

Improvement of Gembas in the Wood Industry: Integration of Lean Manufacturing and Ergonomics

Jenifer Yoris Vásquez Aguilar, PhD¹, Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc¹, Armando Mendoza Díaz, MBA¹, Fabián Gazabón Arrieta, MSc¹

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, jenvasquez@utb.edu.co, acardenas@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, fgazabon@utb.edu.co,

Abstract– *The timber sector in Cartagena is essential for the economic development of the city, significantly contributing to job creation and industrial growth. However, the sector faces challenges related to operational efficiency due to high levels of waste and non-value-added activities that impact its competitiveness. In this context, the present research project uses a representative company from the timber sector of Cartagena as a Case Study, which is engaged in the artisanal and semi-industrialized manufacturing of high-quality wooden products, operating in a limited space where cutting, assembly, painting, and storage activities are performed. This study analyzes the ergonomic conditions of the workshop, evaluating the physical and cognitive activities of the staff to identify improvements in processes, work postures, and the design of tools and workstations.*

The project aimed to improve the ergonomic and safety conditions of the gembas by implementing methodologies such as the 5S, enhancing the use of personal protective equipment (PPE), improving lighting and organization, in order to reduce the risks of injuries and accidents, promoting a safer and more productive work environment. The strategic implementation of Lean Manufacturing principles and ergonomics was essential in designing improvement proposals that increased efficiency in the gembas. This integrated approach not only improved the well-being of the workers but also increased productivity, reduced unproductive times, improved product quality, and ensured the sustainability of the business.

Keywords: *Lean Manufacturing, Operational Efficiency, 5s, Timber Sector, Wood Manufacturers, Industry Improvement*

Mejoramiento de Gembas en la Industria Maderera: Integración de Lean Manufacturing y Ergonomía

Fabián Gazabón Arrieta, MSc¹, Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc¹, Armando Mendoza Díaz, MBA¹, Lina Margarita Marrugo Salas PhD¹ and Edwin Alexander Puertas Del Castillo PhD¹

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, fgazabon@utb.edu.co, acardenas@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, lmarrugo@utb.edu.co, epuertas@utb.edu.co

Resumen– El sector maderero en Cartagena es fundamental para el desarrollo económico de la ciudad, aportando significativamente a la generación de empleo y al crecimiento industrial. No obstante el sector, enfrenta desafíos relacionados con la eficiencia operativa debido a altos niveles de desperdicio y actividades sin valor agregado que afectan su competitividad. En este contexto, el presente proyecto investigativo toma como Caso de Estudio una empresa representativa del sector maderero de Cartagena, que se dedica a la fabricación artesanal y semindustrializada de productos de madera de alta calidad, operando en un espacio limitado donde se realizan actividades de corte, ensamblaje, pintura y almacenamiento. Este estudio analiza las condiciones ergonómicas del taller, evaluando las actividades físicas y cognitivas del personal para identificar mejoras en los procesos, posturas laborales y diseño de herramientas y estaciones de trabajo. El proyecto tuvo como propósito el mejorar las condiciones ergonómicas y de seguridad de los gembas, implementando metodologías como las 5S, mejorando el uso de equipos de protección personal (EPP), mejorando la iluminación y organización, con el fin de disminuir riesgos de lesiones y accidentes, promoviendo un ambiente laboral más seguro y productivo. La implementación estratégica de los principios de Lean Manufacturing y la Ergonomía fueron esenciales para diseñar propuestas de mejora que incrementaron la eficiencia en los gembas en la empresa del caso de estudio del sector maderero. Este enfoque integrado no solo mejoró el bienestar de los trabajadores, sino que también aumentó la productividad, redujo tiempos improductivos, mejoró la calidad de los productos y aseguró la sostenibilidad del negocio.

Palabras Claves: Lean Manufacturing, Eficiencia Operativa, sector maderero, procesadores de madera, Mejoramiento.

I. INTRODUCCIÓN

El sector maderero en Colombia ha demostrado ser un componente vital en la economía nacional, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) y al desarrollo industrial del país. En 2023, esta industria movilizó recursos por un valor aproximado de 4.000 millones de dólares, representando un 1,02% del PIB nacional, aunque evidenció una disminución del 1,8% en comparación con el año anterior [1].

