



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**Implementación de la metodología 5'S para la mejora del orden,
seguridad y control de herramientas en la caseta del Laboratorio de
Manufactura**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A:
IRAIS ARILENNE QUEVEDO CAUDANA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDMUNDO ROLDÁN CONTRERAS

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MINERAL DE LA REFORMA, PACHUCA, HDO.,
ABRIL DE 2026**



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Dirección

Office of the Director

Mineral de la Reforma, Hgo., a 23 de abril de 2026

Número de control: ICBI-D/842/2026

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Ingeniería Industrial **Irais Arilene Quevedo Caudana**, quien presenta el trabajo de titulación **"Implementación de la metodología 5'S para la mejora del orden, seguridad y control de herramientas en la caseta del Laboratorio de Manufactura"**, ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Ing. Roberto Pichardo Cabrera

Secretario: Dr. César Alfonso Arroyo Barranco

Vocal: Dr. Edmundo Roldán Contreras

Suplente: Dr. Iván Alonso Lira Hernández

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,
México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

GVR/MMM

"Amor, Orden y Progreso"



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi familia, por su amor, apoyo incondicional y por ser siempre mi mayor motivación para seguir adelante y alcanzar cada una de mis metas.

A Diego, por su compañía, cariño y por acompañarme durante esta etapa tan importante de mi vida.

A mi asesor de tesis, por su orientación, conocimientos y el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a los doctores y profesores que formaron parte de mi formación académica y que, con sus enseñanzas, contribuyeron a la culminación de esta etapa.

ÍNDICE

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO 1. CONTEXTO DEL LABORATORIO	1
1.1 Contexto de la institución / laboratorio	1
1.2 Descripción del área de estudio (caseta de herramientas del laboratorio)	2
1.3 Organigrama del laboratorio	3
1.4 Ubicación.....	4
1.5 Planteamiento del problema	5
1.6 Justificación	7
1.7 Objetivo general.....	8
1.8 Objetivos específicos.....	8
1.9 Alcance y limitaciones	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	11
2.1 Antecedentes históricos de la calidad	11
2.2 Lean Manufacturing y su relación con la metodología 5'S	13
2.3 Metodología 5'S: definición y etapas	14
2.4 Ventajas y beneficios de 5'S en laboratorios.....	17
2.5 Control visual aplicado a 5'S	19
2.6 Kaizen y disciplina (Shitsuke).....	20
2.7 Poka-Yoke aplicado al control de herramientas.....	22
2.8 Seguridad en laboratorios y relación con 5'S	24
2.9 Estado del arte sobre la metodología 5'S en entornos industriales y educativos.....	25
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2 Diagnóstico inicial	28
3.3 Instrumentos de recolección de información	30
3.3.1 Checklist de evaluación 5'S	30
3.3.2 Inventario de herramientas y repuestos	31
3.3.3 Registro fotográfico	31
3.3.4 Comunicación con encargados del laboratorio	32
3.4 Procedimiento por etapas 5'S.....	32

3.4.1 Aplicación de Seiri (Clasificar).....	32
3.4.2 Aplicación de Seiton (Ordenar).....	33
3.4.3 Aplicación de Seiso (Limpiar)	34
3.4.4 Aplicación de Seiketsu (Estandarizar).....	35
3.4.5 Aplicación de Shitsuke (Disciplina).....	35
3.5 Indicadores de evaluación de la implementación de la metodología 5'S.....	36
3.5.1 Indicadores utilizados.....	37
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN	39
4.1 Situación inicial de la caseta de herramientas del laboratorio	39
4.1.1 Inventario y tipos de recursos en resguardo (situación inicial).....	39
4.1.2 Análisis del flujo operativo y control visual.....	40
4.1.3 Evaluación de riesgos y estado de limpieza.....	42
4.1.4 Diagnóstico de necesidades de mejora	44
4.2 Implementación de Seiri (Clasificación).....	44
4.2.1 Proceso de desocupación y análisis de espacio	44
4.2.2 Criterios de descarte y herramientas inservibles	46
4.2.3 Clasificación de precisión: brocas y consumibles	48
4.2.4 Liberación de superficies y preparación para el orden	49
4.2.5 Resultados de la etapa Seiri	50
4.3 Implementación de Seiton (Orden)	51
4.3.1 Estrategia de distribución y ergonomía	51
4.3.2 Implementación de Controles Visuales (Shadow Boards).....	52
4.3.3 Organización de brocas y accesorios de corte	53
4.3.4 Reconfiguración de la estantería para maquinaria portátil.....	54
4.4 Implementación de Seiso (Limpieza)	55
4.4.1 Remoción de agentes contaminantes y reacondicionamiento de mobiliario.....	55
4.4.2 La limpieza como método de inspección	56
4.4.3 Intervención de zonas críticas y acondicionamiento del piso	57
4.4.4 Integración de la limpieza al procedimiento operativo	58
4.5 Implementación de Seiketsu (Estandarización)	59
4.5.1 Estandarización del control de inventarios y consumibles	59
4.5.2 Consolidación de la gestión visual (Shadow Boards)	60
4.5.3 Resultados de la Estandarización.....	61
4.6 Implementación de Shitsuke (Disciplina)	61

4.6.1 Instrumentos de seguimiento.....	62
4.6.2 Comunicación de estándares operativos.....	62
4.6.3 Sostenibilidad del sistema	63
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	64
5.1 Comparación del estado inicial y final de la caseta de herramientas	72
5.1.1 Control y localización de herramientas.....	73
5.1.2 Clasificación y estado del equipo	73
5.1.3 Condiciones de limpieza.....	73
5.2 Evaluación del cumplimiento de la metodología 5'S	74
5.3 Análisis del impacto documental y organizacional.....	75
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	78
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	81
ANEXOS	84
ANEXO A.....	84
ANEXO B.....	88
ANEXO C.....	94
ANEXO D.....	97
BIBLIOGRAFÍA	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del nivel de cumplimiento post-implementación.	74
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del Laboratorio de Manufactura	4
Figura 2. Ubicación del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería	5
Figura 3. Vista general del Laboratorio de Manufactura. Se aprecia la organización en el área de máquinas fijas y el contraste con la saturación visual en el acceso a la caseta de herramientas. 40	
Figura 4. Estado inicial del panel de herramientas manuales. Se observa la colocación irregular del herramental y la ausencia de correspondencia con las siluetas existentes.	41
Figura 5. Superficies de trabajo con materiales acumulados y obstrucción parcial de áreas de circulación.	42
Figura 6. Estantería de maquinaria portátil en estado inicial. Se observa almacenamiento sin secuencia definida y presencia de equipos fuera de servicio.	43
Figura 7. Vista general de la caseta de herramientas durante el proceso de vaciado inicial para la clasificación de materiales.	45
Figura 8. Muestra de daño a infraestructura.	45
Figura 9. Tablero sin herramental, preparado para inspección de soportes y limpieza.	46
Figura 10. Herramental y equipos clasificados como no funcionales o inseguros durante la etapa de Seiri.	47
Figura 11. Agrupación temporal de equipo funcional clasificado por tipo antes de su reubicación.	48
Figura 12. Clasificación de brocas.	49
Figura 13. Estantería tras la eliminación de elementos innecesarios, mostrando capacidad disponible para nueva distribución.	50
Figura 14. Mobiliario despejado durante la planeación de la nueva distribución interna de la caseta de herramientas.	51
Figura 15. Trazado de nuevas siluetas en tableros para control visual del herramental.	52
Figura 16. Organización de brocas clasificadas por diámetro antes de su ubicación definitiva.	53
Figura 17. Distribución preliminar del equipo portátil antes de su reubicación final en estanterías.	54
Figura 18. Proceso de reacondicionamiento y pintado de tablero.	56
Figura 19. Limpieza individual de herramientas.	57
Figura 20. Aplicación de recubrimiento en el piso de la caseta de herramientas durante la etapa de limpieza.	58

Figura 21. Sistema de etiquetado y codificación en estanterías para la identificación rápida de consumibles.	60
Figura 22. Tablero portaherramientas con controles visuales (siluetas) finalizado y estandarizado.	60
Figura 23. Tablero 1 antes de la implementación de la metodología 5'S.	64
Figura 24. Tablero 1 después de la implementación de la metodología 5'S.	65
Figura 25. Tablero 2 antes de la implementación de la metodología 5'S.	65
Figura 26. Tablero 2 después de la implementación de la metodología 5'S.	66
Figura 27. Estante 1 de materiales auxiliares (resistol, aceiteras y pinturas) antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	66
Figura 28. Estante 2 de maquinaria portátil (taladros, esmeriles, router y sacabocados) antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	67
Figura 29. Estante 3 de repuestos nuevos antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	67
Figura 30. Estante 4 de herramientas para torno, caretas de soldar nuevas y brocas de centro antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	68
Figura 31. Estante 5 de caretas de soldar, sargentos y cortadoras antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	68
Figura 32. Estante 6 de tornillos, clavos, brocas y flexómetros antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	69
Figura 33. Estante 7 de lentes de seguridad, guantes de carnaza y equipo de protección personal antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	69
Figura 34. Estante 8 de control y apoyo (caja de vales, mesa de router y gato hidráulico) antes y después de la implementación de la metodología 5'S.	70
Figura 35. Vista general del laboratorio antes y después, área de estantería.	70
Figura 36. Vista general del laboratorio antes y después, área de tablero 2.	71
Figura 37. Vista general del laboratorio antes y después, área de tablero 1.	71
Figura 38. Vista general del laboratorio antes y después, acceso a la caseta de herramientas.	72

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo implementar la metodología 5'S en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, con la finalidad de mejorar la organización, el control del herramental, la seguridad y la eficiencia operativa durante las prácticas académicas. La caseta de herramientas constituye un espacio clave para el resguardo y préstamo de herramientas, materiales y equipo auxiliar utilizados por estudiantes y docentes, por lo que su adecuada gestión resulta fundamental para el desarrollo de las actividades académicas.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado, empleando herramientas de diagnóstico como la observación directa, listas de verificación basadas en la metodología 5'S, registro fotográfico y análisis del flujo operativo. En la etapa de diagnóstico inicial se identificaron problemas relacionados con la saturación de herramientas, falta de clasificación, ausencia de control visual efectivo, acumulación de material inservible, riesgos de seguridad y pérdida de tiempo en la localización.

A partir de estos hallazgos, se diseñó e implementó un plan de mejora estructurado en las cinco etapas de la metodología 5'S: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (disciplina). Durante la implementación se realizó la depuración del inventario, la clasificación del herramental por tipo y frecuencia de uso, la reorganización física del espacio, el diseño de tableros visuales con siluetas, el etiquetado de herramientas y la estandarización de prácticas de limpieza y orden.

Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la eficiencia operativa de la caseta de herramientas, reflejada en la reducción de tiempos de búsqueda, disminución de riesgos de accidentes, mejor aprovechamiento del espacio y fortalecimiento del control visual. En conclusión, la aplicación de la metodología 5'S demostró ser una herramienta eficaz para optimizar las condiciones del área de estudio y promover una cultura de orden, disciplina y responsabilidad entre los usuarios del Laboratorio de Manufactura.

ABSTRACT

The present work aimed to implement the 5'S methodology in the tool storage area of the Manufacturing Laboratory of the Academic Area of Engineering and Architecture at the Institute of Basic Sciences and Engineering, with the purpose of improving organization, tool control, safety, and operational efficiency during academic practical sessions. The tool storage area represents a key space for the safekeeping and lending of tools, materials, and auxiliary equipment used by students and faculty members; therefore, its proper management is essential for the effective development of academic activities.

The study was conducted under an applied approach, using diagnostic tools such as direct observation, 5'S based checklists, photographic records, and operational flow analysis. During the initial diagnostic stage, several issues were identified, including tool saturation, lack of classification, absence of effective visual control, accumulation of unusable materials, safety risks, and time loss in tool retrieval.

Based on these findings, an improvement plan was designed and implemented following the five stages of the 5'S methodology: Seiri (Sort), Seiton (Set in Order), Seiso (Shine), Seiketsu (Standardize), and Shitsuke (Sustain). The implementation process included inventory purification, tool classification according to type and frequency of use, physical space reorganization, development of visual boards with tool silhouettes, labeling, and standardization of cleaning and organizational practices.

The results demonstrated a significant improvement in operational efficiency within the tool storage area, reflected in reduced search times, decreased accident risks, improved space utilization, and strengthened visual control. In conclusion, the implementation of the 5'S methodology proved to be an effective strategy for optimizing the physical conditions of the study area and promoting a culture of order, discipline, and responsibility among Manufacturing Laboratory users.

INTRODUCCIÓN

En los entornos académicos donde se desarrollan actividades prácticas, como el Laboratorio de Manufactura, el orden, la limpieza y el adecuado control de los recursos constituyen elementos fundamentales para garantizar la seguridad de los usuarios y el correcto desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, la Ingeniería Industrial aporta metodologías orientadas a la mejora continua que pueden aplicarse no solo en organizaciones productivas, sino también en instituciones educativas, con el propósito de optimizar el uso de los recursos disponibles.

El Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo cuenta con una caseta de herramientas destinada al resguardo de herramientas y maquinaria empleadas por estudiantes y docentes durante la realización de prácticas académicas. No obstante, previo a la ejecución del presente trabajo, dicha caseta de herramientas presentaba problemáticas acumuladas a lo largo de varios semestres, tales como desorden generalizado, herramientas sin ubicación definida, ausencia de un inventario actualizado, pérdida de tiempo en la localización de equipos, riesgos de seguridad, presencia de herramientas obsoletas o en mal estado, así como la falta de control visual.

Estas condiciones impactaban de manera directa en la eficiencia del laboratorio y evidenciaban la necesidad de implementar un método sistemático que permitiera mejorar la organización del espacio y el control de los recursos. Cabe señalar que el único antecedente de control correspondía a un inventario elaborado en el año 1999 y no había sido actualizado, lo que resultaba insuficiente para atender las necesidades actuales del área.

Ante esta situación, y a partir de los conocimientos adquiridos en la asignatura de Calidad, se identificó la metodología 5'S como una alternativa viable para atender las problemáticas detectadas. La implementación de esta metodología surgió como una iniciativa conjunta entre la autora del presente trabajo y su asesor de tesis, considerando su aplicabilidad y los beneficios potenciales dentro del contexto académico.

El desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo durante el periodo comprendido de julio a diciembre de 2025, bajo la modalidad de tesis individual. El alcance del trabajo incluyó la intervención de la caseta de herramientas y del equipo resguardado en dicho espacio, mediante la elaboración de un inventario actualizado, la clasificación de herramientas, el diseño e instalación de tableros de control visual, la reorganización física del área y la implementación de señalización e identificación visual.

Finalmente, el documento se estructura en diversos capítulos que describen el contexto del laboratorio, el marco teórico de la metodología 5'S, la metodología empleada, los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de la implementación.

CAPÍTULO 1. CONTEXTO DEL LABORATORIO

1.1 Contexto de la institución / laboratorio

El presente trabajo se desarrolla en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), específicamente en el Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, perteneciente al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería (ICBI), ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo. La institución es de carácter público y tiene como finalidad la formación integral de profesionistas capaces de responder a las necesidades del entorno productivo y social.

Dentro de esta área académica se encuentra el Laboratorio de Manufactura, el cual constituye un espacio estratégico para la formación práctica de los estudiantes, particularmente de la Licenciatura en Ingeniería Industrial. En este laboratorio se desarrollan actividades que permiten aplicar conocimientos teóricos en un entorno técnico controlado, fortaleciendo competencias relacionadas con procesos de manufactura, seguridad industrial, ergonomía y producción.

El laboratorio no solo funciona como espacio de prácticas, sino como un sistema operativo interno que integra recursos físicos (maquinaria, herramientas y equipo), recursos humanos (docentes, personal responsable y alumnos en servicio social) y procedimientos de control para garantizar el adecuado desarrollo de las actividades académicas. Entre las asignaturas que hacen uso constante del laboratorio se encuentran Manufactura, Seguridad e Higiene y Ergonomía, así como materias optativas del área, tales como CAD-CAM, Control Numérico y Manufactura Integrada por Computadora, mejor conocida como CIM por sus siglas en inglés.

Adicionalmente, el laboratorio cuenta con cubículos destinados a docentes e investigadores responsables del área, así como con personal encargado de supervisar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Dentro de esta estructura operativa se localiza una caseta de herramientas destinada al resguardo y préstamo de herramientas, la cual es administrada por estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Industrial que realizan su servicio social.

Esta caseta de herramientas representa un punto crítico dentro del funcionamiento del laboratorio, ya que concentra el control, la organización y la disponibilidad de los recursos materiales necesarios para el desarrollo de las prácticas. Por ello, su adecuada gestión incide directamente en la eficiencia operativa del laboratorio y en la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje.

1.2 Descripción del área de estudio (caseta de herramientas del laboratorio)

El área de estudio corresponde a la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, la cual opera como un módulo de resguardo, administración y préstamo de herramientas y equipo necesarios para el desarrollo de las prácticas académicas. Este espacio cuenta con dimensiones de 6 × 4.5 metros y se encuentra ubicado dentro del laboratorio en una zona estratégica que permite el acceso controlado al herramental por parte de alumnos y docentes.

Desde una perspectiva operativa, la caseta de herramientas concentra la gestión de recursos críticos para la ejecución de las prácticas, funcionando como un punto central de distribución y control de herramientas. En su interior se resguardan herramientas eléctricas portátiles, herramientas manuales, instrumentos de medición, equipo de protección personal (EPP), así como maquinaria auxiliar de uso frecuente. Asimismo, se dispone de áreas destinadas al almacenamiento de repuestos y consumibles, cuya finalidad es garantizar la disponibilidad inmediata del material y asegurar la continuidad de las actividades académicas.

El espacio cuenta con tableros para herramientas manuales y estanterías para el resguardo de equipo y accesorios especializados. Adicionalmente, existen áreas complementarias destinadas al almacenamiento de equipo de seguridad y material auxiliar. Por su parte, la maquinaria de mayor dimensión como tornos, fresadoras y otros equipos industriales se localiza fuera de la caseta de herramientas, pero su operación depende directamente de la disponibilidad y control de herramientas administradas en este módulo.

El proceso de préstamo se realiza mediante el llenado de un vale, acompañado de la entrega de una identificación institucional, la cual es devuelta al momento de reintegrar el material en condiciones adecuadas. Este procedimiento permite llevar un control básico del flujo de herramientas; sin embargo, su efectividad depende en gran medida de la correcta organización interna del espacio.

La caseta de herramientas es operada por alumnos que realizan su servicio social, asignándose generalmente dos responsables por turno en horario matutino y vespertino, con un horario aproximado de 7:00 a 21:00 horas. La operación diaria se encuentra vinculada a un cronograma de prácticas establecido por los docentes, lo que genera periodos de alta demanda en los que la eficiencia en la localización, entrega y devolución de herramientas resulta determinante para el aprovechamiento del tiempo de clase.

En este contexto, la caseta de herramientas no solo cumple una función de almacenamiento, sino que constituye un subsistema operativo dentro del laboratorio, cuya organización y control impactan directamente en la eficiencia, seguridad y continuidad de las actividades académicas.

1.3 Organigrama del laboratorio

El organigrama presentado en la Figura 1 refleja la estructura jerárquica y funcional del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, mostrando los distintos laboratorios que forman parte del sistema de apoyo académico y de investigación, así como los responsables de cada uno. Esta representación permite visualizar la distribución de funciones, la asignación de responsabilidades y la interacción entre los distintos laboratorios, favoreciendo la coordinación de actividades y el control operativo del área. En la cima de la estructura se encuentra el jefe de Laboratorios, cargo ocupado por el Ing. Roberto Pichardo Cabrera, quien supervisa y coordina todas las actividades de los laboratorios del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura.

Bajo su supervisión, cada laboratorio cuenta con un responsable encargado de garantizar el correcto funcionamiento, mantenimiento de equipos, desarrollo de prácticas y apoyo a los estudiantes.

