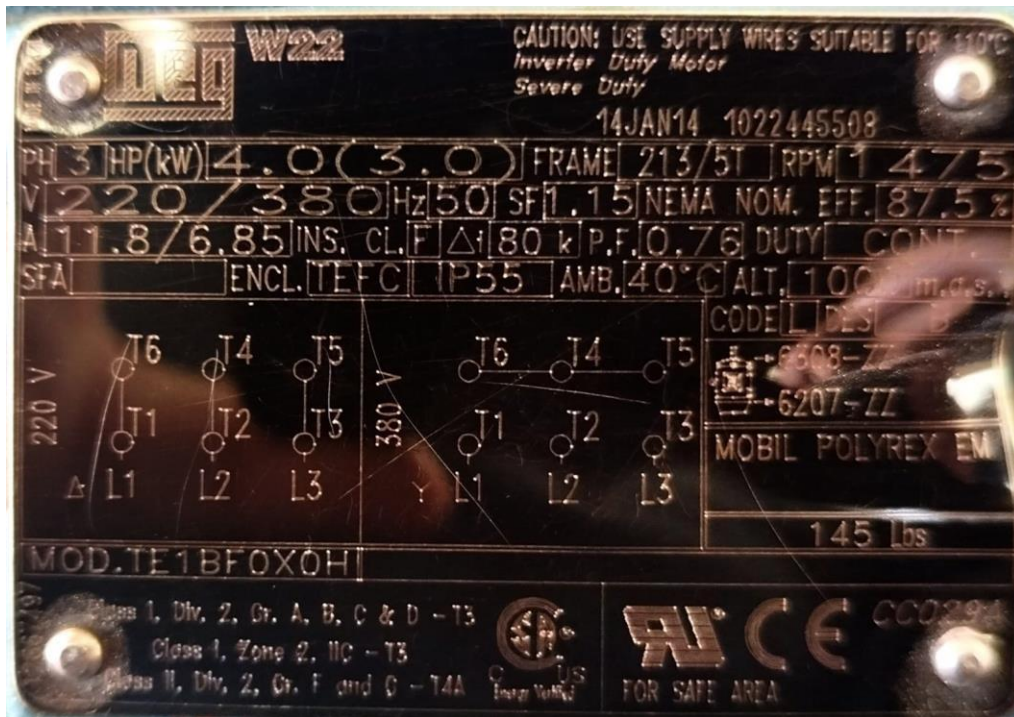


Figura 3-8. Placa motor de 4 kW presente en universidad
Fuente: Elaboración propia



Figura 3-9. Medidor de resistencia de aislación
Fuente: Elaboración propia



Figura 3-10. Setup implementando para la medición de aislación en motor

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3-6 y 3-9 muestra el medidor de resistencia de aislación, la Figura 3-7 y 3-8 muestran el motor utilizado y la Figura 3-10 muestra el setup implementado para llevar a cabo las pruebas de medición de aislación. El procedimiento consiste en configurar el equipo medidor de resistencia de aislación tal que permita realiza la prueba e identificar claramente las bobinas del motor. Considerando lo anterior se realizan pruebas de medición de aislación entre bobinas y entre bobinas respecto a tierra y los resultados se presentan en la Tabla 3-2 y 3-3.

Medición entre bobinas	Medición a 1 minuto	Medición a 10 minutos
<i>U – V</i>	9.58 GΩ	8.33 GΩ
<i>U – W</i>	9.48 GΩ	8.38 GΩ
<i>W – U</i>	9.52 GΩ	8.28 GΩ
<i>U – tierra</i>	5.38 GΩ	5.53 GΩ
<i>V – tierra</i>	4.94 GΩ	4.84 GΩ
<i>W – tierra</i>	5.49 GΩ	5.60 GΩ

Tabla 3-2. Medición de aislación para el índice IP

Fuente: Elaboración propia

Medición entre bobinas	Medición a 30 segundos	Medición a 1 minuto
<i>U – V</i>	10.13 GΩ	8.93 GΩ
<i>U – W</i>	10.03 GΩ	9.58 GΩ
<i>W – U</i>	O.L GΩ	O.L GΩ

Tabla 3-3. Medición de aislación para el índice DAR

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la ecuación (1), asociada a la prueba de aislamiento IP, se realizan los cálculos correspondientes para evaluar la condición del motor en relación con los parámetros establecidos en la tabla presente en la Figura 3-4.

