

DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DE UN TORNO PARA LA REUTILIZACIÓN DE
MATERIALES RECICLABLES EN EL COLEGIO INEM DE TUNJA

JUAN JONATAN SANTANDER TORRES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA, BOYACÁ
2025

DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DE UN TORNO PARA LA REUTILIZACIÓN DE
MATERIALES RECICLABLES EN EL COLEGIO INEM DE TUNJA

JUAN JONATAN SANTANDER TORRES

Trabajo de grado académico

Profesor Luis Fernando Acosta Joya
Ingeniero Mecánico
Profesor Nelson Ivan Villamizar Cruz
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA, BOYACÁ
2025

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, Boyacá (30/05/2025)

DEDICATORIA

Para quienes fueron el soporte que permitió que este proyecto se concretara. Su guía marcó el camino. Agradezco el conocimiento compartido y el apoyo constante. Este trabajo es el resultado de esa valiosa colaboración.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a quienes colaboraron en la realización de este proyecto.

Un reconocimiento especial a mi director de trabajo de grado, el Ingeniero Fernando Acosta, por su guía clara y dirección firme que permitieron estructurar la investigación. Su conocimiento fue fundamental en cada fase del desarrollo.

De igual manera, expreso mi gratitud a mi codirector, Iván Villamizar, por sus valiosos aportes y la perspectiva diferente que enriqueció el enfoque del trabajo. Su disposición para resolver dudas fue un apoyo continuo.

A mi familia y amigos, por su constante respaldo que me brindó la fuerza necesaria para completar esta etapa. A la institución por facilitar los medios requeridos.

CONTENIDO

pág.

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	14
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2 JUSTIFICACIÓN.....	16
3 OBJETIVOS.....	17
4 METODOLOGÍA	18
5 MARCO REFERENCIAL.....	19
5.1 MARCO HISTÓRICO.....	19
5.2 MARCO TEÓRICO	20
5.2.1 Conceptos fundamentales del diagnóstico de tornos.....	20
5.2.2 Matriz de decisión como herramienta de selección.....	20
5.2.3 Principios de mantenimiento y técnicas de reparación en tornos paralelos .	21
5.2.4 Planificación y documentación del mantenimiento preventivo	21
5.2.5 El mantenimiento preventivo como herramienta educativa en la formación técnica	22
5.2.6 Velocidad de corte (V_c)	22
5.2.7 Velocidad de avance (V_f).....	22
5.3 MARCO CONCEPTUAL	23
5.4 MARCO LEGAL.....	24
5.5 ANTECEDENTES.....	25
6 DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DEL TORNO A REPARAR.....	26
6.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN.....	26
6.2 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DETALLADO.....	30
6.3 APLICACIÓN DE LA MATRIZ DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DEL TORNO	42
6.4 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DEL TORNO A REPARAR	44
7 INTERVENCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL TORNO SELECCIONADO	45
7.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FALLAS ENCONTRADAS EN EL TORNO 2 Y EL PLAN DE REPARACIÓN ESPECÍFICO PARA ESAS FALLAS	45

7.1.1	Mantenimiento inicial y preparación general	45
7.1.2	Sistema del cabezal principal y transmisión.....	46
7.1.3	Caja Norton y sistema de avances	46
7.1.4	Carros longitudinal y transversal.....	47
7.1.5	Cabezal móvil.....	48
7.1.6	Torreta portaherramientas	49
7.1.7	Sistema de refrigeración.....	49
7.1.8	Sistema eléctrico y accesorios adicionales	50
7.1.9	Estructura, protección y acabados finales	50
7.2	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL UTILIZADOS	51
7.3	PROCESO DE INTERVENCIÓN Y REPARACIÓN DEL TORNO	52
7.3.1	Ejecución de labores de mantenimiento inicial y acondicionamiento	52
7.3.2	Intervenciones en el sistema del cabezal principal y transmisión.....	53
7.3.3	Intervenciones en la Caja Norton y sistema de avances.....	54
7.3.4	Intervenciones en carros longitudinal y transversal.....	57
7.3.5	Intervenciones en el cabezal móvil	59
7.3.6	Intervención en la torreta portaherramientas	60
7.3.7	Intervenciones en el sistema de refrigeración.....	61
7.3.8	Intervenciones en el sistema eléctrico y accesorios adicionales	63
7.3.9	Trabajos en estructura, protección y acabados finales	64
7.4	COSTOS DE MATERIALES ADQUIRIDOS	65
7.5	PROCESO DE VERIFICACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS OBTENIDOS	66
7.5.1	Verificación operativa de piezas reparadas	66
7.5.2	Pruebas geométricas y de precisión (basadas en la Norma ISO 1708)	67
7.5.3	Pruebas prácticas de mecanizado	69
7.6	RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL TORNO SELECCIONADO.....	70
8	PLAN DE CONSERVACIÓN DEL TORNO: ENFOQUE FORMATIVO.....	71
8.1	DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	71
8.1.1	Ficha técnica del equipo	71
8.1.2	Hoja de vida del equipo	73
8.1.3	Calendario general de mantenimiento	74
8.1.4	Procedimientos de mantenimiento específico.....	76

8.1.5	Reporte de novedades del torno (formato estudiantil)	80
8.2	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN Y SU CONTRIBUCIÓN FORMATIVA.....	82
8.2.1	Aplicación práctica del plan de mantenimiento	82
8.2.2	Valor formativo para los estudiantes.....	83
8.3	RESULTADOS DEL PLAN DE CONSERVACIÓN DEL TORNO: ENFOQUE FORMATIVO	84
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA	87
	ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Factores clave para evaluar tornos paralelos a reparar	28
Tabla 2. Rúbrica de puntuación detallada del torno 1	30
Tabla 3. Rúbrica de puntuación detallada del torno 2	32
Tabla 4. Rúbrica de puntuación detallada del torno 3	33
Tabla 5. Rúbrica de puntuación detallada del torno 4	35
Tabla 6. Rúbrica de puntuación detallada del torno 5	36
Tabla 7. Rúbrica de puntuación detallada del torno 7	37
Tabla 8. Rúbrica de puntuación detallada del torno 8	38
Tabla 9. Rúbrica de puntuación detallada del torno 9	40
Tabla 10. Rúbrica de puntuación detallada del torno 10	41
Tabla 11. Matriz de decisión para la selección del torno a reparar	43
Tabla 12. Fallas y plan de reparación – Mantenimiento inicial y preparación general	45
Tabla 13. Fallas y plan de reparación – Sistema del cabezal principal y transmisión	46
Tabla 14. Fallas y plan de reparación – Caja Norton y sistema de avances	46
Tabla 15. Fallas y plan de reparación – Carros longitudinal y transversal	48
Tabla 16. Fallas y plan de reparación – Cabezal móvil	48
Tabla 17. Fallas y plan de reparación – Torreta portaherramientas	49
Tabla 18. Fallas y plan de reparación – Sistema de refrigeración	50
Tabla 19. Fallas y plan de reparación – Sistema eléctrico y accesorios adicionales	50
Tabla 20. Fallas y plan de reparación – Estructura, protección y acabados finales	51
Tabla 21. Proceso de reparación – Mantenimiento inicial y preparación general	53
Tabla 22. Proceso de reparación – Sistema del cabezal principal y transmisión	54
Tabla 23. Proceso de reparación – Caja Norton y sistema de avances	55
Tabla 24. Proceso de reparación – Carros longitudinal y transversal	57
Tabla 25. Proceso de reparación – Cabezal móvil	59
Tabla 26. Proceso de reparación – Torreta portaherramientas	61
Tabla 27. Proceso de reparación – Sistema de refrigeración	62
Tabla 28. Proceso de reparación – Sistema eléctrico y accesorios adicionales	63
Tabla 29. Proceso de reparación – Estructura, protección y acabados finales	64
Tabla 30. Relación de costos de materiales adquiridos	65
Tabla 31. Ficha técnica del equipo	72
Tabla 32. Hoja de vida del equipo	73
Tabla 33. Calendario general de mantenimiento	74
Tabla 34. Procedimientos de mantenimiento específico	76

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Metodología.....	18
Figura 2. Tornos en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja	26

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Tornos del taller de máquinas y herramientas – Panorama general.....	92
Anexo B. Estado del torno 2 antes de la intervención inicial	95
Anexo C. Proceso detallado de limpieza	98
Anexo D Proceso de reparación de componentes	101
Anexo E Estado final del torno 2	108

RESUMEN

En el Colegio INEM de Tunja, la limitada disponibilidad de tornos funcionales y la acumulación de materiales reciclables afectan la formación técnica de los estudiantes. Este proyecto tuvo como objetivo principal diagnosticar y reparar un torno del taller de máquinas y herramientas para su uso en la reutilización de dichos materiales y mejorar la práctica estudiantil. La metodología incluyó un diagnóstico técnico de los equipos inoperativos, la selección del torno 2 mediante una matriz de decisión, y la ejecución de las reparaciones mecánicas y eléctricas necesarias para su completa restauración. Se desarrolló también un plan de mantenimiento preventivo para el equipo recuperado. Como resultado principal, el torno 2 quedó plenamente operativo, lo cual se verificó con pruebas de funcionamiento. El plan de mantenimiento fue documentado. Este trabajo incrementa los equipos disponibles para las prácticas, ofrece una vía para el procesamiento de residuos y sirve como herramienta para enseñar el cuidado de la maquinaria.

Palabras clave: Torno, reparación de maquinaria, mantenimiento preventivo, formación técnica, diagnóstico técnico.

ABSTRACT

At the INEM School of Tunja, the limited availability of functional lathes and the accumulation of recyclable materials affect students' technical training. The main objective of this project was to diagnose and repair a lathe from the machine and tools workshop for its use in reusing these materials and to improve students' practical experience. The methodology included a technical diagnosis of the non-operational equipment, the selection of lathe 2 using a decision matrix, and the execution of the necessary mechanical and electrical repairs. A preventive maintenance plan was also developed for the recovered equipment. As a main result, lathe 2 became fully operational, which was verified through operational tests. The maintenance plan was documented. This work increases the equipment available for student practice, provides a means for processing recyclable materials, and serves as a tool for teaching machinery care.

Keywords: Lathe, machinery repair, preventive maintenance, technical education, technical diagnosis.

INTRODUCCIÓN

La formación técnica de estudiantes necesita una buena base práctica, donde el manejo de máquinas herramienta es fundamental. El torno, en particular, es un equipo muy importante para el desarrollo de habilidades en el mecanizado de piezas. No obstante, en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja, la limitada disponibilidad de tornos funcionales representa un problema importante para el aprendizaje completo de los alumnos.

Esta situación se observa en que solo uno de los diez tornos existentes se encuentra operativo, principalmente por fallas acumuladas y una falta de mantenimiento apropiado. Esta falta restringe el tiempo efectivo de práctica individual, dificultando que los estudiantes adquieran la destreza necesaria en diversas operaciones de mecanizado. Paralelamente, los talleres acumulan una cantidad importante de materiales reciclables, como plásticos y metales, sin un plan para su aprovechamiento, lo que refleja una oportunidad de mejora en el manejo de los recursos del colegio.

Este proyecto se justifica por la necesidad de aumentar los recursos para la enseñanza práctica y, al mismo tiempo, ofrecer una alternativa para la reutilización de dichos materiales. La reparación de un torno no solo amplía las capacidades del taller, sino que también introduce una visión de manejo ambiental dentro de la formación técnica.

Por esto, el objetivo general de este trabajo es diagnosticar y reparar un torno del taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja. Esta acción busca su uso futuro en el procesamiento de materiales reciclables, para aumentar el número de equipos operativos y mejorar la experiencia práctica de los estudiantes al finalizar el proyecto.

El presente documento detalla, en primer lugar, el diagnóstico técnico realizado a los equipos y la selección del torno a intervenir. Luego, describe el proceso de reparación y las pruebas funcionales efectuadas. Después, se presenta el plan de mantenimiento preventivo elaborado para el torno recuperado. Finalmente, se exponen las conclusiones obtenidas del trabajo y las recomendaciones para acciones futuras.

1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Colegio INEM de Tunja, solo uno de diez tornos en el taller de máquinas y herramientas funciona, principalmente por daños acumulados y falta de mantenimiento. Esta situación limita gravemente la práctica estudiantil.

Encuestas a docentes y estudiantes indican que la escasez de equipos operativos dificulta enseñar y aprender habilidades técnicas variadas, reduce el tiempo real de práctica individual y hace que los estudiantes se sientan menos preparados en el manejo de tornos. Esto impacta directamente su formación y el desarrollo de competencias prácticas clave.

Otro problema existente es la acumulación de materiales reciclables (plásticos, metales, resinas y no ferrosos) en los talleres. Estos residuos no tienen un aprovechamiento adecuado, mostrando una deficiencia en el manejo ambiental institucional.

Es necesario diagnosticar los tornos para identificar el de menor deterioro. Reparar un equipo no solo incrementará las máquinas disponibles para la práctica estudiantil, aliviando la limitación actual, sino que también ofrecerá la posibilidad de procesar y reutilizar los residuos reciclables acumulados. De esta manera, el proyecto busca contribuir a la solución de la restricción en la formación práctica y la falta de aprovechamiento de residuos en el Colegio INEM de Tunja.

2 JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto responde directamente a la necesidad de resolver la problemática del deterioro de los tornos en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja. Actualmente, solo uno de los diez equipos funciona, una situación que impacta negativamente el desarrollo práctico y técnico de los estudiantes, limitando las actividades esenciales para su formación.

Esta propuesta, al reparar uno de estos tornos, facilitará el desarrollo de prácticas fundamentales. Más allá de la mejora en la disponibilidad de equipos, esta reparación representa una inversión justificada. La inoperatividad actual genera costos significativos en términos de tiempo de enseñanza limitado y la imposibilidad de que los estudiantes desarrollen plenamente habilidades de mecanizado esenciales, según las encuestas a docentes. Poner este torno en operación genera un claro retorno educativo al permitir un aumento en el tiempo de práctica efectiva por estudiante.

Al mismo tiempo, el torno reparado ofrecerá una solución viable para procesar y reutilizar los materiales reciclables acumulados (plásticos, metales, resinas y no ferrosos). Utilizar estos residuos reduce la necesidad de comprar material nuevo para prácticas, lo que significa un ahorro tangible en los costos de insumos para el taller de máquinas y herramientas, aportando un beneficio económico y ambiental.

El valor principal de este trabajo está en integrar el mantenimiento técnico necesario de los tornos con una solución práctica y responsable para el manejo de residuos. Esta combinación ofrece un enfoque innovador que puede ser un modelo a replicar en otras instituciones educativas con desafíos similares de infraestructura y gestión ambiental.

3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar y reparar un torno en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja para su uso en la reutilización de materiales reciclables, buscando incrementar el número de equipos operativos y mejorar la experiencia práctica de los estudiantes al finalizar el proyecto.

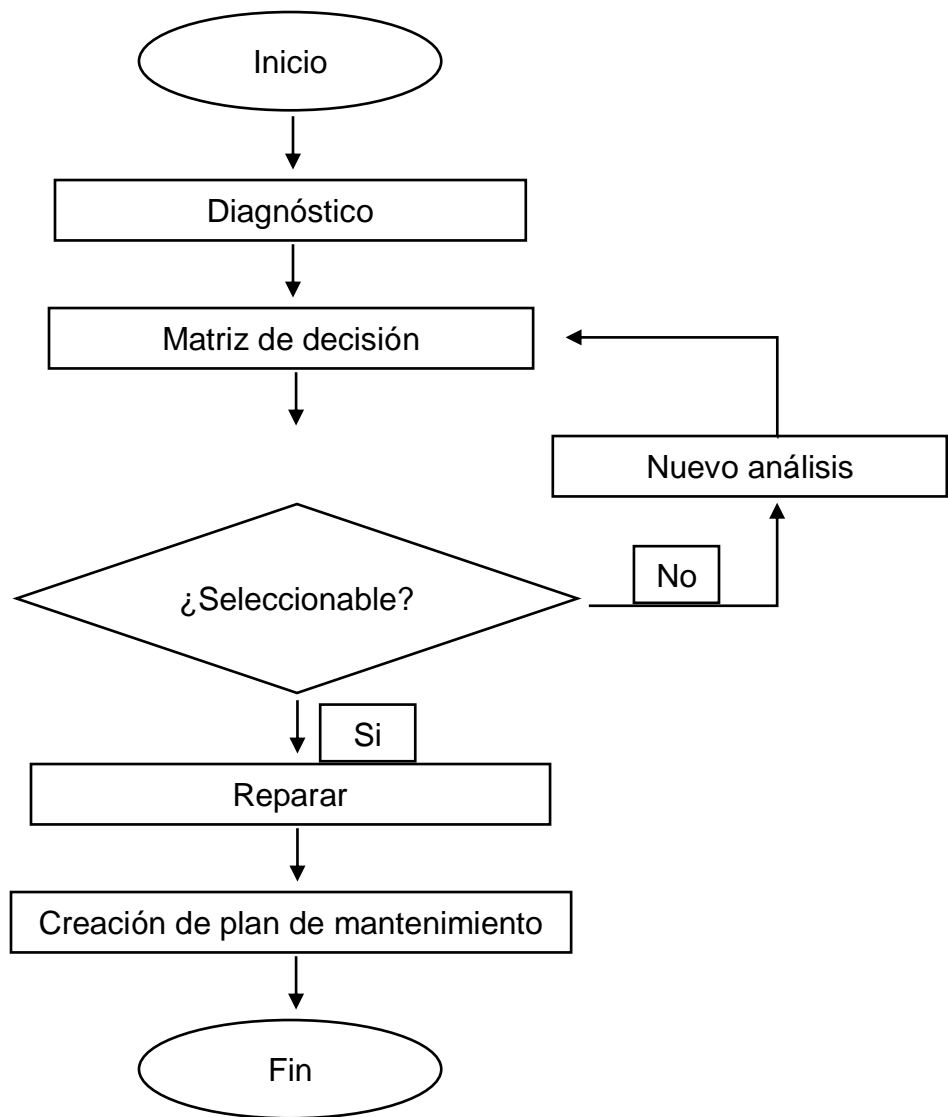
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico técnico detallado de los tornos inoperativos para seleccionar el equipo con mayor potencial de recuperación, utilizando una matriz de decisión para fundamentar la elección.
- Ejecutar las intervenciones técnicas necesarias para reparar el torno seleccionado y restablecer plenamente su operatividad, verificando su funcionamiento adecuado para las tareas de mecanizado.
- Documentar e implementar un plan básico de mantenimiento preventivo para el torno reparado, enfocado en procedimientos de inspección y cuidado diario, con el fin de servir como herramienta educativa para los estudiantes en prácticas futuras.