Este organigrama permite comprender claramente la cadena de mando, así como las responsabilidades individuales y colectivas dentro del área, contribuyendo a la organización eficiente de los laboratorios y al cumplimiento de sus objetivos académicos y de investigación.



Figura 1. Organigrama del Laboratorio de Manufactura (Fuente; autoría propia)

1.4 Ubicación

La presente investigación se desarrolló en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, ubicada dentro del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería (ICBI), perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), en el municipio de Mineral de la Reforma, Hidalgo.

El domicilio corresponde a C. Privada de la Azucena No. 39, C.P. 42184. Esta localización forma parte del complejo académico donde se concentran los laboratorios y espacios destinados a la formación práctica de los estudiantes del área de ingeniería.

La Figura 2 muestra la ubicación geográfica del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura dentro del campus, permitiendo contextualizar físicamente el espacio donde se llevó a cabo la implementación de la metodología.



Figura 2. Ubicación del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Fuente: Elaborado a partir de Google Maps (2026).

1.5 Planteamiento del problema

El Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura cuenta con una caseta de herramientas destinada al resguardo, control y préstamo de herramientas necesarias para el desarrollo de las prácticas académicas. Sin embargo, previo a la implementación de la metodología 5'S, dicho espacio presentaba deficiencias operativas que impactaban directamente en la eficiencia del laboratorio.

Desde el punto de vista organizacional, no existía una distribución estandarizada de las herramientas, lo que ocasionaba que gran parte del equipo se encontrara sin ubicación fija definida. Esta situación generaba saturación del espacio disponible, acumulación innecesaria de material y dificultad para identificar de manera inmediata el estado funcional de cada herramienta. Asimismo, se detectó la coexistencia de herramientas operativas con otras dañadas o fuera de servicio, sin criterios visibles de clasificación, lo que incrementaba el riesgo de uso inadecuado.

En relación con el control administrativo, no se contaba con un inventario actualizado que permitiera conocer con precisión la cantidad, estado y ubicación de las herramientas y repuestos disponibles. Los consumibles y accesorios especializados se encontraban distribuidos en distintos estantes sin un sistema de identificación definido, lo que dificultaba su localización y generaba incertidumbre sobre su disponibilidad real. En algunos casos, se asumía la inexistencia de ciertos materiales cuando en realidad se encontraban mal resguardados.

Si bien el préstamo de herramientas se realizaba mediante un vale acompañado de identificación institucional, el proceso carecía de estandarización en la fase de devolución y reubicación del material. Las herramientas eran colocadas según criterio del responsable en turno, lo que provocaba variaciones constantes en su localización y contribuía al desorden progresivo del área. Aunque existían tableros para algunos instrumentos de uso frecuente, una proporción considerable del equipo no contaba con señalización ni delimitación específica.

Como consecuencia de lo anterior, se generaban pérdidas de tiempo durante la búsqueda y entrega de herramientas, reduciendo el tiempo efectivo destinado a las prácticas académicas. Además, la disposición inadecuada del equipo de protección personal y de ciertas herramientas representaba un riesgo potencial para la seguridad de los usuarios del laboratorio.

Adicionalmente, al tratarse de una caseta de herramientas operada por alumnos en servicio social, la ausencia de un sistema formal de organización provocaba que el conocimiento sobre la ubicación y control del material dependiera de la experiencia individual de cada responsable. Al realizarse cambios de turno o sustitución de personal, no existía un mecanismo estandarizado que garantizara la continuidad en la gestión del área.

En conjunto, estas condiciones evidenciaban la necesidad de establecer un sistema estructurado de organización, control visual e inventario que permitiera optimizar el uso de los recursos materiales, reducir tiempos improductivos y fortalecer las condiciones de seguridad dentro del laboratorio.

1.6 Justificación

La caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura constituye un punto crítico dentro de la operación de este, ya que concentra el resguardo, control y distribución de las herramientas necesarias para la ejecución de las prácticas académicas. Cualquier deficiencia en su organización impacta directamente en la eficiencia del proceso enseñanza-aprendizaje, en el aprovechamiento del tiempo de clase y en las condiciones de seguridad del entorno. Además, influye en la correcta coordinación de las actividades prácticas al garantizar que los insumos estén disponibles en el momento requerido.

Desde una perspectiva de ingeniería industrial, la gestión adecuada de recursos físicos, como herramientas, equipo auxiliar y consumibles, forma parte del control operativo de activos y de la optimización de procesos internos. La ausencia de criterios estandarizados de clasificación, identificación y control genera desperdicios en forma de tiempos improductivos, reprocesos en la búsqueda de material y posibles riesgos asociados al uso inadecuado del equipo.

En este contexto, la metodología 5'S se presenta como una herramienta de mejora organizacional aplicable al entorno académico, ya que permite estructurar de manera sistemática la clasificación, ordenamiento, limpieza, estandarización y disciplina en los espacios de trabajo. Su implementación no solo atiende el desorden físico, sino que establece bases para el control visual, la trazabilidad del material y la continuidad operativa del área, especialmente en un entorno donde el personal responsable cambia periódicamente debido al esquema de servicio social.

La aplicación de las 5'S en la caseta de herramientas del laboratorio genera beneficios a distintos niveles: para los estudiantes, al reducir tiempos de espera y facilitar el acceso a herramientas; para los docentes, al optimizar el tiempo efectivo destinado a la práctica; y para la institución, al fortalecer la conservación y administración de los recursos materiales. Asimismo, contribuye a disminuir riesgos derivados de una disposición inadecuada del equipo de trabajo y del equipo de protección personal.

Adicionalmente, el trabajo tiene relevancia formativa, ya que integra la aplicación práctica de una metodología de mejora continua en un entorno real, alineándose con el perfil profesional del ingeniero industrial, el cual demanda competencias en organización, estandarización y optimización de procesos.

Por lo anterior, la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura se justifica como una estrategia técnica y pertinente para mejorar la eficiencia operativa del área, fortalecer el control de herramientas y contribuir a un entorno de trabajo más seguro y organizado.

1.7 Objetivo general

Implementar la metodología 5'S en la caseta de herramientas y en el área de resguardo de maquinaria y equipo del Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, perteneciente al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, con la finalidad de mejorar el orden, la limpieza, el control visual y la seguridad. Esto se logrará mediante la elaboración de un inventario actualizado, la reorganización del espacio y la estandarización de la ubicación de herramientas y equipos.

1.8 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación inicial de la caseta de herramientas y del área de resguardo de maquinaria del Laboratorio de Manufactura, mediante la observación directa, con el fin de identificar las principales problemáticas relacionadas con el orden, la limpieza y el control de los recursos.
2. Elaborar un inventario actualizado de las herramientas y maquinaria existentes en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, con el propósito de conocer su cantidad y estado.

3. Reorganizar la caseta de herramientas mediante la definición de ubicaciones específicas para cada herramienta y equipo, apoyándose en el diseño e instalación de tableros y elementos de control visual.
4. Estandarizar la disposición y el uso de las herramientas y equipos mediante señalización e identificación visual, a fin de facilitar su localización y correcta devolución.
5. Implementar acciones de seguimiento que permitan mantener la disciplina y sostenibilidad de las mejoras.

1.9 Alcance y limitaciones

El presente trabajo comprendió la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas y en el área de resguardo de maquinaria y equipo del Laboratorio de Manufactura del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, perteneciente al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Esta intervención se desarrolló considerando las condiciones reales de operación del laboratorio, así como la dinámica de uso del espacio por parte de alumnos y personal académico.

La aplicación se enfocó específicamente en el espacio destinado al resguardo, control y préstamo de herramientas, excluyendo las áreas externas donde se ubica la maquinaria pesada. El alcance incluyó el diagnóstico inicial de las condiciones del área, la elaboración de un inventario actualizado de herramientas y repuestos, la clasificación del material existente, la reorganización física del espacio, así como el diseño e instalación de elementos de control visual. De igual manera, se consideró la identificación de condiciones de riesgo y la mejora en la accesibilidad y disposición de los recursos dentro del área intervenida.

Asimismo, se desarrolló un reglamento interno para el préstamo y manejo de herramientas, y se diseñó una lista de verificación, con el fin de verificar el cumplimiento de los principios de la metodología 5'S y dar seguimiento a las mejoras implementadas. La ejecución del proyecto se realizó con la participación y autorización del responsable del laboratorio, lo que permitió una implementación operativa respaldada con evidencia documental y fotográfica, así como la validación de los cambios realizados en el entorno real de trabajo.

El trabajo se desarrolló durante el periodo comprendido entre septiembre y diciembre de 2025, abarcando las etapas de diagnóstico, clasificación, ordenamiento, estandarización y establecimiento de mecanismos de seguimiento. Este periodo permitió observar cambios inmediatos en la organización del espacio, aunque sin abarcar un horizonte de evaluación prolongado.

En cuanto a las limitaciones, el trabajo no contempló modificaciones estructurales en la infraestructura del laboratorio, reparaciones mayores de maquinaria, ni decisiones administrativas relacionadas con la adquisición de nuevo equipo, debido a que dichas acciones dependen de instancias superiores de la institución. Asimismo, el alcance se limitó a los recursos disponibles durante el periodo de intervención, lo que condicionó algunas decisiones relacionadas con materiales y mejoras físicas.

De igual manera, no se realizó una evaluación cuantitativa de impacto a largo plazo posterior a la implementación; sin embargo, se establecieron mecanismos de estandarización y disciplina orientados a favorecer la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo. Estos mecanismos quedan sujetos a la continuidad y compromiso de los usuarios del área para su correcta aplicación.

Finalmente, aunque la metodología de las 5'S es replicable en otros espacios académicos, la intervención se limitó exclusivamente al área de estudio previamente definida. No obstante, los resultados obtenidos pueden servir como referencia para futuras aplicaciones dentro de la misma institución o en contextos similares.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes históricos de la calidad

Calidad ha sido un concepto presente en las actividades productivas desde las primeras formas de organización del trabajo humano. En sus inicios, la calidad se asociaba principalmente con la inspección del producto terminado, cuyo objetivo era identificar defectos y separar los productos conformes de los no conformes. Este enfoque correctivo predominó durante la etapa artesanal y los primeros años de la industrialización, cuando el control dependía casi exclusivamente de la experiencia del operario y de la supervisión directa (Goetsch & Davis, 2021).

Con el desarrollo de la producción en masa durante el siglo XX, especialmente a partir de la Revolución Industrial, surgió la necesidad de garantizar productos homogéneos y confiables, lo que impulsó la adopción de métodos más sistemáticos de control. En este contexto, la inspección final continuó siendo el mecanismo predominante para asegurar el cumplimiento de especificaciones; sin embargo, este modelo resultó limitado, ya que no prevenía la aparición de defectos, sino que únicamente los detectaba una vez ocurridos (Evans & Lindsay, 2020).

Un cambio trascendental se produjo con la introducción del control estadístico de procesos, impulsado por Walter A. Shewhart, quien propuso el uso de herramientas estadísticas para monitorear la variabilidad. Este enfoque permitió comprender que la calidad debía gestionarse durante el proceso y no únicamente al final, sentando así las bases para una visión preventiva (Montgomery, 2020).

Posteriormente, tras la Segunda Guerra Mundial, la gestión de la calidad experimentó una transformación profunda, particularmente en Japón. W. Edwards Deming y Joseph M. Juran promovieron la idea de que la calidad es responsabilidad de toda la organización. A su vez, Kaoru Ishikawa facilitó la comprensión de estos principios al traducir el lenguaje estadístico en herramientas accesibles para el nivel operativo, como los diagramas causa-efecto y los Círculos de Calidad.

Su aportación fue decisiva para involucrar a todo el personal en la solución de problemas y consolidar la idea de que la calidad comienza y termina con la educación (Evans & Lindsay, 2020; Deming, 2020).

En la literatura contemporánea, continúa destacándose la vigencia de la “trilogía de la calidad” de Joseph Juran, compuesta por planeación, control y mejora, la cual subraya que la calidad debe integrarse desde la etapa de diseño y mantenerse a lo largo de todo el ciclo del proceso, incorporando dimensiones organizacionales y culturales esenciales en la gestión moderna (Heizer et al., 2023).

Durante las décadas posteriores, el concepto de calidad evolucionó hacia modelos integrales como la Gestión de la Calidad Total (TQM), basada en la participación de todo el personal, la orientación al cliente y la mejora continua. Este enfoque reconoce que la calidad no solo se refleja en el producto final, sino también en los procesos, el entorno de trabajo y la cultura organizacional (Oakland, 2020).

En este marco evolutivo surgen metodologías prácticas orientadas al orden y la disciplina, entre ellas la metodología 5’S, consolidada dentro del Sistema de Producción de Toyota (TPS). Esta herramienta representa una aplicación concreta de los principios históricos de calidad, al enfocarse en la eliminación de desperdicios y la estandarización del entorno de trabajo (Liker, 2021).

De esta manera, la metodología 5’S puede entenderse como una consecuencia directa de la evolución histórica de la calidad, integrando componentes técnicos y humanos que permiten mejorar el desempeño operativo, fortalecer la cultura organizacional y prevenir errores desde el origen. No obstante, para comprender plenamente su alcance, es necesario situarla dentro del marco filosófico que la sustenta: el Lean Manufacturing, enfoque que consolida los principios de eliminación de desperdicios, estandarización y mejora continua desarrollados a lo largo del siglo XX.

2.2 Lean Manufacturing y su relación con la metodología 5'S

El Lean Manufacturing constituye una filosofía de gestión orientada a la eliminación sistemática de desperdicios dentro de los procesos, con el propósito de maximizar el valor para el usuario utilizando la menor cantidad posible de recursos.

De acuerdo con Jeffrey Liker (2021), este enfoque se origina en el Sistema de Producción Toyota (TPS), el cual integra principios de mejora continua (Kaizen), estandarización de procesos y participación activa del personal en todos los niveles organizacionales.

El pensamiento Lean se fundamenta en la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor, denominadas muda. Entre estas se incluyen los tiempos de espera, movimientos innecesarios, exceso de inventarios, reprocesos y defectos. Según James Womack y Daniel Jones (2003), la aplicación sistemática de estos principios permite mejorar la eficiencia operativa, incrementar la productividad y fortalecer la cultura organizacional cuando se implementa como un sistema integral y no como un conjunto aislado de herramientas.

Dentro de este marco, la metodología 5'S se reconoce como una de las herramientas fundamentales del enfoque Lean, ya que establece las condiciones básicas para el orden, la limpieza y la disciplina en los espacios de trabajo. Goetsch y Davis (2021) señalan que la implementación de 5'S facilita la visualización de los procesos, mejora el flujo operativo y favorece la detección temprana de anomalías, aspectos esenciales para la consolidación de un sistema Lean efectivo.

Asimismo, diversos autores coinciden en que las 5'S representan el punto de partida para la adopción del pensamiento Lean, dado que crean entornos organizados y estandarizados que permiten posteriormente incorporar herramientas como Kaizen, Poka-Yoke, Kanban y estandarización de procesos (Evans & Lindsay, 2020). En este sentido, la metodología 5'S no solo transforma la apariencia física del área de trabajo, sino que impacta directamente en la cultura organizacional y en el desempeño operativo.

En el contexto de laboratorios académicos, la relación entre Lean Manufacturing y la metodología 5'S adquiere especial relevancia debido a la alta rotación de usuarios, la diversidad de herramientas y la necesidad de mantener condiciones seguras de operación. La adaptación de los principios Lean a entornos educativos permite optimizar el uso de recursos, reducir pérdidas de material y fortalecer prácticas responsables en el manejo de equipos (Oakland, 2020).

Por lo anterior, la metodología 5'S se consolida como un componente esencial del Lean Manufacturing, particularmente en espacios como los laboratorios de manufactura, donde el orden, la estandarización y la disciplina influyen directamente en la eficiencia, la seguridad y la calidad de las actividades académicas.

2.3 Metodología 5'S: definición y etapas

Como se expuso en el apartado anterior, el Lean Manufacturing consolidó los principios de mejora continua, eliminación de desperdicios y estandarización de procesos como pilares fundamentales de la gestión moderna. Dentro de este marco filosófico, la metodología 5'S surge como una herramienta operativa que traduce dichos principios en acciones concretas aplicables al entorno físico de trabajo.

La metodología 5'S es una técnica de gestión originaria de Japón, diseñada para establecer y mantener espacios organizados, limpios, seguros y funcionales. Más que un procedimiento de limpieza, constituye un sistema estructurado que permite identificar desperdicios, mejorar el control de los recursos y fortalecer la disciplina organizacional. Liker (2021) la describe como un componente esencial para lograr estabilidad operativa, ya que facilita la detección de anomalías y la eliminación de actividades que no agregan valor.

El término 5'S proviene de cinco palabras japonesas que representan las etapas secuenciales de implementación: **Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke**. Estas fases no deben entenderse como acciones aisladas, sino como un proceso integral cuyo objetivo es generar un entorno de trabajo estandarizado y sostenible.

A continuación, se describen las cinco etapas que conforman esta metodología:

2.3.1 Seiri (Clasificar)

Seiri consiste en distinguir entre los elementos necesarios y aquellos que no aportan valor a las actividades actuales, retirando estos últimos del área de trabajo. El objetivo principal es liberar espacio, reducir interferencias y facilitar el flujo operativo.

Goetsch y Davis (2021) señalan que una práctica común en esta etapa es la estrategia de la “tarjeta roja”, la cual permite identificar materiales obsoletos, herramientas en desuso o equipos defectuosos para su reubicación o eliminación. Esta acción no solo optimiza el espacio, sino que también reduce riesgos de seguridad y costos asociados al almacenamiento innecesario.

2.3.2 Seiton (Ordenar)

Una vez eliminado lo innecesario, Seiton se enfoca en organizar sistemáticamente los elementos útiles, asignando a cada uno una ubicación específica y claramente identificada. El principio fundamental es que todo recurso debe encontrarse fácilmente y regresar a su lugar después de utilizarse.

Evans y Lindsay (2020) destacan que la disposición debe considerar la frecuencia de uso y la ergonomía, con el fin de reducir movimientos innecesarios. En esta fase comienzan a incorporarse mecanismos visuales como etiquetas, códigos de color y tableros con siluetas, los cuales facilitan la identificación inmediata de cada herramienta.

En entornos como los laboratorios académicos, esta organización impacta directamente en la eficiencia, al disminuir tiempos de búsqueda y evitar interrupciones durante las prácticas.

2.3.3 Seiso (Limpiar)

Seiso implica realizar una limpieza profunda del área de trabajo, acompañada de una inspección sistemática de herramientas, equipos e instalaciones. No se trata únicamente de mantener el orden visual, sino de detectar condiciones anormales que puedan derivar en fallas o accidentes.

Heizer et al. (2023) enfatizan que la limpieza constituye una actividad preventiva, ya que permite identificar desgastes, fugas o daños en etapas tempranas. Asimismo, Oakland (2020) señala que un entorno limpio contribuye a generar compromiso y sentido de pertenencia entre los usuarios.

2.3.4 Seiketsu (Estandarizar)

La etapa de Seiketsu busca consolidar los avances obtenidos mediante la creación de normas y procedimientos claros que garanticen su permanencia. Esto implica documentar responsabilidades, establecer rutinas periódicas y definir criterios de mantenimiento.

Oakland (2020) explica que la estandarización convierte las buenas prácticas en reglas operativas formales, reduciendo la variabilidad en la ejecución. El uso de listas de verificación, registros visuales y cronogramas permite asegurar la consistencia del sistema.

2.3.5 Shitsuke (Disciplina)

Finalmente, Shitsuke representa el componente cultural de la metodología. Esta etapa se orienta a desarrollar hábitos permanentes que aseguren el cumplimiento continuo de los estándares establecidos.

Liker (2021) advierte que sin disciplina organizacional, el sistema tiende a deteriorarse progresivamente. En contextos educativos, esta fase adquiere especial relevancia, ya que fomenta responsabilidad compartida y respeto por los recursos comunes.