Medición entre bobinas	Fórmula prueba de aislamiento IP	Interpretación del estándar
$U - V$	0.87	Pobre
$U - W$	0.88	Pobre
$W - U$	0.87	Pobre
$U - tierra$	1.03	Regular
$V - tierra$	0.98	Pobre
$W - tierra$	1.02	Regular

Tabla 3-4. Medición de aislamiento para el índice IP en base a fórmula (1)

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la ecuación (2), asociada a la prueba de aislamiento dar, se realizan los cálculos correspondientes para evaluar la condición del motor en relación con los parámetros establecidos en la tabla presente en la Figura 3-5.

Medición entre bobinas	Fórmula prueba de aislamiento IP	Interpretación del estándar
$U - V$	0.88	Insuficiente
$U - W$	0.95	Insuficiente
$W - U$	O.L	No se puede evaluar

Tabla 3-5. Medición de aislamiento para el índice IP en base a fórmula (1)

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo expuesto en la Tabla 3-4 y 3-5, es claro que el motor evaluado en la universidad requiere una mantención urgente de sus bobinados ya que para el índice de aislamiento IP el bobinado se encuentre en un rango pobre-regular y para el índice de aislamiento DAR el bobinado se encuentre en un estado deficiente o insuficiente.

3.4. Mantenimiento preventivo accionamientos eléctricos

Utilizar los pliegos técnicos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) como base para una propuesta de mantenimiento preventivo es una excelente práctica, ya que estos documentos establecen requisitos y recomendaciones específicas para garantizar la seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo en la operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Considerando lo anterior, para el mantenimiento preventivo de los accionamientos eléctricos se consideran entonces el pliego técnico RIC N°17: OPERACIÓN Y MANTENCIÓN. Se descarta el pliego técnico RIC N°02: TABLERO ELÉCTRICOS ya que el objetivo de esta sección es proponer un plan de mantención preventiva a los accionamientos eléctricos del tablero, se entiende que la instalación de los tableros y las mismas protecciones en si deben cumplir con la normativa chilena.

De lo anterior, el RIC N°17: OPERACIÓN Y MANTENCIÓN establece los requisitos mínimos para la intervención y verificación de instalaciones de consumo de energía eléctrica en baja y media tensión. Su objetivo es proteger a las personas que operan o utilizan estas instalaciones. Define intervención como cualquier actividad de operación o mantenimiento del sistema eléctrico que cumpla con las normas de seguridad aplicables a estas instalaciones. Este pliego establece los requisitos de seguridad para los lugares de trabajo, aplicables tanto al personal electricista como a los usuarios, en actividades de instalación, operación, mantenimiento, verificación, supervisión y desmantelamiento de instalaciones de consumo de electricidad (10).

¿Qué motiva entonces el proponer un plan de mantenimiento preventivo de los accionamientos eléctricos? Cumplir con la normativa realizando un correcto mantenimiento garantizando la seguridad de las personas, protección del patrimonio y equipos, garantizar un suministro eléctrico, entre otros. Del RIC N°17 tenemos que:

1. Seguridad de las personas y operación de las protecciones eléctricas: De la sección 5 apartado 5.1 se tiene que la seguridad de una persona implica evitar el contacto con niveles de tensión peligrosos. En caso de contacto, su protección dependerá del sistema de protecciones de la instalación eléctrica, que debe funcionar para prevenir lesiones y garantizar su integridad física (10).
2. Mantenimiento de las instalaciones: de la sección 6 apartado 6.1.1 se tiene que el mantenimiento de las instalaciones es un conjunto de acciones se basa en criterios técnicos, especificaciones del fabricante y factores como condiciones de operación, clima y medio ambiente, los cuales influyen en la vida útil y seguridad de las instalaciones eléctricas y sus equipos [referencia 5].
3. Inspección/Evaluación: de la sección 6 apartado 6.1.3 se tiene que la inspección/evaluación consiste en verificar los equipos eléctricos mediante rutinas programadas y documentar el sistema eléctrico y los mantenimientos realizados, incluyendo el control de fallas y la investigación de accidentes con análisis de causa raíz (10).
4. Capacitación: de la sección 6 apartado 6.1.5 se tiene que la capacitación consiste en que la seguridad y técnica deben ajustarse al nivel de calificación de los

trabajadores, operadores y usuarios en actividades de mantenimiento y uso de las instalaciones eléctricas (10).

Para cumplir con la normativa de la SEC en cuanto a la operación y mantención de los equipos (en nuestro caso, operación y mantención de los accionamientos eléctricos) es necesario asegurar los puntos 1, 2, 3 y 4 mencionados anteriormente. Siguiendo las recomendaciones de AVTEK, empresa especializada en productos de protecciones eléctricas, y basándose en la experiencia adquirida en la Maestranza Barcéna, se sugiere lo siguiente para llevar a cabo un mantenimiento preventivo de las protecciones eléctricas:

1. Inspección visual de los componentes: realizar revisiones periódicas de los cables, conexiones, interruptores, disyuntores y fusibles para identificar posibles signos de desgaste, sobrecalentamiento, corrosión o daño físico.
2. Limpieza: el polvo y la suciedad pueden comprometer el rendimiento de los equipos y provocar cortocircuitos. Por lo tanto, es importante limpiar el interior del tablero utilizando las herramientas adecuadas, evitando la generación de descargas estáticas.
3. Verificación de las conexiones: verificar que todas las conexiones estén correctamente ajustadas, ya que las conexiones sueltas pueden causar arcos eléctricos y fallos en el sistema.
4. Comprobación de las protecciones: se debe realizar una inspección de los dispositivos de protección, como interruptores automáticos, disyuntores y fusibles, para confirmar que estén operando correctamente. También se debe realizar pruebas de disparo manual para comprobar su capacidad de respuesta frente a sobrecargas o cortocircuitos.
5. Medición de temperatura: uso del termógrafo para verificación de esta variable.
6. Revisión de etiquetas y señalización: verificar que todas las etiquetas de identificación sean legibles y estén correctamente ubicadas, para garantizar una operación segura y un mantenimiento adecuado.
7. Verificación del sistema de puesta a tierra: verificar que el sistema de tierra esté debidamente instalado y en funcionamiento, a fin de prevenir riesgos de electrocución o fallos en la protección.

3.5. Propuesta de mantenimiento preventiva para torno paralelo en Maestranza

Bárcena

A modo de resumen y en base a lo planteado en las secciones 3.2, 3.3 y 3.4 se presenta la siguiente propuesta de mantenimiento preventivo para el torno paralelo en Maestranza Bárcena. Notar que el tiempo en el cual se debe llevar a cabo este mantenimiento preventivo dependerá de las condiciones de operación del equipo y de la empresa, se recomienda llevar a cabo este plan de manera mensual o semestral.

1. Mantenimiento preventivo mediante fotografías termográficas: con los conocimientos adquiridos en la sección 3.2, es posible entonces realizar un mantenimiento preventivo a los motores del torno paralelo de la Maestranza Bárcena en conjunto a tableros y todos los accionamientos eléctricos correspondientes. La Tabla 3-6 especifica un plan a llevar a cabo para llevar adelante mantenimiento preventivo mediante el uso de termografía.