4 METODOLOGÍA

La metodología se centra en evaluar el estado de los tornos del Colegio INEM de Tunja para identificar el equipo con mayores posibilidades de reparación y restablecer su funcionamiento. Se inicia con un diagnóstico visual y técnico de los equipos, seguido de la aplicación de una matriz de decisión que facilite la selección del torno a intervenir. Una vez seleccionado, se procede a realizar las actividades de mantenimiento y reparación, finalizando con la implementación de un plan básico de mantenimiento preventivo para asegurar su operatividad en el futuro.

Figura 1. Metodología



Fuente: elaboración propia

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO HISTÓRICO

Evaluar cómo están las máquinas, como los tornos, ha cambiado mucho con el tiempo. Cuando los tornos eran más sencillos, hace muchos años, la gente se daba cuenta de los problemas mirando y usando su experiencia¹. Después, al crecer la industria y necesitar más máquinas funcionando, mantenerlas bien se volvió más importante. Al principio, solo se arreglaban cuando se dañaban del todo². Con el tiempo, se empezó a revisar las máquinas regularmente para encontrar problemas antes de que causaran paradas grandes. Las herramientas de medición, como los micrómetros y comparadores, ayudaron a ver con números cuánto desgaste tenían las piezas, haciendo el diagnóstico más exacto que solo mirar o sentir³.

Los tornos paralelos han sido por mucho tiempo máquinas fundamentales en la formación técnica impartida en colegios y talleres escuela. Su presencia permitía a los estudiantes aprender directamente los principios del mecanizado y desarrollar habilidades prácticas esenciales⁴. Mantener estos equipos, a menudo de considerable antigüedad y uso intensivo, siempre ha presentado desafíos particulares para las instituciones educativas, que deben balancear las necesidades formativas con recursos usualmente limitados⁵.

Al aumentar la comprensión sobre la importancia de conservar los activos, especialmente en talleres educativos con maquinaria valiosa, el concepto de mantenimiento preventivo evolucionó. Ya no bastaban las inspecciones periódicas; surgió la necesidad de documentar formalmente tareas, frecuencias y hallazgos. Esto dio origen a los primeros registros y planes de mantenimiento estructurados⁶. Dicha formalización buscaba extender la vida útil de los equipos y estandarizar las prácticas de cuidado.

Al mismo tiempo, en la formación técnica, la intervención de los estudiantes en el cuidado básico de las máquinas-herramienta se reconoció como parte valiosa de su aprendizaje. El "aprender haciendo" se aplicó al mantenimiento: ejecutar rutinas y seguir procedimientos

¹ LANDAU-TAYLOR, Ben y DIXON-LUINENBURG, Oberon. Machine tools: a case study in advanced manufacturing. En: *BISMARCK*. Febrero 2020, p.1-18.

² The evolution of maintenance strategies. Sensemore Teknoloji A.Ş. [sitio Web]. Uskudar: Sensemore Teknoloji A.Ş. 21 de marzo de 2024. [Consulta: 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://sensemore.io/the-evolution-of-maintenance-strategies/>

³ La evolución del mantenimiento y su impacto en la industria. Fractal. [sitio Web]. Madrid: Fractal. 15 de febrero de 2024. [Consulta: 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.fractal.com/es/blog/evolucion-del-mantenimiento>

⁴ BENNER, Boel. Learning Control: Sense-making, cnc machines, and changes in vocational training for industrial work. En: *Vocations and Learning*. Noviembre 2009, vol.2, no.3, p.177-194. ISSN 1874-7868.

⁵ RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, N., MANOTOA BALSECA, F., & RODRÍGUEZ ESCOBAR, P. Mantenimiento preventivo para tornos convencionales del taller de máquinas herramientas del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. En: *Revista de Investigación Científica TSEDE*. Diciembre 2022, vol.7, no.22, p.142-155. ISSN 2631-2759.

⁶ PÉREZ DEL CASTILLO, Ricardo, et al. *Mantenimiento y evolución de sistemas de información*. Madrid: RA-MA Editorial, 2018. 37 p. ISBN 978-84-9964-759-3.

reforzaba la comprensión del equipo. También fomentaba la responsabilidad y seguridad en el taller. La documentación de estos planes en colegios sirvió además como material didáctico⁷.

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Conceptos fundamentales del diagnóstico de tornos

Para diagnosticar un torno que no funciona, se analiza como un conjunto de componentes que operan de forma integrada. Las fallas que presentan los tornos pueden originarse en sus elementos mecánicos, en el sistema hidráulico y de lubricación, o en el subsistema eléctrico⁸. Estas disfunciones se evidencian a través de ruidos anómalos, vibraciones excesivas, sobrecalentamiento, o cuando produce piezas con imprecisiones dimensionales⁹. Para identificar con precisión la avería, se emplean métodos como la inspección visual, el análisis acústico, y la verificación táctil¹⁰. También se utilizan instrumentos de medición como el reloj comparador para verificar la alineación y las holguras, el micrómetro para cuantificar el desgaste, y las galgas para medir la luz o huelgo entre componentes móviles¹¹. La aplicación de este procedimiento ayuda a determinar el origen de la falla operativa.

5.2.2 Matriz de decisión como herramienta de selección

Cuando hay varias máquinas averiadas y se necesita elegir una para reparar, se puede usar una *matriz de decisión*. Esta es una forma de comparar las opciones de manera ordenada. En la matriz, se revisa cada torno según puntos importantes que se llaman criterios de evaluación¹². A cada punto importante se le da un valor de peso, según qué tanto influye en la decisión. Luego, cada torno recibe una puntuación en cada punto importante, según cómo está. Se multiplica la puntuación por el peso y se suma todo para cada torno. El que saca el número más alto es el mejor candidato¹³. Este método ayuda a elegir con base en información clara.

⁷ GONZÁLEZ QUIÑÓNEZ, Luis Adrián, et al. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para el laboratorio de Ingeniería Eléctrica con base en RCM (Reliability Centred Maintenance). En: Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional. Septiembre 2021, vol.6, no.9. ISSN 2550-682X.

⁸ PÉREZ MELO, Daniel Guillermo. Pre - sec [en línea]. Trabajo de grado (Diseño Industrial). Universidad El Bosque. Bogotá, 2019. [Consultado 4 de abril de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3be4992-d1bd-4c47-9102-896e55b4cc60/content>

⁹ Trabajos con torno paralelo: ¿cuáles son riesgos principales a considerar?. AECIM. [sitio Web]. Madrid: AECIM. 1 de marzo de 2024. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://aecim.org/trabajos-con-torno-paralelo-cuales-son-riesgos-principales-a-considerar/>

¹⁰ Ruido del husillo: causas comunes y consejos para solucionarlo. Setco. [sitio Web]. Cincinnati: Setco. 2 de agosto de 2023. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.setco.com/es/blog/spindle-noise-common-causes-and-troubleshooting-tips/>

¹¹ ¿Qué es la calibración?. Equipos y Laboratorio de Colombia. [sitio Web]. Bogotá D.C.: Equipos y Laboratorio de Colombia. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/calibracion>

¹² Decision matrix. Awork. [sitio Web]. Hamburgo: Awork. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.awork.com/glossary/decision-matrix>

¹³ Matriz de decisiones: la guía definitiva. SafetyCulture. [sitio Web]. Sídney: SafetyCulture. 22 de febrero de 2023. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://safetyculture.com/es/temas/matriz-de-decisiones/>

5.2.3 Principios de mantenimiento y técnicas de reparación en tornos paralelos

El mantenimiento de máquinas como el torno paralelo es clave para que sigan funcionando bien. Antes, el mantenimiento era más que todo correctivo: las máquinas se arreglaban solo cuando fallaban por completo. Hoy en día, aunque reparar fallas es necesario, también se busca aplicar un *mantenimiento preventivo*. Este tipo de mantenimiento ayuda a encontrar problemas antes y a que las máquinas duren más tiempo, lo que es muy útil en talleres de enseñanza¹⁴.

En el mantenimiento correctivo del torno, las reparaciones comunes buscan restaurar su precisión. Uno es el *ajuste de holguras* (juegos indeseados) en los carros, usando piezas como cuñas de ajuste para un movimiento exacto de la herramienta. La *alineación de partes* como el cabezal móvil con el husillo principal también es fundamental. Esto asegura la forma correcta de las piezas, en especial las largas o con perforaciones centradas¹⁵.

La *lubricación* es una tarea fundamental en cualquier torno, tanto para su reparación como para su cuidado preventivo. Usar el aceite o grasa correcta, en la cantidad justa y en los momentos indicados, es muy necesario para que las piezas móviles no se gasten rápido por el roce. Esto incluye los engranajes, las guías de los carros y los rodamientos del husillo¹⁶. No lubricar bien, o usar un lubricante que no es el adecuado, acelera el daño de las partes y puede causar fallas grandes en la máquina.

5.2.4 Planificación y documentación del mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento preventivo (PMP) va más allá de la simple intención de realizar chequeos. Requiere una planificación detallada que incluye la identificación de todas las tareas de mantenimiento necesarias para cada equipo, la determinación de su frecuencia óptima (diaria, semanal, mensual, etc.) y la asignación de responsabilidades para su ejecución¹⁷. La documentación es un pilar fundamental de este proceso. Formatos como la ficha técnica del equipo, que resume sus características principales, y el calendario de mantenimiento, que programa las intervenciones, son herramientas básicas para la organización. Igualmente, los procedimientos de mantenimiento específicos detallan el “cómo” realizar cada tarea de forma segura y correcta, mientras que una hoja de vida o bitácora del equipo registra todo el historial de mantenimientos y reparaciones, siendo crucial para el seguimiento y la toma de decisiones futuras¹⁸.

¹⁴ CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo, MOREU DE LEÓN, Pedro y SÁNCHEZ HERGUEDAS, Antonio. Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos. Madrid: AENOR, 2004. 24 p. ISBN 978-84-8143-390-6.

¹⁵ OPTIMUM MASCHINEN GERMANY GMBH. Manual de funcionamiento. Tornos de precisión con visualizador digital de cotas TH 5615 / TH 5620. Hallstadt: Optimum Maschinen Germany GmbH, 2015. 60 p.

¹⁶ DARDÓN ORTIZ, Estuardo. Programa de conservación para tornos convencionales y maquinaria de apoyo para la empresa Maquinados Precisos [en línea]. Tesis de Ingeniero Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. [Consultado 15 de abril de 2025]. Disponible en: <https://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/tesis/T7533.pdf>.

¹⁷ DÍAZ-CAZAÑAS, R. & DE LA PAZ-MARTÍNEZ, E. M. Procedimiento para la planeación integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico. En: *Ingeniería Industrial*. Enero-Abril 2016, vol.37, no.1, p.44-52. ISSN 1815-5936.

¹⁸ NOBSA, Daniel Mauricio y BENÍTEZ MUÑOZ, Sandra Johana. Herramienta Excel para la gestión de mantenimiento preventivo. En: *Revista Matices Tecnológicos*. 2018, nro.10, p.26-31. ISSN 2027-4408.

5.2.5 El mantenimiento preventivo como herramienta educativa en la formación técnica

En el entorno de la formación técnica, la implementación de planes de mantenimiento preventivo no solo busca la conservación de los equipos, sino que también cumple un propósito pedagógico importante. Involucrar a los estudiantes en la ejecución de tareas de mantenimiento programadas, como inspecciones, limpieza, lubricación y el seguimiento de procedimientos documentados, contribuye a su aprendizaje general. Esta participación activa permite a los futuros técnicos desarrollar una comprensión más profunda del funcionamiento de las máquinas, identificar componentes, reconocer la importancia del cuidado del equipo para la seguridad y la calidad del trabajo, y adquirir hábitos de responsabilidad y orden. Así mismo, el uso de formatos de reporte de novedades o la consulta de historiales de mantenimiento les introduce a prácticas de comunicación y gestión técnica propias del entorno industrial¹⁹.

5.2.6 Velocidad de corte (V_c)

La velocidad de corte se define como la velocidad tangencial en la superficie de la pieza que está en contacto con el filo de la herramienta. Esta magnitud, expresada en metros por minuto (m/min), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (1)$$

D = Diámetro de la pieza de trabajo, medido en milímetros (mm).

N = Revoluciones por minuto (RPM) a las que gira el husillo principal.

El factor de 1000 en el denominador ajusta las unidades, convirtiendo el diámetro de milímetros a metros para mantener la consistencia con la unidad de la velocidad de corte.

5.2.7 Velocidad de avance (V_f)

La velocidad de avance describe la rapidez con la que la herramienta se desplaza longitudinalmente a lo largo de la pieza. Su cálculo depende directamente de la velocidad de giro del husillo y del avance programado por cada revolución. Se expresa en milímetros por minuto (mm/min).

¹⁹ HIDALGO TERÁN, Juan Miguel. Estrategias didácticas y su incidencia en el aprendizaje del mantenimiento de máquinas eléctricas a los estudiantes de electricidad en el Colegio Fiscal Bachillerato Simón Bolívar de la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas [en línea]. Trabajo de Titulación (Licenciado en Ciencias de la Educación Mención Plurilingüe). Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, 2019. [Consultado 15 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7232>.

$$V_f = f \times N \quad (2)$$

f = Es el avance por revolución (mm/rev), que indica la distancia lineal que recorre la herramienta en una vuelta completa de la pieza.

N = La velocidad de giro del husillo en revoluciones por minuto (RPM).

5.3 MARCO CONCEPTUAL

- Backlash: Es el movimiento extra que hay en algunas partes que se mueven con tornillos (como en los carros del torno) cuando se cambia la dirección del movimiento.
- Concentricidad: Característica que indica que dos o más figuras geométricas, como círculos o cilindros, comparten el mismo centro o eje de rotación.
- Criterio de evaluación: Un punto importante que se usa para comparar y decidir entre varias opciones.
- Diagnóstico de fallas: Encontrar por qué una máquina o una parte de ella no está funcionando bien.
- Generatriz (en torneado): Línea imaginaria que representa el filo de la herramienta de corte. Al moverse esta línea sobre la pieza que gira en el torno, se origina la forma de la superficie mecanizada.
- Holgura (mecánica): Pequeño espacio, juego o movimiento libre que existe entre dos piezas mecánicas que deben encajar o moverse una con respecto a la otra. Una holgura excesiva puede afectar la precisión.
- Indexación: Proceso de mover una parte de una máquina, como la torreta portaherramientas de un torno, y fijarla de manera precisa en diferentes posiciones angulares o divisiones exactas.
- Matriz de decisión: Una tabla que ayuda a organizar la información para comparar opciones con base en puntos importantes y elegir la mejor.
- Torno paralelo: Máquina que hace girar una pieza para que una herramienta le quite material y le dé forma.

5.4 MARCO LEGAL

- Decreto 1072 de 2015. Consolida las disposiciones del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia, requiriendo la elaboración de planes de prevención y control de riesgos en espacios laborales como talleres y laboratorios que utilizan maquinaria²⁰.
- ISO 1708. Establece las condiciones de aceptación para tornos paralelos de uso general. Define pruebas geométricas y prácticas para verificar la precisión de estas máquinas, junto con las desviaciones permitidas²¹.
- ISO 55000. Define los requisitos para la gestión de activos y presenta un marco completo que permite administrar los bienes a lo largo de su ciclo de vida, teniendo en cuenta los riesgos y las oportunidades que se presentan²².
- Resolución 0312 de 2019. Fija los estándares mínimos del SG-SST para empleadores y contratantes, organizándose en dos fases en la primera se regula la inspección y el mantenimiento de equipos y en la segunda se exige mantener registros que respalden las intervenciones destinadas a proteger la salud de los trabajadores²³.
- SAE JA1011. Se utiliza para establecer los criterios que permiten evaluar el mantenimiento centrado en la confiabilidad, explicando el procedimiento para identificar posibles fallas y asignar las acciones necesarias para que los equipos sigan cumpliendo su función²⁴.
- UNE-EN-60300-3-11:2013. Ofrece un marco de referencia para aplicar el mantenimiento basado en confiabilidad en ambientes industriales, integrando métodos de diagnóstico y pautas para programar tareas de acuerdo a los riesgos detectados en los sistemas²⁵.

²⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Decreto 1072 de 2015. Bogotá D.C.: Ministerio del Trabajo, 2015.

²¹ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acceptance conditions for general purpose parallel lathes — Testing of the accuracy. ISO 1708:1989. 4 ed. Geneve, Suiza: ISO, 1989.

²² INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Asset management — Vocabulary, overview and principles (Gestión de activos — Vocabulario, visión general y principios). ISO 55000:2024. 2 ed. Geneve, Suiza: ISO, 2024.

²³ COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Resolución 0312 de 2019. Bogotá D.C.: Ministerio del Trabajo, 2019.

²⁴ SAE INTERNATIONAL. Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. JA1011. 2 ed. Warrendale, PA: SAE International, 2009.

²⁵ ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad. UNE-EN 60300-3-11. Madrid: UNE, 2013.

5.5 ANTECEDENTES

Investigaciones previas fundamentan la necesidad de mejorar la gestión de maquinaria en talleres educativos. Un estudio en instituciones de formación técnica y vocacional (TVET) evidenció que la operatividad de equipos de mecanizado se ve frecuentemente comprometida por un cuidado y mantenimiento inadecuados; dicha investigación desarrolló y propuso una estrategia marco de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que demostró mejoras significativas en la Efectividad General del Equipo²⁶. Complementariamente, la implementación de TPM en talleres ha mostrado mejorar la disponibilidad de equipos para fines académicos²⁷.

De manera más específica para tornos, la elaboración de planes de mantenimiento preventivo estructurados, con tareas y recursos definidos, se considera crucial para su conservación en los talleres de instituciones técnicas²⁸. Estas prácticas se alinean con la importancia general del mantenimiento en talleres mecánicos para asegurar la correcta operación de los equipos, prevenir averías y mejorar la productividad y la seguridad²⁹. Los hallazgos de estos trabajos previos subrayan la pertinencia de diagnosticar, reparar y establecer un plan de mantenimiento para el torno del Colegio INEM de Tunja.

²⁶ KHALID, Razni, et al. Maintenance strategy for the old lathe machine in teaching workshops at technical vocational education training institutes. En: Environment-Behaviour Proceedings Journal. Enero 2025, vol.10, no.SI24, ISSN 2398-4287.

²⁷ MOREIRA PINO, Oswaldo Alejandro. Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil [en línea]. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022. [Consultado 18 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22961>.

²⁸ PIRELA AÑEZ, A. E. & PIRELA GONZÁLEZ, A. J. Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales en el departamento de mecánica del IUTC. En: Formación Gerencial. Mayo 2012, ISSN 1690-074X.