En conjunto, las cinco etapas de la metodología 5'S configuran un sistema integral orientado a la organización, el control visual y la sostenibilidad de las buenas prácticas. Sin embargo, su relevancia no radica únicamente en la estructura conceptual que propone, sino en los resultados tangibles que genera cuando se implementa en contextos específicos. En entornos como los laboratorios académicos, donde confluyen múltiples usuarios, herramientas y riesgos operativos, la aplicación sistemática de las 5'S produce beneficios medibles en términos de eficiencia, seguridad y control de recursos.

2.4 Ventajas y beneficios de 5'S en laboratorios

Derivado de los principios y etapas descritos en el apartado anterior, la aplicación de la metodología 5'S en laboratorios tanto industriales como académicos genera beneficios significativos en términos de eficiencia operativa, seguridad, control de recursos y calidad en los procesos. La implementación sistemática de las cinco etapas no solo transforma la organización física del espacio, sino que impacta directamente en el desempeño y la cultura de trabajo.

Diversos estudios coinciden en que la adopción estructurada de las 5'S permite optimizar el uso del espacio, reducir tiempos improductivos y mejorar el desempeño general de las actividades prácticas (Santos, Rebelo & Silva, 2021).

Uno de los principales beneficios asociados es la mejora en la eficiencia operativa. De acuerdo con Liker (2021), la eliminación de elementos innecesarios y la organización visual de herramientas reducen considerablemente los tiempos de búsqueda, lo que se traduce en una mayor fluidez en las actividades y un mejor aprovechamiento del tiempo disponible. En el contexto de los laboratorios educativos, esta eficiencia impacta directamente en el desarrollo adecuado de las prácticas académicas y en el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje.

En cuanto a la seguridad, la metodología 5'S contribuye a la identificación y eliminación de condiciones peligrosas dentro del área de trabajo.

Según Love y Edwards (2021), la limpieza constante y el orden visual reducen riesgos como tropiezos, uso de herramientas en mal estado y accidentes derivados del desorden. Asimismo, la correcta disposición de herramientas y equipos facilita la detección temprana de anomalías, lo que permite actuar de manera preventiva.

Otro beneficio relevante es el fortalecimiento del control de materiales. La aplicación de sistemas visuales, como tableros con siluetas (shadow boards) y etiquetado estandarizado, permite identificar de forma inmediata herramientas faltantes o fuera de lugar. Este control resulta especialmente crítico en laboratorios académicos, donde la alta rotación de usuarios y el uso intensivo del equipo durante los periodos de práctica incrementan el riesgo de pérdida o extravío de recursos (García-Alcaraz et al., 2022).

Además, la implementación de las 5'S favorece la generación de una cultura de responsabilidad y cuidado de los recursos. Estudios recientes indican que cuando los usuarios participan activamente en el mantenimiento del orden y la limpieza, se incrementa el sentido de pertenencia y el compromiso con el área de trabajo (García-Alcaraz et al., 2022). Esto es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo, convirtiendo la disciplina en un hábito organizacional.

Diversos autores destacan que la metodología 5'S actúa como una base sólida para la implementación de otros sistemas de mejora continua y gestión de la calidad. Goetsch y Davis (2021) afirman que un entorno organizado y estandarizado facilita la introducción de herramientas como Kaizen, Poka-Yoke y control visual avanzado, lo que incrementa el nivel de madurez operativa del laboratorio.

En consecuencia, los beneficios observados en términos de eficiencia, seguridad y control no dependen únicamente de la aplicación inicial de las 5'S, sino de la capacidad del sistema para mantener visibles y verificables los estándares establecidos. Para lograr esta sostenibilidad operativa, resulta indispensable incorporar mecanismos que permitan identificar de manera inmediata cualquier desviación respecto al estado deseado. En este contexto, el control visual emerge como una herramienta clave para consolidar y reforzar los resultados obtenidos.

2.5 Control visual aplicado a 5'S

Como se señaló al finalizar el apartado anterior, la permanencia de los beneficios derivados de la metodología 5'S depende de la capacidad para hacer visibles los estándares establecidos. En este sentido, el control visual constituye un elemento transversal que permite consolidar el orden, la limpieza y la estandarización alcanzados mediante las cinco etapas.

El control visual puede definirse como un conjunto de mecanismos diseñados para comunicar información de manera clara, inmediata y comprensible para todos los usuarios del área de trabajo. Su propósito es facilitar la identificación rápida de condiciones normales y anormales, reduciendo la dependencia de la supervisión constante y promoviendo la autodisciplina operativa (Hirano, 2021).

Dentro del enfoque de las 5'S, el control visual se vincula especialmente con Seiton (orden), Seiso (limpieza) y Shitsuke (disciplina), al establecer referencias visibles que orientan el comportamiento esperado. De acuerdo con Liker y Convis (2021), un sistema visual bien diseñado permite detectar desviaciones en tiempo real como una herramienta fuera de lugar o un insumo faltante, facilitando la corrección inmediata y evitando la acumulación progresiva de desorden.

Uno de los recursos más representativos es el uso de tableros con siluetas (shadow boards), los cuales delimitan visualmente la ubicación específica de cada herramienta. Imai (2020) señala que este tipo de implementación reduce tiempos de búsqueda y, al mismo tiempo, evidencia la ausencia de elementos, fortaleciendo el control operativo y la responsabilidad individual. En entornos donde los recursos son compartidos, como los laboratorios académicos, esta práctica adquiere particular relevancia.

Asimismo, la señalización mediante etiquetas, códigos de color y símbolos estandarizados facilita la identificación de áreas, equipos y materiales. Galsworth (2020) sostiene que los sistemas visuales estructurados disminuyen la ambigüedad en la ejecución de tareas y contribuyen a reforzar los estándares definidos durante la fase de estandarización.

Una característica central del control visual es que permite que cualquier persona, independientemente de su experiencia previa, identifique rápidamente si una condición cumple o no con el estado esperado. Esta cualidad fortalece la autoinspección y favorece la sostenibilidad del sistema en el tiempo (Goetsch & Davis, 2021).

En el contexto de los laboratorios educativos, la integración de tableros, señalización y estándares visibles facilita la organización del espacio, reduce pérdidas de herramientas y contribuye a consolidar hábitos operativos consistentes (Pérez & Ramírez, 2022). De esta manera, el control visual no solo actúa como mecanismo técnico, sino como soporte cultural que refuerza la disciplina organizacional.

En síntesis, el control visual representa el medio mediante el cual los principios de la metodología 5'S se materializan en el entorno físico, permitiendo que el orden y la estandarización sean evidentes, medibles y sostenibles.

No obstante, la implementación de herramientas visuales por sí sola no garantiza la permanencia de los estándares establecidos. La sostenibilidad del sistema requiere una cultura de mejora continua y disciplina organizacional que asegure el cumplimiento constante de las prácticas adoptadas. Este enfoque se relaciona directamente con los principios del Kaizen y la etapa de Shitsuke, los cuales se analizan en el siguiente apartado.

2.6 Kaizen y disciplina (Shitsuke)

La disciplina organizacional constituye uno de los pilares fundamentales para la sostenibilidad de cualquier sistema de mejora continua. En este sentido, el enfoque Kaizen, término japonés que significa "cambio para mejor" concibe la disciplina no como un mecanismo de control coercitivo, sino como un hábito colectivo orientado a la mejora progresiva de los procesos y del comportamiento humano dentro de la organización (Imai, 2020).

Dentro de la metodología 5'S, el principio de Shitsuke representa la etapa de consolidación de las prácticas previamente establecidas, centrando su atención en el desarrollo de la autodisciplina y el compromiso permanente con los estándares definidos. Hirano (2021) señala que Shitsuke no se limita al cumplimiento formal de reglas, sino que implica la interiorización de valores organizacionales que fomentan el orden, la responsabilidad y la constancia. Sin este componente, los esfuerzos de clasificación, organización y limpieza tienden a debilitarse con el tiempo.

Desde la perspectiva del Kaizen, la disciplina organizacional constituye el mecanismo que permite transformar la mejora continua en una práctica cotidiana.

Diversos autores coinciden en que, sin disciplina sostenida, los avances logrados mediante herramientas de mejora pueden diluirse progresivamente, generando retrocesos en el desempeño operativo (Liker & Convis, 2021). En este sentido, Shitsuke puede interpretarse como la dimensión conductual del Kaizen, al garantizar que los estándares no solo se mantengan, sino que evolucionen.

En el ámbito de los laboratorios universitarios, la disciplina adquiere especial relevancia debido a la constante rotación de usuarios y a la diversidad de niveles de experiencia. La aplicación sistemática de Shitsuke contribuye a estandarizar comportamientos, reducir la variabilidad en el uso de herramientas y fortalecer la cultura de respeto por los recursos institucionales (Pérez & Ramírez, 2022).

Asimismo, la interacción entre Kaizen y Shitsuke se manifiesta en la promoción de pequeños cambios constantes en la conducta de los usuarios, tales como la devolución adecuada de herramientas, el cumplimiento de rutinas de limpieza y el respeto por los procedimientos establecidos. Aunque estos cambios puedan parecer simples, su repetición sistemática genera impactos significativos en la eficiencia y seguridad del laboratorio (Goetsch & Davis, 2021).

En síntesis, la disciplina organizacional promovida por Shitsuke permite que la mejora continua se consolide como un proceso estable, replicable y sostenible.

Al fortalecer hábitos positivos, el laboratorio no solo mantiene los estándares alcanzados mediante las 5'S, sino que crea condiciones propicias para la incorporación de herramientas complementarias orientadas a la prevención de errores y a la optimización de los procesos (Santos et al., 2021).

En este marco de disciplina y mejora continua, surge la necesidad de implementar mecanismos que no solo mantengan los estándares establecidos, sino que también prevengan errores en la ejecución de las actividades. Entre estas herramientas destaca el Poka-Yoke, enfoque orientado a evitar fallas humanas mediante soluciones simples y preventivas, cuyo análisis se desarrolla en el siguiente apartado.

2.7 Poka-Yoke aplicado al control de herramientas

Como se señaló en el apartado anterior, la disciplina organizacional garantiza la permanencia de los estándares; sin embargo, para fortalecer la sostenibilidad del sistema resulta necesario incorporar mecanismos que prevengan errores en la ejecución de las actividades. En este contexto, el Poka-Yoke se presenta como una herramienta complementaria orientada a la prevención sistemática de fallas. El concepto Poka-Yoke, desarrollado en el marco del Sistema de Producción Toyota, se refiere a la implementación de dispositivos o mecanismos simples diseñados para prevenir errores antes de que ocurran o, en su defecto, hacerlos evidentes de inmediato para evitar consecuencias mayores (Shingo, 2020). A diferencia de los enfoques correctivos tradicionales, el Poka-Yoke parte del reconocimiento de que el error humano es inevitable y que, por tanto, los procesos deben diseñarse para minimizar su impacto.

Dentro de la metodología 5'S, el Poka-Yoke se relaciona directamente con Seiton (orden) y Shitsuke (disciplina), ya que establece condiciones físicas y visuales que orientan el comportamiento del usuario y reducen la probabilidad de omisiones, pérdidas o usos incorrectos de herramientas. Liker (2021) sostiene que la integración del orden visual con mecanismos a prueba de error fortalece la estandarización y favorece el cumplimiento sostenido de los procedimientos establecidos.

Aplicado al control de herramientas, el Poka-Yoke permite asegurar que cada elemento cuente con una ubicación definida, una cantidad determinada y un método claro de verificación. El uso de tableros con siluetas, espacios delimitados, compartimentos numerados y sistemas de identificación visual constituye un ejemplo de dispositivo preventivo, ya que evidencia de inmediato la ausencia de una herramienta y evita que el área permanezca incompleta o que se inicie una actividad sin los recursos necesarios (Hirano, 2021).

En el caso específico de las brocas, la aplicación del Poka-Yoke adquiere especial relevancia debido a su tamaño reducido, facilidad de extravío y la necesidad de contar con medidas exactas para cada operación. La pérdida o mezcla de brocas puede generar errores en las prácticas, daños a equipos e interrupciones en las actividades académicas (García-Alcaraz et al., 2022). La delimitación individual de espacios, el etiquetado por medida y la verificación visual inmediata funcionan como mecanismos que reducen significativamente estas contingencias.

Asimismo, el Poka-Yoke aplicado al control de herramientas fortalece la responsabilidad individual, ya que el usuario puede identificar de forma inmediata si un elemento no ha sido devuelto a su lugar. Goetsch y Davis (2021) destacan que este tipo de control transforma el error en una señal visible, promoviendo la corrección inmediata sin necesidad de sanciones o supervisión directa.

En entornos educativos, la incorporación de Poka-Yoke dentro del sistema 5'S no solo mejora la organización física, sino que contribuye al desarrollo de competencias profesionales relacionadas con el orden, la precisión y el cumplimiento de estándares. Investigaciones recientes señalan que los laboratorios que integran mecanismos preventivos presentan una reducción en pérdidas de material y mayor continuidad en las prácticas académicas (Ramírez & Soto, 2023).

En síntesis, el Poka-Yoke aplicado al control de herramientas complementa la disciplina promovida por Shitsuke al introducir mecanismos físicos y visuales que previenen errores y refuerzan la estandarización, consolidando así un entorno de trabajo más seguro, eficiente y confiable.

La prevención de errores no solo impacta en la eficiencia operativa, sino también en la seguridad del entorno de trabajo. En espacios como los laboratorios, donde se manipulan herramientas y equipos potencialmente riesgosos, el orden, la estandarización y los mecanismos preventivos adquieren una dimensión crítica. Por ello, resulta pertinente analizar la relación entre la metodología 5'S y la seguridad en laboratorios, tema que se aborda en el siguiente apartado.

2.8 Seguridad en laboratorios y relación con 5'S

La seguridad en los laboratorios constituye un elemento esencial para el desarrollo adecuado de las actividades académicas y la prevención de accidentes. Diversos estudios coinciden en que el desorden, la falta de señalización y la ausencia de estándares operativos incrementan significativamente los riesgos laborales en este tipo de entornos, generando condiciones propicias para incidentes evitables (Love & Edwards, 2021).

En este contexto, la metodología 5'S aporta un enfoque estructurado que contribuye directamente a la mitigación de riesgos al establecer condiciones sistemáticas de orden, limpieza y estandarización. Hirano (2021) sostiene que la correcta aplicación de Seiri (Clasificar) y Seiton (Ordenar) permite eliminar elementos innecesarios que obstruyen áreas de trabajo, despejar rutas de evacuación y asegurar la adecuada disposición de herramientas punzocortantes o de uso especializado. Asimismo, el uso de señalización y controles visuales facilita la delimitación de zonas seguras y la identificación de riesgos potenciales.

Por su parte, Seiso (Limpiar) y Seiketsu (Estandarizar) fortalecen la seguridad al mantener condiciones higiénicas y visualmente controladas, lo que favorece la detección temprana de anomalías como derrames de sustancias, cables expuestos, herramientas dañadas o equipos en condiciones inadecuadas. Investigaciones recientes evidencian que los laboratorios que implementan sistemáticamente la metodología 5'S presentan una reducción en incidentes menores y una mejora significativa en el cumplimiento de normativas de seguridad (García-Alcaraz et al., 2022).

Finalmente, Shitsuke (Disciplina) consolida la seguridad mediante la formación de hábitos responsables y el cumplimiento constante de protocolos establecidos. Goetsch y Davis (2021) destacan que la disciplina organizacional fomenta conductas preventivas, reduce la dependencia de la supervisión directa y fortalece una cultura de seguridad en la que cada usuario asume responsabilidad sobre su entorno de trabajo.

Desde esta perspectiva, la metodología 5'S no solo mejora la organización física del laboratorio, sino que actúa como una barrera preventiva integral frente a riesgos operativos. La interacción entre clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina genera un sistema estructurado que disminuye la probabilidad de accidentes y favorece un ambiente académico seguro y controlado.

La estrecha relación entre orden, control visual, disciplina y seguridad evidencia que la metodología 5'S trasciende su dimensión operativa, consolidándose como un modelo integral de gestión aplicable a diversos contextos. Esta perspectiva ha motivado el desarrollo de múltiples investigaciones tanto en el ámbito industrial como en el educativo, cuyos principales hallazgos se analizan en el siguiente apartado.

2.9 Estado del arte sobre la metodología 5'S en entornos industriales y educativos

El análisis de la literatura contemporánea evidencia que la metodología 5'S ha sido ampliamente estudiada como herramienta fundamental dentro de los sistemas de mejora continua, particularmente en entornos industriales. Su consolidación como práctica estándar dentro del enfoque Lean Manufacturing ha permitido documentar impactos positivos en eficiencia operativa, reducción de desperdicios y fortalecimiento de la seguridad laboral (Liker, 2021).

En el ámbito industrial, investigaciones recientes reportan mejoras significativas en indicadores de desempeño tras la implementación sistemática de las cinco etapas, destacando reducciones en tiempos improductivos, optimización del uso del espacio y mayor control sobre herramientas y materiales (Bhamu & Sangwan, 2021).

Asimismo, García-Alcaraz et al. (2022) señalan que la adopción de 5'S facilita la integración de herramientas complementarias como Poka-Yoke y sistemas avanzados de control visual, consolidando entornos operativos más estables y estandarizados.

En los últimos años, el interés académico se ha expandido hacia la aplicación de la metodología 5'S en instituciones de educación superior, particularmente en laboratorios universitarios. Estudios desarrollados en facultades de ingeniería evidencian que su implementación mejora la organización del espacio, optimiza la gestión de materiales compartidos y fortalece la cultura de responsabilidad entre estudiantes y personal técnico (Santos et al., 2021). Estos hallazgos confirman que los principios originalmente concebidos para la industria pueden adaptarse de manera efectiva a entornos formativos.

De igual manera, Hernández-Matías et al. (2023) destacan que la presencia de estándares visibles y señalización estructurada incrementa el cumplimiento de normas y mejora la percepción del entorno de aprendizaje. No obstante, la revisión del estado del arte también identifica desafíos recurrentes. Diversos autores coinciden en que la sostenibilidad de las mejoras constituye el principal obstáculo tanto en la industria como en el sector educativo, debido a la pérdida progresiva de disciplina y seguimiento sistemático (Imai, 2020).

A pesar del creciente número de estudios en entornos educativos, se observa una limitada evidencia aplicada en espacios específicos como caseta de herramientas o áreas de almacenamiento con acceso controlado dentro de laboratorios académicos. Estos espacios presentan características particulares como el uso intensivo de herramientas, la rotación de responsables y necesidad de trazabilidad que demandan un análisis focalizado de la metodología 5'S desde la perspectiva de seguridad, disciplina y control visual.

En consecuencia, la presente investigación se inserta dentro de esta línea emergente, al evaluar la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas de un laboratorio académico, aportando evidencia empírica orientada a fortalecer la gestión operativa, la seguridad y la sostenibilidad de estándares en instituciones de educación superior.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El presente trabajo se desarrolló como una investigación de tipo aplicada, ya que surgió a partir de una necesidad real identificada en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, específicamente en el Área Académica de Ingeniería y Arquitectura. Más que limitarse al análisis conceptual de la metodología 5'S, el objetivo fue llevarla a la práctica en un entorno académico concreto para generar mejoras observables en la organización y el control del espacio.

En cuanto a su alcance, el estudio puede considerarse descriptivo, debido a que se centró en documentar la situación inicial del área, así como los cambios producidos tras la intervención. No se planteó la formulación de una teoría nueva ni la comprobación de hipótesis complejas; el interés principal fue intervenir una condición existente y analizar los resultados obtenidos a partir de dicha aplicación.

El enfoque adoptado fue mixto, al integrar elementos cualitativos y cuantitativos. Por un lado, se emplearon herramientas como el inventario físico y listas de verificación para evaluar el nivel de cumplimiento de cada etapa de las 5'S, lo cual permitió contar con datos medibles. Por otro lado, se recurrió a la observación directa del área, al análisis del orden visual y al registro fotográfico del antes y después, elementos que facilitaron una valoración más integral del proceso de mejora.