Etapas del proceso	Acciones por realizar
Etapa previa	Es necesario que el torno paralelo operando de forma normal como lo haría para cualquier día de trabajo. Es también necesario limpiar las superficies a inspeccionar, eliminando polvo o residuos de aceite. Por último, se debe verificar que la cámara termográfica esté calibrada y ajustada a la emisividad correcta
Inspección termográfica	Captura de fotografías termográficas a todos los equipos eléctricos posibles como motores, accionamientos eléctricos, cables, tableros, etc para el posterior análisis.
Conclusiones del proceso	Guardar las imágenes capturadas para su análisis posterior. Es importante tener en cuenta que los rangos de temperatura son proporcionados por el instrumento; sin embargo, para realizar un análisis comparativo preciso, es fundamental conocer las temperaturas normales de operación de cada elemento eléctrico a evaluar.

Tabla 3-6. Propuesta para el mantenimiento preventivo mediante fotografías termográficas

Fuente: Elaboración propia

2. Mantenimiento preventivo mediante medición de aislamiento: con los conocimientos adquiridos en la sección 3.3, es posible entonces realizar un mantenimiento preventivo mediante medición de aislamiento a los motores del

torno paralelo de la Maestranza Bárcena en conjunto a tableros y todos los accionamientos eléctricos correspondientes. La Tabla 3-7 especifica un plan a llevar a cabo para llevar adelante el procedimiento.

Etapas del proceso	Acciones por realizar
Etapa previa	Es necesario que el torno paralelo este fuera de operación para llevar a cabo la revisión de los accionamientos de los motores eléctricos. Eventualmente, asegurarse que ningún equipo este energizado realizando mediciones de voltaje entre las terminales. Por último, se debe verificar que el equipo para medir la aislación este calibrado y conocer el voltaje nominal del motor para medir las resistencias en las bobinas.
Medición de resistencias	Mide la resistencia de aislamiento entre las bobinas del motor (fase a fase) y entre bobinas y tierra. Guardar estos resultados y utilizar las ecuaciones (1) y (2).
Conclusiones del proceso	Con los resultados obtenidos en la etapa de medición de resistencia y tras realizar los cálculos utilizando las ecuaciones (1) y (2), se deben comparar los valores obtenidos con las tablas correspondientes al índice IP (Figura 3-4) y al índice DAR (Figura 3-5).

Tabla 3-7. Propuesta para el mantenimiento preventivo mediante medición de aislamiento
Fuente: Elaboración propia

3. Mantenimiento preventivo a los accionamientos eléctricos: con los conocimientos adquiridos en la sección 3.4, es posible entonces realizar un mantenimiento preventivo a los accionamientos eléctricos del torno paralelo de la Maestranza Bárcena. La Tabla 3-8 especifica un plan a llevar a cabo para llevar adelante el procedimiento.


Etapas del proceso	Acciones por realizar
Etapa previa	Es necesario que el torno paralelo este fuera de operación para llevar a cabo la revisión de los accionamientos de los motores eléctricos. Eventualmente, asegurarse que ningún

	equipo este energizado realizando mediciones de voltaje entre las terminales.
Acciones que llevar a cabo	Realizado la etapa previa se sugiere lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Medición de la continuidad de los equipos. 2. Inspección visual de componentes. 3. Limpieza del polvo y suciedad. 4. Verificación de las conexiones. 5. Comprobación de las protecciones. 6. Revisión de etiquetas y señalización
Conclusiones del proceso	Si se detecta algún equipo defectuoso que sea parte de los accionamientos del motor es recomendable cambiarlo para asegurar la continua operación del torno paralelo.

Tabla 3-8. Propuesta para el mantenimiento preventivo a los a. eléctricos
Fuente: Elaboración propia

Para reforzar la propuesta de mantención preventiva se han propuesto dos plantillas de la empresa ENAP para reforzar el mantenimiento preventivo mediante medición de aislación y el mantenimiento preventivo a los accionamientos eléctricos.