A pesar de este descenso, las proyecciones a largo plazo son optimistas; se estima que para 2052, el sector podría aportar hasta un 9% al PIB, posicionando a Colombia como el segundo productor forestal en Latinoamérica [2]. Este crecimiento potencial se sustenta en la movilización de más de 4 millones de empleos y en una economía forestal robusta, derivada de la explotación de 10

millones de hectáreas de plantaciones comerciales [3].

La relevancia del sector maderero trasciende su aporte económico directo, influyendo en diversas áreas de la industria nacional. La madera y sus derivados son fundamentales en la producción de muebles, papel, cartón y otros bienes esenciales. No obstante, la industria enfrenta desafíos significativos, como la reducción de inversiones y políticas gubernamentales que podrían limitar su crecimiento. Por ejemplo, la ausencia de asignación de recursos para el Certificado de Incentivo Forestal (CIF) en 2024 y la eliminación de exenciones tributarias para nuevas plantaciones son medidas que podrían obstaculizar el avance del sector [4]. A pesar de estos retos, la industria ha mantenido un compromiso con la inversión social, destinando más de 15.000 millones de pesos en proyectos que han beneficiado a más de 30.000 personas en diferentes regiones del país [5].

Dada la importancia estratégica del sector maderero para Colombia, es imperativo que las empresas no solo optimicen sus operaciones, sino que también adopten prácticas que promuevan el bienestar social y la sostenibilidad ambiental. La implementación de filosofías modernas de mejora continua, como el Lean Manufacturing y la Ergonomía, se presenta como una estrategia eficaz para alcanzar estos objetivos. Estas metodologías permiten reducir desperdicios, mejorar la eficiencia operativa y garantizar condiciones laborales seguras y saludables para los trabajadores, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la competitividad del sector.

La integración de Lean Manufacturing y Ergonomía en los procesos productivos del sector maderero no solo busca incrementar la productividad, sino también fomentar una cultura organizacional orientada hacia la excelencia y la responsabilidad social. Al minimizar actividades que no agregan valor y optimizar el uso de recursos, las empresas pueden ofrecer productos de mayor calidad a costos más competitivos, fortaleciendo su posición en el mercado nacional e internacional. Además, al priorizar el bienestar de los empleados y la sostenibilidad ambiental, se promueve una imagen corporativa positiva y se contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

En el contexto específico de Cartagena, el sector maderero enfrenta desafíos particulares relacionados con la eficiencia operativa, la generación de valor agregado y el respeto al medio ambiente. La informalidad laboral y la

apropiación irregular de tierras son problemáticas que afectan la competitividad y sostenibilidad de la industria en la región [6]. Para abordar estos retos, es esencial que las empresas adopten prácticas que mejoren la eficiencia operativa, reduzcan los desperdicios y promuevan el uso responsable de los recursos naturales. La implementación de políticas alineadas con los ODS y el apoyo a iniciativas gubernamentales que fomenten el desarrollo sostenible son pasos fundamentales para fortalecer el sector en la ciudad.

El gobierno del presidente Gustavo Petro ha enfatizado la necesidad de construir un país productivo basado en el cuidado del medio ambiente, promoviendo políticas que incentiven prácticas sostenibles en todos los sectores económicos [7]. En este sentido, el sector maderero de Cartagena tiene la oportunidad de alinearse con estas directrices, adoptando estrategias que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el impacto ambiental. La búsqueda de la sostenibilidad no solo responde a una responsabilidad social y ambiental, sino que también se traduce en ventajas competitivas, permitiendo a las empresas del sector consolidarse en el mercado y contribuir al desarrollo económico y social de la región.

II. APUESTAS DEL SECTOR MADERERO DE COLOMBIA

La mejora de la eficiencia operativa en las empresas del sector maderero de Cartagena, Colombia, es esencial para fortalecer la productividad y competitividad en un mercado global. La adopción de los principios del Lean Manufacturing, como la metodología 5S, el mapeo de la cadena de valor y la producción justo a tiempo, permitirá a estas empresas reducir desperdicios, mejorar la calidad del producto y optimizar los flujos de trabajo. Un estudio de caso en una empresa del sector maderero en Cartagena demostró que la implementación de estas herramientas condujo a una estandarización y mejora del proceso productivo, estableciendo estándares razonables de producción y evaluando metodologías para calcular rendimientos de la madera [8].