Este diseño metodológico resultó adecuado para el contexto del trabajo, ya que permitió aplicar la metodología en un entorno académico real y analizar sus efectos desde distintas perspectivas. La implementación se realizó con el conocimiento y acompañamiento de los responsables del laboratorio y del asesor de tesis, lo que garantizó viabilidad y seguimiento durante el desarrollo del trabajo.

Asimismo, este enfoque permitió no solo evaluar los resultados obtenidos, sino también generar una base metodológica que puede ser utilizada como referencia en futuras intervenciones dentro del mismo laboratorio o en otras áreas académicas.

3.2 Diagnóstico inicial

El diagnóstico inicial se realizó con el propósito de conocer las condiciones reales en las que se encontraba la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura antes de la aplicación de la metodología 5'S. Esta etapa fue fundamental, ya que permitió identificar de manera clara las principales deficiencias relacionadas con el orden, la limpieza, el control y el aprovechamiento del espacio, estableciendo así el punto de partida del trabajo.

La evaluación se desarrolló principalmente mediante observación directa del área. Se realizó una revisión visual del acomodo general, así como una inspección física de las herramientas y equipos existentes. Además, se contó con registro fotográfico del estado inicial, el cual permitió documentar objetivamente las condiciones previas a la intervención.

Es importante señalar que la autora contaba con un conocimiento previo del funcionamiento del área, derivado de su participación como prestadora de servicio social en el laboratorio durante el periodo comprendido del 02 de diciembre de 2024 al 31 de mayo de 2025. Esta experiencia permitió identificar no solo las condiciones visibles del espacio, sino también dinámicas recurrentes relacionadas con el uso, préstamo y devolución de herramientas.

A partir de esta observación fue posible reconocer diversas deficiencias en la organización y distribución del espacio. Aunque existían tableros para el resguardo de algunas herramientas, su disposición no facilitaba un acceso ágil ni una clasificación clara. Los estantes presentaban acumulación de materiales y una distribución poco funcional. Asimismo, se detectó la presencia de herramientas y equipos fuera de servicio como esmeriles y taladros que continuaban almacenados sin una evaluación previa, ocupando espacio operativo.

Otro aspecto relevante fue la ausencia de un inventario actualizado, lo que impedía conocer con precisión la cantidad y estado de las herramientas disponibles. En términos generales, el área presentaba una percepción de saturación visual y falta de estructura en su organización.

En relación con el orden, no todas las herramientas contaban con una ubicación fija definida, lo que ocasionaba mezclas por tipo, tamaño o uso. Esta situación dificultaba su localización y correcta devolución. En cuanto a la limpieza, se observó acumulación de polvo y residuos derivados del uso cotidiano, ya que el mantenimiento no se realizaba de forma constante. Respecto a la identificación, aunque algunas herramientas estaban etiquetadas, no existía un sistema de señalización ni control visual que facilitara su ubicación inmediata o indicara claramente su lugar de resguardo.

Si bien se manejaba un sistema de préstamo mediante vales, la falta de estandarización y de inventarios actualizados limitaba su efectividad, incrementando el riesgo de extravíos y pérdida de tiempo durante la búsqueda de herramientas.

De manera general, la problemática principal detectada fue la ausencia de un sistema integral de organización y control, lo cual impactaba directamente en la eficiencia operativa y en el aprovechamiento del espacio disponible. Estas condiciones quedaron respaldadas mediante evidencia fotográfica, utilizada posteriormente como punto de comparación para evaluar los resultados obtenidos tras la intervención.

Finalmente, al contrastar el diagnóstico con los principios de la metodología 5'S, se concluyó que ninguna de sus etapas se encontraba implementada de forma estructurada. No se aplicaba el principio de clasificación al conservar herramientas innecesarias; el orden no estaba estandarizado; la limpieza no era sistemática; no existían controles visuales definidos; y tampoco se observaba un mecanismo de seguimiento que fomentara la disciplina en el mantenimiento del área.

Este análisis confirmó la pertinencia de implementar la metodología como estrategia para mejorar de manera integral las condiciones de la caseta de herramientas.

Adicionalmente, este diagnóstico permitió establecer una base objetiva para la comparación posterior de resultados, facilitando la evaluación del impacto de la intervención. La identificación detallada de las condiciones iniciales también contribuyó a orientar de manera precisa las acciones implementadas en cada etapa de la metodología, asegurando una mejora enfocada y coherente.

3.3 Instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron distintos instrumentos que permitieron, por un lado, conocer la situación inicial de la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, y por otro, evaluar los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología 5'S.

La selección de estos instrumentos respondió a las características del área intervenida y al contexto académico en el que se llevó a cabo el estudio, priorizando herramientas prácticas y viables de aplicar. Los instrumentos empleados fueron: checklist de evaluación 5'S, inventario de herramientas y repuestos, registro fotográfico y comunicación directa con los responsables del laboratorio.

3.3.1 Checklist de evaluación 5'S

El principal instrumento de evaluación fue un checklist diseñado específicamente para la caseta de herramientas del laboratorio. Su finalidad fue verificar el nivel de cumplimiento alcanzado en cada una de las etapas de la metodología después de la implementación de las mejoras. El instrumento se elaboró considerando las condiciones reales de operación, el tipo de herramientas resguardadas y el sistema de préstamo existente. Se estructuró en cinco apartados correspondientes a los pilares de la metodología: clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

Cada etapa incluyó cinco criterios de evaluación, lo que permitió obtener un puntaje máximo de 10 puntos por cada etapa y un total de 50 puntos para el área evaluada. La valoración se realizó mediante una escala numérica de dos niveles (1=no cumple y 2=cumple), diseñada para reflejar el grado de cumplimiento observado.

El checklist permitió identificar aspectos como herramientas fuera de lugar, acumulación de suciedad, ausencia de señalización, falta de control visual y debilidades en el proceso de préstamo y devolución. Asimismo, incluyó un espacio para observaciones generales y acciones de mejora, lo que facilitó complementar la medición cuantitativa con información descriptiva. El instrumento completo se presenta en el Anexo A, con el fin de mantener claridad en el desarrollo del capítulo metodológico.

3.3.2 Inventario de herramientas y repuestos

El inventario constituyó otro instrumento fundamental, ya que permitió registrar de manera detallada los recursos existentes en la caseta de herramientas. A través de este documento se identificaron herramientas manuales, equipos eléctricos, herramientas de seguridad y repuestos nuevos que anteriormente no contaban con un control formal.

Para cada elemento se registraron datos como nombre, cantidad, marca, modelo, número de serie (cuando aplicaba), estado físico y ubicación dentro del espacio. Esta información permitió detectar equipos fuera de servicio, herramientas en mal estado y materiales sin uso definido.

El inventario se elaboró en formato digital y posteriormente se preparó una versión imprimible para facilitar su consulta y actualización. Su integración contribuyó directamente a las etapas de clasificación y orden de la metodología 5'S, al establecer un control claro sobre los recursos disponibles.

El documento completo se incluye como Anexo B, ya que constituye tanto un respaldo del diagnóstico como una herramienta de control permanente para el laboratorio.

3.3.3 Registro fotográfico

El registro fotográfico se utilizó como evidencia visual del proceso. Se documentó el estado inicial de la caseta de herramientas, las actividades de reorganización y el resultado final tras la implementación de la metodología.

Las imágenes permitieron observar de forma objetiva el desorden inicial, la mezcla de herramientas y la falta de señalización, así como las mejoras logradas en términos de orden, identificación y aprovechamiento del espacio.

Este recurso facilitó la comparación entre el antes y el después, reforzando la evaluación cualitativa del trabajo. Las fotografías se integran en los apartados correspondientes del capítulo de resultados.

3.3.4 Comunicación con encargados del laboratorio

Durante el desarrollo del trabajo se mantuvo comunicación constante con el encargado del laboratorio y con el asesor de tesis. Aunque no se estructuraron entrevistas formales, estas interacciones permitieron validar decisiones, autorizar cambios y conocer las necesidades operativas del área.

La retroalimentación recibida resultó clave para asegurar que la reorganización propuesta fuera funcional y acorde con el uso cotidiano del laboratorio. Además, permitió alinear las mejoras implementadas con los lineamientos institucionales vigentes. Esta información complementó los demás instrumentos utilizados, aportando una perspectiva práctica que fortaleció el desarrollo del trabajo.

3.4 Procedimiento por etapas 5'S

La implementación de la metodología 5'S se realizó de manera secuencial, aplicando cada etapa en función de las condiciones reales de la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura. El proceso inició con la clasificación de los elementos existentes y avanzó progresivamente hacia el orden, la limpieza, la estandarización y la disciplina, procurando que cada fase se consolidara antes de pasar a la siguiente.

3.4.1 Aplicación de Seiri (Clasificar)

La etapa de Seiri se enfocó en revisar de forma crítica todos los elementos presentes en la caseta de herramientas con el propósito de distinguir entre lo necesario y lo que no aportaba funcionalidad al área.

La evaluación se realizó mediante observación directa y revisión física herramienta por herramienta, incluyendo maquinaria, extensiones y accesorios.

La inspección abarcó estantes, tableros y zonas de almacenamiento, lo que permitió identificar objetos fuera de lugar, en desuso o en mal estado. Se delimitó un área temporal dentro de la caseta de herramientas para concentrar los elementos que requerían análisis adicional.

En esta zona se colocaron herramientas dañadas, equipos con fallas y materiales que no correspondían al área. Para facilitar la identificación, se utilizó un sistema sencillo de cintas de colores: verde para herramientas funcionales, amarillo para aquellas susceptibles de reparación y rojo para las consideradas inservibles.

Durante el proceso se detectaron máquinas descompuestas, herramientas deterioradas y materiales ajenos a la función de la caseta de herramientas. No se encontraron duplicidades innecesarias, ya que la naturaleza de las prácticas académicas exige contar con varias unidades del mismo tipo.

Los elementos clasificados fueron retirados de las zonas operativas y quedaron en espera de dictamen. La decisión sobre su reparación o descarte se tomó en conjunto con el encargado del laboratorio, asegurando que las acciones respondieran a criterios técnicos y no únicamente organizativos.

Como resultado, se liberó espacio, disminuyó la saturación visual y mejoró la movilidad dentro del área. Esta depuración permitió trabajar posteriormente sobre una base más clara y controlada.

3.4.2 Aplicación de Seiton (Ordenar)

Con el área ya depurada, se procedió a establecer un orden funcional. La aplicación de Seiton consistió en asignar una ubicación fija y lógica a cada herramienta, considerando su tipo, frecuencia de uso y condiciones de seguridad.

Las herramientas se agruparon por categorías (manuales, eléctricas, maquinaria y materiales complementarios). Aquellas de uso frecuente se colocaron en zonas de fácil acceso, mientras que las de uso ocasional se destinaron a estantes específicos.

También se designó un espacio exclusivo para herramientas y repuestos nuevos, con el fin de evitar confusiones y facilitar su control.

Los tableros existentes fueron rediseñados. Se pintaron y se incorporaron siluetas en vinil, que delimitan el lugar exacto de cada herramienta. Este recurso permitió visualizar de inmediato tanto la ubicación correcta como la ausencia de algún elemento.

Los estantes fueron numerados y dicha codificación se integró al inventario, de modo que cada herramienta cuenta con una referencia clara de localización.

El sistema de préstamo ya operaba mediante vales y resguardo de credencial; sin embargo, se formalizó mediante la elaboración de un reglamento interno (Anexo C), en el que se establecen responsabilidades, condiciones de uso y procedimientos en caso de daño o extravío. Esta formalización fortaleció el orden operativo sin alterar la dinámica existente. Tras la aplicación de Seiton, se redujo el tiempo de búsqueda de herramientas y se observó mayor claridad en la devolución del material. El orden dejó de depender de la memoria de los usuarios y pasó a estar respaldado por un sistema visual permanente.

3.4.3 Aplicación de Seiso (Limpiar)

La aplicación de Seiso inició con una limpieza profunda del área. Se retiraron herramientas, estantes y maquinaria para acceder a zonas que no se atendían con regularidad. Se eliminaron acumulaciones de polvo, residuos y suciedad adherida; en algunos casos fue necesario utilizar desengrasantes y realizar retoques de pintura en áreas deterioradas.

Durante la limpieza se identificaron situaciones que no eran visibles previamente: herramientas almacenadas debajo de estantes, maquinaria con fallas y extensiones en mal estado. Esto evidenció que la limpieza también funciona como un proceso de inspección operativa.

Antes de la intervención, la devolución de herramientas limpias no era una práctica constante. A partir de esta etapa, el reglamento interno estableció la obligación de entregar el material en condiciones adecuadas. Asimismo, se definió que la limpieza del área debe realizarse al finalizar cada práctica, asignando responsabilidad tanto a los usuarios como a los encargados de la caseta de herramientas. Tras la intervención, la caseta de herramientas presentó una mejora visible en orden y condiciones generales, además de una reducción en la acumulación de suciedad y riesgos asociados al descuido del equipo.

3.4.4 Aplicación de Seiketsu (Estandarizar)

Una vez alcanzado el orden y la limpieza, la prioridad fue evitar que estos resultados dependieran únicamente del esfuerzo inicial. La etapa de Seiketsu se orientó a establecer mecanismos que permitieran conservar las mejoras de forma constante.

Se reforzó el control visual mediante señalizaciones claras en tableros y estantes, así como imágenes de referencia que muestran la disposición correcta de las herramientas. Las siluetas y la numeración de estantes funcionan como guía permanente para cualquier responsable, independientemente de su experiencia previa en el laboratorio.

El reglamento interno se colocó en un lugar visible, formalizando las normas de préstamo, devolución y uso adecuado del material. De manera complementaria, se diseñó un checklist de evaluación 5'S que permite verificar periódicamente el cumplimiento de los estándares definidos.

La supervisión quedó a cargo de los encargados de la caseta de herramientas, apoyándose en estos instrumentos. De esta forma, el mantenimiento del orden dejó de depender únicamente de recordatorios verbales y pasó a estar respaldado por herramientas visibles y documentadas. Con la estandarización, las condiciones logradas se mantuvieron con mayor estabilidad, reduciendo el riesgo de regresar al estado inicial.

3.4.5 Aplicación de Shitsuke (Disciplina)

La etapa final consistió en consolidar hábitos. Shitsuke se enfocó en asegurar que las prácticas establecidas se cumplieran de manera continua y no solo durante el periodo inmediato a la intervención.

El cumplimiento del reglamento, el uso permanente del control visual y la supervisión al finalizar cada práctica permitieron reforzar la disciplina operativa. Los responsables de la caseta de herramientas desempeñaron un papel central, ya que son responsables directos del préstamo y verificación del material devuelto.

Con el tiempo, el sistema dejó de requerir recordatorios constantes, ya que la ubicación definida de cada herramienta y la claridad de las reglas facilitaron su cumplimiento. La metodología 5'S dejó de percibirse como una actividad adicional y comenzó a integrarse en la dinámica cotidiana del laboratorio.

En conjunto, la aplicación de Shitsuke permitió mantener los estándares alcanzados y consolidar una forma de trabajo más ordenada y controlada dentro de la caseta de herramientas. Este proceso no solo implicó el cumplimiento de normas, sino la interiorización de una cultura de orden y responsabilidad en el manejo de herramientas y equipo. En este sentido, Shitsuke funcionó como un elemento integrador que aseguró la permanencia de las mejoras logradas, facilitando la continuidad operativa aun ante cambios en el personal responsable y consolidando el sistema 5'S como parte del funcionamiento habitual del laboratorio.

3.5 Indicadores de evaluación de la implementación de la metodología 5'S

Para evaluar los efectos de la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas del laboratorio del Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, se definieron indicadores que permitieran contrastar la situación previa con las condiciones posteriores a la intervención.

La selección de estos indicadores se realizó con base en las problemáticas detectadas durante el diagnóstico inicial y en los objetivos del trabajo, priorizando aspectos relacionados con la eficiencia operativa, el orden, el control visual y la seguridad del espacio. Cabe señalar que la caseta de herramientas es un área de acceso exclusivo para los encargados del laboratorio; por lo tanto, la evaluación se centró en las actividades directamente vinculadas con el resguardo, control y préstamo de herramientas.

La valoración se realizó mediante observación directa y experiencia diaria en la operación del área, comparando las condiciones previas y posteriores a la implementación. Dado el carácter aplicado y descriptivo del estudio, este método resultó congruente con el alcance del trabajo.

3.5.1 Indicadores utilizados

1. Tiempo de búsqueda de herramientas

El tiempo requerido para localizar una herramienta fue considerado un indicador clave de eficiencia. Previo a la implementación de las 5'S, la localización podía tomar entre uno y tres minutos, principalmente por la ausencia de ubicaciones definidas y de referencias visuales claras. Esta situación generaba retrasos durante la atención de solicitudes. Tras la aplicación de Seiton y Seiketsu, el tiempo de búsqueda se redujo de forma evidente, siendo inmediato o inferior a un minuto, ya que cada herramienta cuenta con una ubicación específica identificada mediante siluetas y etiquetas visibles. La estimación se realizó con base en la experiencia operativa diaria y la comparación antes-después, sin instrumentación cronométrica formal.

2. Herramientas fuera de lugar

Otro indicador considerado fue la frecuencia con la que se encontraban herramientas mal colocadas dentro de la caseta de herramientas. Antes del trabajo, era frecuente detectar herramientas fuera de su sitio o almacenadas sin un criterio definido, lo que dificultaba el control del inventario. Posteriormente, esta situación se redujo de manera considerable. La presencia de herramientas fuera de lugar pasó a ser esporádica, debido principalmente al uso de tableros con siluetas y a la estandarización de ubicaciones. La verificación se realiza visualmente, lo que permite detectar de inmediato cualquier ausencia o colocación incorrecta.

3. Control visual

El control visual fue uno de los cambios más notorios en la intervención. Inicialmente, la caseta de herramientas no contaba con señalización ni referencias claras que facilitaran la supervisión. Después de la implementación, el espacio presenta identificaciones visibles, etiquetado y un reglamento accesible, lo que permite verificar el estado del área de manera inmediata.

El uso de tableros con siluetas, etiquetas en estantes y checklist de seguimiento fortaleció la claridad operativa y redujo errores en la localización y devolución de herramientas.

4. Condiciones de seguridad

Las condiciones de seguridad también fueron consideradas dentro de la evaluación. Antes de la aplicación de la metodología, se identificaron extensiones en mal estado y acumulación de suciedad en ciertas zonas, lo que representaba un riesgo potencial. Después de la intervención, el área se mantiene despejada, con herramientas correctamente ubicadas y sin condiciones inseguras visibles.

La limpieza constante y la organización contribuyeron a una mayor percepción de seguridad en el manejo del equipo.

Adicionalmente, estos indicadores permitieron contar con una referencia clara para evaluar el desempeño del área antes y después de la intervención, facilitando la identificación de mejoras concretas en la operación diaria. Aunque no se emplearon instrumentos de medición formales, la consistencia en la observación y el registro permitió obtener resultados confiables dentro del contexto del estudio.

De igual manera, el seguimiento de estos indicadores contribuye a mantener un control continuo del área, ya que pueden ser utilizados como base para evaluaciones periódicas posteriores. Esto favorece la detección oportuna de desviaciones y la implementación de acciones correctivas, fortaleciendo la sostenibilidad de las mejoras logradas mediante la metodología 5'S.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Situación inicial de la caseta de herramientas del laboratorio

La caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura tiene como función principal el resguardo y control de herramientas manuales, brocas, equipo de apoyo y maquinaria portátil, utilizados de manera constante durante las prácticas académicas. Este espacio constituye un área estratégica de apoyo, ya que concentra los recursos necesarios para la ejecución de los procesos de manufactura desarrollados en el laboratorio.

El acceso a la caseta de herramientas está destinado principalmente a alumnos y docentes; sin embargo, su operación cotidiana se encuentra a cargo de estudiantes que realizan servicio social, asignados por turno para el control y préstamo del herramental.