1. Respecto de la plantilla medición de aislación presente en la Figura 3-11 en la primera columna se observa las etiquetas de los equipos, en la segunda columna se observa la ubicación de los motores, las columnas centrales indican las mediciones que se van realizando en los motores y finalmente la última columna indica las observaciones sobre el equipo (en servicio, revisado, bloqueado o no existe).
2. La plantilla medición de temperatura presente en la Figura 3-12 se aplica a equipos de protección como interruptores principales, contactores principales, fusibles de control y otros equipos de operación. Las primeras dos columnas presentan las etiquetas y ubicación de los equipos de protección, las columnas centrales indican la numeración (entrada y salida) de cada equipo de protección, las penúltimas columnas presentan las mediciones en corriente realizadas en cada fase y finalmente la última columna presenta las observaciones realizadas a cada equipo de protecciones.

	MEDICIÓN DE AISLACIÓN	I - MAN - DEI - 016	Fecha: 30-08-02
	MOTORES	Versión: 00	Pag. 1 de 2
	TV - 1	Cláusula ISO: 6.3	

EQUIPO	Ubicación MCC	FECHA 06-03-2024 OT 30860827				Observación
		Medición		Mantenión		
		Fuerza	Control	Fuerza	Control	
220V _{olt}						
380 V _{olt}						
F1	MCC-3B	----	----	----	----	En Servicio I _c -25 A
J - 10	MCC-2A	----	----	----	----	En Servicio I _c -80 A (I _n -102 A)
J - 11 S	MCC-2B	480 M	> 500 M			
J - 11	MCC-1B	----	----	----	----	En Servicio I _c -12 A (I _n -13 A)
J - 12 S	MCC-3B	1110 M	> 500M			
J - 16	MCC-3A	1280 M	> 500M	----	----	
J - 18	MCC-27/1A	----	----	----	----	En Servicio I _c -54 A (I _n -133 A)
J - 20	MCC-15B	----	----	----	----	En Servicio I _c -75 A (I _n -104 A)
J - 21	MCC-15B	----	----	----	----	En Servicio I _c -2,55 A (I _n -280 A)
J - 22	MCC-1A	----	----	----	----	En Servicio I _c -2,5 A (I _n -3,4 A)
J - 22 S	MCC-2B	21 M	20 M	----	----	
J - 23	MCC-3A	21 M	20 M	----	----	
J - 24 poso	MCC-15A	----	----	----	----	Bloqueado
J - 24 poso	MCC-15B	0,59 M	7 M	----	----	Revisar
J - 25/425	MCC-18/2A	----	----	----	----	NO Existe
J - 27	MCC-23/2A	820 M	> 500M	----	----	
J - 27 S	MCC-23/1A	----	----	----	----	En Servicio I _c -260 A (I _n - 321 A)
J - 28 X	MCC-21B	----	----	----	----	En Servicio
J - 28 XS	MCC-18/2B	----	----	----	----	En Servicio
J - 3	MCC-2B	----	----	----	----	En Servicio I _c -70 A (I _n - 105 A)
J - 30	MCC-21B	----	----	----	----	En Servicio I _c = 1 A
J - 4	MCC-3A	----	----	----	----	En Servicio I _c -40 A (I _n - 55 A)
J - 4 S	MCC-15B	2000 M	> 500M	----	----	
J - 5	MCC-2A	----	----	----	----	En Servicio I _c -15 A (I _n - 29.8 A)
J - 51	MCC-27/2A	----	----	----	----	En Servicio I _c -175 A (I _n - 293 A)
J - 51 S	MCC-27/1A	59,4 M	> 500M	----	----	
J - 53	MCC-23/1A	28,3 M	> 500M	----	----	
J - 53 S	MCC-23/2A	----	----	----	----	En Servicio I _c -230 A (I _n - 262 A)
J - 54	MCC-2A	1000 M	> 500M	----	----	
J - 54 S	MCC-1A	----	----	----	----	En Servicio I _c -56 A (I _n - 57 A)
J - 55	MCC-3A	2000 M	> 500M	----	----	
J - 56	MCC-3B	----	----	----	----	En Servicio I _c = 7,5 A (I _n - 7,5 A)
J - 56 S	MCC-2B	----	----	----	----	En Servicio I _c = 4 A (I _n - 5,5 A)