²⁹ CHIBA, Elhocine, DOKKAR, Boubakeur y KETMI, Omar Elfarouk. Optimization of maintenance strategies for improving the mechanical workshop [en línea]. Tesis de Máster. Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, 2024. [Consultado 18 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/38056>.

6 DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DEL TORNO A REPARAR

Este capítulo presenta la evaluación técnica de los tornos paralelos que se encuentran inoperativos en el taller del Colegio INEM de Tunja. La cantidad limitada de máquinas que funcionan afecta la práctica de los estudiantes y reduce las oportunidades para aprender habilidades técnicas. También hay materiales reciclables que no se aprovechan adecuadamente. Para mejorar esta situación, se realizó un diagnóstico detallado de los equipos averiados. El propósito de este capítulo fue analizar el estado de cada torno para determinar cuál tiene el mejor potencial para ser reparado. Se describe el método usado para realizar esta evaluación y para seleccionar, con una base técnica, el torno más adecuado para la reparación. Este trabajo busca recuperar un recurso esencial para la formación en el taller.

Figura 2. Tornos en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja



Fuente: elaboración propia.

6.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN

Para determinar cuál de los tornos averiados era el candidato más adecuado para reparar, se implementó un proceso de evaluación estructurado. Este proceso buscó obtener información clara sobre el estado de cada máquina inoperativa en el taller.

La primera fase consistió en una revisión técnica completa de cada torno. Las acciones realizadas incluyeron:

- Inspección visual detallada: Examen minucioso de todas las partes de la máquina para identificar desgastes, deformaciones o componentes ausentes.
- Evaluación auditiva: Escucha atenta de ruidos anormales al operar manualmente o si es posible y seguro al encender la máquina por periodos breves.
- Verificación táctil: Uso del sentido del tacto para detectar vibraciones inusuales, puntos de resistencia en el movimiento o juego excesivo entre piezas.
- Mediciones con instrumentos básicos: Uso de herramientas de precisión como calibradores, micrómetros, galgas y comparadores para cuantificar desgastes, holguras y verificar la alineación de componentes importantes.

Tras esta revisión, se definió un conjunto de criterios de evaluación. Estos son los factores que se consideraron fundamentales para comparar los tornos de manera objetiva. Cada criterio representa un aspecto técnico o práctico importante para la reparación de una máquina herramienta de este tipo.

Los criterios abarcaron diferentes áreas del torno, tales como:

- La solidez de su estructura y bancada.
- El estado de componentes esenciales como el husillo principal y sus soportes.
- El funcionamiento de los carros y sus mecanismos de movimiento.
- La condición del contrapunto.
- El estado de la caja de velocidades y el sistema de avances.
- La integridad del sistema eléctrico y los elementos de seguridad.
- Los aspectos relacionados con el costo y la posibilidad de conseguir las partes para la reparación.

La *tabla 1*, que se presenta a continuación, contiene los criterios de evaluación usados para revisar los tornos. Se incluye cada criterio y su descripción para su correcta interpretación.

Tabla 1. Factores clave para evaluar tornos paralelos a reparar

ID Criterio	Nombre del Criterio	Descripción General	Puntos Importantes a Inspeccionar	Fuentes de Información Posibles	Aspectos para Considerar su Importancia (Peso)
C1	Estructura y base del torno	Soporte principal de la máquina: bancada y grandes piezas fundidas.	Observar el nivel y la rectitud de las guías. Buscar si hay grietas o daños visibles en las partes fundidas. Revisar la alineación general entre componentes principales.	Revisión visual, usar instrumentos de medida geométrica, historial.	La base es vital para la exactitud del torno. Su daño importante hace la reparación difícil y costoso.
C2	Cabezal fijo y eje principal	Parte que aloja el eje que gira la pieza y su mecanismo de impulso.	Medir cuánto se mueve el eje al girar (juego axial y radial). Prestar atención a ruidos, vibraciones o si los soportes se calientan. Examinar cómo sujeta el plato.	Medidas con comparador, escuchar ruidos, notar temperatura.	Muy importante para la calidad final de la pieza. Si los soportes (rodamientos) fallan, puede dañar seriamente la máquina.
C3	Carros	Partes que mueven la herramienta a lo largo y ancho del área de trabajo.	Buscar desgaste en las guías, notando si hay holgura. Comprobar el juego en los tornillos de movimiento (backlash). Ver cómo se ajustan las guías y si el movimiento es suave al moverlos.	Probar movimiento a mano, usar herramientas de medida.	Controla directamente las dimensiones de la pieza y su acabado. El desgaste excesivo quita precisión.

Tabla 1. (Continuación)

C4	Contrapunto	Parte móvil para soportar piezas largas o usar brocas en el eje de la pieza.	Revisar cómo se mueve su eje (pínula) y si se queda firme al bloquearlo. Verificar su alineación con el eje principal del torno. Probar sus mecanismos de agarre.	Medidas geométricas, probar mecanismos.	Necesario para piezas largas y hacer agujeros rectos. Si no está bien alineado, la pieza puede quedar cónica.
C5	Caja de velocidades y avances	Sistema de engranajes para cambiar la velocidad de giro y movimiento de avance/roscado.	Escuchar ruidos o notar juego en los engranajes. Comprobar si las palancas cambian bien de posición. Verificar si hace las roscas o avances que corresponden. Buscar fugas de aceite.	Escuchar ruidos, revisar nivel y estado del aceite, probar cambios y roscado.	Es clave para la fuerza, velocidad y precisión en roscado. Reparar problemas aquí puede ser complicado y costoso.
C6	Sistema eléctrico y seguridad	Motores, cables, interruptores y protecciones de la máquina y el operador.	Verificar si el motor principal funciona (ruidos, si se calienta). Revisar el estado de los cables (si están dañados). Comprobar si los botones e interruptores responden. Ver si las protecciones de seguridad están puestas.	Inspección visual, probar funcionamiento (con seguridad).	Es fundamental para un trabajo seguro y sin paradas inesperadas. Fallas eléctricas implican riesgos serios.

Tabla 1. (Continuación)

C7	Costo y viabilidad de la reparación	Cuánto dinero costará conseguir las partes y hacer la reparación, y qué tan difícil es hacerla.	Investigar proveedores y catálogos para encontrar las piezas necesarias. Preguntar sus precios. Calcular el costo total estimado de la reparación. Evaluar las horas de trabajo y si se necesita personal o equipo especializado.	Consultar tiendas de repuestos o fabricantes. Basarse en el diagnóstico y precios.	Es el factor económico principal. Si las partes son muy caras o difíciles de encontrar, o si la reparación es muy costoso y complicado, quizás no convenga reparar.
----	-------------------------------------	---	---	--	---

Fuente: elaboración propia.

6.2 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DETALLADO

Para documentar el estado de cada torno de forma clara y comparable, se utilizó un formato de rúbrica de puntuación. Cabe aclarar que el torno 6 no fue diagnosticado con esta herramienta porque no presentaba daños. Esta rúbrica permite valorar cada uno de los criterios de evaluación definidos anteriormente usando una escala numérica del 1 al 5. Una puntuación de 1 indica un estado muy deficiente o una falla importante en ese aspecto, mientras que una puntuación de 5 representa un estado excelente o sin problemas significativos.

A continuación, se presentan los resultados detallados del diagnóstico para cada uno de los tornos inoperativos evaluados, desde la *tabla 2* hasta la *tabla 10*, mostrados a través de sus respectivas rúbricas de puntuación y un resumen:

Tabla 2. Rúbrica de puntuación detallada del torno 1

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	Desgaste visible en las guías de la bancada, con desviación notable en la zona de trabajo principal.	3

Tabla 2. (Continuación)

C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	Se detecta juego axial significativo al mover el eje a mano; los soportes se sienten ásperos.	2
C3: Carros	Juego en husillos y guías	Hay juego importante en los tornillos de avance y cierta holgura en las guías de los carros.	2
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El eje del contrapunto se mueve con dificultad y su mecanismo de bloqueo no sujeta bien.	2
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	Las palancas de cambio están rígidas y no permiten seleccionar todas las posiciones; se siente bloqueo interno.	2
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El sistema eléctrico principal no responde; el motor no arranca y el cableado muestra deterioro.	1
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	Conseguir partes para sistemas clave (eléctrico, caja) parece difícil, haciendo la reparación costosa.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 2* presenta la evaluación del torno 1 usando una escala de 1 a 5. Se revisaron sus partes clave, encontrando problemas en el movimiento de los carros y una falla crítica en el sistema eléctrico. Estos hallazgos describen el estado actual del torno, que impide su operación.

Tabla 3. Rúbrica de puntuación detallada del torno 2

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal del torno y su bancada presentan un desgaste mínimo y uniforme, lo cual es un estado favorable.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	Las correas de transmisión presentan tensión inadecuada. La polea del motor principal tiene daños visibles.	3
C3: Carros	Juego en husillos y guías	Se requiere ajustar holgura en tornillos avance y roscado; también cremalleras. Calibrar movimiento carros transversal y longitudinal.	3
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	Los prismas del contrapunto requieren ajuste. La manivela del eje (pínula) no está presente. La pínula tiene marcas que necesitan atención.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	Se observa que faltan tornillos en la caja Norton y el tapón de llenado de la caja de avances. Hay fugas de lubricante en la caja Norton y la mirilla no está presente.	4

Tabla 3. (Continuación)

C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El motor del sistema de refrigeración no funciona por daño en su embobinado. La lámpara de trabajo no enciende y falta un seguro en la lira.	3
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	Se identifican varias partes específicas que necesitan cambio o reparación y tareas concretas, lo que representa un conjunto de problemas definidos y manejables.	4

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 3* detalla la evaluación del torno 2 usando una escala de 1 a 5. La revisión encontró diversas necesidades de reparación, como ajustar carros y contrapunto, y trabajos en la caja Norton y sistemas eléctricos auxiliares. Las puntuaciones reflejan un estado que, aunque requiere varias reparaciones, presenta problemas definidos y abordables.

Tabla 4. Rúbrica de puntuación detallada del torno 3

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	El motor principal presenta daños. Esto afecta directamente el funcionamiento del eje principal.	2

Tabla 4. (Continuación)

C3: Carros	Juego en husillos y guías	La torreta presenta daños. Esto impacta la capacidad del carro superior para sujetar y posicionar herramientas.	2
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto parece estar en un estado aceptable sin daños aparentes.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	La caja de velocidades y avances no presenta daños visibles externos y las palancas se mueven.	4
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El motor principal del torno está dañado, lo cual es una falla eléctrica significativa.	2
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	Reemplazar o reparar el motor principal y la torreta implica un costo y trabajo específicos.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 4* presenta la evaluación del torno 3. Se encontró daño específico en el motor principal y la torreta, afectando los sistemas del cabezal fijo, carros y eléctrico. Las demás partes mostraron un estado más favorable.

Tabla 5. Rúbrica de puntuación detallada del torno 4

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	El eje principal no gira porque el sistema eléctrico no funciona. No fue posible evaluar su operación.	1
C3: Carros	Juego en husillos y guías	El movimiento automático de los carros no es posible por la falla eléctrica. El movimiento manual se puede hacer.	3
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto se encuentra en un estado aceptable sin daños evidentes.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	Selección manual velocidades y avances. Operación eléctrica no se pudo probar.	4
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El sistema eléctrico completo no opera, impidiendo que la máquina funcione.	1
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	La falla eléctrica general implica una reparación compleja y su costo es difícil de determinar sin un diagnóstico avanzado.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 5* presenta la evaluación del torno 4. Se detectó una falla completa en el sistema eléctrico que impide su funcionamiento, afectando el motor y los movimientos automáticos. La revisión identificó que las partes mecánicas principales no muestran daños severos visibles.

Tabla 6. Rúbrica de puntuación detallada del torno 5

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	La transmisión de movimiento al eje principal no funciona, impidiendo que este gire.	2
C3: Carros	Juego en husillos y guías	El movimiento automático de los carros no es posible debido a la falla en la transmisión principal del torno. El movimiento manual se puede hacer.	3
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto se encuentra en un estado aceptable sin daños evidentes.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	El problema en el sistema de transmisión afecta la capacidad de la caja para recibir y enviar potencia a los avances.	2

Tabla 6. (Continuación)

C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El sistema eléctrico principal parece funcionar, pero la energía no se transmite al eje.	4
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	Reparar el sistema de transmisión implica conseguir partes internas y trabajo especializado para su instalación.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 6* presenta la evaluación del torno 5. Se detectó una falla en el sistema de transmisión que impide el giro del eje principal y los avances automáticos. Otras partes de la máquina muestran un estado favorable.

Tabla 7. Rúbrica de puntuación detallada del torno 7

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	El motor principal presenta una falla que impide el giro del eje.	2
C3: Carros	Juego en husillos y guías	El carro superior está presente. El movimiento automático de los carros no es posible por la falla del motor.	3

Tabla 7. (Continuación)

C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto se encuentra en un estado aceptable.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	El problema del motor afecta la transmisión de potencia a la caja de avances. La selección manual parece posible.	3
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El sistema eléctrico del motor principal presenta una falla. El sistema de refrigeración no funciona.	2
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	La reparación del motor principal y el sistema de refrigeración implica partes y trabajo específicos.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 7* presenta la evaluación del torno 7. Se identificaron fallas en el motor principal y el sistema de refrigeración, impidiendo su operación. La revisión detallada de sus componentes determinó que la mayoría de las otras partes se encuentran en un estado funcional.

Tabla 8. Rúbrica de puntuación detallada del torno 8

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura base está presente, pero se observa expuesta, con suciedad acumulada.	2

Tabla 8. (Continuación)

C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	Faltan componentes internos y externos del cabezal fijo y del sistema que impulsa el eje principal.	1
C3: Carros	Juego en husillos y guías	Faltan volantes, tornillos de avance y partes de las guías en los carros.	1
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto está incompleto.	1
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	Faltan palancas y piezas internas de la caja de velocidades y avances.	1
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	Faltan componentes eléctricos mayores como el motor principal, cableado esencial o partes del panel.	1
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	La falta general de partes clave representa un costo y trabajo muy altos para reponer y ensamblar la máquina.	1

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 8* presenta la evaluación del torno 8. La máquina ha sido desmantelada, faltando muchos de sus componentes esenciales. Esto afecta significativamente a todos sus sistemas.

Tabla 9. Rúbrica de puntuación detallada del torno 9

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	El motor requiere revisión, lo cual indica un problema que afecta el sistema de impulso al eje principal.	2
C3: Carros	Juego en husillos y guías	La torreta presenta daños que requieren reparación. Esto afecta la función del carro superior.	2
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto se encuentra en un estado aceptable sin daños evidentes.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	La caja de velocidades y avances no presenta daños visibles ni problemas en su operación manual.	4
C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	La palanca de arranque presenta una falla. El motor eléctrico requiere revisión.	2
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	Las partes que requieren atención son la torreta, la palanca de arranque y posibles partes del motor, implicando costo y trabajo.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 9* presenta la evaluación del torno 9. Se identificaron fallas en la torreta, la palanca de arranque y un problema en el motor que requiere revisión. Las demás partes de la máquina muestran un estado favorable.

Tabla 10. Rúbrica de puntuación detallada del torno 10

Parte del Torno/Sistema	Aspecto a Evaluar Principal	Observación y Hallazgo Clave	Puntuación (1 a 5)
C1: Estructura y base del torno	Geometría y desgaste de guías	La estructura principal y la bancada no presentan daños mayores visibles.	4
C2: Cabezal fijo y eje principal	Juego axial/radial y soportes (rodamientos)	El eje principal gira, pero el funcionamiento de la caja Norton limita la selección de velocidades y avances correctos.	3
C3: Carros	Juego en husillos y guías	El movimiento automático de los carros para cilindrar o roscar no funciona debido a la falla de la caja Norton. El movimiento manual se puede hacer.	2
C4: Contrapunto	Movimiento, fijación y alineación del eje	El contrapunto se encuentra en un estado aceptable sin daños evidentes.	4
C5: Caja de velocidades y avances	Operación de engranajes y selectores	La caja Norton no funciona, impidiendo la selección y transmisión de los avances y pasos de rosca.	1

Tabla 10. (Continuación)

C6: sistema eléctrico y seguridad	Funcionamiento eléctrico general	El sistema eléctrico principal funciona, permitiendo el giro del motor.	4
C7: costo y viabilidad de la reparación	Costo de partes y dificultad de la reparación	La reparación de la caja Norton implica conseguir engranajes o partes internas y un trabajo especializado.	2

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 10* presenta la evaluación del torno 10. Se identificó que la caja Norton no funciona, afectando los avances automáticos y el roscado. El resto de los sistemas de la máquina presentan un estado funcional.

6.3 APLICACIÓN DE LA MATRIZ DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DEL TORNO

Después de tener las puntuaciones de cada torno para cada criterio, usamos la matriz de decisión para compararlos y elegir cuál reparar. La matriz junta la información para tomar una decisión con información clara.

Para usar la matriz, dimos una importancia diferente a cada criterio, usando un peso o porcentaje. Un peso más alto significa mayor influencia en la elección. Los criterios y su importancia asignada fueron:

- C1: Estructura y base del torno (20%): Es muy importante para que el torno sea exacto en el futuro y porque reparar la base es difícil y costosa.
- C2: Cabezal fijo y eje principal (20%): Importante para que funcione bien y sea preciso. Si falla, afecta el trabajo principal y su reparación es necesaria.
- C3: Carros (10%): Controlan el movimiento de la herramienta. Problemas menores son más fáciles de reparar que en otras partes importantes.
- C4: Contrapunto (10%): Necesario para trabajos con piezas largas. Su estado importa para esas operaciones.
- C5: Caja de velocidades y avances (15%): Controla las velocidades de trabajo y los movimientos automáticos. Repararlo requiere trabajo técnico.

- C6: Sistema eléctrico y seguridad (15%): Es muy importante para que la máquina se pueda usar sin peligros en el taller.
- C7: Costo y viabilidad de la reparación (10%): Considera qué tan posible es conseguir las partes necesarias para la reparación y el trabajo que implica.

Para calcular el resultado de la matriz:

- Se multiplicó la puntuación de cada torno en cada criterio por su porcentaje asignado.
- Estos resultados se sumaron para cada torno, dando una puntuación total.
- El torno con la puntuación total más alta fue el elegido para reparar.

Los resultados completos de esta matriz se muestran a continuación en la *tabla 11*.