Previo al desarrollo del trabajo, la caseta de herramientas operaba bajo un esquema de almacenamiento tradicional que no había sido actualizado en varios años. De acuerdo con el diagnóstico presentado en el Capítulo 3, se identificó una normalización del desorden operativo, donde la falta de organización formaba parte de la rutina diaria. Esta condición generaba retrasos en la localización de herramientas, saturación de espacios y permanencia de equipos que no habían sido evaluados para su baja desde 1999, lo que afectaba la eficiencia del servicio y el aprovechamiento del área disponible.

4.1.1 Inventario y tipos de recursos en resguardo (situación inicial)

La caseta de herramientas concentra una diversidad considerable de recursos destinados al préstamo durante las prácticas académicas. Con base en el levantamiento realizado en el diagnóstico inicial, los materiales resguardados se clasificaron en las siguientes categorías:

- Maquinaria portátil y equipo de apoyo: tronzadoras, cortadoras, esmeriles de banco y manuales, taladros, cizallas, routers, gatos hidráulicos y mangueras de extracción.

- Herramental en tableros y estantes: arcos de segueta, martillos, escuadras, desarmadores, tijeras para lámina, prensas, vernier, escuadra universal, cepillos de alambre, pericos y pinzas.
- Consumibles y repuestos: piezas nuevas sin uso como machuelos de distintas medidas (3/4, 5/8), brocas de centro, cuchillas, rimas, cortadores end mill, fresas verticales, buriles y discos de diamante.
- Equipo de seguridad y auxiliares: caretas para soldar con filtros, lentes de seguridad, guantes de carnaza, extensiones eléctricas y un compresor.

Es importante precisar que las máquinas fijas como tornos, fresadoras, roladoras, entre otras, se encuentran en el área exterior del laboratorio. En consecuencia, la caseta de herramientas funciona como el punto central de suministro para la operación de dichas máquinas durante las prácticas académicas.

4.1.2 Análisis del flujo operativo y control visual

Aunque el Laboratorio de Manufactura presenta externamente una distribución organizada, con señalización y delimitación de áreas (Figura 3), el diagnóstico evidenció una falta de continuidad en el orden al ingresar a la caseta de herramientas.



Figura 3. Vista general del Laboratorio de Manufactura. Se aprecia la organización en el área de máquinas fijas y el contraste con la saturación visual en el acceso a la caseta de herramientas. (Fuente; autoría propia)

El espacio operaba como un punto de congestión al inicio de las prácticas, ya que la disposición del mobiliario no facilitaba un flujo eficiente para la entrega y devolución de herramientas. La ausencia de ubicaciones claramente definidas generaba acumulación momentánea de alumnos y tiempos de espera innecesarios.

En los shadow boards, es decir, tableros de sombras (Figura 4), el sistema de control visual existente resultaba incompleto. Si bien se observaban tableros con siluetas, muchas herramientas eran colocadas sin correspondencia con su contorno original, e incluso se mezclaban con instrumentos de medición delicados. Asimismo, no existía un etiquetado técnico para la clasificación de brocas y accesorios, y los cables de las herramientas eléctricas se encontraban enrollados sin un criterio definido, lo que incrementaba el desgaste por fricción y reducía su vida útil.



Figura 4. Estado inicial del panel de herramientas manuales. Se observa la colocación irregular del herramental y la ausencia de correspondencia con las siluetas existentes.
(Fuente; autoría propia)

4.1.3 Evaluación de riesgos y estado de limpieza

Desde la perspectiva de la seguridad industrial, las condiciones iniciales presentaban áreas susceptibles de mejora. El desorden en superficies de trabajo y la presencia de materiales en zonas de paso (Figura 5) incrementaban la probabilidad de tropiezos, así como la ocurrencia de incidentes menores durante la operación. Asimismo, estas condiciones podían dificultar la movilidad dentro del área de trabajo y afectar la ejecución segura de las actividades.

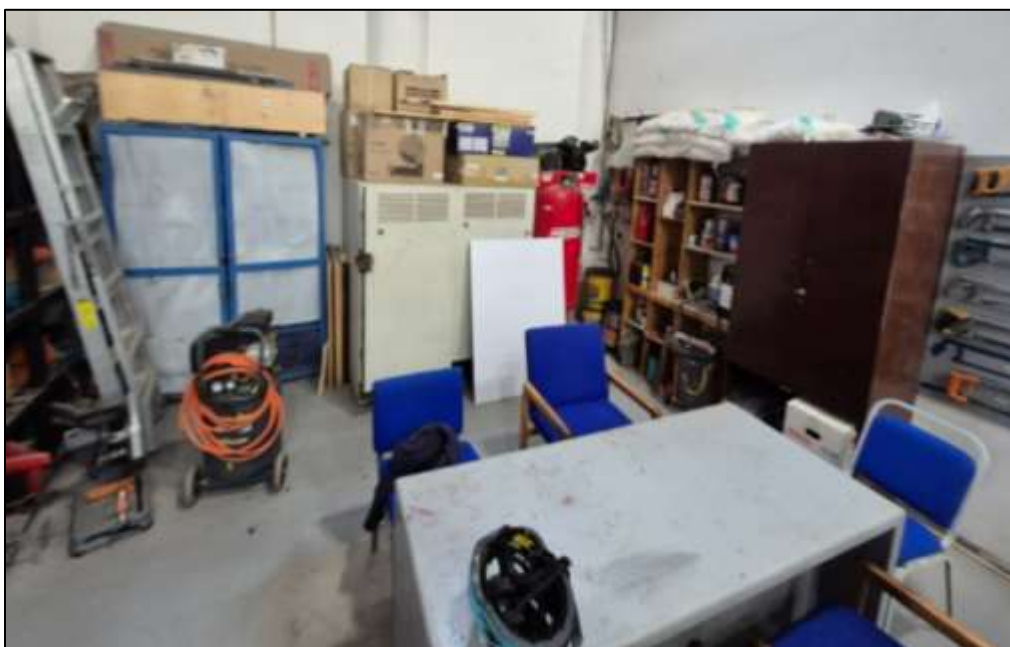


Figura 5. Superficies de trabajo con materiales acumulados y obstrucción parcial de áreas de circulación. (Fuente; autoría propia)

En el mobiliario destinado a maquinaria portátil, algunos equipos se almacenaban unos sobre otros, generando golpes entre carcasas y dificultando su manipulación segura. Además, se identificaron herramientas fuera de servicio (Figura 6) que permanecían almacenadas sin un registro formal de baja, lo que evidenciaba la ausencia de criterios definidos para la disposición de activos no funcionales.

Esta situación también contribuía a la saturación del espacio disponible y a la posible confusión entre equipos operativos y no operativos durante su uso.

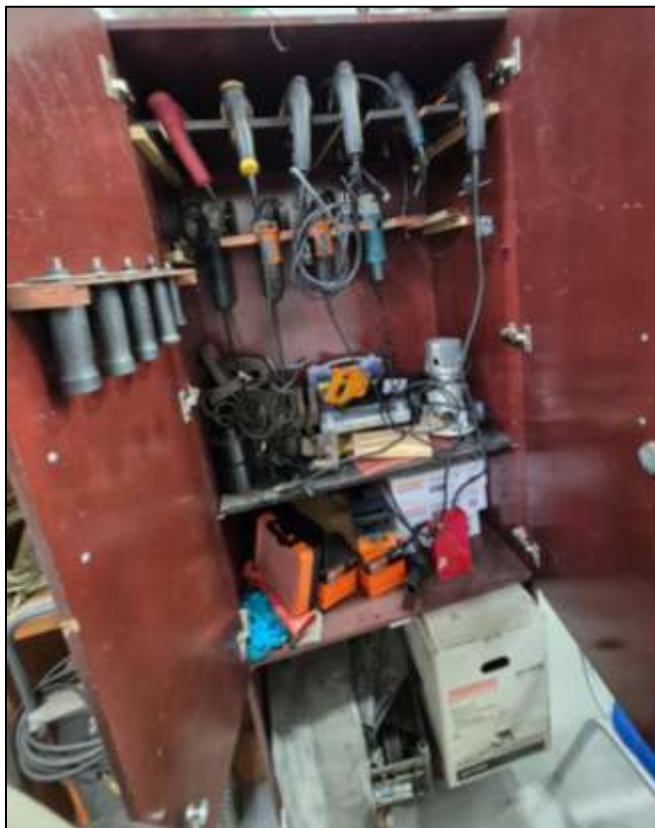


Figura 6. Estantería de maquinaria portátil en estado inicial. Se observa almacenamiento sin secuencia definida y presencia de equipos fuera de servicio.
(Fuente; autoría propia)

También se detectó acumulación de polvo y grasa en estantes y equipos, derivada de la inexistencia de una rutina sistemática de limpieza. Esta condición afectaba tanto a los repuestos nuevos como a instrumentos de medición de precisión.

Si bien el sistema de préstamo mediante vales permitía el control administrativo del herramental, este mecanismo no incidía directamente en la mejora del orden físico ni en la reducción de riesgos operativos.

4.1.4 Diagnóstico de necesidades de mejora

En síntesis, previo a la implementación de la metodología 5'S, la caseta de herramientas presentaba pérdida de tiempo en la localización de herramientas, almacenamiento de equipos no funcionales y deficiencias en el control visual. La diversidad de maquinaria portátil, piezas pequeñas y consumibles requería un sistema de organización más estructurado que el esquema de resguardo administrativo existente.

El análisis confirmó la necesidad de establecer un sistema de gestión visual y organización sistemática que asegurara la correcta identificación, ubicación y conservación del herramental. Este diagnóstico constituyó la base para la aplicación de la metodología 5'S descrita en los apartados siguientes.

4.2 Implementación de Seiri (Clasificación)

La etapa de Seiri (clasificación) constituyó la primera intervención física dentro de la caseta de herramientas. Su propósito fue separar los materiales necesarios para la operación del laboratorio de aquellos que ya no cumplían una función técnica o representaban un riesgo para la operación.

Con base en el diagnóstico presentado en el Capítulo 3 y en la situación inicial descrita en el apartado 4.1, se identificó acumulación de herramientas, consumibles y equipos que no habían sido evaluados en varios años. Por ello, esta fase se enfocó en establecer criterios claros de conservación o descarte antes de plantear cualquier redistribución del espacio.

4.2.1 Proceso de desocupación y análisis de espacio

Para evaluar de manera objetiva la capacidad real de almacenamiento, se realizó el vaciado de estantes, gabinetes y tableros (Figura 7). Esta acción permitió analizar el estado físico del mobiliario y dimensionar el volumen total de material resguardado.



Figura 7. Vista general de la caseta de herramientas durante el proceso de vaciado inicial para la clasificación de materiales. (Fuente; autoría propia)

Durante el retiro del material (Figura 8), se detectaron detalles en la infraestructura que no eran visibles debido a la saturación previa, como superficies deterioradas y acumulación de suciedad en zonas posteriores de los estantes.



Figura 8. Muestra de daño a infraestructura. (Fuente; autoría propia)

De manera complementaria, se desmontaron todas las herramientas colocadas en los tableros (Figura 9). Esto permitió inspeccionar el estado de ganchos, soportes y fijaciones, así como verificar las condiciones físicas del herramental manual (martillos, llaves, arcos de segueta), evaluando su aptitud para continuar en servicio.



Figura 9. Tablero sin herramental, preparado para inspección de soportes y limpieza.
(Fuente; autoría propia)

4.2.2 Criterios de descarte y herramientas inservibles

Una vez retirado el material de su ubicación habitual, se concentró temporalmente en mesas de trabajo para su revisión individual, con el propósito de facilitar su evaluación, manipulación y clasificación de manera ordenada. Este proceso permitió observar con mayor detalle las condiciones físicas y funcionales de cada elemento. Se aplicó un criterio técnico básico:

- Herramienta que no funciona.
- Herramienta con daño estructural.
- Equipo eléctrico que no enciende.
- Elemento que representa riesgo para el usuario.

El material que cumplía alguno de estos criterios fue separado para su registro y posterior gestión de baja.

Permitiendo mantener un mayor control sobre los elementos identificados como no funcionales y evitando su reincorporación al área de trabajo.

En la Figura 10 se muestra el área destinada a la concentración de elementos detectados como no aptos para el servicio académico. Entre ellos se identificaron herramientas con mangos fracturados, llaves deformadas y equipos eléctricos fuera de operación, lo que reflejó la acumulación de material en condiciones inadecuadas para su uso. Asimismo, esta concentración permitió dimensionar el volumen de herramientas inservibles presentes en el área y evidenció la falta de un proceso sistemático para su retiro. Esta situación resaltó la importancia de establecer criterios claros y permanentes para la disposición final de estos elementos, contribuyendo a mejorar la organización, seguridad y aprovechamiento del espacio disponible.



Figura 10. Herramental y equipos clasificados como no funcionales o inseguros durante la etapa de Seiri. (Fuente; autoría propia)

El equipo que cumplía con condiciones de uso fue organizado temporalmente por tipo (herramientas de golpe, corte y sujeción), como se observa en la Figura 11. Esta agrupación permitió visualizar con mayor claridad el volumen real de material funcional disponible. Esto también favoreció una mejor apreciación del estado general de las herramientas durante su revisión.



Figura 11. Agrupación temporal de equipo funcional clasificado por tipo antes de su reubicación. (Fuente; autoría propia)

4.2.3 Clasificación de precisión: brocas y consumibles

La revisión del inventario de piezas pequeñas representó una de las actividades más detalladas de esta etapa, debido a la variedad y cantidad de elementos existentes. Se encontraron brocas, machuelos, rimas y otros consumibles que no habían sido revisados de manera sistemática en varios años, lo que dificultaba conocer su estado real y nivel de uso. Asimismo, se identificaron piezas mezcladas sin clasificación clara, lo que complicaba su localización y aprovechamiento durante las prácticas.

Durante el proceso (Figura 12), las piezas fueron agrupadas por diámetro, tipo de zanco y aplicación, con el fin de facilitar su identificación y manejo.

Esta clasificación permitió:

- Identificar piezas nuevas sin uso.
- Separar elementos con presencia de corrosión.
- Confirmar medidas disponibles reales.

Asimismo, contribuyó a mejorar el control del inventario y a optimizar la selección de herramientas durante las actividades prácticas, reduciendo tiempos de búsqueda y posibles errores en su utilización.



Figura 12. Clasificación de brocas. (Fuente; autoría propia)

4.2.4 Liberación de superficies y preparación para el orden

Como resultado de la depuración, se liberó espacio en estantes y gabinetes que anteriormente se encontraban saturados (Figura 13). Esta liberación permitió visualizar la capacidad efectiva de almacenamiento y facilitó la planeación de una redistribución basada en frecuencia de uso y tipo de herramienta. Además, permitió contar con áreas más despejadas para la manipulación de herramientas y evidenció la acumulación previa de materiales innecesarios dentro del espacio de trabajo.



Figura 13. Estantería tras la eliminación de elementos innecesarios, mostrando capacidad disponible para nueva distribución. (Fuente; autoría propia)

4.2.5 Resultados de la etapa Seiri

Una vez concluida la fase de clasificación, se consolidó la separación formal del material no funcional, facilitando así la gestión administrativa de su baja definitiva. Esta depuración operativa permitió reducir significativamente la saturación en estantes y superficies de trabajo, lo que permitió determinar con precisión el volumen real de equipo útil disponible para las actividades del laboratorio. De este modo, la aplicación de Seiri no solo optimizó el espacio físico, sino que estableció una base sólida y organizada para la etapa de orden (Seiton), asegurando que las fases subsecuentes se ejecutaran exclusivamente con herramientas y equipos que cumplen con las condiciones técnicas necesarias para el servicio académico.

4.3 Implementación de Seiton (Orden)

La etapa de Seiton tuvo como finalidad establecer una distribución funcional del herramental previamente clasificado, de modo que su localización y devolución se realizaran de manera ágil, bajo el principio de: *"un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"*. A diferencia de la fase anterior, en esta etapa no se eliminaron elementos, sino que se definió su ubicación definitiva dentro de la caseta de herramientas.

El objetivo fue reducir los tiempos de búsqueda identificados en el diagnóstico inicial y facilitar el control por parte de los encargados de turno.

4.3.1 Estrategia de distribución y ergonomía

Concluida la clasificación, se procedió a analizar las dimensiones reales del espacio disponible. Como se observa en la Figura 14, el mobiliario fue despejado completamente antes de asignar nuevas posiciones, lo que permitió evaluar alturas, profundidades y accesibilidad.

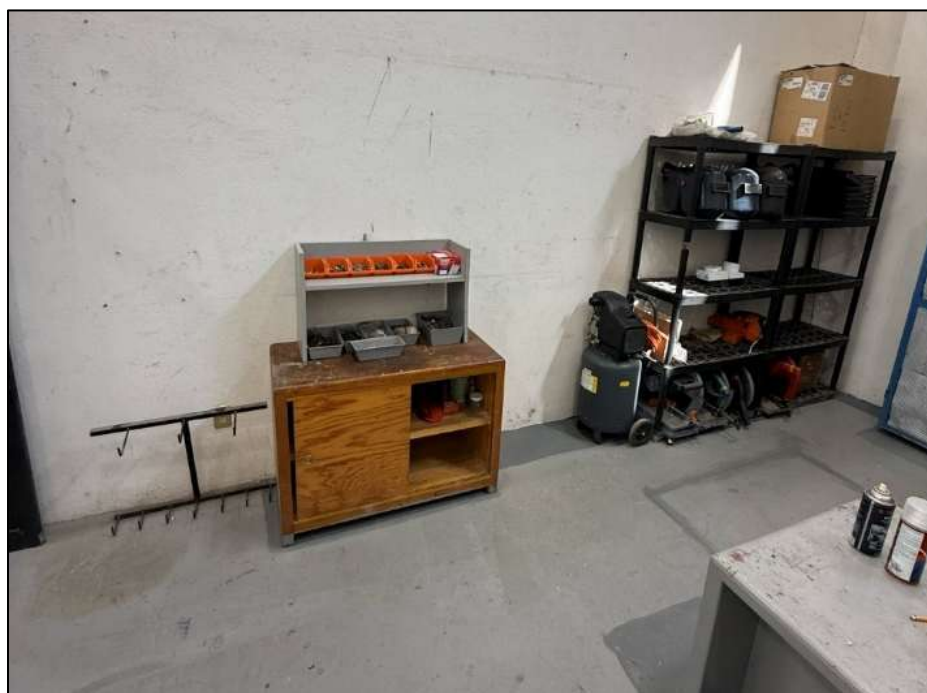


Figura 14. Mobiliario despejado durante la planeación de la nueva distribución interna de la caseta de herramientas. (Fuente; autoría propia)

La redistribución se realizó considerando criterios prácticos. Los equipos de mayor peso, como gatos hidráulicos y tronzadoras, se colocaron en niveles inferiores para reducir esfuerzos al momento de manipularlos. Las herramientas de uso frecuente se ubicaron en zonas intermedias, a una altura que no requiriera posturas forzadas. Los elementos de menor demanda o uso eventual se asignaron a niveles superiores.

Esta organización buscó no solo mejorar el orden visual, sino también disminuir movimientos innecesarios durante el préstamo y devolución del equipo.

4.3.2 Implementación de Controles Visuales (Shadow Boards)

En los tableros se redefinió la disposición del herramental manual. Una vez limpios y revisados, se trazaron nuevamente las siluetas correspondientes a cada herramienta, ajustando su posición de acuerdo con el espacio disponible y el tamaño real del equipo (Figura 15). Este ajuste permitió una mejor distribución del herramental y facilitó su identificación visual, contribuyendo a mantener el orden dentro del área.