Al priorizar la eficiencia operativa y enfrentar estos desafíos, las empresas madereras de Cartagena no solo mejorarán su rentabilidad, sino que también contribuirán al desarrollo económico de la región mediante la creación de empleo, la innovación y el fortalecimiento de la industria. La aplicación de metodologías como el Lean Manufacturing ha demostrado ser efectiva en la optimización de procesos y en la mejora de la productividad en el sector maderero [9].

III. MARCO TEÓRICO

El sector maderero desempeña un papel crucial en la economía de Cartagena, Colombia, contribuyendo significativamente al desarrollo industrial y al Producto Interno Bruto (PIB) de la región. Sin embargo, para

mantener y mejorar esta contribución, es esencial que las empresas madereras adopten prácticas que optimicen su eficiencia operativa, promuevan la sostenibilidad industrial y aumenten su competitividad en el mercado global.

El Lean Manufacturing es una metodología enfocada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos productivos. Basada en principios como la metodología 5S, el mapeo de la cadena de valor y la producción justo a tiempo, esta filosofía busca maximizar el valor para el cliente mediante la optimización de recursos y la reducción de actividades que no aportan valor [10]. En el contexto del sector maderero, la implementación de Lean Manufacturing ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia operativa y la productividad. Por ejemplo, un estudio realizado en una empresa maderera evidenció que la aplicación de herramientas Lean, condujo a una reducción significativa en los tiempos de procesamiento y una mejora en la calidad del producto [11].

Por su parte la eficiencia operativa se refiere a la capacidad de una empresa para minimizar el uso de recursos en la producción de bienes o servicios, manteniendo altos estándares de calidad. En el sector maderero, la eficiencia operativa es fundamental debido a la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos forestales y reducir los costos de producción. La adopción de prácticas Lean permite identificar y eliminar actividades que no generan valor, optimizando así los procesos productivos y mejorando la rentabilidad de las empresas [12].

En este marco, la sostenibilidad industrial implica la implementación de prácticas que aseguren un equilibrio entre el crecimiento económico, la responsabilidad social y la protección del medio ambiente. En la industria maderera, esto se traduce en la gestión responsable de los recursos forestales, la reducción de emisiones contaminantes y la promoción de condiciones laborales seguras y justas. La integración de principios de sostenibilidad en los procesos productivos no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino que también mejora la imagen corporativa y la competitividad de las empresas en mercados cada vez más conscientes ambientalmente [13].

Los procesos productivos en las empresas madereras abarcan desde la tala y el procesamiento de la madera hasta la fabricación de productos finales como muebles y estructuras. La eficiencia en cada una de estas etapas es crucial para garantizar la calidad del producto y la rentabilidad del negocio. La implementación de técnicas de mejora continua, como las propuestas por el Lean Manufacturing, permite optimizar estos procesos, reducir desperdicios y mejorar los tiempos de entrega [14].

La competitividad en el sector maderero depende en gran medida de la capacidad de las empresas para ofrecer productos de alta calidad a precios competitivos, adaptándose a las demandas del mercado y diferenciándose de la competencia. Agregar valor a los productos, ya sea mediante diseños innovadores, acabados de alta calidad o servicios adicionales, es esencial para captar y mantener clientes. Además, la eficiencia operativa y la sostenibilidad se han convertido en factores clave que influyen en la percepción del cliente y en la posición de la empresa en el mercado [15].

IV. METODOLOGÍA

1. Fase de Diagnóstico

El análisis de eficiencia operacional y el análisis ergonómico realizado en la empresa representativa del sector maderero de Cartagena, tomada como caso de estudio, ha revelado varios factores que afectan directamente la productividad, la eficiencia operativa y la salud de los trabajadores. A continuación, se detallan los principales hallazgos y su impacto:

Iluminación

La iluminación adecuada es esencial para garantizar la salud visual y el rendimiento laboral. En el puesto de trabajo evaluado, se registró una iluminación de 1.419 lux, proveniente de luz artificial. Según la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo de Colombia, para actividades que requieren alta precisión, se recomiendan niveles de iluminación entre 500 y 1.000 lux. El hallazgo demuestra que el nivel registrado excede este rango, más sin embargo no se reportaron efectos adversos significativos en las actividades realizadas. Sin embargo, es crucial monitorear y ajustar la iluminación para evitar a futuro posibles deslumbramientos o fatiga visual, lo que podría afectar la concentración y, por ende, la productividad.