Nombre y Firma Técnico Especialista	Nombre y Firma Usuario Autorizado	Nombre y Firma Supervisor Eléctrico
--	--------------------------------------	--

Figura 3-11. Planilla medición de aislación
Fuente: Planilla ENAP



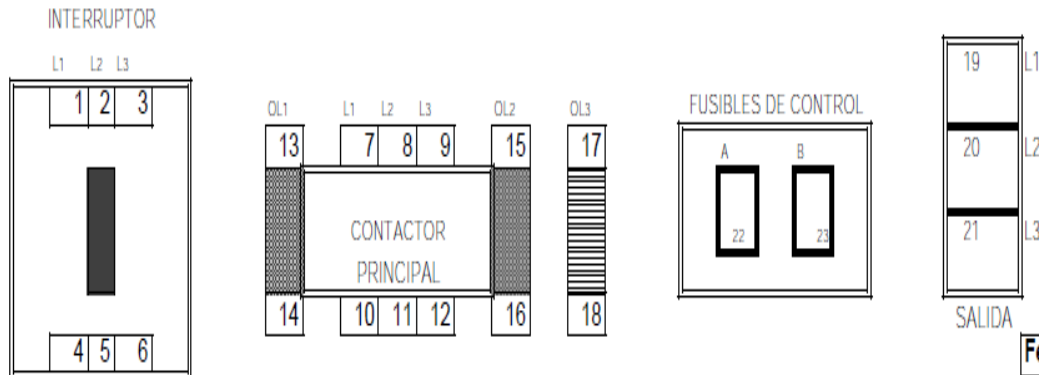
**MEDICIÓN DE TEMPERATURA A
EQUIPOS ELECTRICOS CRITICOS**

R - MAN - DEI - 017

Fecha: 06 -08 -18

Versión: 03

Pag. 1 de 1



Fecha medición: día / mes / año

UBICACIÓN	MOTOR	INTERRUPTOR			CONTACTOR P.			RELE SOBRECARGA			SALIDA			FUSIBLE AMP (A)			OBSERVACIONES													
		ENTRADA	SALIDA		ENTRADA	SALIDA		OL1	OL2	OL3	L1	L2	L3	C1	C2	L1		L2	L3	I _n										
3B	F-1-E	25	25	25	23	23	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	22	22	25	28	50	32	32	180 (A)	50 A	
1A	JMP-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169 (A)	Detenido
3A	JMP-8S	-	-	-	44	46	40	37	39	37	37	37	38	37	38	-	-	36	32	39	31	38	28	29	136	139	138	169 (A)	150 A	
2A	JMP-10	43	45	46	48	40	47	53	54	53	50	50	49	44	40	-	-	46	45	39	42	41	34	38	80	81	80	102 (A)	80 A	
3B	JMP-10S	38	40	38	43	46	44	48	49	48	45	46	43	38	32	37	35	34	33	33	36	33	31	32	79	78	78	102 (A)	80 A	
23-1A	JMP-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	262 (A)	Detenido
23-2A	JMP-53S	-	-	-	29	30	30	27	28	28	29	28	29	27	26	27	27	26	26	26	28	27	27	30	138	139	138	262 (A)	140 A	
27-2A	F-401-E	-	-	-	24	24	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	23	25	29	45	37	25	180 (A)	55 A
27-2B	JMP-408	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201 (A)	Detenido
27-1B	JMP-408S	-	-	-	30	34	32	32	34	32	32	30	32	32	28	30	28	32	28	28	28	28	27	28	156	162	158	201 (A)	170 A	
23-2A	JMP-410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198 (A)	Detenido
27-1A	JMP-410 S	-	-	-	27	31	27	29	31	27	28	29	29	31	24	27	24	26	26	24	25	26	27	28	140	141	140	198 (A)	140 A	
23-2B	JMP-410 B	-	-	-	30	31	30	30	30	31	28	26	28	30	32	30	32	26	25	26	26	26	26	25	149	142	139	198 (A)	140 A	
27-2A	JMP-453	-	-	-	37	38	36	31	34	33	34	32	30	33	28	30	27	28	26	26	26	26	28	26	166	175	169	190 (A)	180 A	
27-1B	JMP-453 S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190 (A)	Detenido
23-2A	JMP-453 B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198 (A)	Detenido