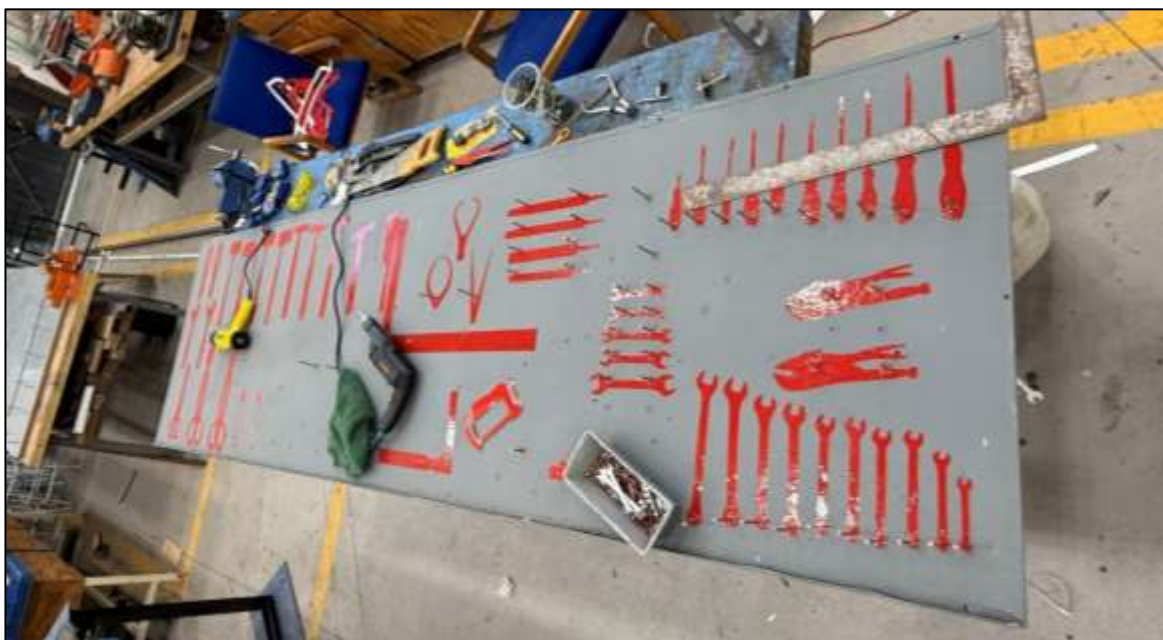


Figura 15. Trazado de nuevas siluetas en tableros para control visual del herramental.
(Fuente; autoría propia)

A diferencia de la configuración anterior, donde algunas herramientas no coincidían con su contorno, en esta etapa se buscó correspondencia exacta entre silueta y pieza. Esta medida facilita la verificación visual al término de cada práctica, ya que permite identificar rápidamente la ausencia de algún elemento sin necesidad de revisar uno por uno. La distribución en el tablero también respondió a criterios de agrupación por tipo de herramienta, evitando la mezcla de instrumentos de medición con herramientas de golpe o sujeción.

4.3.3 Organización de brocas y accesorios de corte

La organización de piezas pequeñas requirió un tratamiento más detallado. Después de la clasificación realizada en Seiri, se definieron espacios específicos para brocas, machuelos y rimas, agrupándolos por diámetro y aplicación. Se sustituyó el almacenamiento en cajas genéricas por un sistema organizado que permitiera distinguir medidas de manera inmediata. En la Figura 16 se aprecia la distribución sistemática previa a su colocación definitiva, donde se verificó que no existieran mezclas entre diámetros similares.



Figura 16. Organización de brocas clasificadas por diámetro antes de su ubicación definitiva. (Fuente; autoría propia)

Esta reorganización reduce errores en la entrega de material y facilita al encargado identificar rápidamente la medida solicitada durante las prácticas.

4.3.4 Reconfiguración de la estantería para maquinaria portátil

En el caso de los equipos eléctricos portátiles, se asignaron espacios definidos dentro de la estantería considerando dimensiones y condiciones de seguridad. Durante la etapa inicial se había observado almacenamiento sin secuencia clara y conductores enrollados sin criterio específico.

Previo a su colocación final, el equipo funcional fue dispuesto sobre mesas para definir la separación adecuada entre unidades (Figura 17). Posteriormente se trasladó a los estantes, procurando que cada herramienta contara con espacio suficiente para evitar golpes entre carcasas y facilitar su extracción.

La reorganización permitió mejorar la manipulación del equipo y reducir el desgaste derivado del contacto constante entre máquinas.

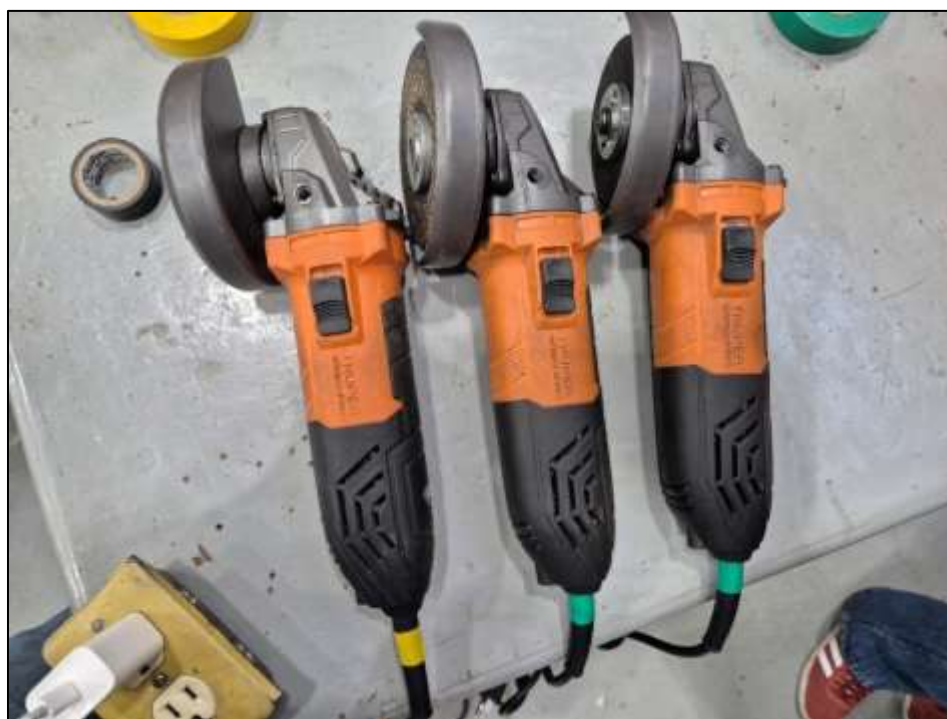


Figura 17. Distribución preliminar del equipo portátil antes de su reubicación final en estanterías. (Fuente; autoría propia)

4.4 Implementación de Seiso (Limpieza)

La etapa de Seiso se orientó a restablecer condiciones adecuadas de limpieza en la caseta de herramientas, integrando la actividad de aseo con una revisión técnica del estado del mobiliario y del herramental. A diferencia de una limpieza rutinaria, esta fase se desarrolló con el espacio totalmente despejado tras la clasificación y el orden, lo que permitió intervenir zonas que anteriormente permanecían cubiertas por material almacenado. El propósito principal fue eliminar acumulaciones de polvo, grasa y residuos metálicos que podían afectar la conservación del equipo y dificultar la inspección visual.

4.4.1 Remoción de agentes contaminantes y reacondicionamiento de mobiliario

Se inició con la limpieza profunda de estanterías, cajoneras y tableros portaherramientas. La acumulación de grasa y el desgaste superficial reducían la visibilidad y favorecían la adherencia de polvo, afectando la apariencia. En el caso de los tableros, se realizó un reacondicionamiento que incluyó lijado y aplicación de pintura (Figura 18).

Esta intervención permitió sellar la superficie y generar un fondo uniforme que facilita la identificación visual del herramental. Además, mejoró las condiciones para la correcta delimitación de las siluetas implementadas en la etapa de orden y contribuyó a prolongar la vida útil del mobiliario.

Asimismo, estas acciones permitieron establecer una base adecuada para la implementación de prácticas de limpieza periódica, facilitando el mantenimiento de las condiciones alcanzadas. La mejora en el estado del mobiliario también favoreció un entorno de trabajo más seguro y ordenado, reduciendo la probabilidad de contaminación de las herramientas y optimizando su conservación.



Figura 18. Proceso de reacondicionamiento y pintado de tablero. (Fuente; autoría propia)

4.4.2 La limpieza como método de inspección

Posteriormente se efectuó la limpieza individual de herramientas manuales, maquinaria portátil e instrumentos de medición. Esta actividad permitió revisar con mayor detalle el estado físico de cada elemento, así como mejorar sus condiciones generales de uso y conservación. Además, facilitó la manipulación de los equipos durante su inspección y redujo la presencia de agentes contaminantes en las superficies de trabajo. Durante el proceso (Figura 19), se identificaron cables con desgaste en el recubrimiento, presencia de residuos en equipos eléctricos y acumulación de suciedad. La limpieza facilitó la detección de estas condiciones, que podrían pasar desapercibidas en un entorno saturado. Asimismo, permitió identificar elementos que requerían mantenimiento o atención específica, contribuyendo a prevenir fallas durante su operación y a mejorar las condiciones de seguridad en el área.



Figura 19. Limpieza individual de herramientas. (Fuente; autoría propia)

4.4.3 Intervención de zonas críticas y acondicionamiento del piso

Se atendieron áreas de difícil acceso, como esquinas inferiores, partes posteriores de estantes y zonas cercanas a conexiones eléctricas. En estos puntos se concentraban polvo fino y residuos derivados de las prácticas de manufactura.

Como parte del reacondicionamiento general, se realizó mantenimiento y aplicación de pintura en el piso de la caseta de herramientas (Figura 20). Esta medida permitió sellar la superficie, reducir la adherencia de partículas y facilitar futuras labores de limpieza. Asimismo, un acabado uniforme mejora la visibilidad de residuos o derrames que pudieran requerir atención inmediata.

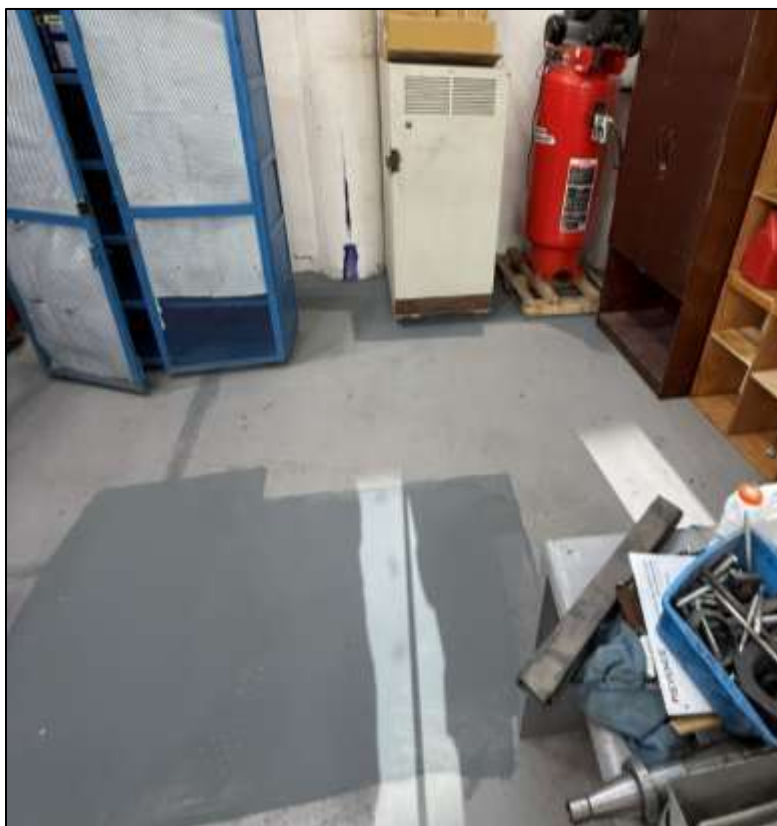


Figura 20. Aplicación de recubrimiento en el piso de la caseta de herramientas durante la etapa de limpieza. (Fuente; autoría propia)

4.4.4 Integración de la limpieza al procedimiento operativo

La intervención realizada evidenció que la limpieza no debe considerarse una actividad aislada, sino un complemento del orden establecido en la etapa anterior. Un espacio despejado y limpio facilita la identificación de anomalías físicas en el equipo y permite mantener condiciones más estables de operación.

Con la caseta de herramientas reacondicionada, se establecieron bases para que las siguientes etapas de la metodología se orienten a mantener, y no solo a corregir, las condiciones alcanzadas.

4.5 Implementación de Seiketsu (Estandarización)

La etapa de Seiketsu se enfocó en formalizar las mejoras obtenidas durante la clasificación, el orden y la limpieza, con el propósito de evitar que las condiciones iniciales reaparezcan con el paso del tiempo. En esta fase se definieron criterios visibles y registros administrativos que permiten mantener la organización de la caseta de herramientas sin depender exclusivamente de la experiencia del encargado en turno.

El objetivo fue convertir las acciones realizadas en prácticas repetibles y verificables dentro de la operación cotidiana del laboratorio.

4.5.1 Estandarización del control de inventarios y consumibles

Como parte de esta etapa, se actualizó el registro de activos mediante la elaboración de un inventario. En este documento se relaciona cada herramienta y consumible con su ubicación física dentro de la caseta de herramientas, lo que permite consultar existencias y posiciones asignadas de manera directa y ordenada.

Este registro sustituyó el control informal que existía previamente y eliminó la confusión derivada de la presencia de material obsoleto detectado durante la etapa de clasificación, además de facilitar la actualización y seguimiento de los elementos disponibles.

En la Figura 21 se muestra el sistema de etiquetado implementado en estantes y gavetas. Cada espacio cuenta con una identificación que coincide con el inventario, facilitando la localización de brocas, machuelos y otros consumibles por medida técnica. Esta correspondencia entre etiqueta física y registro reduce errores en la entrega y mejora la trazabilidad interna del material, al mismo tiempo que optimiza los tiempos de búsqueda y reposición.



Figura 21. Sistema de etiquetado y codificación en estanterías para la identificación rápida de consumibles. (Fuente; autoría propia)

4.5.2 Consolidación de la gestión visual (Shadow Boards)

En los tableros portaherramientas se consolidó el uso de siluetas como parte del estándar operativo. Una vez definidos los espacios en la etapa de orden y reacondicionadas las superficies durante la limpieza, se estableció la disposición final del herramental (Figura 22).



Figura 22. Tablero portaherramientas con controles visuales (siluetas) finalizado y estandarizado. (Fuente; autoría propia)

La silueta correspondiente a cada herramienta actúa como referencia permanente para su correcta colocación. Cuando un espacio permanece vacío al terminar la práctica, el responsable puede identificar de manera inmediata qué elemento se encuentra pendiente de devolución y contrastarlo con el sistema de vales.

Con esta medida se estableció un criterio fijo de ubicación, evitando que las herramientas sean colocadas en posiciones distintas a las definidas en el diseño final del tablero.

4.5.3 Resultados de la Estandarización

La implementación de Seiketsu permitió que las mejoras obtenidas en las etapas anteriores quedaran documentadas y respaldadas por registros formales. La existencia de etiquetas definidas, ubicaciones fijas e inventario digital reduce la variabilidad en la operación diaria y facilita la integración de nuevos encargados de servicio social.

De esta manera, el sistema de organización de la caseta de herramientas dejó de depender únicamente de la memoria o criterio individual y pasó a sustentarse en referencias visibles y registros verificables, preparando el entorno para la etapa final orientada al seguimiento y disciplina operativa.

4.6 Implementación de Shitsuke (Disciplina)

La etapa de Shitsuke se orientó a establecer mecanismos de seguimiento que permitan conservar las condiciones alcanzadas durante la implementación de las 5'S. A diferencia de las fases anteriores, esta etapa no implicó modificaciones físicas del espacio, sino la definición de controles periódicos que aseguren la continuidad del sistema.

El propósito fue reducir la probabilidad de que el área regrese gradualmente a las condiciones detectadas en el diagnóstico inicial, integrando la revisión del orden y la limpieza dentro de la rutina operativa de la caseta de herramientas.

4.6.1 Instrumentos de seguimiento

Como herramienta principal de control se diseñó una Lista de Verificación de Auditoría 5'S. Este documento establece criterios específicos para evaluar el cumplimiento de los estándares definidos en las etapas de orden, limpieza y estandarización.

La lista incluye aspectos como la correcta colocación del herramental en los tableros, el estado general de limpieza del área, la correspondencia entre etiquetas físicas e inventario digital y la ausencia de materiales fuera de su ubicación asignada.

De esta manera, el seguimiento deja de depender de inspecciones esporádicas y pasa a formar parte de una rutina documentada. El registro periódico permite identificar desviaciones y tomar acciones correctivas antes de que el desorden se generalice.

4.6.2 Comunicación de estándares operativos

Para reforzar la aplicación de los criterios definidos, se colocaron recordatorios visuales en puntos estratégicos de la caseta de herramientas, relacionados con el procedimiento de préstamo y devolución de herramientas. Estos elementos no sustituyen la supervisión, pero funcionan como referencia inmediata para los usuarios, especialmente aquellos que se incorporan por primera vez al manejo del área. La señalización se alineó con las ubicaciones establecidas en tableros y estanterías, de modo que exista coherencia entre lo que se indica y lo que físicamente se observa.

Para asegurar que todo el personal comprendiera y aplicara correctamente la metodología 5'S, se llevó a cabo una capacitación dirigida a los responsables y auxiliares del área. Durante esta capacitación se explicaron los conceptos de cada S, el uso correcto de los tableros y estanterías, el llenado de los formatos, y la importancia de la disciplina en el mantenimiento del orden. Las evidencias de esta actividad se encuentran documentadas en el Anexo D.

La comunicación visual contribuye a mantener consistencia en la operación diaria sin requerir explicaciones repetitivas por parte del responsable.

4.6.3 Sostenibilidad del sistema

Con la incorporación de checklist periódicos, inventario y señalización estandarizada, la metodología 5'S quedó integrada como parte del funcionamiento regular de la caseta de herramientas. Estos elementos permiten dar continuidad a las acciones implementadas y facilitan la supervisión constante del estado del área.

La disciplina, en este contexto, se entiende como la repetición sistemática de los controles establecidos y no como un elemento subjetivo. El mantenimiento del orden depende de la aplicación constante de los instrumentos definidos y de la verificación documentada de su cumplimiento. Esto implica que las actividades de revisión, limpieza y control no se realicen de manera ocasional, sino como parte de una rutina operativa definida.

Asimismo, la estandarización alcanzada permite que cualquier usuario del área pueda identificar de manera inmediata las condiciones esperadas de orden y funcionamiento, reduciendo la dependencia de criterios individuales. La existencia de formatos de control, señalización y un reglamento interno contribuye a mantener la coherencia en las prácticas diarias y a facilitar la capacitación de nuevos usuarios.

Por otra parte, la sostenibilidad del sistema se encuentra directamente relacionada con el seguimiento continuo por parte del responsable del laboratorio, quien funge como elemento clave para asegurar la correcta aplicación de los lineamientos establecidos. La verificación periódica del cumplimiento de las 5'S permite detectar desviaciones y aplicar acciones correctivas de manera oportuna, evitando el deterioro progresivo del sistema. De igual forma, el mantenimiento de las condiciones logradas depende del compromiso de los usuarios en el uso adecuado de las herramientas y en su correcta devolución a los espacios asignados. La integración de hábitos de orden y limpieza dentro de las actividades cotidianas favorece la permanencia de los resultados obtenidos. Con esta etapa se concluye la implementación de la metodología, dando paso al análisis de los resultados obtenidos tras la intervención, los cuales se presentan en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

El presente capítulo presenta el análisis comparativo de los resultados obtenidos después de la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura. El propósito es contrastar las condiciones iniciales identificadas en el Capítulo 3 con el estado observado tras la intervención descrita en el Capítulo 4, permitiendo evaluar el impacto de las acciones realizadas.

La evaluación se fundamenta en evidencia fotográfica del antes y después, registros actualizados de inventario, formatos de control, listas de verificación aplicadas al cierre del trabajo y documentación normativa generada durante la intervención. Estos elementos se integran como respaldo en el apartado de Anexos y permiten sustentar de manera objetiva los resultados alcanzados, así como identificar áreas de mejora.