Tabla 11. Matriz de decisión para la selección del torno a reparar

Torno	C1: (20%)	C2: (20%)	C3: (10%)	C4: (10%)	C5: (15%)	C6: (15%)	C7: (10%)	Puntuación Total
1	0,60	0,40	0,20	0,20	0,30	0,15	0,20	2,05
2	0,80	0,60	0,30	0,40	0,60	0,45	0,40	3,55
3	0,80	0,40	0,20	0,40	0,60	0,30	0,20	2,90
4	0,80	0,20	0,30	0,40	0,60	0,15	0,20	2,65
5	0,80	0,40	0,30	0,40	0,30	0,60	0,20	3,00
7	0,80	0,40	0,30	0,40	0,45	0,30	0,20	2,85
8	0,40	0,20	0,10	0,10	0,15	0,15	0,10	1,20
9	0,80	0,40	0,20	0,40	0,60	0,30	0,20	2,90
10	0,80	0,60	0,20	0,40	0,15	0,60	0,20	2,95

Fuente: elaboración propia.

- La *tabla 11* presenta la matriz de decisión para seleccionar el torno a reparar. Se evaluaron nueve tornos inoperativos usando siete criterios ponderados. El *torno 2* obtuvo la puntuación total más alta, indicando que es el equipo con mayor potencial de recuperación según los factores considerados.

6.4 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DEL TORNO A REPARAR

- El capítulo abordó la situación de los tornos que no funcionan en el taller, buscando una solución para mejorar la práctica de los estudiantes.
- Se aplicó un método de diagnóstico detallado a cada torno que no estaba operativo para conocer sus fallas y su estado actual.
- La revisión de los tornos mostró que tenían diversos tipos de problemas, con algunos equipos en un estado mucho más deteriorado que otros.
- Utilizando una Matriz de Decisión, se compararon los tornos basándose en criterios importantes para seleccionar el mejor candidato para reparar.
- El análisis final identificó al *torno 2* como el equipo con la puntuación de evaluación más alta, mostrándolo como el más adecuado para ser reparado.

7 INTERVENCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL TORNO SELECCIONADO

Este capítulo trata sobre la reparación del *torno 2*. Este equipo, como se vio en el diagnóstico del capítulo anterior, tiene las mejores condiciones para ser recuperado. El objetivo principal aquí es describir cómo se hicieron las reparaciones necesarias para que el torno vuelva a funcionar completamente.

Para lograr esto, primero se mostrarán las fallas encontradas en el *torno 2* y el plan de trabajo pensado para repararlas. Después, se contará el proceso de reparación que se siguió, detallando los trabajos hechos y los ajustes aplicados. La parte final de este capítulo mostrará las pruebas de funcionamiento del equipo. Aquí se explicarán las pruebas hechas para revisar que el torno opera bien y está listo para los trabajos de mecanizado planeados. Así, el torno quedará preparado para su uso futuro en las prácticas de los estudiantes y para el uso de materiales reciclables.

7.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FALLAS ENCONTRADAS EN EL TORNO 2 Y EL PLAN DE REPARACIÓN ESPECÍFICO PARA ESAS FALLAS

Luego de seleccionar el *torno 2*, se realizó una revisión cuidadosa para conocer los problemas que afectaban su funcionamiento y estado. En las siguientes secciones, se presentan las deficiencias encontradas en el equipo y las acciones que se planearon para corregirlas, organizadas por cada sistema principal del torno.

7.1.1 Mantenimiento inicial y preparación general

Las primeras labores se orientaron al acondicionamiento básico del torno, necesario antes de intervenciones más específicas. La *tabla 12* resume las condiciones generales identificadas al inicio y los trabajos de preparación que se planificaron.

Tabla 12. Fallas y plan de reparación – Mantenimiento inicial y preparación general

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Aspecto general del torno	El equipo mostraba una importante acumulación de suciedad, incluyendo virutas, restos de grasa antigua y polvo adherido en sus partes externas y mecanismos visibles.	Realizar una limpieza completa y profunda de todas las superficies y componentes externos.
Superficies no mecanizadas	Algunas áreas del cuerpo del torno y componentes externos presentaban puntos de óxido superficial, pequeñas rebabas y defectos menores en la pintura o el metal base.	Preparar estas superficies mediante lijado y limado para quitar imperfecciones.

Fuente: elaboración propia.

7.1.2 Sistema del cabezal principal y transmisión

Se inspeccionaron los elementos responsables de generar el movimiento giratorio principal del torno y de transmitirlo al husillo. *La tabla 13* describe las deficiencias observadas en estos componentes y los trabajos propuestos para su corrección.

Tabla 13. Fallas y plan de reparación – Sistema del cabezal principal y transmisión

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Polea del motor principal	La polea ubicada en el eje del motor principal presentaba un desgaste visible en las gargantas o canales. Esta condición podía causar un acople incorrecto con las correas y afectar la transmisión de fuerza.	Sustituir la polea defectuosa por un componente funcional recuperado de otro torno institucional de la misma referencia.
Correas de transmisión	Las correas que transmiten el movimiento desde el motor hacia el cabezal del torno se encontraron con una tensión inadecuada, estaban demasiado flojas. Esto podía ocasionar deslizamientos y una operación ruidosa.	Ajustar la tensión de las correas de transmisión hasta el nivel apropiado.

Fuente: elaboración propia.

7.1.3 Caja Norton y sistema de avances

La Caja Norton y los mecanismos asociados son cruciales para seleccionar las velocidades de avance y para las operaciones de roscado en el torno. *La tabla 14* detalla las fallas identificadas en estos componentes y las intervenciones que se planificaron para restablecer su correcta funcionalidad.

Tabla 14. Fallas y plan de reparación – Caja Norton y sistema de avances

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Fijaciones de la Caja Norton	Se observó que algunos tornillos que aseguran las tapas y el cuerpo de la Caja Norton estaban flojos. Esta condición podía causar vibraciones o permitir el ingreso de suciedad al interior del mecanismo.	Inspección y ajuste de los tornillos de sujeción. Reemplazo de los ausentes o dañados por nuevos.

Tabla 14. (Continuación)

Lubricante de la Caja Norton	El aceite contenido en la Caja Norton se encontraba visiblemente sucio y posiblemente contaminado con partículas. Su nivel también parecía inadecuado para una correcta lubricación de los engranajes.	Establecer el drenaje completo del lubricante usado y su reemplazo por aceite hidráulico 68 nuevo.
Visor de nivel de aceite (Caja Norton)	El dispositivo o mirilla para verificar el nivel de aceite en la Caja Norton estaba tan deteriorado que impedía conocer la cantidad de lubricante interior.	Proyectar el diseño y fabricación de una nueva mirilla funcional, utilizando materiales disponibles en el taller institucional.
Tapón de la caja de avances	El tapón de llenado o drenaje de la caja de avances estaba dañado, no ajustaba correctamente, lo que podía permitir fugas o ingreso de contaminantes.	Considerar la reparación del tapón existente o su sustitución por un elemento funcional recuperado de un equipo similar.
Seguro de la lira	El mecanismo para fijar la posición de los engranajes en la lira (utilizada para roscado) estaba incompleto, impidiendo asegurar la configuración de engranajes deseada.	Planificar la reparación o completado del mecanismo de seguro de la lira, previendo el uso de componentes recuperados si fueran necesarios.
Husillos de avance y de roscar	Se detectó un juego o movimiento axial excesivo en los husillos principales (de avance y de roscar) al accionar los carros. Esta holgura, probablemente en las tuercas de ajuste, afectaba la precisión.	Proponer el ajuste de las tuercas de acople de los husillos de avance y de roscar para corregir la holgura identificada.

Fuente: elaboración propia.

7.1.4 Carros longitudinal y transversal

Los carros longitudinal y transversal son componentes fundamentales para el guiado y posicionamiento de la herramienta de corte durante las operaciones de mecanizado. La *tabla 15* expone las fallas que se identificaron en estos sistemas y los planes de reparación que se propusieron.

Tabla 15. Fallas y plan de reparación – Carros longitudinal y transversal

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Carro longitudinal y carro transversal	Se percibía un desplazamiento irregular o con dificultad en los carros longitudinal y transversal. Esto se atribuyó a un posible desajuste en sus guías o en los elementos de regulación (gibas/chavetas).	Proponer la revisión y ajuste de las guías y los elementos de regulación (gibas/chavetas) de los carros longitudinal y transversal para un movimiento suave.
Cremalleras del carro longitudinal	La cremallera, que permite el desplazamiento longitudinal manual del carro, presentaba en algunos tramos un engrane deficiente con el piñón correspondiente, dificultando el avance uniforme.	Evaluar el estado y alineación de las cremalleras del carro longitudinal. Planificar su reposicionamiento o el reemplazo de secciones con partes recuperadas.
Regleta para fabricación de conos	El mecanismo de la regleta guía, utilizado para el torneado de piezas cónicas, se encontraba incompleto o con sus partes desajustadas, lo que impedía su correcta utilización.	Considerar la revisión, ajuste y completado de la regleta para conos, previendo el uso de componentes recuperados si fueran necesarios.

Fuente: elaboración propia.

7.1.5 Cabezal móvil

El cabezal móvil cumple funciones importantes, como el soporte de piezas largas y la ejecución de operaciones de taladrado. La *tabla 16* detalla las deficiencias que se encontraron en este componente y los planes de acción establecidos para su recuperación.

Tabla 16. Fallas y plan de reparación – Cabezal móvil

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Guías/prismas del cabezal móvil	El cabezal móvil mostraba dificultad para deslizarse sobre las guías de la bancada o presentaba juego una vez fijado. Esto indicaba un posible desajuste en sus bases prismáticas o en el sistema de bloqueo.	Proponer la revisión y ajuste de los puntos de contacto y del mecanismo de sujeción del cabezal móvil con la bancada.

Tabla 16. (Continuación)

Manivela de accionamiento de la pinula	La manivela que permite el avance y retroceso de la pinula del cabezal móvil estaba ausente, lo que impedía operar este mecanismo manualmente.	Considerar la instalación de una manivela en buen estado, recuperada de otro torno institucional de características similares.
Pinula del cabezal móvil	La pinula del cabezal móvil se encontraba atascada, se desplazaba con dificultad, o su alojamiento cónico interno (cono Morse) presentaba golpes o rebabas que impedían el correcto montaje de accesorios.	Programar el desmontaje, limpieza y revisión de la pinula. Contemplar el rectificado de su alojamiento cónico y la habilitación de sus mecanismos.

Fuente: elaboración propia.

7.1.6 Torreta portaherramientas

La torreta es un elemento fundamental que sujeta las herramientas de corte y permite su cambio rápido y posicionamiento preciso. La *tabla 17* indica la condición en la que se encontró este componente y el plan de trabajo que se definió para su corrección.

Tabla 17. Fallas y plan de reparación – Torreta portaherramientas

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Torreta portaherramientas	El sistema de giro y fijación de la torreta portaherramientas no operaba de forma correcta. Costaba trabajo girar la torreta y asegurarla con firmeza en las posiciones de trabajo; también se sentía un juego una vez que estaba fijada.	Programar la revisión, limpieza y ajuste de su sistema interno para girar y asegurar. Evaluar si se necesitan recuperar componentes de otras torretas.

Fuente: elaboración propia.

7.1.7 Sistema de refrigeración

Un sistema de refrigeración es importante en el mecanizado para controlar la temperatura, prolongar la vida de las herramientas y mejorar el acabado superficial de las piezas. La *tabla 18* presenta los problemas que se encontraron en este sistema y las reparaciones que se planearon.

Tabla 18. Fallas y plan de reparación – Sistema de refrigeración

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Motor de la bomba de refrigeración	El motor eléctrico que impulsa la bomba de refrigerante no funcionaba. Una revisión inicial sugirió que el problema principal residía en el bobinado interno del motor.	Sustituir el motor defectuoso de la bomba de refrigeración por uno funcional, recuperado de otro torno en desuso de la misma referencia existente en el taller.
Bomba de refrigeración (entrada)	Se constató que la entrada de succión de la bomba de refrigerante carecía de un dispositivo de filtración (por ejemplo, una malla) para retener partículas e impurezas grandes. Esta ausencia exponía la bomba a posibles daños.	Considerar la fabricación e instalación de una malla en la succión de la bomba de refrigeración para protegerla del ingreso de partículas grandes.

Fuente: elaboración propia.

7.1.8 Sistema eléctrico y accesorios adicionales

Los elementos eléctricos y otros accesorios del torno, como el sistema de iluminación, son importantes para la seguridad y comodidad durante el trabajo. La *tabla 19* describe la situación encontrada en uno de estos componentes y la acción que se propuso.

Tabla 19. Fallas y plan de reparación – Sistema eléctrico y accesorios adicionales

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Lámpara de iluminación del área de trabajo	El sistema de iluminación del área de trabajo del torno estaba inoperativo; la lámpara no encendía. Esta falta de luz directa dificultaba la observación precisa de la pieza y la herramienta durante el mecanizado.	Proponer la revisión del circuito eléctrico de la lámpara, su interruptor y el cableado. Considerar la reparación o el reemplazo de la lámpara.

Fuente: elaboración propia.

7.1.9 Estructura, protección y acabados finales

En la etapa final del diagnóstico y planificación, se consideraron aspectos relacionados con la estructura base del torno, la protección de sus superficies y el estado de accesorios

importantes. La *tabla 20* detalla las condiciones encontradas en estos puntos y los trabajos finales que se propusieron.

Tabla 20. Fallas y plan de reparación – Estructura, protección y acabados finales

Componente/Área Involucrada	Falla Identificada	Plan de Reparación Propuesto
Bancada del torno (guías principales)	Las guías de la bancada, por donde se deslizan los carros, tenían suciedad adherida, restos de lubricante viejo y algunos indicios de óxido. Esto podía afectar el desplazamiento suave y preciso de los carros.	Programar la limpieza detallada de las guías de la bancada. Esto incluye quitar cualquier rastro de óxido y preparar la superficie para su correcta lubricación.
Mordaza de la copa (plato de garras)	La mordaza o plato de garras presentaba suciedad y virutas acumuladas en sus mecanismos internos. Esto dificultaba el movimiento suave y preciso de las garras al sujetar una pieza.	Proponer el desmontaje, limpieza completa y lubricación de las partes internas de la mordaza para asegurar que las garras operen correctamente.
Superficies externas del torno (pintura)	La pintura en las superficies externas del torno estaba desgastada, con rayones, desprendimientos y algunos puntos de corrosión. Esto afectaba la apariencia y la protección del equipo.	Establecer la preparación de las superficies externas del torno. Aplicar una capa de anticorrosivo y luego pintura para su acabado.

Fuente: elaboración propia.

7.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL UTILIZADOS

La seguridad fue un aspecto fundamental en todas las fases del proyecto con el *torno 2*. Para prevenir accidentes y proteger a la persona que realizaba los trabajos, se usaron de forma continua y correcta varios elementos de protección personal (EPP), escogidos según los riesgos de cada tarea.

A continuación, se describen los EPP empleados y su función:

- **Gafas de seguridad:** Se utilizaron gafas de seguridad con protección lateral de manera obligatoria. Estas ofrecieron resguardo a los ojos contra la proyección de partículas metálicas (virutas) durante el mecanizado de prueba, el lijado o el limado. Igualmente, protegieron contra salpicaduras de líquidos como desengrasantes, solventes o el refrigerante.
- **Guantes de nitrilo:** Los guantes de nitrilo se usaron para las tareas de limpieza con desengrasantes, solventes y otros químicos. Su material impermeable evitó el contacto

de estas sustancias con la piel, previniendo irritaciones o la absorción de productos que pudieran ser dañinos.

- Guantes tipo mecánico: Para el desmontaje, montaje de piezas y manejo de herramientas y componentes, se usaron guantes tipo mecánico. Estos ofrecieron protección contra cortes por bordes metálicos, roces con superficies ásperas y golpes leves, permitiendo al mismo tiempo una buena sensibilidad para el trabajo.
- Overol de trabajo: Se vistió un overol como ropa de trabajo. Esta prenda protegió la ropa personal de suciedad, grasa y aceites. Su diseño ajustado y de material resistente también minimizó el riesgo de atrapamientos con las partes giratorias del torno.
- Calzado de seguridad: Se usó calzado de seguridad con puntera reforzada. Este protegió los pies contra impactos por caída de herramientas o piezas pesadas. Sus suelas antideslizantes ayudaron a prevenir resbalones en el taller.
- Mascarilla de protección respiratoria: Se usó una mascarilla para partículas en labores de lijado, limpieza con aire y preparación para pintura. Esto protegió las vías respiratorias del polvo metálico, óxido y algunos vapores generados durante estas actividades.

El uso correcto y la revisión del estado de estos elementos antes de cada tarea fueron prácticas seguidas siempre. Este cuidado permitió realizar las actividades del proyecto con menores riesgos para la salud.

7.3 PROCESO DE INTERVENCIÓN Y REPARACIÓN DEL TORNO

En esta sección se describe la ejecución de las tareas de reparación que fueron planificadas para el *torno 2*. Para cada intervención principal, se detallan las acciones llevadas a cabo, los métodos y herramientas más relevantes que se emplearon, los desafíos que pudieron presentarse durante el desarrollo del trabajo y las soluciones que se aplicaron para resolverlos. Se dispone de documentación fotográfica de varios de estos procesos, la cual se encuentra recopilada en la sección de Anexos de este documento.

A continuación, se presenta el desarrollo de cada conjunto de reparaciones.

7.3.1 Ejecución de labores de mantenimiento inicial y acondicionamiento

Las primeras labores se orientaron al acondicionamiento básico del torno, una etapa necesaria para preparar el equipo antes de realizar intervenciones más específicas en sus distintos sistemas. La *tabla 21* detalla el proceso que se siguió para estas tareas iniciales.

Tabla 21. Proceso de reparación – Mantenimiento inicial y preparación general

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Aseo General del Torno	Se retiraron manualmente los residuos sólidos y virutas acumuladas. Luego, se aplicó un producto desengrasante en todas las superficies, que se frotaron con cepillos y trapos. Se finalizó usando aire comprimido para limpiar las áreas de difícil alcance.	Desengrasante de uso industrial (no corrosivo), cepillos con cerdas de nylon de varios tamaños, trapos de algodón, espátulas de plástico (para acumulaciones gruesas) y un compresor de aire.	La grasa antigua, mezclada con virutas, estaba muy endurecida y adherida en zonas como las guías y cerca de los engranajes, lo que complicó la limpieza inicial.	En las áreas con suciedad muy pegada, se aplicó el desengrasante varias veces, dejándolo actuar unos minutos antes de frotar con insistencia usando los cepillos.
Lijado y Limado	Se identificaron las áreas con óxido superficial y rebabas en diferentes partes no mecanizadas del torno. Se realizó el lijado manual de estas superficies y el limado de los bordes o rebabas más notables.	Se usaron lijas para metal de distintos granos, limas de tipo plano y redondo, y un cepillo de alambre manual para el óxido más resistente.	Existía el riesgo de quitar material en exceso en zonas cercanas a superficies de ajuste si no se procedía con atención.	Se trabajó con cuidado, utilizando bloques de apoyo para el lijado en superficies planas y protegiendo las áreas cercanas que no debían ser alteradas.