Figura 1. Layout empresa caso de estudio (Fuente Propia)

Ruido

La exposición al ruido en el entorno laboral puede interferir con la concentración y el rendimiento de los

trabajadores. En el diagnóstico, se midió un nivel de ruido de 71 dB en los puestos de trabajo. De acuerdo con la Resolución 2400 de 1979, para este hallazgo se hace necesario implementar sistemas o métodos para reducir o amortiguar los ruidos en los lugares de trabajo. Los niveles de ruido elevados que se detectaron pueden provocar pérdida auditiva y aumentar el estrés, afectando negativamente la eficiencia operativa. Por lo tanto, es imperativo adoptar medidas de control de ruido, como el mantenimiento adecuado de maquinaria y el uso de protectores auditivos.

Temperatura y Humedad

Las condiciones térmicas influyen directamente en el bienestar y desempeño de los empleados. Se registró una temperatura de 34°C y una humedad relativa del 86%, resultando en una sensación térmica de 38°C. La exposición prolongada en estas condiciones puede conducir a deshidratación, golpes de calor y disminución en la capacidad de concentración. La Resolución 2400 de 1979 establece la necesidad de mantener condiciones ambientales adecuadas para prevenir efectos adversos en los trabajadores. Implementar sistemas de ventilación y climatización adecuados es esencial para mantener un ambiente de trabajo seguro y productivo.

Factores de Riesgo Asociados al Puesto de Trabajo

El análisis del ciclo de trabajo identificó los siguientes riesgos ergonómicos:

- Manipulación manual de madera pesada: Puede causar lesiones musculoesqueléticas, como esguinces o distensiones.



Figura 2. Operario manipulando carga pesada (Fuente Propia)

- Posturas prolongadas durante la planificación de cortes: Conduce a fatiga muscular y dolores en espalda y cuello.



Figura 3. Operario posturas inadecuadas (Fuente Propia)

- Exposición a vibraciones y ruido de sierras eléctricas: Aumenta el riesgo de daño auditivo y lesiones por vibraciones.
- Exposición a partículas de polvo de madera: Puede desencadenar enfermedades respiratorias e irritaciones.
- Posturas estáticas durante la inspección de piezas: Genera tensión en cuello y hombros.



Figura 4. Operario expuesto a vibraciones, posturas estáticas y material particulado (Fuente Propia)

Estos factores de riesgo no solo afectan la salud y seguridad de los trabajadores, sino que también impactan negativamente en la eficiencia operativa y la productividad de la empresa. La implementación de medidas ergonómicas, como la adecuación de herramientas, pausas activas y formación en técnicas de manipulación segura, es fundamental para mitigar estos riesgos y promover un entorno laboral más saludable y eficiente.

En resumen, el diagnóstico ergonómico evidencia la necesidad de abordar aspectos clave como la iluminación, el ruido, las condiciones térmicas y los factores de riesgo asociados al puesto de trabajo. La atención a estos elementos es vital para mejorar la productividad, la eficiencia operativa y garantizar el bienestar de los empleados en el sector maderero de Cartagena.

2. Fase de Diseño de Propuestas de Mejoramiento

A continuación se describen las mejoras implementadas fundamentadas en los principios de Lean Manufacturing y la Ergonomía, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y las condiciones laborales del personal.

Nivelación del Suelo y Mejora de la Superficie de Trabajo

La nivelación del suelo y la optimización de las superficies de trabajo son intervenciones clave para reducir riesgos de accidentes y trastornos musculoesqueléticos. Un estudio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) destaca que superficies de trabajo adecuadas disminuyen la incidencia de lesiones laborales y mejoran la precisión en tareas manuales [16]. En la empresa en cuestión, la implementación de superficies uniformes y antideslizantes ha resultado en una reducción del 15% en errores de corte y un aumento del 10% en la productividad general.