Figura 23. Tablero 1 antes de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 24. Tablero 1 después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 25. Tablero 2 antes de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 26. Tablero 2 después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 27. Estante 1 de materiales auxiliares (resistol, aceiteras y pinturas) antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 28. Estante 2 de maquinaria portátil (taladros, esmeriles, router y sacabocados) antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 29. Estante 3 de repuestos nuevos antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 30. Estante 4 de herramientas para torno, caretas de soldar nuevas y brocas de centro antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 31. Estante 5 de caretas de soldar, sargentos y cortadoras antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 32. Estante 6 de tornillos, clavos, brocas y flexómetros antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 33. Estante 7 de lentes de seguridad, guantes de carnaza y equipo de protección personal antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 34. Estante 8 de control y apoyo (caja de vales, mesa de router y gato hidráulico) antes y después de la implementación de la metodología 5'S. (Fuente; autoría propia)



Figura 35. Vista general del laboratorio antes y después, área de estantería. (Fuente; autoría propia)



Figura 36. Vista general del laboratorio antes y después, área de tablero 2. (Fuente; autoría propia)



Figura 37. Vista general del laboratorio antes y después, área de tablero 1. (Fuente; autoría propia)



Figura 38. Vista general del laboratorio antes y después, acceso a la caseta de herramientas. (Fuente; autoría propia)

Las imágenes permiten identificar cambios en la distribución física, delimitación de espacios, señalización visual y condiciones de limpieza. De manera comparativa, se observa una organización definida por zonas, la asignación fija de ubicaciones para herramientas y materiales, así como la eliminación de acumulación innecesaria detectada en el diagnóstico inicial. Estos registros constituyen evidencia directa de las modificaciones realizadas en el área intervenida.

5.1 Comparación del estado inicial y final de la caseta de herramientas

Antes de la implementación, la caseta de herramientas presentaba un sistema de almacenamiento sin criterios definidos de clasificación, orden y control visual, lo que generaba una variabilidad en los tiempos de localización de herramientas y condiciones operativas irregulares. Posterior a la intervención, se observaron modificaciones estructurales en la distribución, señalización y gestión del inventario, las cuales incidieron directamente en la organización del área.

5.1.1 Control y localización de herramientas

En la situación inicial, la localización de herramientas dependía principalmente del conocimiento empírico del encargado, ya que no existía una delimitación visual ni una asignación fija documentada para cada elemento. Esta condición generaba variabilidad en los tiempos de búsqueda y dificultad para detectar faltantes.

Después de la implementación, cada herramienta fue asignada a una ubicación específica mediante tableros con siluetas (shadow boards) y delimitaciones visibles. La ausencia de cualquier elemento puede identificarse visualmente de forma inmediata.

Con base en observaciones comparativas realizadas antes y después de la intervención, se registró una disminución significativa del tiempo promedio de localización de herramientas. Esta reducción se atribuye a la estandarización de posiciones y al control visual implementado.

5.1.2 Clasificación y estado del equipo

En el diagnóstico inicial se detectó que herramientas funcionales, equipos con fallas y maquinaria en desuso se encontraban almacenados en los mismos espacios, sin criterios de segregación técnica.

Tras la aplicación de la primera etapa de la metodología (Seiri), se realizó una revisión individual del estado físico y funcional de la maquinaria portátil. Como resultado, se identificó que el 45% del inventario evaluado requería mantenimiento correctivo o baja definitiva, incluyendo equipos como la cortadora Bosch y el esmeril de banco.

El inventario detallado, que documenta el estado técnico de los 18 grupos de maquinaria analizados, se presenta en el Anexo B.

5.1.3 Condiciones de limpieza

Previo al trabajo, se observó acumulación de grasa industrial, polvo y viruta metálica en superficies de trabajo, maquinaria y área de tránsito, lo cual dificultaba la inspección visual del estado físico de los equipos.

Después de la aplicación de la etapa Seiso, se realizó limpieza profunda de maquinaria, superficies y piso, además de la aplicación de recubrimientos que facilitan la detección temprana de fugas, desgaste o anomalías. Estas acciones permiten establecer una base para la ejecución de mantenimiento preventivo y el monitoreo continuo del estado del equipo.

5.2 Evaluación del cumplimiento de la metodología 5'S

Con el propósito de evaluar el nivel de cumplimiento posterior a la intervención, se aplicó el Checklist de Evaluación 5'S. Este instrumento considera criterios específicos para cada una de las cinco etapas.

La aplicación del instrumento permitió cuantificar el estado del área al cierre del trabajo.

Tabla 1. Resultados del nivel de cumplimiento post-implementación.

Etapa	Puntaje Obtenido	Nivel alcanzado
Seiri (Clasificación)	10 / 10	Excelente
Seiton (Orden)	10 / 10	Excelente
Seiso (Limpieza)	10 / 10	Excelente
Seiketsu (Estandarización)	10 / 10	Bueno
Shitsuke (Disciplina)	10 / 10	Bueno
TOTAL	50 / 50	Excelente

El resultado obtenido corresponde al puntaje máximo posible del instrumento aplicado. No obstante, es importante señalar que este valor refleja las condiciones observadas al momento de la evaluación; la permanencia del nivel alcanzado dependerá del seguimiento periódico, la aplicación continua del reglamento interno y la disciplina operativa del personal encargado.

5.3 Análisis del impacto documental y organizacional

Como parte de la intervención, se generaron instrumentos administrativos y de control que formalizan la gestión de herramientas y materiales dentro del laboratorio. Estos elementos complementan las mejoras físicas implementadas y constituyen evidencia del cambio organizacional logrado.

En primer lugar, en el ámbito de la gestión de inventarios, se regularizaron 78 categorías de repuestos nuevos, correspondientes principalmente a marcas como Cleveland y Vermont. Cada categoría cuenta con registro de cantidad, ubicación asignada y condición física, lo que permite mayor precisión en el control de existencias y reduce la posibilidad de duplicidad en adquisiciones.

En segundo término, en el apartado normativo, se elaboró un Reglamento Interno que define responsabilidades de uso, devolución y reposición de herramientas. Este documento establece lineamientos formales que anteriormente no se encontraban documentados.

Finalmente, en materia de capacitación, se impartió una sesión formativa sobre la metodología 5'S aplicada al Laboratorio de Manufactura, dirigida al personal responsable del área. En dicha sesión se explicaron los principios de la herramienta, los cambios implementados, así como el uso de los nuevos formatos de control, criterios de clasificación y lineamientos de mantenimiento.

De manera integral, los cambios implementados evidencian mejoras en tres dimensiones operativas: condiciones de seguridad, organización del flujo de trabajo y trazabilidad del inventario. Estas mejoras derivan directamente de la aplicación sistemática de la metodología 5'S y de la formalización documental asociada.

CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como propósito analizar, diseñar e implementar la metodología 5'S en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, con el objetivo de mejorar las condiciones de orden, control, seguridad y eficiencia en el resguardo y préstamo de herramental utilizado en prácticas académicas. El desarrollo del trabajo integró diagnóstico técnico, sustento teórico, intervención estructurada y evaluación posterior, lo que permitió establecer conclusiones fundamentadas en evidencia observable y medible, así como en el análisis sistemático de los resultados obtenidos.

El diagnóstico inicial evidenció que la caseta de herramientas operaba bajo un esquema empírico sin criterios estandarizados de clasificación, orden y control visual. Se identificó acumulación histórica de herramientas, ausencia de delimitación física y falta de registros actualizados de inventario.

Asimismo, se determinó que el 45% de la maquinaria portátil evaluada requería mantenimiento correctivo o baja definitiva, lo cual confirmó la necesidad de una intervención sistemática orientada a la optimización del espacio y la recuperación del control operativo, evidenciando también áreas críticas de mejora en la gestión del recurso material.

El marco teórico proporcionó el sustento conceptual para la aplicación de la metodología 5'S como herramienta estructurada de mejora organizacional.

La integración de principios de manufactura esbelta, gestión visual y estandarización permitió establecer criterios técnicos para la intervención y asegurar que las acciones implementadas no fueran aisladas, sino parte de un sistema organizado y replicable, alineado con buenas prácticas de ingeniería industrial.

La implementación progresiva de las cinco etapas permitió resultados concretos. La aplicación de Seiri facilitó la depuración del inventario y la liberación de espacio físico; Seiton permitió la asignación fija de ubicaciones mediante control visual; Seiso estableció condiciones base de limpieza preventiva; Seiketsu formalizó los procedimientos mediante reglamento, señalización y formatos de control; y Shitsuke

sentó las bases para la disciplina operativa y el seguimiento continuo, promoviendo la permanencia de las mejoras en el tiempo.

Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras operativas tangibles, entre las que destacan la reducción en el tiempo de localización de herramientas, la estandarización del sistema de almacenamiento, la recuperación del control sobre el inventario y la mejora en las condiciones de seguridad del área. La comparación entre el estado inicial y el posterior a la intervención confirmó la transición de un sistema reactivo a un sistema organizado bajo criterios técnicos y visuales, incrementando la eficiencia en las actividades académicas.

Adicionalmente, el impacto del trabajo trascendió la organización física del espacio intervenido. La formalización de procedimientos, la capacitación impartida al personal y la elaboración del reglamento interno fortalecieron la responsabilidad en el uso y devolución del herramental, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema implementado y a la generación de una cultura de orden y disciplina.

En conclusión, se confirma que la metodología 5'S constituye una herramienta viable y efectiva en el contexto educativo cuando se aplica de manera estructurada y con respaldo técnico. La presente tesis demuestra que los principios de la ingeniería industrial pueden aplicarse exitosamente en entornos académicos, generando mejoras operativas observables y estableciendo bases para la replicabilidad del modelo en otras áreas de la institución, así como para su posible adaptación en contextos similares.

RECOMENDACIONES

Derivado del análisis integral realizado a lo largo de la presente investigación y considerando los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología 5'S en la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura, se proponen las siguientes recomendaciones, orientadas a consolidar, mantener y escalar los beneficios alcanzados, así como a fortalecer la gestión del laboratorio a largo plazo.

1. Institucionalizar la metodología 5'S como procedimiento permanente

Se recomienda que la metodología 5'S aplicada en la caseta de herramientas del laboratorio sea formalizada como un procedimiento operativo estándar, integrado dentro de los procedimientos operativos del laboratorio. Esto permitirá que las actividades de orden, limpieza y control visual no dependan del criterio personal de los encargados en turno, sino que formen parte de un sistema estructurado y obligatorio. La institucionalización del sistema facilitará su continuidad aun cuando exista rotación de alumnos de servicio social o cambios en el personal responsable del laboratorio.

2. Implementar auditorías periódicas de seguimiento

Para asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos, se recomienda establecer auditorías internas periódicas (trimestrales o semestrales) que evalúen el cumplimiento de cada una de las 5'S. Estas auditorías deben apoyarse en listas de verificación sencillas que permitan identificar desviaciones, áreas de oportunidad y acciones correctivas.

El seguimiento constante ayudará a evitar la regresión al estado inicial y fomentará una cultura de mejora continua dentro del laboratorio.

4. Incorporar identificación visual completa en tableros de herramientas
Como acción de mejora continua, se recomienda integrar de manera complementaria la identificación visual de cada herramienta en los tableros, incluyendo su nombre y cantidad correspondiente. Esta práctica permitirá reforzar el control visual, facilitar la detección de faltantes y estandarizar aún más la organización del herramental. Cabe señalar que esta recomendación surge como una oportunidad de mejora posterior a la implementación del proyecto, alineándose con el principio de mejora continua de la metodología 5'S.

5. Capacitación continua a encargados y usuarios del laboratorio

Se sugiere impartir capacitaciones breves y recurrentes sobre el uso correcto del sistema 5'S, dirigidas tanto a los encargados de la caseta de herramientas como a los docentes y alumnos que hacen uso del laboratorio. Estas capacitaciones pueden integrarse al inicio de cada ciclo escolar o como parte de la inducción para los estudiantes de nuevo ingreso. La comprensión del propósito del orden y la limpieza fortalece el sentido de pertenencia y responsabilidad colectiva sobre el cuidado del equipo.

4. Actualización y depuración periódica del inventario

Es recomendable realizar una revisión semestral del inventario, con el fin de identificar herramientas obsoletas, inservibles o que ya no cumplen una función académica. Este proceso permitirá mantener únicamente el material necesario y evitar nuevamente la saturación de espacios, como la detectada antes de la implementación del trabajo. Asimismo, se sugiere documentar formalmente la baja de herramientas para mantener registros claros y actualizados.

5. Integrar herramientas digitales para el control de herramental

Como complemento al sistema visual implementado, se recomienda evaluar la posibilidad de incorporar herramientas digitales para el control del inventario, como hojas de cálculo compartidas o sistemas básicos de registro. Esto permitiría un mejor seguimiento del uso, préstamo y mantenimiento del equipo, reforzando el control existente mediante vales físicos.

En síntesis, las recomendaciones planteadas trascienden el carácter correctivo y se posicionan como lineamientos estratégicos orientados a la consolidación y evolución del sistema implementado. Su adopción permitirá no solo preservar las condiciones de orden, limpieza y control alcanzadas mediante la metodología de las 5'S, sino también fortalecer su madurez operativa a través de la estandarización, el control visual y la disciplina organizacional.

Finalmente, la implementación progresiva de estas recomendaciones favorece la consolidación de una cultura organizacional orientada a la calidad, en la cual el orden y la disciplina no dependen de factores individuales, sino de un sistema estructurado, replicable y sostenible en el tiempo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **5'S:** Metodología japonesa de gestión orientada a la organización, limpieza, estandarización y disciplina en los espacios de trabajo. Sus cinco principios son: Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina).
2. **Activo:** Bien físico propiedad de la institución que tiene valor económico y funcional, como maquinaria, herramientas, instrumentos de medición y equipo de protección personal.
3. **Auditoría interna:** Proceso sistemático de evaluación que permite verificar el cumplimiento de procedimientos, estándares y prácticas establecidas dentro de una organización.
4. **CAD-CAM (Diseño Asistido por Computadora – Manufactura Asistida por Computadora):** Conjunto de tecnologías que integran el diseño digital de productos (CAD) con su fabricación automatizada (CAM). Permite desarrollar modelos virtuales y generar directamente los procesos de manufactura, optimizando tiempos y reduciendo errores.
5. **Caseta de herramientas de laboratorio:** Espacio destinado al resguardo, control y administración del herramental y materiales necesarios para el desarrollo de prácticas académicas en el Laboratorio de Manufactura.
6. **CIM (Manufactura Integrada por Computadora):** Sistema que integra de manera automatizada todos los procesos de producción de una empresa, incluyendo diseño, manufactura, control de calidad y logística, mediante el uso de tecnologías informáticas.
7. **Clasificación (Seiri):** Primera etapa de la metodología 5'S que consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios, eliminando aquellos que no aportan valor al proceso.
8. **CNC (Control Numérico por Computadora):** Tecnología utilizada para el control automatizado de máquinas-herramienta mediante programas informáticos. Permite la fabricación precisa de piezas a través de instrucciones codificadas que controlan movimientos, velocidades y trayectorias.

9. **Control visual:** Sistema de gestión que permite identificar de forma rápida el estado, ubicación y disponibilidad de herramientas o equipos mediante señales visuales como tableros, etiquetas y colores.
10. **Cultura organizacional:** Conjunto de hábitos, prácticas y valores compartidos que influyen en la forma de trabajo y comportamiento de los usuarios de una organización.
11. **Desperdicio (Muda):** Actividad que consume recursos sin generar valor. En esta investigación se identificaron desperdicios de movimiento, espera y almacenamiento innecesario.
12. **Diagnóstico inicial:** Evaluación sistemática del estado físico, operativo y organizacional de la caseta de herramientas del laboratorio antes de la implementación de la metodología 5'S .
13. **Disciplina (Shitsuke):** Quinta etapa de la metodología 5'S enfocada en mantener y mejorar continuamente los estándares establecidos mediante hábitos y compromiso del personal.
14. **Eficiencia operativa:** Capacidad de realizar las actividades utilizando el menor tiempo y recursos posibles, manteniendo la calidad y seguridad del proceso.
15. **Equipo de Protección Personal (EPP):** Conjunto de elementos diseñados para proteger la integridad física del usuario durante la ejecución de actividades de riesgo, como caretas, guantes y lentes de seguridad.
16. **Estandarización (Seiketsu):** Cuarta etapa de la metodología 5'S que consiste en establecer normas visuales y procedimientos que permitan mantener el orden y la limpieza de forma consistente.
17. **Flujo operativo:** Secuencia de actividades relacionadas con la solicitud, entrega, uso y devolución del herramental dentro del laboratorio.
18. **Gestión de activos:** Proceso de control, resguardo y mantenimiento de los bienes físicos de una organización para garantizar su disponibilidad y vida útil.
19. **Gestión del herramental:** Administración del uso, almacenamiento y control de herramientas y equipos utilizados en procesos académicos o productivos.
20. **Herramental:** Conjunto de herramientas manuales, eléctricas, de medición y accesorios necesarios para la ejecución de prácticas de manufactura.

21. **Inventario:** Registro ordenado y sistemático de los bienes disponibles dentro de la caseta de herramientas del laboratorio.
22. **Laboratorio de Manufactura:** Espacio académico equipado con maquinaria y herramientas destinadas a la enseñanza práctica de procesos industriales.
23. **Limpieza (Seiso):** Tercera etapa de la metodología 5'S que consiste en eliminar suciedad, polvo y residuos para preservar el estado óptimo del área y los equipos.
24. **Mantenimiento preventivo:** Acciones planificadas destinadas a conservar los equipos en condiciones adecuadas de funcionamiento y evitar fallas prematuras.
25. **Mejora continua:** Filosofía de gestión orientada a la optimización constante de procesos, espacios y métodos de trabajo.
26. **Orden (Seiton):** Segunda etapa de la metodología 5'S que busca asignar un lugar específico y visible a cada elemento, facilitando su localización y uso.
27. **Proceso académico:** Conjunto de actividades relacionadas con la enseñanza y aprendizaje práctico dentro del laboratorio.
28. **Riesgo laboral:** Probabilidad de que ocurra un accidente o daño derivado de condiciones inseguras en el entorno de trabajo.
29. **Seguridad industrial:** Disciplina enfocada en la prevención de accidentes y en la protección de las personas, equipos e instalaciones.
30. **Servicio social:** Actividad académica en la que los estudiantes aplican sus conocimientos en beneficio de la institución, apoyando funciones operativas y administrativas.
31. **Sistema de vales:** Método de control utilizado para registrar el préstamo y devolución del herramental dentro del laboratorio.
32. **Sostenibilidad del sistema:** Capacidad del sistema 5'S para mantenerse en el tiempo mediante hábitos, disciplina y seguimiento.
33. **Tablero de sombras (Shadow board):** Herramienta de control visual que utiliza siluetas para indicar la ubicación correcta de cada herramienta.
34. **Vida útil:** Periodo durante el cual un equipo o herramienta puede ser utilizado de forma segura y eficiente.

ANEXOS

ANEXO A

Checklist de evaluación 5'S

CHECKLIST DE EVALUACIÓN 5'S - CASETA DE HERRAMIENTAS (LABORATORIO DE MANUFACTURA)

Institución de Ciencias Básicas e Ingeniería

Area Académica de Ingeniería y Arquitectura

Laboratorio de Manufactura

Zona evaluada: ☐ Caseta de herramientas ☐ Tablero ☐ Estantes ☐ Área de préstamo ☐

Fecha: ____ / ____ / ____

Hora: _____

Evaluable(a): _____

Responsable / Auxiliar en turno: _____

Semestre / Grupo: _____

Escala de evaluación

- 2 = Cumple
- 1 = No cumple

Observaciones: Anotar faltantes, causas o mejoras necesarias.