Observaciones Generales:

Nombre y Firma Técnico Especialista	Nombre y Firma Usuario Autorizado	Nombre y Firma Supervisor Electrico
--	--	--

Figura 3-12. Planilla medición de temperatura
Fuente: Planilla ENAP

CONCLUSIONES

La creación de un plan de mantenimiento preventivo para un torno paralelo, el correspondiente al modelo “CDE6250A” asegura la operatividad continua, segura y eficaz de dicho torno. La consideración del torno y toda su estructura como sus principales elementos eléctricos y mecánicos, han permitido conocer la importancia de un enfoque general más que técnico, lo que significa contemplar tanto la importancia de el equipo como la de los temas relacionados con los accionamientos eléctricos. El análisis desarrollado ha permitido conocer los tipos de mantenimiento a implementar, especialmente con relación a los accionamientos eléctricos y sus componentes. También se han hecho definiciones de mantenimiento para el motor del torno y para los elementos de control del torno, siguiendo las recomendaciones del fabricante y la normativa vigente. La aplicación de técnicas de diagnóstico especializadas, tales como la termografía y medición de aislamiento en el equipo, permiten la detección temprana de fallas, siendo esa la forma de gestionar el mantenimiento en modo preventivo. En efecto, las medidas propuestas no solo contribuyen a ampliar la vida del equipo y reducir los costes de utilización, a su vez también permiten consolidar la continuidad productiva.

BIBLIOGRAFIA

1. VURCON. Maquinaria de mecanizado: ¿Cuántos tipos existen? [En línea] 3 de Abril de 2024. [Citado el: 2 de Septiembre de 2024.] <https://www.vurcon.com/blogs/noticias/maquinaria-de-mecanizado-cuantos-tipos-existen>.
2. INLEMAR. ¿Qué es un torno?: Usos y aplicaciones. [En línea] [Citado el: 8 de Septiembre de 2024.] <https://inlemar.com/que-es-un-torno-usos-y-aplicaciones/>.
3. N°1, Escuela De Educación Secundaria Técnica. *EL TORNO: SU COMPOSICIÓN, USOS Y FUNCIONES*. 2024.
4. Montaña, Carlos Alberto Montilla. *Mantenimiento industrial y su administración*. Los Álamos Pereira, Colombia : Coordinador editorial UPT, 2019.
5. Rondón, Félix Antonio Pérez. *Planeación y desarrollo del mantenimiento correctivo y preventivo de las máquinas amarillas de la empresa Obrecol S.A.S*. 2022.
6. FLUKE. Introducción a los principios de la termografía . [En línea] [Citado el: 15 de Octubre de 2024.] <https://content.fluke.com/USB-online/eses/booklet.pdf>.
7. Erick Manuel Mora Reyna, Ítalo Navarrete García, Yolanda Llosas Albuerne. Análisis de termografía aplicada en las líneas eléctricas del alimentador de la subestación Crucita. *Thermography analysis applied to the power lines of the feeder of the 'Crucita'*. 2022. (10).
8. MEGGER. *Guía para pruebas diagnóstico de aislamiento* . 2002.
9. ARNOUX, CHAUVIN. *Guía de la medición de aislamiento*. Barcelona : s.n., 2010.
10. Temper, Grupo. GUÍA RÁPIDA FORMATIVA, MEDICIÓN DE AISLAMIENTO. [En línea] <https://www.grupotemper.com/uploads/TEMPER%20-%20Medici%C3%B3n%20de%20aislamiento.pdf>.