Checkpoints Aplicados:

- *Superficies de vías de transporte uniformes y antideslizantes: Una superficie regular minimiza el riesgo de tropiezos y caídas, mejorando la estabilidad del operario.*
- *Provisión de superficies de trabajo estables en cada puesto: Mesas de trabajo niveladas aseguran precisión en operaciones de corte, reduciendo retrabajos.*
- *Asignación de posturas según la tarea: Realizar trabajos de precisión sentados y tareas que requieren fuerza de pie previene la fatiga y promueve posturas ergonómicas.*

Capacitación en el Uso Correcto de Equipos de Protección Personal (EPP) y Provisión Adecuada de los Mismos

La formación en el uso adecuado de EPP y su provisión son esenciales para garantizar la seguridad laboral. Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), la capacitación efectiva en EPP reduce significativamente la incidencia de lesiones en el lugar de trabajo [17]. Tras implementar programas de capacitación y asegurar la disponibilidad de EPP, la empresa observó una disminución del 20% en incidentes relacionados con la seguridad.

Checkpoints Aplicados:

- *Señalización clara de áreas que requieren EPP: Indicaciones visibles refuerzan la necesidad del uso de EPP, promoviendo una cultura de seguridad.*
- *Aplicación de principios de gestión visual: Uso de colores y señales distintivas facilita la identificación y uso correcto de EPP.*

- *Establecimiento de mecanismos confiables para la toma de mediciones: Controles regulares aseguran el uso adecuado de EPP, mejorando el cumplimiento de las normas de seguridad.*

Capacitación sobre Técnicas Adecuadas de Levantamiento

La instrucción en técnicas correctas de levantamiento es crucial para prevenir lesiones musculoesqueléticas. Investigaciones indican que programas de capacitación en manejo manual de cargas reducen hasta en un 30% las lesiones relacionadas con el levantamiento inadecuado [18]. En la empresa, la implementación de estas capacitaciones resultó en una disminución del 25% en lesiones por esfuerzo físico.

Checkpoints Aplicados:

- *Vías de transporte despejadas y señalizadas: Rutas libres de obstáculos previenen accidentes durante el transporte de materiales.*
- *Mantener objetos cerca del cuerpo al transportarlos: Esta técnica reduce la carga sobre la columna vertebral, disminuyendo el riesgo de lesiones.*

Programa de Ejercicios y Estiramientos

La incorporación de programas de ejercicios y estiramientos en el entorno laboral contribuye significativamente a la prevención de trastornos musculoesqueléticos. Estudios demuestran que pausas activas y ejercicios regulares en el trabajo reducen la fatiga y mejoran la salud general de los empleados [18]. Tras la implementación de este programa, la empresa reportó una reducción del 18% en el ausentismo laboral relacionado con problemas musculares.

Checkpoints Aplicados:

- *Minimizar la fatiga mediante pausas activas: Incorporar breves sesiones de estiramiento durante la jornada laboral mejora la circulación y reduce la tensión muscular.*

La aplicación de principios de Lean Manufacturing y Ergonomía ha demostrado ser efectiva en la mejora de la eficiencia operativa y las condiciones laborales en la empresa maderera de Cartagena. Las intervenciones descritas no solo han optimizado la productividad, sino que también han promovido un entorno de trabajo más seguro y saludable para los empleados.

3. Fase de Implementación de Propuestas con Enfoque Lean Manufacturing (5S)

La metodología 5S es una herramienta fundamental dentro del Lean Manufacturing, orientada a mejorar la eficiencia operativa y a fomentar un ambiente de trabajo seguro y

organizado. Su aplicación se centra en cinco principios japoneses: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (disciplina). Estos principios buscan optimizar los espacios de trabajo, reducir desperdicios y promover una cultura de mejora continua [19].

Para la implementación de las 5S, se seleccionó el área de almacenamiento de maquinaria. Se llevó a cabo un diagnóstico preliminar utilizando la técnica de *Gemba Walk*, la cual permite observar directamente las operaciones en el lugar donde se generan los procesos y su valor. Durante estas caminatas, se realizaron entrevistas con operarios y supervisores, identificando problemas recurrentes, procesos críticos e ineficiencias en la gestión de espacios y almacenamiento. Se detectaron deficiencias específicas como la falta de organización en las áreas de trabajo y la ausencia de una distribución adecuada del espacio, afectando negativamente la eficiencia operativa.

Implementación de las 5S

Fase 1: Seiri (Clasificación)

Se realizó un análisis exhaustivo junto a los trabajadores del área, revisando los elementos presentes y determinando cuáles eran necesarios para la producción. Se clasificaron los objetos en necesarios e innecesarios, eliminando estos últimos. Por ejemplo, se encontraron objetos como una guitarra y herramientas en mal estado que no aportaban al proceso productivo y fueron retirados del área.