1) SEIRI - Clasificación (Eliminar lo innecesario)

Criterio por evaluar	1	2	Observaciones
No hay herramientas o materiales sin uso acumulados	☐	☐	
Herramientas dañadas: están separadas e identificadas	☐	☐	
No hay objetos personales en la caseta de herramientas	☐	☐	
Solo hay material necesario para operación del área	☐	☐	
Se retiran duplicados o excedentes sin función	☐	☐	

Puntaje Seiri: ____ / 10

2) SEITON - Orden (Un lugar para cada cosa)

Criterio por evaluar	1	2	Observaciones
Herramientas: tienen ubicación fija y definida	☐	☐	
Tablero/siluetas: facilitan identificar faltantes	☐	☐	
Etiquetas visibles y legibles en estantes o cajones	☐	☐	
Herramientas de uso frecuente está en zona accesible	☐	☐	
No hay herramientas fuera de su lugar asignado	☐	☐	

Puntaje Seiton: ____ / 10

3) SEISO - Limpieza (Mantener limpio e inspeccionar)

Criterio por evaluar	1	2	Observaciones
Superficies limpias (mesa, estantes, tableros)	☐	☐	
Herramientas: se devuelven limpias después de uso	☐	☐	
No hay polvo excesivo, grasa o residuos visibles	☐	☐	
Área libre de basura o empaques	☐	☐	
Se detectan y reportan condiciones anormales (daños/fugas)	☐	☐	

Puntaje Seiso: ____ / 10

4) SEIKETSU - Estandarización (Mantener lo logrado)

Criterio por evaluar	1	2	Observaciones
Existe señalización clara (zonas, nombres, avisos)	☐	☐	
Se utiliza el formato de vale e identificación institucional para préstamos	☐	☐	
Hay reglas visibles dentro o fuera de la caseta de herramientas	☐	☐	
Rutina definida para limpieza y acomodo diario	☐	☐	
Se registra entrega y devolución de herramientas	☐	☐	

Puntaje Seiketsu: ____ / 10

5) SHITSUKE - Disciplina (Hábito y cumplimiento)

Criterio por evaluar	1	2	Observaciones
Usuarios: respetan el proceso de préstamo (vale + identificación institucional)	☐	☐	
Los responsables y auxiliares: aplican el reglamento sin excepciones	☐	☐	
Se reportan faltantes o daños al momento	☐	☐	
Se mantiene el orden incluso con alta rotación de usuarios	☐	☐	
Se realizan revisiones periódicas sin necesidad de "recordatorios"	☐	☐	

Puntaje Shitsuke: ____ / 10

Resultado general

S	Puntaje obtenido	Máximo
<i>Seiri (Clasificar)</i>		10
<i>Seiton (Ordenar)</i>		10
<i>Seiso (Limpiar)</i>		10
<i>Seiketsu (Estandarizar)</i>		10
<i>Shitsuke (Disciplina)</i>		10
<i>TOTAL</i>		50

Nivel de cumplimiento

☐ 0 - 20 = Bajo (requiere intervención inmediata)

☐ 21 - 35 = Medio (hay avances, pero falta constancia)

☐ 36 - 45 = Bueno (control aceptable, reforzar estándares)

☐ 46 - 50 = Excelente (área controlada y sostenida)

Observaciones generales

Acciones correctivas / mejoras propuestas

Nombre y firma del evaluador

Nombre y firma del responsable/auxiliar

ANEXO B

MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS								
No.	Cantidad	Equipo/ Herramienta	Marca	Modelo	No. Serie	Estado	Observación	Ubicación
1	10	Caretas	SURTEK	P691	SN	Funcional	Nuevas	Caseta de herramientas, estante 4, color azul, de dos
2	1	Cortadora	Truper	CM-14N	LMS-LRM	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
3	1	Esmeril	Bosch	GWS-115ET	6100027052010	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
4	2	Esmeril	Truper	ERGO-4580	SN	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
5	1	Manguera de extracción	Powertec	70196	SN	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 8 de dos niveles, color azul

No.	Cantidad	Equipo/ Herramienta	Marca	Modelo	No. Serie	Estado	Observación	Ubicación
6	1	Router	Craftsman	320.37595	SN	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
7	1	Tabla de router	Craftsman	320.37599	SN	Funcional	En buen estado	Caseta de herramientas, estante 8 de dos niveles,
8	3	Taladro	Truper	ROTO-1/2N8	SN	Funcional	Todos en buen estado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos
9	1	Taladro	Bosch	GSB 13 RE	3601B3D5GO	Funcional	Falla el seguro para cambiar el sentido	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
10	1	Cizalla	Chicago Electric Power Tools	68199	363831434	Reparable	Olor a quemado	Caseta de herramientas, estante 1, mueble de dos puertas,
11	1	Cortadora	Milwaukee	6176-20	968C903 1002022	Reparable	No funciona gatillo y al conectarla inicia a cortar, piezas rotas	—

No.	Cantidad	Equipo/ Herramienta	Marca	Modelo	No. Serie	Estado	Observación	Ubicación
12	1	Esmeril	King	1178	SN	Reparable	No enciende y piezas sueltas	---
13	1	Esmeril	Truper	ERGO-4581	SN	Reparable	No enciende	---
14	1	Gato hidráulico	Truper	DTH-16	SN	Reparable	Falta mantenimiento, rellenar aceite	---
15	1	Taladro	DE WALT	DWD024-D3	681301	Reparable	No enciende	---
16	1	Tronzadora	Makita	2414NB	2050107	Reparable	Guarda metálica suelta y olor a quemado	---
17	1	Cortadora	Bosch	3814	SN	Inservible	Desarmada y no funciona	---
18	1	Esmeril de banco	Bench Grinder			Inservible	Faltan cables y piezas internas seltas	---

REPUESTOS NUEVOS

No.	Cant	Nombre del repuesto	Marca	Especificaciones	Estado	Ubicación
1	5	Árbol para broquero	WESTON TOOLS	MT4 JT33	Nuevo	Estante 3
2	40	Broca p centro 5MM	CLEVELAND	—	Nuevo	Estante 3
3	18	Broca p centro 6MM	CLEVELAND	—	Nuevo	Estante 3
4	21	Broca p centro 8MM	CLEVELAND	—	Nuevo	Estante 3
5	11	Broca Parabólica	CLEVELAND	27/32" larga	Nuevo	Estante 3
6	5	Broca Parabólica	CLEVELAND	27/32" corta	Nuevo	Estante 3
7	3	Broca Parabólica	CLEVELAND	43/64	Nuevo	Estante 3
8	18	Broca Parabólica	CLEVELAND	19/32 larga	Nuevo	Estante 3
9	8	Broca Parabólica	CLEVELAND	19/32 corta	Nuevo	Estante 3
10	1	Broca Parabólica	CLEVELAND	17/32 larga	Nuevo	Estante 3
11	18	Broca Parabólica	CLEVELAND	17/32 corta	Nuevo	Estante 3
12	1	Broca Zarco Cónica	CLEVELAND	25/32 (19.84 mm)	Nuevo	Estante 3
13	15	Brocas 12 pzs	CLEVELAND	5/32	Nuevo	Estante 3
14	10	Brocas 16 pzs	CLEVELAND	13/32	Nuevo	Estante 3
15	3	Buril Rectangular	CLEVELAND	5/8x3/4 Cobalto	Nuevo	Estante 3
16	2	Buril cuadrado	CLEVELAND	1/2" x 4"	Nuevo	Estante 3
17	3	Buril cuadrado	CLEVELAND	3/8 x 3	Nuevo	Estante 3
18	2	Buril cuadrado rectificado	CLEVELAND	1/2 x 4"	Nuevo	Estante 3
19	1	Caja de brocas de centro	—	—	Nuevo	Estante 3
20	1	Cepillo de esmerilado	TRUPER	6000 R/min	Nuevo	Estante 3
21	12	Cortador end mill	CLEVELAND	5/8 x 2 1/2	Nuevo	Estante 3
22	11	Cortador end mill	CLEVELAND	3/4 x 3/4	Nuevo	Estante 3
23	2	Cortador end mill	CLEVELAND	1/8 x 3/8	Nuevo	Estante 3
24	3	Cortador end mill	CLEVELAND	9/32 x 3/8	Nuevo	Estante 3
25	2	Cortador end mill	VERMONT	5/8	Nuevo	Estante 3
26	5	Cortador vertical	CLEVELAND	19/64 x 3/8	Nuevo	Estante 3
27	8	Cortador vertical	CLEVELAND	11/64 x 3/8	Nuevo	Estante 3
28	2	Cortador de centro	BASSETT	5/16 x 1/2	Nuevo	Estante 3
29	2	Cortador de centro	CLEVELAND	9/32 x 3/8	Nuevo	Estante 3
30	1	Cortador de centro	CLEVELAND	3/8	Nuevo	Estante 3
31	1	Cortador de tubo	PRETUL	3mm - 29mm	Nuevo	Estante 3
32	4	Cuch P/ Tronz Cob	CLEVELAND	1/8 x 1/2	Nuevo	Estante 3
33	9	Cuchilla t cob	CLEVELAND	3/16 x 3/4	Nuevo	Estante 3
34	5	Cuchilla t cob	CLEVELAND	1/8 x 1/2	Nuevo	Estante 3
35	1	Disco de diamante	TRUPER	4 1/2"	Nuevo	Estante 3

No.	Cant	Nombre del repuesto	Marca	Especificaciones	Estado	Ubicación
36	2	Disco de lija para panel de yeso	TRUPER	9"	Nuevo	Estante 3
37	5	Disco abrasivo para desbaste	AUSTROMEX	13,300 RPM	Nuevo	Estante 3
38	11	Filtro para careta	TRUPER	2"-4 1/4"	Nuevo	Estante 3
39	6	Filtro para anteojos	TRUPER	50 mm diámetro	Nuevo	Estante 3
40	10	Flexómetro	TRUPER	8 m	Nuevo	Estante 3
41	2	Fresa	CLEVELAND	3/8 x 3/8	Nuevo	Estante 3
42	4	Fresa vertical	CLEVELAND	5/8 x 5/8	Nuevo	Estante 3
43	2	Hoja de sierra circular	BOSCH	10"	Nuevo	Estante 3
44	1	Juego de desarmadores	PRETUL	6 piezas	Nuevo	Estante 3
45	1	Juego de llaves	—	9 llaves de acero	Nuevo	Estante 3
46	1	Juego de llaves ajustables rubber	URREA	3 llaves (8",10",12")	Nuevo	Estante 3
47	5	Lentes de seguridad	TRUPER	Ventilación lateral	Nuevo	Estante 3
48	5	Machuelo	VERMONT	3/4	Nuevo	Estante 3
49	1	Machuelo	GREENFIELD	Carbón M33 x 3.50	Nuevo	Estante 3
50	2	Machuelo Carbón	GREENFIELD	M36 x 4.00	Nuevo	Estante 3
51	6	Machuelo	CLEVELAND	9/16-18 HSGT	Nuevo	Estante 3
52	9	Machuelos 3/4 3 pzas	VERMONT	—	Nuevo	Estante 3
53	4	Machuelos 3/4 3 pzas	VERMONT	—	Nuevo	Estante 3
54	18	Machuelos 5/8	VERMONT	—	Nuevo	Estante 3
55	3	Mazo de huel	TRUPER	Cabeza 8 oz	Nuevo	Estante 3
56	2	Pinza porta electrodo	TRUPER	500 A	Nuevo	Estante 3
57	2	Pinza para tierra	TRUPER	501 A	Nuevo	Estante 3
58	1	Pistola para pintar	TRUPER	1 L	Nuevo	Estante 3
59	2	Quick Set	CLEVELAND	Escariadores ajustables	Nuevo	Estante 3
60	8	RIMA ZC	CLEVELAND	—	Nuevo	Estante 3
61	10	Rima hel regular length	CLEVELAND	7/16	Nuevo	Estante 3
62	5	Reamer	CLEVELAND	0.1865	Nuevo	Estante 3
63	8	Reamer	CLEVELAND	STR FLT 1-1/4	Nuevo	Estante 3
64	3	Reamer	CLEVELAND	STR FLT 1-1/8	Nuevo	Estante 3
65	3	Repuesto para sierra cinta	TRUPER	93 1/2"	Nuevo	Estante 3
66	6	Rueda abrasiva óxido aluminio	TRUPER	6" diámetro	Nuevo	Estante 3
67	1	Rueda abrasiva	TRUPER	Carburo de silicio	Nuevo	Estante 3

No.	Cant	Nombre del repuesto	Marca	Especificaciones	Estado	Ubicación
68	4	Rueda abrasiva carburo silicio	TRUPER	6" diámetro	Nuevo	Estante 3
69	3	Rueda abrasiva grano mediano	AUSTROMEX	Para esmerilado	Nuevo	Estante 3
70	5	Sacabocados	BLUMOL	1-7/8"	Nuevo	Estante 3
71	3	Segueta mecánica	HECORT	Alta velocidad	Nuevo	Estante 3
72	4	Sierra Circular	SURTEX	12" 120 dientes	Nuevo	Estante 3
73	1	Sierra Circular	DEWALT	14" 66 dientes	Nuevo	Estante 3
74	1	Sierra Circular	TRUPER	12" 80 dientes	Nuevo	Estante 3
75	1	Sierra Circular	TRUPER	6x1/16x1 58 dientes	Nuevo	Estante 3
76	5	Sierra tubular alta tensión	STANLEY	300 lbs	Nuevo	Estante 3
77	5	Twist Drill 5/8	CLEVELAND	—	Nuevo	Estante 3
78	3	RH Spiral	CLEVELAND	1/2	Nuevo	Estante 3

ANEXO C

Reglamento interno para el uso de la caseta de herramientas del Laboratorio de Manufactura.

Objetivo: Establecer normas claras para el uso, préstamo y devolución de herramientas, con el fin de mantener el orden, prevenir pérdidas y asegurar condiciones seguras durante las prácticas.

1. Disposiciones generales

1. La caseta de herramientas es un área de apoyo académico durante el desarrollo de prácticas de laboratorio, por lo que su utilización debe ser responsable y bajo control.
2. El préstamo de herramientas se realiza únicamente por solicitud a los responsables/auxiliares de la caseta de herramientas.
3. Las herramientas deberán devolverse en el mismo estado en que fueron entregadas.
4. El usuario es responsable del uso adecuado de las herramientas durante el tiempo que permanezca bajo su resguardo.

2. Responsables del control de herramientas

5. Los responsables del laboratorio y los prestatarios de servicio social son los únicos autorizados para:
 - Entregar herramientas al inicio de la práctica
 - Recibir herramientas al finalizar la práctica
 - Mantener el orden en el tablero y zonas de almacenamiento, colocando cada herramienta en su lugar
 - Verificar el estado de la herramienta antes y después del préstamo
6. Ningún usuario está autorizado para ingresar y tomar herramientas directamente sin supervisión del responsable.
7. Los responsables deberán mantener el área organizada y aplicar el control visual establecido para identificar rápidamente herramientas disponibles y faltantes.

3. Procedimiento de préstamo

8. Para solicitar herramientas, el usuario deberá acudir con el responsable de la caseta de herramientas y llenar el vale de préstamo correctamente.
9. Proceso de solicitud de herramientas:
 - El responsable del laboratorio entrega el vale de préstamo
 - El usuario llena el vale solicitando las herramientas necesarias para la práctica, acompañado de su identificación institucional durante el tiempo de uso
10. El vale deberá permanecer bajo resguardo del responsable durante el préstamo y será utilizado como referencia al momento de la devolución.

4. Uso y devolución del material

11. Al finalizar la práctica, el usuario deberá regresar el material al responsable, quien verificará:
 - Que la herramienta esté en perfectas condiciones
 - Que esté limpia
 - Que corresponda a lo solicitado en el vale
12. Una vez validada la devolución, el responsable cancelara el vale y entregara la identificación al usuario.
13. El responsable colocara las herramientas en el lugar asignado conforme al tablero o sistema de almacenamiento establecido.
14. El responsable del laboratorio verificara al final de la práctica que las herramientas se encuentren colocadas en el lugar asignado.

5. Reporte de daños o extravíos

15. Si durante el uso una herramienta se daña o presenta fallas, deberá reportarse de inmediato al responsable, para deslindar responsabilidades.
16. En caso de extravío, se llenará un vale de adeudo y se aplicará el procedimiento correspondiente de acuerdo con los lineamientos internos.
17. Si el responsable detecta daño o faltante al momento de la devolución, se llenará un vale de adeudo y se aplicará el procedimiento correspondiente de acuerdo con los lineamientos internos.

6. Orden, limpieza y control visual

El responsable del laboratorio deberá:

19. Respetar el sistema de control visual implementado (tableros, etiquetas, señalización y clasificación).
20. Mantener la caseta de herramientas libre de basura, residuos o materiales ajenos a las requeridas en las prácticas.
21. El orden dentro de la caseta de herramientas es responsabilidad directa de los responsables.

Responsable de Laboratorio:

Responsable(s)/Auxiliar de caseta de herramientas de laboratorio:

Fecha de actualización: 16/02/2026

ANEXO D

El presente anexo presenta las evidencias correspondientes a la capacitación impartida a los responsables y auxiliares del Laboratorio de Manufactura sobre la metodología 5'S. Durante la sesión se explicó el concepto de cada S y se mostraron los procedimientos para mantener el orden y la limpieza de manera sistemática. Se incluyó material de apoyo visual y didáctico que facilitó la comprensión de los participantes y reforzó la aplicación de los criterios establecidos en la implementación de la metodología.

Las evidencias aquí recopiladas respaldan la intervención realizada y permiten verificar que el personal recibió las instrucciones y conocimientos necesarios para mantener la disciplina y la sostenibilidad del sistema 5'S en la caseta de herramientas del laboratorio.





BIBLIOGRAFÍA

- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2021). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(4), 371–401.
- Deming, W. E. (2020). *Out of the crisis* (Reprint ed.). MIT Press.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2020). *Managing for quality and performance excellence* (11th ed.). Cengage Learning.
- Galsworth, G. D. (2020). *Visual workplace: Visual thinking*. CRC Press.
- García-Alcaraz, J. L., Maldonado-Macías, A. A., & Hernández, G. (2022). *Lean manufacturing tools and techniques in industrial and educational environments*. Springer.
- Goetsch, D. L., & Davis, S. B. (2021). *Quality management for organizational excellence: Introduction to total quality* (9th ed.). Pearson Education.
- Greif, M. (2021). *The visual factory: Building participation through shared information* (2nd ed.). CRC Press.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (14th ed.). Pearson.
- Hernández-Matías, J. C., Ramírez-Gómez, A., & López-Torres, G. C. (2023). Implementation of 5S methodology in higher education laboratories to improve safety and efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136101.
- Hirano, H. (2021). *5S for operators: 5 pillars of the visual workplace*. Productivity Press.
- Imai, M. (2020). *Kaizen: The key to Japan's competitive success* (Revised ed.). McGraw-Hill Education.
- Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2022). *Operations management: Processes and supply chains* (13th ed.). Pearson.
- Liker, J. K. (2021). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

- Liker, J. K., & Convis, G. L. (2021). *The Toyota way to lean leadership: Achieving and sustaining excellence through leadership development*. McGraw-Hill.
- Love, P. E. D., & Edwards, D. J. (2021). *Occupational safety and health in industrial environments*. Routledge.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). Wiley.
- Oakland, J. S. (2020). *Total quality management and operational excellence: Text with cases* (5th ed.). Routledge.
- Pérez, L., & Ramírez, J. (2022). Disciplina organizacional y mejora continua en entornos educativos. *Revista Iberoamericana de Ingeniería*, 18(2), 45–58.
- Ramírez, M., & Soto, P. (2023). Aplicación de Poka-Yoke en laboratorios educativos. *Journal of Engineering Education Research*, 26(1), 67–78.
- Santos, J., Rebelo, E., & Silva, S. (2021). Benefits of 5S implementation in laboratory environments. *Journal of Manufacturing Systems*, 59, 110–120.
- Shingo, S. (2020). *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. Productivity Press.
- Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2023). *Operations management* (10th ed.). Pearson.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (2nd ed.). Free Press.