Fuente: elaboración propia.

7.3.2 Intervenciones en el sistema del cabezal principal y transmisión

Los trabajos en esta parte del torno se enfocaron en los componentes que generan y transmiten la fuerza motriz principal. La *tabla 22* detalla cómo se realizaron estas reparaciones.

Tabla 22. Proceso de reparación – Sistema del cabezal principal y transmisión

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Reemplazo de la polea del motor principal	Se desmontó la polea que estaba dañada del eje del motor. Se buscó y seleccionó una polea en buen estado de otro torno similar. Se limpió y se montó la polea recuperada, asegurando su correcta alineación.	Se usaron llaves Allen para los prisioneros, un extractor de poleas para retirar la pieza ajustada, lija fina para limpiar el eje y el interior de la polea recuperada, y una regla metálica para verificar la alineación.	La polea original estaba muy apretada en el eje, lo que dificultó su extracción. La polea recuperada presentó un ajuste un poco forzado al intentar montarla.	Se aplicó lubricante penetrante para ayudar a extraer la polea original. Para la polea recuperada, se limpiaron con lija fina tanto el eje del motor como el orificio de la polea hasta lograr un encaje suave.
Ajuste de tensión de las correas	Se aflojaron los pernos que sujetan el motor a su base. Se movió el motor para dar la tensión correcta a las correas y luego se apretaron nuevamente los pernos. Se verificó la tensión final de las correas.	Se utilizaron llaves de estrella del tamaño adecuado para los pernos de montaje del motor. La tensión se comprobó presionando las correas manualmente en su punto medio.	El acceso a algunos de los pernos de sujeción del motor era un poco limitado. Lograr un movimiento pequeño y controlado del motor para el ajuste fino de la tensión requirió varios intentos.	Se usaron herramientas con el ángulo adecuado para alcanzar los pernos. El motor se movió gradualmente, realizando pequeños ajustes hasta alcanzar la tensión deseada.

Fuente: elaboración propia

7.3.3 Intervenciones en la Caja Norton y sistema de avances

Los trabajos realizados en la Caja Norton y los demás componentes del sistema de avances fueron fundamentales, ya que estos mecanismos controlan la transmisión de movimiento para los desplazamientos automáticos y la generación de roscas. La *tabla 23* describe el proceso seguido para cada una de estas reparaciones.

Tabla 23. Proceso de reparación – Caja Norton y sistema de avances

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Revisión de fijaciones de la Caja Norton	Se examinaron todos los tornillos de las tapas y del cuerpo de la Caja Norton. Los tornillos que estaban flojos se ajustaron. Aquellos que se encontraron dañados o que faltaban, fueron reemplazados.	Se usó un juego de destornilladores y llaves de copa. La revisión del apriete se hizo de forma visual y manual.	Algunos tornillos originales estaban oxidados o con la cabeza dañada, lo que complicó su extracción.	Se aplicó lubricante penetrante en los tornillos problemáticos y se usaron herramientas de agarre adecuadas para quitarlos. Se colocaron tornillos nuevos.
Cambio de lubricante de la Caja Norton	Se ubicó y retiró el tapón de drenaje, permitiendo que saliera todo el aceite viejo. Se limpió el tapón y se rectificó su rosca, se volvió a colocar y se llenó la caja con el aceite hidráulico 68 nuevo hasta el nivel correcto.	Se empleó una llave adecuada para el tapón de drenaje, un recipiente para recoger el aceite usado, un embudo y el aceite hidráulico 68 nuevo.	El aceite viejo salió lentamente debido a su viscosidad y a los sedimentos acumulados. El bajo nivel inicial se atribuyó en parte a una fuga por un tapón diferente.	Se dejó que el aceite drenara durante un tiempo suficiente. Se limpió la parte accesible del interior de la caja para quitar sedimentos antes de añadir el aceite nuevo.
Fabricación de visor de nivel de aceite	Se tomaron las medidas del orificio donde iba el visor. Se diseñó un nuevo visor, se escogió un trozo de material acrílico transparente y se cortó a la medida. Se instaló el nuevo visor asegurando su sellado.	Se usó un calibrador (pie de rey), herramientas para cortar acrílico (sierra fina), un taladro para los orificios de sujeción.	Lograr un sellado hermético del visor fabricado con los materiales disponibles fue un punto de atención.	Se diseñaron y prepararon bien las superficies de contacto para el visor y se aplicó sellador de forma cuidadosa. Se comprobó que no hubiera fugas tras el montaje.

Tabla 23. (Continuación)

<p>Reparación de fuga en tapón de caja de avances</p>	<p>Se identificó que el tapón de la caja de avances estaba flojo y su rosca dañada, ocasionando una fuga de aceite. Se retiró el tapón, se limpiaron y repasaron las roscas (del tapón y la caja) y se reinstaló con sellador.</p>	<p>Se utilizó una llave para el tapón, cepillos de alambre para limpiar roscas, un juego de machos para repasar la rosca de la caja y cinta de teflón.</p>	<p>Las roscas, tanto del tapón como de la caja, presentaban desgaste y suciedad.</p>	<p>Se limpiaron a fondo ambas roscas. Se aplicó sellador de roscas de forma generosa al reinstalar el tapón, lo que aseguró la estanqueidad y detuvo la fuga.</p>
<p>Reparación del seguro de la lira</p>	<p>Se desmontaron las partes accesibles del mecanismo de seguro de la lira. Se limpiaron e inspeccionaron sus componentes. Las piezas dañadas se repararon; las piezas faltantes se sustituyeron adaptando partes recuperadas.</p>	<p>Se utilizó un juego de destornilladores, llaves pequeñas, alicates, y herramientas de limado para adaptar las piezas recuperadas.</p>	<p>Algunas piezas pequeñas del mecanismo de seguro estaban muy deformadas; otras incluso se habían perdido.</p>	<p>Se buscaron piezas compatibles en otros mecanismos en desuso. Cuando no se encontraron, se adaptaron elementos existentes, fabricando artesanalmente pasadores y pequeñas levas.</p>
<p>Ajuste de holgura en husillos</p>	<p>Se identificaron las tuercas de ajuste en los husillos de avance y de roscar. Se limpió la zona y se procedió a ajustar gradualmente estas tuercas hasta reducir el juego excesivo, verificando el movimiento.</p>	<p>Llaves de gancho y fijas se usaron según la tuerca. Hubo limpieza con solvente. El juego se verificó manual; con indicador de carátula, si era preciso.</p>	<p>Las tuercas de ajuste estaban muy apretadas y en algunos casos con óxido. Encontrar el punto de ajuste correcto sin que el husillo quedara demasiado duro requirió varios intentos.</p>	<p>Se aplicó lubricante penetrante en las tuercas. Los ajustes se hicieron de forma progresiva, probando el movimiento del carro manualmente después de cada pequeño giro.</p>

Fuente: elaboración propia.

7.3.4 Intervenciones en carros longitudinal y transversal

Los carros longitudinal y transversal son vitales para el desplazamiento y posicionamiento exacto de la herramienta de corte. La *tabla 24* detalla las labores realizadas para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas.

Tabla 24. Proceso de reparación – Carros longitudinal y transversal

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Ajuste de los carros longitudinal y transversal	Se limpiaron las guías de deslizamiento y los elementos de regulación (gibas o chavetas cónicas). Se inspeccionó el desgaste y se ajustaron gradualmente las gibas hasta obtener un movimiento suave, sin juego excesivo. Se lubricaron las guías.	Se usaron llaves para los tornillos de ajuste de las gibas, solvente para limpieza, trapos, y aceite lubricante para las guías. El ajuste se verificó moviendo los carros manualmente.	Lograr el punto de ajuste exacto que permitiera un movimiento suave del carro y al mismo tiempo eliminara la holgura fue un proceso de varios intentos.	Se realizaron ajustes muy pequeños y progresivos en las gibas. Después de cada ajuste, se movía el carro repetidamente a lo largo de toda su carrera para comprobar la suavidad y la ausencia de juego.

Tabla 24. (Continuación)

<p>Ajuste de cremalleras del carro longitudinal</p>	<p>Se limpiaron a fondo los dientes de las secciones de la cremallera y del piñón con el que engrana. Se revisó la alineación y fijación de cada sección de la cremallera. Se reajustó la posición de las secciones para un engrane correcto y uniforme.</p>	<p>Se empleó un cepillo de alambre y solvente para la limpieza. Se usaron llaves para los tornillos de fijación de la cremallera y una regla para verificar la alineación general.</p>	<p>Había suciedad y grasa endurecida acumulada en los dientes de la cremallera. Algunas secciones de la cremallera estaban ligeramente desalineadas.</p>	<p>La limpieza profunda se realizó con insistencia. Las secciones de la cremallera se aflojaron, se realinearon cuidadosamente y se volvieron a apretar asegurando un contacto adecuado con el piñón.</p>
<p>Habilitación de regleta para conos</p>	<p>Se desmontaron las partes accesibles de la regleta para conos. Se limpiaron e inspeccionaron todos sus componentes, incluyendo guías y tornillos de ajuste. Se ajustaron las partes móviles y se ensambló el conjunto, verificando su capacidad de ajuste angular.</p>	<p>Se utilizó un juego de llaves y destornilladores, solvente para limpieza, trapos, y aceite lubricante fino para las partes móviles.</p>	<p>Algunas piezas pequeñas del mecanismo de ajuste de la regleta estaban desgastadas. Conseguir un deslizamiento suave y preciso de la parte móvil de la regleta requirió atención.</p>	<p>Se limpiaron y lubricaron con cuidado todas las superficies de deslizamiento. Las piezas de ajuste se manipularon con delicadeza para asegurar un ensamble funcional.</p>

Fuente: elaboración propia.

7.3.5 Intervenciones en el cabezal móvil

El cabezal móvil es un componente clave para diversas operaciones en el torno, como el soporte de piezas y el taladrado. La *tabla 25* describe los trabajos que se llevaron a cabo para asegurar su correcto funcionamiento.

Tabla 25. Proceso de reparación – Cabezal móvil

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Ajuste de la base del cabezal móvil	Se limpiaron las guías prismáticas de la bancada y las superficies de contacto en la base del cabezal móvil. Se revisó y ajustó el mecanismo de bloqueo del cabezal a la bancada hasta lograr un deslizamiento adecuado cuando estaba suelto y una fijación firme.	Se utilizó solvente y trapos para la limpieza. Se emplearon las llaves correspondientes al sistema de apriete del cabezal móvil. El deslizamiento y bloqueo se comprobaron manualmente.	El mecanismo de bloqueo no apretaba de manera uniforme, lo que permitía un ligero movimiento del cabezal aun estando supuestamente fijo.	Se limpiaron a fondo todas las superficies de contacto del mecanismo de bloqueo. Se ajustó la tuerca de fijación de forma progresiva, asegurando que la presión se distribuyera correctamente para un bloqueo efectivo.
Instalación de manivela del cabezal móvil	Se buscó una manivela compatible entre los componentes de otros tornos en desuso. Una vez encontrada, se limpió tanto la manivela como el extremo del eje de la pinula. Se montó la manivela y se aseguró con su tornillo prisionero.	Se empleó un juego de llaves Allen o destornilladores para el tornillo prisionero de la manivela. Se utilizó solvente y un trapo para la limpieza de las piezas.	La primera manivela recuperada que se probó no encajaba de forma precisa en el eje de la pinula; presentaba una leve holgura.	Se buscó otra manivela entre los repuestos disponibles que ofreciera un ajuste más preciso. Una vez encontrada, se montó y se verificó que no tuviera juego excesivo antes de apretar el prisionero.

Tabla 25. (Continuación)

<p>Adecuación de la pinula del cabezal móvil</p>	<p>Se desmontó la pinula de su alojamiento en el cabezal móvil. Se realizó una limpieza completa de la pinula, su cilindro interior y el mecanismo de avance (husillo y tuerca). Se inspeccionó el cono Morse interno, eliminando pequeñas rebabas. Se lubricó y se volvió a ensamblar.</p>	<p>Se utilizaron llaves y destornilladores para el desmontaje. Para la limpieza se usó solvente, cepillos de nylon y trapos. Para el cono Morse, se empleó lija muy fina (grano alto) y aceite lubricante.</p>	<p>La pinula se encontraba algo atascada y su movimiento de avance era duro, debido a la acumulación de óxido y suciedad. El cono Morse interno tenía pequeñas marcas y rebabas.</p>	<p>Se aplicó lubricante penetrante para ayudar a liberar la pinula. Todas las piezas se limpiaron minuciosamente. Las rebabas del cono Morse se suavizaron con mucho cuidado, procurando no alterar su geometría, para permitir un buen asiento de los accesorios.</p>
--	---	--	--	--

Fuente: elaboración propia.

7.3.6 Intervención en la torreta portaherramientas

La torreta portaherramientas es un componente esencial para sujetar y cambiar las herramientas de corte de manera precisa. La *tabla 26* resume el trabajo realizado para asegurar que este elemento operara correctamente.

Tabla 26. Proceso de reparación – Torreta portaherramientas

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Habilitación de la torreta portaherramientas	Se desmontó la torreta del carro transversal para una revisión completa. Se limpiaron todas sus piezas internas, incluyendo el mecanismo de giro, el sistema de indexación (trinquete) y el de bloqueo. Se inspeccionó cada parte buscando desgastes o daños. Se lubricó y se volvió a ensamblar, ajustando sus componentes.	Se utilizaron llaves de diferentes tipos, destornilladores, solvente para la limpieza, cepillos pequeños, trapos y grasa lubricante.	La suciedad y virutas estaban muy incrustadas en el mecanismo interno, dificultando el giro suave. Algunas piezas del sistema de bloqueo presentaban ligero desgaste.	Se realizó una limpieza profunda y repetida de todas las piezas hasta eliminar los residuos. Los componentes del mecanismo de bloqueo se ajustaron cuidadosamente para lograr un enclavamiento firme y reducir el juego

Fuente: elaboración propia.

7.3.7 Intervenciones en el sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración es necesario para controlar la temperatura durante el trabajo de mecanizado. La *tabla 27* describe las labores que se efectuaron para poner en funcionamiento este sistema.

Tabla 27. Proceso de reparación – Sistema de refrigeración

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Reemplazo del motor de la bomba de refrigeración	Se desmontó el motor eléctrico que se encontraba dañado de la bomba de refrigeración. Se seleccionó un motor funcional de un torno similar en desuso, se limpió y se acopló a la bomba. Se realizaron las conexiones eléctricas y se probó su funcionamiento.	Se usó un juego de llaves y destornilladores para el desmontaje y montaje del motor, así como para las conexiones eléctricas. Se emplearon trapos y solvente para la limpieza del motor recuperado.	Los puntos de anclaje del motor recuperado eran ligeramente diferentes a los del motor original.	Se verificó que la diferencia en el anclaje no impedía una sujeción firme. Para el eje, se buscó entre los motores disponibles el que tuviera la mayor compatibilidad; el seleccionado requirió una limpieza profunda del acople de la bomba para un encaje adecuado.
Instalación de malla en la succión de la bomba	Se tomaron las medidas de la boca de entrada (succión) de la bomba de refrigeración. Se diseñó y construyó un pequeño marco al cual se fijó un trozo de malla metálica. Este conjunto se instaló en la entrada de la bomba.	Se utilizó un calibrador (pie de rey) para medir, tijeras de hojalatero para cortar la malla, alambre galvanizado para el marco, y alicates para dar forma y asegurar la malla al marco. Malla metálica recuperada.	Encontrar un trozo de malla con la abertura adecuada (ni muy grande ni muy pequeña) y de un material que no se oxidara fácilmente. Asegurar que la malla quedara fija sin restringir mucho el paso del líquido.	Se seleccionó una malla de acero inoxidable de un filtro en desuso. Se fabricó el marco de alambre a la medida y la malla se sujetó firmemente a este. El conjunto se instaló de manera que quedara ajustado en la boca de la bomba.

Fuente: elaboración propia.

7.3.8 Intervenciones en el sistema eléctrico y accesorios adicionales

Esta parte cubre los trabajos realizados en componentes eléctricos complementarios, como el sistema de iluminación, que son importantes para una operación segura y fácil del torno. La *tabla 28* describe la intervención efectuada.

Tabla 28. Proceso de reparación – Sistema eléctrico y accesorios adicionales

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
<p>Habilitación de la lámpara de iluminación</p>	<p>Se revisó cómo estaba el interruptor y los cables de la lámpara del torno. Se limpiaron los contactos eléctricos. Se encontraron y repararon las malas conexiones en el cableado. Se instaló un bombillo nuevo y se probó que encendiera.</p>	<p>Se usaron destornilladores y alicates para revisar los cables y el interruptor. Se aplicó limpiador especial para contactos eléctricos y se usó cinta aislante. Se colocó un bombillo nuevo con las características adecuadas.</p>	<p>El cableado original tenía partes con el material aislante gastado y algunas conexiones sueltas. El interruptor que traía el torno no operaba como debía.</p>	<p>Las partes del cable que tenían el aislante dañado se repararon. Las conexiones se hicieron de nuevo para que quedaran bien seguras. El interruptor que no servía se cambió por uno parecido, recuperado de otro torno, que funcionaba bien.</p>

Fuente: elaboración propia.

7.3.9 Trabajos en estructura, protección y acabados finales

Las labores finales se centraron en la estructura principal del torno, la protección de sus superficies y el estado de accesorios importantes para su presentación y durabilidad. *La tabla 29* detalla estas intervenciones.

Tabla 29. Proceso de reparación – Estructura, protección y acabados finales

Tarea de Reparación Específica	Acciones Principales Realizadas	Métodos y Herramientas Utilizados	Desafíos Presentados	Soluciones Implementadas
Mantenimiento de la mordaza (plato de garras)	Se desmontaron las garras del plato. Se limpiaron los mecanismos internos del plato (espiral y piñones) para quitar virutas y grasa vieja. Se inspeccionaron estas partes y se lubricaron antes de volver a montar las garras.	Se utilizó la llave propia de la mordaza, llaves para los tornillos de sujeción, solvente, cepillos pequeños, aire comprimido y grasa para mecanismos de precisión.	La suciedad y las virutas estaban muy compactadas dentro del mecanismo del plato, lo que dificultaba su limpieza completa.	Se usaron herramientas delgadas y aire comprimido para alcanzar y remover la suciedad de las cavidades internas. Las piezas se limpiaron con solvente hasta que quedaron libres de residuos.
Aplicación de pintura al torno	Se limpiaron todas las superficies externas del torno que se iban a pintar. Se cubrieron con cinta y papel las partes que no debían recibir pintura (guías, manivelas, placas). Se aplicó una capa de base anticorrosiva y luego varias capas de pintura.	Se empleó desengrasante, trapos, cinta de enmascarar y papel protector. Para la aplicación se usaron brochas y rodillos pequeños. Se utilizó anticorrosivo y pintura.	Lograr una superficie totalmente limpia y libre de grasa para que la pintura se adhiriera bien. Evitar que la pintura goteara o quedara con un cubrimiento desigual, especialmente en zonas con muchos detalles.	Se realizó una limpieza final muy cuidadosa de las superficies justo antes de pintar. La pintura se aplicó en capas delgadas y uniformes, dejando secar bien entre una capa y la siguiente.