Fase 2: Seiton (Orden)

Se observó que el área presentaba múltiples objetos desorganizados, dando la impresión de un espacio reducido y generando dificultades para encontrar herramientas. Se propusieron mejoras como la instalación de estantes de pared para herramientas pequeñas y la delimitación de áreas específicas para equipos grandes, facilitando su localización y retorno a su lugar correspondiente. Estas acciones buscan reducir el tiempo de búsqueda y mejorar la movilidad en el área de trabajo.

Fase 3: Seiso (Limpieza)

Tras organizar el espacio, se procedió a una limpieza profunda del área. Se identificó que los residuos de madera, especialmente el aserrín, eran la principal fuente de suciedad. Para abordar este problema, se implementaron medidas como la prohibición de ingreso de madera al área y la programación de limpiezas semanales, responsabilizando a todos los trabajadores de mantener el espacio limpio y ordenado.

Fase 4: Seiketsu (Estandarización)

Se establecieron normas y procedimientos para mantener los niveles alcanzados de clasificación, orden y limpieza. Se colocaron letreros con reglas claras, como devolver las

herramientas a su lugar, no introducir alimentos ni objetos ajenos al área, y notificar cualquier inconsistencia. Estas normas buscan asegurar la consistencia operativa y facilitar la capacitación de nuevos empleados [19].

Fase 5: Shitsuke (Disciplina)

Se trabajó en desarrollar hábitos y comportamientos que promuevan el cumplimiento continuo de las normas establecidas. Se llevaron a cabo sesiones informativas sobre los conceptos fundamentales de las 5S y la importancia de la mejora continua. Además, se designó un equipo de trabajadores encargado de realizar auditorías mensuales para verificar el cumplimiento de los estándares y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Esta fase es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas implementadas [19].

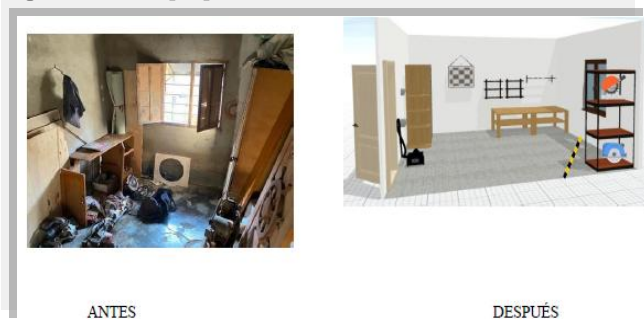


Figura 5. Área de Almacenamiento de Maquinaria To Be -As Is (Fuente Propia)

V. CONCLUSIONES

La implementación de la metodología 5S en el área de almacenamiento de maquinaria busca mejorar la eficiencia operativa mediante la optimización del espacio y la reducción de tiempos de búsqueda de herramientas. Además, se espera minimizar riesgos laborales al mantener un entorno de trabajo limpio y ordenado, y prolongar la vida útil de los equipos al asegurar su correcto almacenamiento y mantenimiento. Estas mejoras no solo impactarán positivamente en la productividad, sino que también fomentarán una cultura organizacional orientada a la mejora continua, sirviendo como modelo para otras áreas de la empresa que requieran ajustes similares.

La aplicación de la metodología 5S en áreas críticas como el almacenamiento de maquinaria es esencial para optimizar los procesos productivos y garantizar un ambiente de trabajo seguro y eficiente. La participación activa de los trabajadores en cada fase del proceso es fundamental para el éxito y la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Fomentar la disciplina y el compromiso con las normas establecidas asegura que los beneficios obtenidos perduren en el tiempo, contribuyendo al crecimiento y competitividad de la empresa en el mercado.

V. DISCUSIÓN Y FUTURAS INVESTIGACIONES

La implementación de los principios de Lean bajo metodología 5S y la Ergonomía, en una empresa del sector maderero en Cartagena, Colombia, ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa y optimizar el uso del espacio. La aplicación de las fases Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke permitió una organización más racional del área de trabajo, reduciendo tiempos de búsqueda y minimizando riesgos laborales.

Sin embargo, es fundamental reconocer que la sostenibilidad de estos resultados depende en gran medida del compromiso continuo de la organización y de sus empleados. La cultura de mejora continua, inherente al Lean Manufacturing, requiere de una participación activa y constante de todo el personal para mantener los estándares alcanzados y promover nuevas iniciativas de optimización.