Fuente: elaboración propia.

7.4 COSTOS DE MATERIALES ADQUIRIDOS

Para la puesta a punto del *torno 2*, la estrategia principal fue la reutilización de componentes y partes funcionales obtenidas de otros equipos en desuso dentro de la institución. Esta aproximación permitió reducir de forma importante la necesidad de comprar repuestos. Sin embargo, para llevar a cabo ciertas reparaciones, garantizar la protección adecuada del equipo y contar con elementos de seguridad personal, fue necesario adquirir algunos materiales y consumibles nuevos.

La *tabla 30* presenta la relación de estos elementos comprados, su uso principal en el proyecto y el costo asociado.

Tabla 30. Relación de costos de materiales adquiridos

Ítem Adquirido	Descripción / Uso Principal	Lugar de Compra	Costo (COP)
Aceite hidráulico 68	Lubricación de la Caja Norton.	Mercado Libre	345.000
Tornillería diversa	Reemplazo de tornillos faltantes o dañados en varios sistemas.	Ferretería local	20.000
Bombillo para lámpara	Iluminación del área de trabajo del torno.	Homecenter	16.000
Anticorrosivo (base)	Protección de superficies metálicas antes de la pintura.	Homecenter	70.000
Pintura	Acabado estético y protector de las superficies externas del torno.	Homecenter	70.000
Hojas de lija	Preparación de superficies, limpieza de óxido y rebabas.	Homecenter	8.000
Lima para metal	Eliminación de rebabas, pequeños ajustes en piezas.	Homecenter	14.000
Guantes de nitrilo	Protección de la piel durante la limpieza con solventes.	Homecenter	16.000

Tabla 30. (Continuación)

Guantes tipo mecánico	Protección de manos en tareas de manipulación y ensamblaje.	Homecenter	15.000
Mascarilla para polvo	Protección respiratoria durante lijado y limpieza.	Droguería	5.000
TOTAL			579.000

Fuente: elaboración propia.

El costo total de los materiales comprados para la reparación y adecuación del *torno 2* fue de 579.000 COP. Este monto refleja el enfoque del proyecto en maximizar la reutilización de recursos, limitando las adquisiciones a los elementos consumibles e insumos de protección personal que no estaban disponibles o no eran recuperables.

7.5 PROCESO DE VERIFICACIÓN FUNCIONAL Y RESULTADOS OBTENIDOS

Después de terminar todas las reparaciones y el armado final del *torno 2*, se empezó la etapa de pruebas de funcionamiento. El objetivo más importante de estas pruebas fue comprobar que el torno funcionara bien y que pudiera hacer los trabajos básicos de mecanizado que se necesitan en el taller del Colegio INEM de Tunja. Para esto, se prepararon diferentes pruebas. Estas pruebas incluyeron la revisión del funcionamiento de las partes reparadas, la realización de algunas mediciones geométricas y también pruebas de mecanizado. Para definir estas pruebas, se tomaron como guía las buenas prácticas y las ideas generales de normas técnicas conocidas, como la ISO 1708, ajustando todo a las herramientas y los recursos que se tenían disponibles en el taller.

7.5.1 Verificación operativa de piezas reparadas

La primera etapa consistió en una revisión del funcionamiento de cada uno de los sistemas y componentes que fueron intervenidos durante el proceso de reparación. El objetivo fue asegurar que cada parte operara de la manera esperada. Para esto, se realizaron las siguientes verificaciones:

- Sistema del cabezal principal y transmisión: Se puso en marcha el motor principal y se verificó el cambio de velocidades del husillo, prestando atención a que la rotación fuera suave y sin ruidos extraños. Se comprobó que la polea y las correas transmitieran el movimiento correctamente.

- Caja Norton y sistema de avances: Se probaron las diferentes palancas y selectores de la Caja Norton para asegurar que engranaran correctamente y permitieran seleccionar distintos avances. Se verificó el movimiento de los husillos de avance y de roscar.
- Carros longitudinal y transversal: Se accionaron manualmente los volantes de los carros para comprobar que su desplazamiento sobre las guías fuera suave, sin puntos duros ni holguras excesivas. Se revisó el funcionamiento de la regleta para conos.
- Cabezal móvil: Se probó el deslizamiento del cabezal móvil sobre la bancada y su sistema de bloqueo. También se verificó el avance y retroceso de la pinula mediante su manivela, y el correcto asiento de un punto giratorio en el cono Morse.
- Torrete portaherramientas: Se accionó el mecanismo de giro y bloqueo de la torrete para asegurar que indexara y se fijara firmemente en cada posición.
- Sistema de refrigeración: Se puso en marcha el motor de la bomba de refrigeración y se verificó que el líquido refrigerante fluyera adecuadamente por la boquilla. Se revisó que la malla instalada cumpliera su función.
- Sistema eléctrico y accesorios: Se probó el encendido y apagado de la lámpara de iluminación. Se revisó el funcionamiento del interruptor y la seguridad general de las conexiones eléctricas intervenidas.
- Mordaza (plato de garras): Se accionó el mecanismo de apriete y liberación de las garras para comprobar que se movieran de forma concéntrica y sujetaran con firmeza.

En general, esta inspección buscó confirmar que todas las partes intervenidas funcionaran según lo esperado, sin ruidos, vibraciones o movimientos incorrectos.

7.5.2 Pruebas geométricas y de precisión (basadas en la Norma ISO 1708)

Para obtener una evaluación precisa del estado geométrico del torno, se ejecutaron varias pruebas fundamentales de alineación y precisión. Estas pruebas se basaron en los procedimientos de la norma ISO 1708, ajustándolos a los instrumentos y condiciones del taller. El fin fue comprobar las condiciones geométricas esenciales para un mecanizado de calidad aceptable.

A continuación, se describen las pruebas geométricas realizadas:

- Verificación de la concentricidad del husillo principal:
 - Objetivo: Comprobar que el husillo principal girara sobre su propio eje sin desviaciones importantes.

- Procedimiento y herramientas: Se usó un comparador de carátula con su base magnética. La punta del comparador se puso en contacto, primero, con la superficie cilíndrica exterior de la nariz del husillo y, después, con la superficie cónica interna del mismo. Se hizo girar el husillo manualmente una vuelta completa, observando la variación máxima en el comparador para cada caso.
- Criterio de aceptación y resultado: Para la nariz del husillo (exterior), la desviación máxima permitida, adaptada para el taller, es de 0.02 mm; en el torno 2, la medición registrada fue de 0.018 mm. Para el cono interior, la desviación máxima permitida es de 0.015 mm; la medición obtenida fue de 0.014 mm. Ambos resultados cumplen con el criterio establecido.
- Paralelismo del eje del husillo con las guías de la bancada:
 - Objetivo: Asegurar que el eje de rotación del husillo fuera paralelo a las guías principales de la bancada, en el plano horizontal y en el vertical.
 - Procedimiento y herramientas: Se montó una barra de prueba rectificada de 200 mm de longitud útil en el plato de garras. Un comparador de carátula, fijado al carro longitudinal, recorrió la generatriz superior (para el plano vertical) y luego la generatriz lateral (para el plano horizontal) de la barra de prueba en toda su longitud útil de 200 mm.
 - Criterio de aceptación y resultado: La desviación máxima permitida en los 200 mm de longitud es de 0.03 mm tanto en el plano horizontal como en el vertical. En el torno 2, la desviación medida en el plano horizontal fue de 0.03 mm, y en el plano vertical fue de 0.025 mm. Ambas mediciones se encuentran dentro del límite aceptable.
- Alineación del cabezal móvil con el eje del husillo principal:
 - Objetivo: Comprobar que el eje de la pinula del cabezal móvil estuviera alineado (en altura y lateralmente) con el eje del husillo principal.
 - Procedimiento y herramientas: Se utilizó la misma barra de prueba montada en el husillo principal. Con la pinula del cabezal móvil extendida y un punto giratorio montado en ella, se acercó al extremo de la barra de prueba. Se midió con un comparador de carátula la diferencia de altura y el desplazamiento lateral entre la superficie de la barra de prueba y el cuerpo del punto giratorio.
 - Criterio de aceptación y resultado: La desviación máxima permitida en altura es de ± 0.04 mm, y la desviación lateral permitida es de ± 0.03 mm. En el torno 2, la desviación en altura registrada fue de +0.025 mm, y la desviación lateral fue de -0.020 mm. Ambos valores son aceptables.

- Planeidad del refrentado:
 - Objetivo: Verificar la capacidad del torno para producir superficies planas al refrentar.
 - Procedimiento y herramientas: Se refrentó la cara de una barra de acero 1045 de 25.4 mm de diámetro. Luego, se montó un comparador de carátula en el carro transversal, de forma que su palpador recorrió la superficie refrentada desde el centro hacia el borde exterior.
 - Criterio de aceptación y resultado: La desviación máxima de planeidad permitida (concavidad o convexidad) sobre el diámetro de 25.4 mm es de 0.03 mm. La medición en el torno 2 indicó una concavidad de 0.018 mm, valor que se encuentra dentro del rango aceptable.

7.5.3 Pruebas prácticas de mecanizado

Para complementar las pruebas geométricas y evaluar el comportamiento del torno en una situación de trabajo real, se realizaron las siguientes operaciones de mecanizado:

- Cilindrado exterior:
 - Material de prueba: Una barra de acero 1045 de aproximadamente 25.4 mm de diámetro y 150 mm de longitud.
 - Herramienta de corte: Una herramienta de acero rápido (HSS) con la geometría apropiada para cilindrar.
 - Procedimiento: Se montó la pieza en el plato de garras. Se realizaron varias pasadas de cilindrado a lo largo de una porción de su longitud, utilizando velocidades de husillo y avances de trabajo moderados, adecuados para el material y la herramienta. Para establecer estos parámetros se tomaron como referencia la ecuación de velocidad de corte (1) y la ecuación de velocidad de avance (2).
 - Aspectos evaluados: Se observó la facilidad para controlar los carros, la estabilidad del corte y la ausencia de vibraciones anormales. Se examinó la calidad del acabado superficial (de forma visual y al tacto). Se midió el diámetro de la pieza en varios puntos con un calibrador para revisar la constancia de la medida.
- Refrentado:
 - Material de prueba: Un extremo de la misma barra de acero 1045 utilizada para el cilindrado de 25.4 mm de diámetro.

- Herramienta de corte: Una herramienta de acero rápido (HSS) para refrentar.
- Procedimiento: Se refrentó uno de los extremos de la pieza.
- Aspectos evaluados: Se revisó la capacidad del torno para obtener una superficie que aparentara ser plana y perpendicular al eje de giro. Se valoró la calidad del acabado y el comportamiento general del torno durante esta operación.

Estas pruebas prácticas buscaron confirmar si el torno, después de la reparación, puede realizar trabajos básicos de mecanizado con una calidad y facilidad de manejo adecuadas para el uso en las prácticas estudiantiles.

7.6 RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL TORNO SELECCIONADO

- Se corrigieron con éxito todas las fallas y problemas identificados en el torno durante la revisión inicial. Esto permitió una recuperación completa del equipo para su posterior utilización.
- Las reparaciones realizadas, como se explicó anteriormente en este documento, restablecieron la operatividad de las partes principales del torno. Así, el motor, la transmisión, la caja Norton, los carros, el cabezal móvil, la torreta y el sistema de refrigeración funcionan correctamente.
- Las pruebas de funcionamiento y las mediciones geométricas básicas confirmaron que el torno opera dentro de los parámetros correctos. El equipo demostró poseer una precisión adecuada y la capacidad de realizar trabajos de mecanizado en acero 1045 con resultados satisfactorios para fines educativos.
- El torno se encuentra ahora disponible para las prácticas de los estudiantes del Colegio INEM de Tunja. Su puesta en funcionamiento incrementa el número de equipos operativos en el taller y permitirá, el procesamiento de materiales reciclables, cumpliendo así con los objetivos del proyecto.

8 PLAN DE CONSERVACIÓN DEL TORNO: ENFOQUE FORMATIVO

Con el torno reparado y listo para las prácticas en el Colegio INEM de Tunja, es vital asegurar que siga funcionando bien. Para esto, el mantenimiento preventivo, que consiste en tareas programadas para revisar y cuidar la máquina, es una acción necesaria para anticipar posibles fallos y conservar el equipo.

Este cuidado es muy importante en el colegio por los pocos equipos disponibles y ayuda a que el torno dure más tiempo. Al involucrar a los estudiantes en las rutinas de mantenimiento, ellos aprenden directamente sobre el cuidado de las máquinas-herramienta. Este capítulo presenta el plan de mantenimiento básico desarrollado, su forma de aplicación y su contribución a la enseñanza.

8.1 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo diseñado para el torno reparado se fundamenta en la necesidad de asegurar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo y, simultáneamente, ofrecer una herramienta de aprendizaje práctico para los estudiantes. Para lograrlo de manera estructurada, el plan incluye:

- La definición de tareas periódicas de inspección y lubricación, buscando prevenir el desgaste prematuro de los componentes móviles y asegurar la precisión del equipo.
- La capacitación de los estudiantes en la ejecución de estas rutinas básicas, fomentando su responsabilidad y conocimiento directo sobre la máquina-herramienta que utilizan.
- El uso de formatos sencillos para registrar las actividades realizadas y cualquier observación relevante, creando un historial útil para el taller.

Este conjunto de acciones y documentos busca consolidar una cultura de cuidado del equipo. A continuación, se describen en detalle los formatos que componen este plan.

8.1.1 Ficha técnica del equipo

La Ficha Técnica es el documento inicial que recopila toda la información fundamental y específica del torno. Su propósito es servir como una referencia rápida para conocer las características principales de la máquina, sus capacidades y los componentes esenciales. Para los estudiantes, familiarizarse con esta ficha les permite entender las especificaciones del equipo que operarán y la importancia de conocer los detalles técnicos de cualquier máquina-herramienta antes de su uso. Esta ficha se puede observar en la *tabla 31*.

Tabla 31. Ficha técnica del equipo

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:	Torno Paralelo Universal	Marca:	IMOR
Modelo:	pnr-320	Número de Serie:	PRN4359
Código Interno:	INEM-TORNO-02	Fecha de Rehabilitación:	Mayo 2025
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPALES			
Volteo sobre Bancada:	330 mm	Distancia entre Centros:	850 mm
Chuck (Mandril Principal):	8" - 3 Mordazas Universal	Avances Automáticos:	Sí (Carro longitudinal y transversal)
Motor Principal (Voltaje):	220V	Fases del Motor:	Trifásico
FOTOGRAFÍA DEL TORNO Y SUS PARTES			
UBICACIÓN			
Taller:	Máquinas y herramientas	Institución:	Colegio INEM de Tunja
Responsable del Equipo:	Docentes y estudiantes	Fecha de Elaboración Ficha:	17 de mayo de 2025

Fuente: elaboración propia

8.1.2 Hoja de vida del equipo

La Hoja de vida del equipo es un registro cronológico de todas las intervenciones y eventos relevantes ocurridos en el torno desde su puesta en servicio. Su función es mantener un historial detallado que facilite el seguimiento de su estado, las reparaciones y los mantenimientos efectuados. Para los estudiantes, consultar y actualizar este documento les enseña la importancia de la trazabilidad en el cuidado de los activos y cómo el historial de una máquina influye en su diagnóstico y conservación. El formato se puede observar en la *tabla 32*.

Tabla 32. Hoja de vida del equipo

HOJA DE VIDA DE EQUIPO							
Nombre del Equipo:		Torno Paralelo Universal		Código Interno:		INEM-TORNO-02	
Marca:		IMOR		Modelo:		pnr-320	
F e c h a	Tipo de Intervención	Descripción del Trabajo Realizado y Hallazgos	Repuestos/ Materiales Utilizados	Realizado por	Horas Totales	Observaciones	Revisado por
20-05-2015	Puesta en Marcha	Finalización de reparación general según proyecto. Pruebas de funcionamiento OK. Entrega para uso en taller.		Jonathan	0	Equipo operativo para prácticas educativas	Docente

Fuente: elaboración propia

8.1.3 Calendario general de mantenimiento

El calendario general de mantenimiento establece la programación de todas las actividades de cuidado preventivo para el torno. Detalla las tareas específicas y la frecuencia con la que deben realizarse (diaria, semanal, mensual y anual). Este formato es una guía visual para los estudiantes y el docente, ayudando a organizar las rutinas de inspección y conservación, y a comprender cómo se distribuyen las responsabilidades de mantenimiento a lo largo del tiempo para asegurar la disponibilidad del equipo. El calendario se encuentra en la *tabla 33*.

Tabla 33. Calendario general de mantenimiento

CALENDARIO GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - TORNO			
Equipo:	Torno paralelo universal	Código Interno:	INEM-TORNO-02
MANTENIMIENTO DIARIO			
ID Tarea	Componente / Sistema	Tarea de Mantenimiento	Responsable General
D-01	Área de trabajo	Limpieza general de virutas, polvo y suciedad de bancada, carros, chuck, torreta y alrededores.	Estudiante
D-02	Guías de bancada y carros	Inspección visual y lubricación ligera de las guías (aplicar película fina de aceite).	Estudiante
D-03	Controles y dispositivos de seguridad	Verificar visualmente estado de botones, palancas. Probar parada de emergencia.	Estudiante / Docente
D-04	Herramienta de corte y torreta portaherramientas	Verificar correcto montaje y apriete de la herramienta de corte. Limpiar la torreta.	Estudiante
D-05	Cabezal móvil	Limpiar cono del husillo del contrapunto antes de montar accesorios. Lubricar ligeramente el husillo si se usa intensivamente.	Estudiante
MANTENIMIENTO SEMANAL			
ID Tarea	Componente / Sistema	Tarea de Mantenimiento	Responsable General
S-01	Cabezal fijo / Caja Norton	Revisar niveles de aceite en visores. Reportar niveles bajos.	Estudiante / Docente
S-02	Chuck (Mandril) / Mordazas	Limpieza a fondo del chuck, ranuras de mordazas y lubricación ligera del mecanismo.	Estudiante / Docente

Tabla 33. (Continuación)

S-03	Correas de transmisión (Motor-Cabezal)	Inspección visual del estado (grietas, desgaste) y tensión de las correas (acceso seguro, máquina desenergizada).	Docente / Técnico
S-04	Tornillo patrón y husillos de avance (Carros)	Limpieza de roscas y lubricación ligera.	Estudiante / Docente
S-05	Puntos de engrase manual (Aceiteras / Graseras)	Identificar y aplicar lubricante (aceite o grasa según corresponda) a todos los puntos señalados. Limpiar boquillas de engrasadores antes de aplicar grasa.	Estudiante / Docente
MANTENIMIENTO MENSUAL			
ID Tarea	Componente / Sistema	Tarea de Mantenimiento	Responsable General
M-01	Sistema de refrigeración	Verificar nivel y estado del refrigerante. Limpiar boquilla y filtro de la bomba si es necesario.	Estudiante / Docente
M-02	Cabezal móvil	Limpieza profunda y lubricación del husillo del contrapunto, mecanismo de bloqueo y guías internas.	Estudiante / Docente
M-03	Sistema eléctrico (Componentes externos)	Inspección visual de cables de alimentación, enchufes, interruptores y botoneras. Verificar que no haya cables pelados o conexiones flojas visibles.	Docente
M-04	Husillos de carros (Avance)	Verificar juego (backlash) en los husillos de los carros (longitudinal, transversal, charriot). Anotar si es excesivo.	Docente
MANTENIMIENTO ANUAL			
ID Tarea	Componente / Sistema	Tarea de Mantenimiento	Responsable General
A-01	Rodamientos husillo principal	Evaluar estado de rodamientos del husillo principal (ruido, vibración, temperatura). Considerar intervención mayor si es necesario.	Técnico especialista/Docente
A-02	Guías de bancada (Geometría)	Inspección detallada del desgaste de las guías. Medición con regla de precisión si es posible.	Docente/Técnico

Tabla 33. (Continuación)

A-03	Aceite caja Norton	Verificar estado del aceite. Considerar cambio según horas de uso o recomendación del fabricante.	Docente/Técnico
A-04	Instalación eléctrica general	Revisión completa de la instalación eléctrica, incluyendo acometida, protecciones, y puesta a tierra (por electricista).	Personal calificado
A-05	Engranajes internos (Cabezal/Caja avances)	Inspección visual del estado de engranajes accesibles (buscando desgastes o roturas).	Docente/Técnico

Fuente: elaboración propia

8.1.4 Procedimientos de mantenimiento específico

Cuando una tarea del calendario general necesita seguir pasos claros o cuidados especiales de seguridad, se crea un procedimiento de mantenimiento específico. Estos documentos son guías importantes para hacer el trabajo bien y siempre de la misma forma, algo muy necesario para el aprendizaje. Al usarlos, los estudiantes aprenden a trabajar con orden y de manera segura. El modelo base para escribir cada procedimiento, asegurando que todos los documentos sean uniformes y completos, se detalla en la *tabla 34*. A continuación, se muestra un ejemplo práctico.

Tabla 34. Procedimientos de mantenimiento específico

SECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN / CONTENIDO
Título del procedimiento:	Nombre claro y conciso de la tarea de mantenimiento.
ID tarea (Calendario):	Código de identificación de la tarea según el calendario general de mantenimiento (ej: S-02).
Equipo:	Nombre: Torno Paralelo Universal. Código Interno: INEM-TORNO-02.
Frecuencia:	Según calendario general (ej: Semanal, mensual).
Fecha de elaboración:	Fecha en que se crea o actualiza el procedimiento.
Versión:	Número de versión del documento (ej: 1.0).
1. Objetivo del procedimiento:	Describe brevemente qué se busca lograr con la ejecución de esta tarea.
2. Responsable de ejecución:	Indica quién es el responsable general de realizar la tarea (ej: Estudiante bajo supervisión docente, docente).

3. Tiempo estimado de ejecución:	Duración aproximada para completar la tarea (ej: 30 minutos).
4. Herramientas y materiales necesarios:	Lista detallada de todas las herramientas, instrumentos de medición, lubricantes, paños, etc., requeridos.
5. Equipo de protección personal (EPP):	Lista del EPP obligatorio para realizar la tarea (ej: Gafas de seguridad, guantes, etc.).
6. Precauciones de seguridad específicas:	Indicaciones claras sobre riesgos y medidas de seguridad ANTES, DURANTE y DESPUÉS de la tarea (ej: Desenergizar máquina, bloquear interruptor principal, etc.).
7. Pasos para la ejecución:	Secuencia numerada y detallada de las acciones a realizar. Lenguaje claro, directo y preciso.
8. Criterios de verificación / control:	Puntos clave a revisar para asegurar que la tarea se realizó correctamente y el componente está en buen estado o bien ajustado.
9. Registro de la actividad:	Indicación de que la tarea debe ser registrada en la "hoja de vida del equipo", anotando fecha, responsable y observaciones.
10. Observaciones adicionales:	Espacio para notas, comentarios o recomendaciones particulares sobre la tarea o el estado del componente.

Fuente: elaboración propia

Para aclarar la aplicación de esta plantilla, se presenta a continuación un procedimiento específico desarrollado para una tarea representativa del plan de mantenimiento:

- Título del procedimiento: Limpieza y lubricación del chuck (mandril) y mordazas
- ID tarea (calendario): S-02
- Equipo: Torno paralelo universal. Código Interno: INEM-TORNO-02.
- Frecuencia: Semanal
- Fecha de elaboración: 22 mayo de 2025
- Versión: 1.0
- Objetivo del procedimiento: Asegurar el correcto funcionamiento, la precisión de sujeción y prolongar la vida útil del chuck y sus mordazas mediante la eliminación de virutas, suciedad y la aplicación de lubricante adecuado.
- Responsable de ejecución: Estudiante(s) asignado(s), bajo supervisión del docente.

- Tiempo estimado de ejecución: 30 - 45 minutos.
- Herramientas y materiales necesarios:
 - Llave de ajuste del chuck.
 - Juego de llaves Allen.
 - Cepillo de cerdas suaves o brocha.
 - Paños limpios y secos.
 - Bandeja para colocar las mordazas y piezas pequeñas.
 - Aceite lubricante ligero (tipo máquina) o grasa específica para chucks que es grasa Mobil XHP-322.
- Equipo de protección personal (EPP):
 - Gafas de seguridad
 - Guantes de nitrilo
 - Guantes tipo mecánico
 - Overol de trabajo
 - Calzado de seguridad
 - Mascarilla de protección respiratoria
- Precauciones de seguridad específicas:

ANTES:

- Asegurar que el torno esté completamente apagado y desenergizado. El interruptor principal debe estar en posición "OFF" y bloqueado si es posible (uso de candado y tarjeta de seguridad).
- Verificar que no haya piezas montadas en el chuck.
- Disponer de un área de trabajo limpia y ordenada alrededor del torno.

DURANTE:

- Manejar las mordazas con cuidado, pueden ser pesadas y tener bordes afilados.
- No forzar ninguna pieza durante el desmontaje o montaje.

DESPUÉS:

- Asegurar que todas las herramientas y materiales de limpieza sean retirados del área de trabajo.
 - Verificar que el chuck y las mordazas estén correctamente ensamblados antes de volver a energizar el torno.
- Pasos para la Ejecución:
 - Confirmar que se han cumplido todas las precauciones de seguridad.
 - Si el chuck es de mordazas desmontables, identificar la numeración o marcas de posición de cada mordaza (usualmente 1, 2, 3) y su ranura correspondiente en el cuerpo del chuck.
 - Utilizando la llave del chuck, abrir completamente las mordazas y retirarlas con cuidado. Colocarlas en la bandeja.
 - Limpiar a fondo las ranuras (guías) del cuerpo del chuck utilizando el cepillo/brocha y paños limpios.
 - Limpiar cada una de las mordazas individualmente, prestando atención a sus dientes de sujeción y a las guías/rosca de la espiral.
 - Inspeccionar visualmente las mordazas y las ranuras del chuck en busca de desgaste excesivo, golpes o rebabas. Reportar cualquier anomalía al docente.
 - Aplicar una capa fina de lubricante adecuado (aceite ligero o grasa para chucks) en las ranuras del cuerpo del chuck y en las guías/espiral de las mordazas.
 - Reinstalar las mordazas en sus posiciones correctas (según numeración o marcas), asegurándose de que encajen suavemente.
 - Mover las mordazas (abrir y cerrar) utilizando la llave del chuck varias veces para distribuir el lubricante de manera uniforme y verificar que se desplazan sin trabas.
 - Limpiar cualquier exceso de lubricante del exterior del chuck.

- Recoger y guardar las herramientas y materiales utilizados.
- Criterios de verificación:
 - Las mordazas se desplazan suavemente en todo su recorrido.
 - No hay ruidos extraños durante el movimiento de las mordazas.
 - Las mordazas están firmemente asentadas en sus ranuras.
 - El chuck y el área de trabajo quedan limpios y ordenados.
 - El docente verifica visualmente el trabajo realizado.
- Registro de la actividad:
 - Registrar la realización de la tarea S-02 en la "hoja de vida del equipo", indicando la fecha, el nombre del estudiante/grupo responsable y cualquier observación relevante (ej: "Mordazas en buen estado, lubricación realizada"). Firmar o inicialar el registro.
- Observaciones Adicionales:
 - Si se detectan rebabas o daños significativos en las mordazas o el cuerpo del chuck, no intentar repararlos sin la autorización y supervisión del docente.
 - La frecuencia de esta tarea puede ajustarse (aumentarse) si el torno se utiliza con materiales que generan mucha viruta fina o abrasiva.

8.1.5 Reporte de novedades del torno (formato estudiantil)

Para que los estudiantes puedan informar de manera sencilla cualquier problema o necesidad de atención que detecten en el torno y que no sea parte del mantenimiento de rutina, se propone un "reporte de novedades". Este formato busca ser una herramienta ágil para que comuniquen lo observado. Usarlo les ayuda a practicar cómo describir un problema técnico y a participar activamente en el cuidado del equipo, alertando sobre situaciones que requieren una revisión por parte del docente.

Diseño del Formato - "Reporte de Novedades del Torno": Este formato está pensado para ser impreso y llenado por los estudiantes, o como base para un formulario digital sencillo.

REPORTE DE NOVEDADES DEL TORNO

Colegio INEM de Tunja – Taller de Máquinas y Herramientas
Equipo: Torno Paralelo Universal (Código: INEM-TORNO-02)

- ¿Quién reporta?
 - Nombre del estudiante: _____
 - Curso/Grado: _____
 - Fecha del reporte: _____ / _____ / _____ (día/mes/año)
- ¿Qué observaste o qué problema tiene el torno? (Describe con tus palabras lo que viste, escuchaste o lo que no funciona bien. Sé lo más claro posible.)

- ¿En qué parte del torno crees que está el problema? (Si sabes, marca o describe)
 - Chuck
 - Carros
 - Cabezal fijo
 - Contrapunto
 - Caja Norton
 - Motor o sistema eléctrico
 - Botones, palancas o manivelas
 - Otro: _____
 - Descripción adicional de dónde lo viste: _____
- ¿Cuándo notaste el problema?
 - Durante la clase de: _____
 - Haciendo qué tipo de trabajo (si aplica): _____

- En tu opinión, ¿qué tan urgente crees que es?
 - MUY URGENTE: El torno no funciona para nada, o parece peligroso seguir usándolo.
 - URGENTE: El torno funciona, pero mal, y no deja hacer bien el trabajo.
 - NORMAL: Hay algo que no está bien, pero se puede usar con cuidado o no es tan grave por ahora.

¡Gracias por tu reporte! Entrega esta hoja a tu docente.

- Espacio para revisión y gestión del docente

- No. Reporte Asignado: _____
- Fecha de Recibido: ____ / ____ / ____
- Recibido por: _____
- Diagnóstico Breve / Decisión Inicial:

8.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN Y SU CONTRIBUCIÓN FORMATIVA

La creación de los documentos y formatos del plan de mantenimiento es el primer paso. para que este plan tenga un impacto real tanto en la conservación del torno como en la formación de los estudiantes, es necesario un proceso claro para su aplicación y una comprensión de sus beneficios educativos.

8.2.1 Aplicación práctica del plan de mantenimiento

la introducción del plan de mantenimiento en las actividades del taller se realizará de forma gradual y con acompañamiento del docente. los pasos principales para su aplicación son:

- Presentación y capacitación inicial: Se realizará una sesión introductoria con los grupos de estudiantes que utilizan el taller de máquinas y herramientas. en esta sesión, el docente explicará la importancia del cuidado del torno, presentará los documentos del plan (ficha técnica, hoja de vida, calendario general, ejemplos de procedimientos específicos y el reporte de novedades) y cómo se utilizarán. se destacará el rol activo de los estudiantes en este proceso.

- Integración en las rutinas de taller: Las tareas de mantenimiento diario y semanal indicadas en el calendario general se incorporarán como parte fundamental de las prácticas con el torno. Por ejemplo, el estudiante o grupo de estudiantes que utilice el torno en una jornada será responsable de realizar las verificaciones y limpieza diaria al inicio y final de su uso, guiado por el calendario y los procedimientos específicos simplificados que puedan estar visibles cerca de la máquina.
- Definición de roles y supervisión: Los estudiantes serán los principales ejecutores de las tareas preventivas básicas (diarias, algunas semanales), siempre bajo la supervisión y guía del docente. El docente será responsable de las tareas más complejas (mensuales, anuales, o las que requieran mayor conocimiento técnico), de gestionar la "hoja de vida del equipo", revisar los "reportes de novedades" y coordinar cualquier mantenimiento correctivo mayor.
- Acceso a la documentación: Los documentos clave como el calendario general de mantenimiento y los procedimientos específicos más comunes estarán disponibles en un lugar visible y accesible cerca del torno (por ejemplo, en una carpeta o protector de hojas). La ficha técnica y la hoja de vida serán gestionadas y actualizadas por el docente, permitiendo su consulta a los estudiantes.
- Manejo de reportes de novedades: Se orientará a los estudiantes sobre cómo y cuándo diligenciar un "reporte de novedades del torno" si detectan alguna anomalía. Estos reportes serán entregados al docente, quien determinará la acción a seguir y registrará los eventos significativos en la hoja de vida del equipo.

Este proceso busca que el mantenimiento se convierta en una práctica habitual y no en una carga adicional, involucrando a los estudiantes de manera directa.

8.2.2 Valor formativo para los estudiantes

La participación de los estudiantes en el plan de mantenimiento del torno no solo contribuye a la conservación del equipo, sino que también representa una valiosa oportunidad de aprendizaje. La interacción directa con las tareas de cuidado y los formatos de registro aporta de manera significativa a su formación técnica y personal. Los principales aportes formativos incluyen:

- Fomento de la responsabilidad: Al participar en el cuidado diario y semanal del torno, los estudiantes desarrollan un sentido de responsabilidad hacia el equipo que utilizan, comprendiendo que su buen estado depende también de sus acciones y atención.
- Comprensión técnica del equipo: La inspección regular y las tareas básicas de mantenimiento les permiten familiarizarse con los componentes principales del torno, su funcionamiento y los signos tempranos de posibles fallas, conectando la teoría con la observación práctica.

- Cultura de seguridad y prevención: Involucrarse en el mantenimiento refuerza la comprensión de que un equipo bien cuidado es un equipo más seguro. Aprenden a identificar condiciones que podrían representar un riesgo y la importancia de la prevención.
- Habilidades de reporte y documentación: El uso del "reporte de novedades" y la familiarización con la "hoja de vida" y el "calendario" les introduce a la importancia de la comunicación clara y el registro de información técnica en un taller.
- Valoración de los recursos del taller: Esta experiencia les ayuda a entender el valor del equipo y la necesidad de conservarlo, especialmente en el contexto de recursos limitados, promoviendo una actitud de cuidado hacia los bienes institucionales.
- Desarrollo de Hábitos de Trabajo: Seguir rutinas y procedimientos para el cuidado del torno les ayuda a cultivar hábitos de trabajo ordenados, regular y atentos al detalle, competencias útiles en cualquier ámbito técnico.

De esta manera, el plan de mantenimiento se convierte en una herramienta pedagógica activa, que complementa la formación práctica en el manejo del torno con el aprendizaje sobre su conservación y la gestión responsable de la maquinaria.

8.3 RESULTADOS DEL PLAN DE CONSERVACIÓN DEL TORNO: ENFOQUE FORMATIVO

- Se completó la documentación que soporta el plan de mantenimiento preventivo para el torno. Esta incluye la ficha técnica del equipo, la hoja de vida para el registro de intervenciones, el calendario general de tareas, la plantilla para procedimientos específicos y un formato de reporte de novedades. Estos documentos proporcionan una estructura organizada para la gestión del cuidado del torno.
- Se definió un conjunto de actividades de mantenimiento preventivo con frecuencias diarias, semanales, mensuales y anuales, adecuadas al torno y al entorno educativo. Igualmente, se estableció un proceso para la aplicación de este plan en el taller, detallando la participación de los estudiantes y la supervisión docente, buscando integrar el cuidado del equipo a las rutinas de aprendizaje práctico.
- Se identificó y describió el valor formativo del plan de mantenimiento. La participación estudiantil en las tareas de inspección, cuidado básico y reporte de novedades contribuye al desarrollo de su responsabilidad, comprensión técnica de la maquinaria, y la adopción de hábitos de trabajo seguros y ordenados, complementando su formación como técnicos.

CONCLUSIONES

- El proyecto finalizó con el diagnóstico y la reparación satisfactoria de un torno en el taller de máquinas y herramientas del Colegio INEM de Tunja. Este equipo se encuentra ahora funcional, disponible para la reutilización de materiales reciclables y para el fortalecimiento de la práctica estudiantil, incrementando los recursos didácticos.
- El diagnóstico técnico de los tornos inoperativos y la aplicación de una matriz de decisión permitieron seleccionar el torno 2. Esta selección se basó en criterios definidos que lo identificaron como el equipo con el mayor potencial para una recuperación exitosa y apropiada.
- La ejecución de las intervenciones mecánicas y eléctricas necesarias en el torno 2 restableció su plena operatividad. Las pruebas de funcionamiento y las verificaciones geométricas básicas demostraron su capacidad para realizar operaciones de mecanizado con la precisión adecuada para los propósitos formativos del taller.
- Se documentó y estructuró un plan básico de mantenimiento preventivo específico para el torno recuperado. Este plan, que incluye rutinas de inspección y cuidado, se diseñó como una herramienta pedagógica para los estudiantes, con el fin de desarrollar su comprensión técnica y responsabilidad.
- La reincorporación del torno reparado al taller contribuye directamente a disminuir la escasez de maquinaria para la enseñanza práctica en el Colegio INEM de Tunja. De esta forma, se amplían las oportunidades de mecanizado para los estudiantes y se ofrece una alternativa para el aprovechamiento de residuos institucionales.
- Este trabajo evidencia la posibilidad de unir la recuperación de infraestructura técnica con el fomento de prácticas de manejo ambiental. El torno funcional y el plan de mantenimiento asociado representan un aporte concreto a los recursos educativos y a la gestión de materiales en la institución.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere aplicar la metodología de diagnóstico técnico utilizada en este proyecto a los otros tornos que se encuentran inoperativos en el taller. Esto permitiría establecer un plan para recuperar más equipos de forma progresiva, ampliando los recursos para la práctica estudiantil.
- Se recomienda desarrollar guías de práctica específicas para el mecanizado de los materiales reciclables identificados (plásticos, metales no ferrosos) utilizando el torno recuperado. Estas guías deberían incluir parámetros de corte sugeridos y medidas de seguridad importantes para los estudiantes.
- Para asegurar la conservación a largo plazo del torno reparado, se aconseja implementar un programa de capacitación breve y periódico para docentes y estudiantes sobre la ejecución del plan de mantenimiento preventivo. Asignar responsabilidades claras facilitará su aplicación continua y adecuada.
- Se propone explorar la posibilidad de procesar otros tipos de materiales reciclables disponibles en la institución, no contemplados inicialmente, mediante el uso del torno. Esto podría incluir diferentes tipos de polímeros o metales, ampliando las opciones de reutilización.
- Es conveniente integrar formalmente el uso del torno reparado, así como las rutinas básicas de su plan de mantenimiento, dentro de los contenidos programáticos de los módulos de formación técnica del taller. De esta manera, se asegura que todos los estudiantes desarrollen estas competencias.
- Se considera valioso documentar y compartir la experiencia de este proyecto con otras áreas técnicas del colegio o instituciones educativas que puedan tener necesidades similares. Un estudio futuro podría centrarse en evaluar el impacto de estas prácticas en las habilidades de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad. UNE-EN 60300-3-11. Madrid: UNE, 2013.

BENNER, Boel. Learning Control: Sense-making, cnc machines, and changes in vocational training for industrial work. En: Vocations and Learning. Noviembre 2009, vol.2, no.3, p.177-194. ISSN 1874-7868.

CHIBA, Elhocine, DOKKAR, Boubakeur y KETMI, Omar Elfarouk. Optimization of maintenance strategies for improving the mechanical workshop [en línea]. Tesis de Máster. Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, 2024. [Consultado 18 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/38056>.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Resolución 0312 de 2019. Bogotá D.C.: Ministerio del Trabajo, 2019.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Decreto 1072 de 2015. Bogotá D.C.: Ministerio del Trabajo, 2015.

CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo, MOREU DE LEÓN, Pedro y SÁNCHEZ HERGUEDAS, Antonio. Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos. Madrid: AENOR, 2004. 24 p. ISBN 978-84-8143-390-6.

DARDÓN ORTIZ, Estuardo. Programa de conservación para tornos convencionales y maquinaria de apoyo para la empresa Maquinados Precisos [en línea]. Tesis de Ingeniero Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. [Consultado 15 de abril de 2025]. Disponible en: <https://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/tesis/T7533.pdf>.

Decision matrix. Awork. [sitio Web]. Hamburgo: Awork. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.awork.com/glossary/decision-matrix>

DÍAZ-CAZAÑAS, R. & DE LA PAZ-MARTÍNEZ, E. M. Procedimiento para la planeación integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico. En: Ingeniería Industrial. Enero-Abril 2016, vol.37, no.1, p.44-52. ISSN 1815-5936.

GONZÁLEZ QUIÑÓNEZ, Luis Adrián, et al. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para el laboratorio de Ingeniería Eléctrica con base en RCM (Reliability Centred Maintenance). En: Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional. Septiembre 2021, vol.6, no.9. ISSN 2550-682X.

HIDALGO TERÁN, Juan Miguel. Estrategias didácticas y su incidencia en el aprendizaje del mantenimiento de máquinas eléctricas a los estudiantes de electricidad en el Colegio Fiscal Bachillerato Simón Bolívar de la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas [en línea]. Trabajo de Titulación (Licenciado en Ciencias de la Educación Mención Plurilingüe). Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, 2019. [Consultado 15 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7232>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acceptance conditions for general purpose parallel lathes — Testing of the accuracy. ISO 1708:1989. 4 ed. Geneve, Suiza: ISO, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Asset management — Vocabulary, overview and principles (Gestión de activos — Vocabulario, visión general y principios). ISO 55000:2024. 2 ed. Geneve, Suiza: ISO, 2024.

KHALID, Razni, et al. Maintenance strategy for the old lathe machine in teaching workshops at technical vocational education training institutes. En: Environment-Behaviour Proceedings Journal. Enero 2025, vol.10, no.SI24, ISSN 2398-4287.

La evolución del mantenimiento y su impacto en la industria. Fractal. [sitio Web]. Madrid: Fractal. 15 de febrero de 2024. [Consulta: 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.fractal.com/es/blog/evolucion-del-mantenimiento>

LANDAU-TAYLOR, Ben y DIXON-LUINENBURG, Oberon. Machine tools: a case study in advanced manufacturing. En: *BISMARCK*. Febrero 2020, p.1-18.
Matriz de decisiones: la guía definitiva. SafetyCulture. [sitio Web]. Sídney: SafetyCulture. 22 de febrero de 2023. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://safetyculture.com/es/temas/matriz-de-decisiones/>

MOREIRA PINO, Oswaldo Alejandro. Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil [en línea]. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022. [Consultado 18 de abril de 2025]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22961>.

NOBSA, Daniel Mauricio y BENÍTEZ MUÑOZ, Sandra Johana. Herramienta Excel para la gestión de mantenimiento preventivo. En: Revista Matices Tecnológicos. 2018, nro.10, p.26-31. ISSN 2027-4408.

OPTIMUM MASCHINEN GERMANY GMBH. Manual de funcionamiento. Tornos de precisión con visualizador digital de cotas TH 5615 / TH 5620. Hallstadt: Optimum Maschinen Germany GmbH, 2015. 60 p.

PÉREZ DEL CASTILLO, Ricardo, et al. Mantenimiento y evolución de sistemas de información. Madrid: RA-MA Editorial, 2018. 37 p. ISBN 978-84-9964-759-3.

PÉREZ MELO, Daniel Guillermo. Pre - sec [en línea]. Trabajo de grado (Diseño Industrial). Universidad El Bosque. Bogotá, 2019. [Consultado 4 de abril de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3be4992-d1bd-4c47-9102-896e55b4cc60/content>

PIRELA AÑEZ, A. E. & PIRELA GONZÁLEZ, A. J. Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales en el departamento de mecánica del IUTC. En: Formación Gerencial. Mayo 2012, ISSN 1690-074X.

¿Qué es la calibración?. Equipos y Laboratorio de Colombia. [sitio Web]. Bogotá D.C.: Equipos y Laboratorio de Colombia. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/calibracion>

RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, N., MANOTOA BALSECA, F., & RODRÍGUEZ ESCOBAR, P. Mantenimiento preventivo para tornos convencionales del taller de máquinas herramientas del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. En: Revista de Investigación Científica TSEDE. Diciembre 2022, vol.7, no.22, p.142-155. ISSN 2631-2759.

Ruido del husillo: causas comunes y consejos para solucionarlo. Setco. [sitio Web]. Cincinnati: Setco. 2 de agosto de 2023. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.setco.com/es/blog/spindle-noise-common-causes-and-troubleshooting-tips/>

SAE INTERNATIONAL. Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. JA1011. 2 ed. Warrendale, PA: SAE International, 2009.

The evolution of maintenance strategies. Sensemore Teknoloji A.Ş. [sitio Web]. Uskudar: Sensemore Teknoloji A.Ş. 21 de marzo de 2024. [Consulta: 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://sensemore.io/the-evolution-of-maintenance-strategies/>

Trabajos con torno paralelo: ¿cuáles son riesgos principales a considerar?. AECIM. [sitio Web]. Madrid: AECIM. 1 de marzo de 2024. [Consulta: 5 de abril de 2025]. Disponible en: <https://aecim.org/trabajos-con-torno-paralelo-cuales-son-riesgos-principales-a-considerar/>

ANEXOS

Anexo A. Tornos del taller de máquinas y herramientas – Panorama general

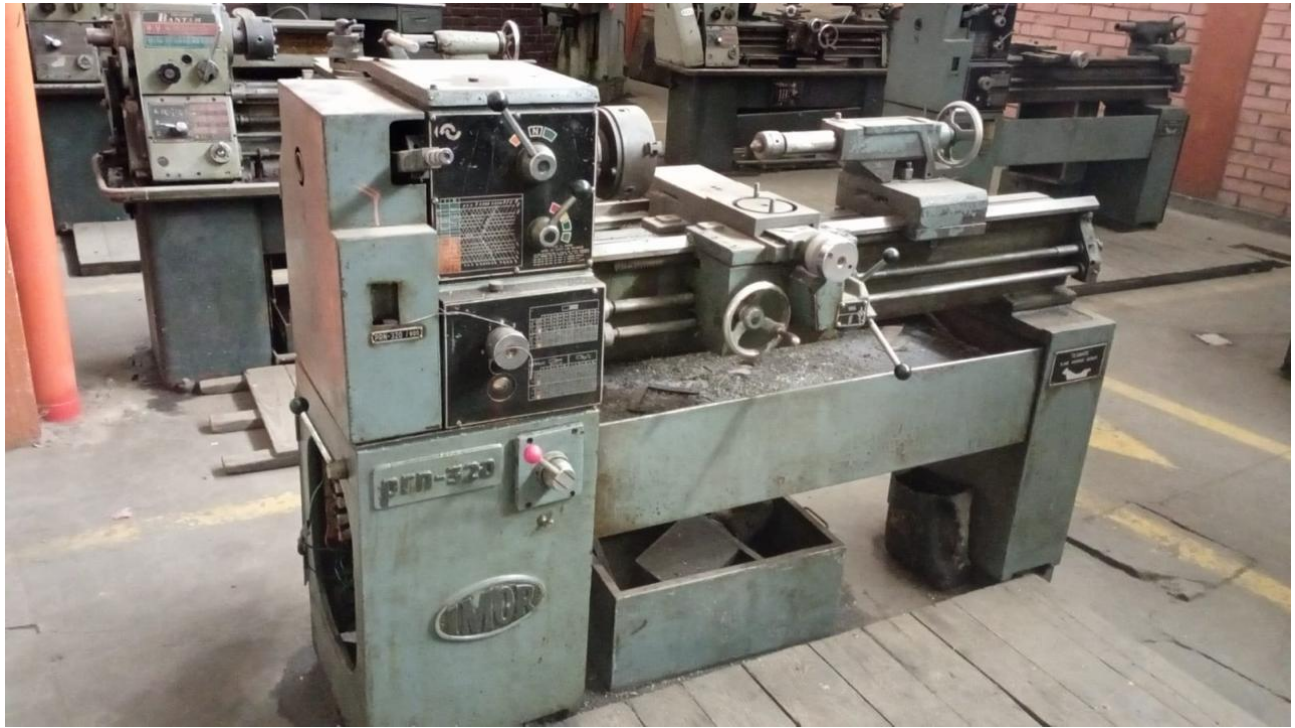


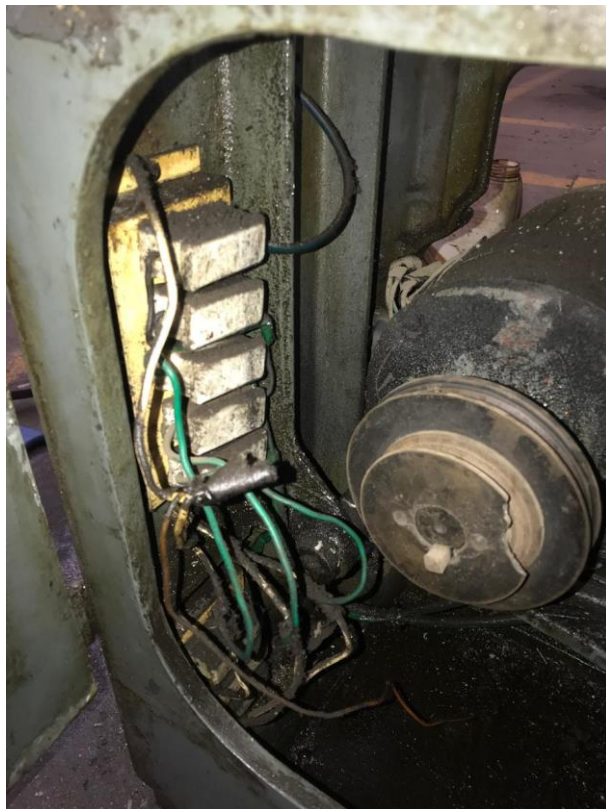




Anexo B. Estado del torno 2 antes de la intervención inicial







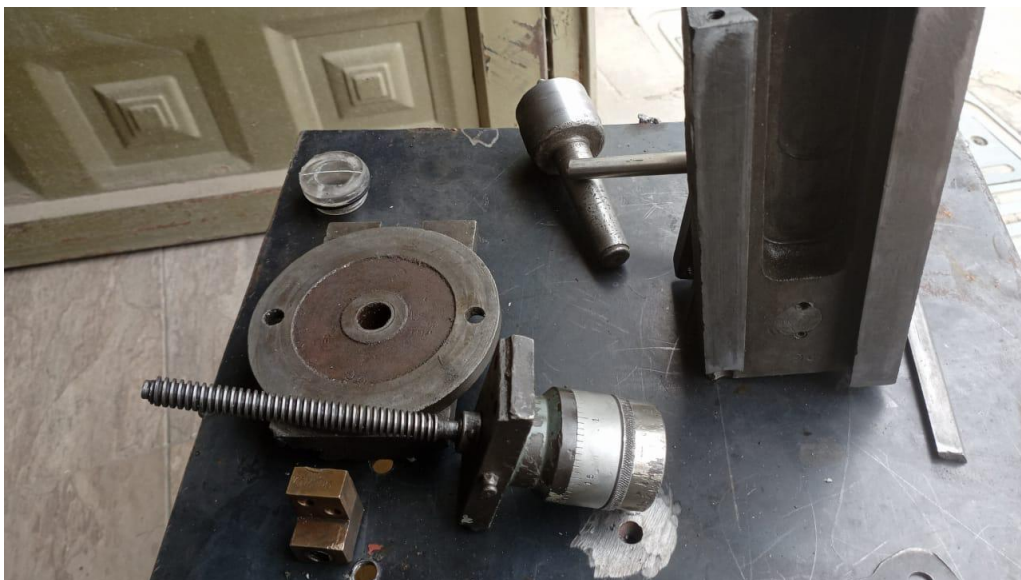
Anexo C. Proceso detallado de limpieza



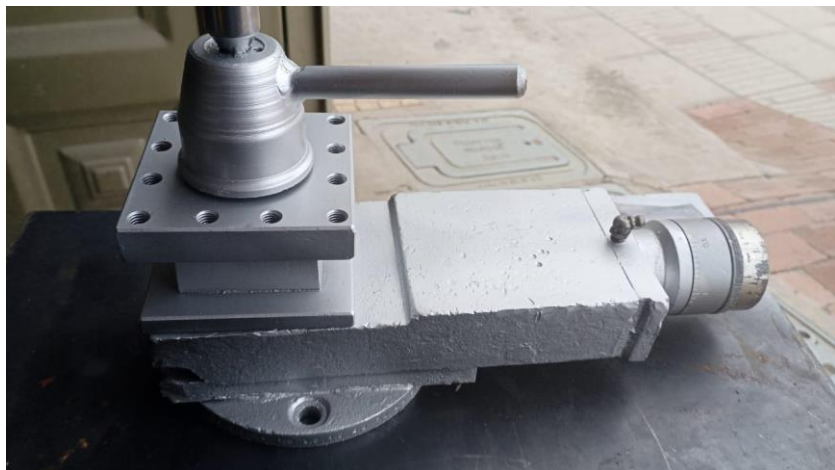


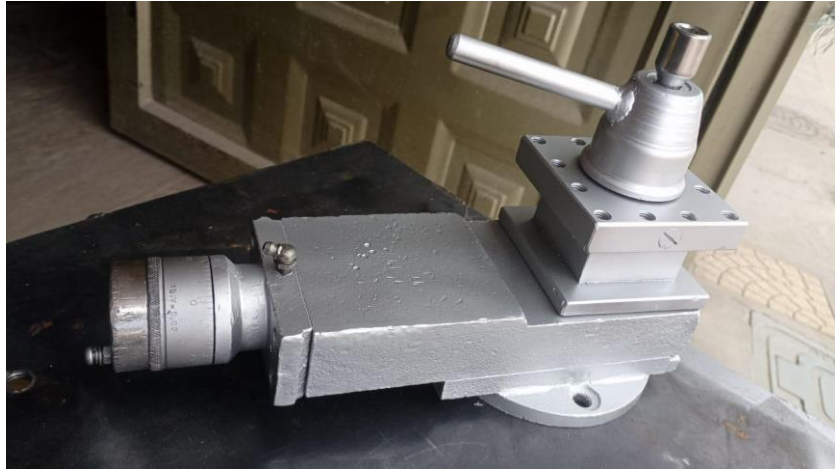
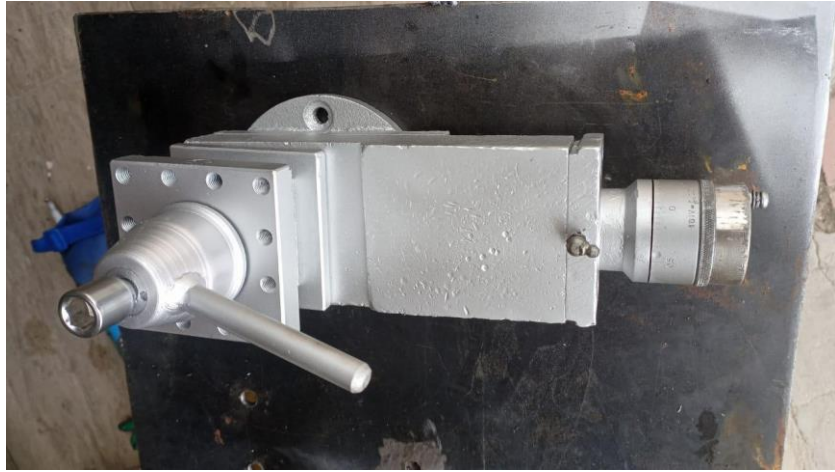


Anexo D Proceso de reparación de componentes















Anexo E Estado final del torno 2