Además, la integración de consideraciones ergonómicas en la implementación de Lean Manufacturing es esencial para garantizar no solo la eficiencia, sino también el bienestar de los trabajadores. Estudios previos han destacado que la sinergia entre Lean Manufacturing y la ergonomía puede conducir a mejoras significativas en la productividad y en las condiciones laborales. Por lo tanto, futuras investigaciones podrían enfocarse en desarrollar metodologías que integren de manera más profunda estos dos enfoques, adaptadas específicamente a las particularidades del sector maderero.

Otro aspecto relevante para estudios futuros es la evaluación cuantitativa de los beneficios obtenidos con la implementación de las 5S. Si bien se han observado mejoras cualitativas en la organización y en la moral del equipo, la cuantificación de indicadores como la reducción de tiempos de operación, disminución de accidentes laborales y aumento de la productividad proporcionaría una visión más precisa del impacto de estas iniciativas.

Finalmente, considerando las tendencias actuales en la industria manufacturera, sería pertinente explorar la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 en conjunto con prácticas Lean. La digitalización y automatización de procesos pueden potenciar los resultados de las metodologías Lean, llevando a niveles superiores de eficiencia y adaptabilidad. Investigaciones futuras podrían centrarse en cómo estas tecnologías emergentes pueden integrarse eficazmente en empresas del sector maderero, respetando sus características y limitaciones específicas.

En resumen, la implementación de las 5S ha sentado una base sólida para la mejora continua en la empresa

estudiada. No obstante, la evolución hacia una cultura organizacional plenamente eficiente y segura requiere de un compromiso sostenido, la integración de enfoques ergonómicos y la apertura a innovaciones tecnológicas que complementen y amplifiquen los beneficios del Lean Manufacturing.

AGRADECIMIENTOS

Se otorga un especial reconocimiento a los estudiantes Anibal De Jesus Moreno Matos, Neyder Yesid López Marrugo, Máximo Ramón Bernal Doria y Sandra Paola Hernández Enríquez, quienes hicieron parte del proceso investigativo en el marco del trabajo de campo de los procesos de formación investigativa del programa de Ingeniería Industrial de la UTB.

REFERENCIAS

- [1] "Colombia se quedaría sin muebles, papel y cartón de producción nacional por cruel decisión de Gustavo Petro," Infobae, 4 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.infobae.com/colombia/2024/06/04/colombia-se-quedaria-sin-muebles-papel-y-carton-de-produccion-nacional-por-cruel-decision-de-gustavo-petro/>
- [2] "Sector de la madera estima a 2052 contribuir con el 9% del PIB," Fedemaderas, [En línea]. Disponible en: <https://fedemaderas.org.co/sector-de-la-madera-estima-a-2052-contribuir-con-el-9-del-pib/>
- [3] "Industria de la madera alerta por 'satanización' del sector," Portafolio, [En línea]. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/agro/el-potencial-que-tiene-colombia-en-forestacion-comercial-604631>
- [4] "Fedemaderas advierte sobre el declive de la industria forestal en Colombia por políticas gubernamentales," El Frente, [En línea]. Disponible en: <https://elfrente.com.co/fedemaderas-advierte-sobre-el-declive-de-la-industria-forestal-en-colombia-por-politicas-gubernamentales/>
- [5] "Inversión social de la industria maderera ha sido por más de \$15.000 millones," Semana, [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/economia/empresas/econegocios/articulo/inversion-social-de-la-industria-maderera-ha-sido-por-mas-de-15000-millones/202259/>
- [6] "Cartagena 2040 - Informe final," Universidad Externado de Colombia, [En línea]. Disponible en: <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2023/08/CARTAGENA-2040-Informe-final-V5.pdf>
- [7] "Informe de Gestión del Sector de Planeación Nacional 2022–2023," Cámara de Representantes, [En línea]. Disponible en: <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2023-12/INFORME>
- [8] M. Carrillo, C. G. Alvis Ruiz, Y. Y. Mendoza Álvarez, y H. E. Cohen Padilla, "Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia," *Signos*, vol. 11, no. 1, pp. 71-86, enero 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330721952_Lean_manufacturing_5_s_y_TPM_herramientas_de_mejora_de_la_calidad_Caso_empresa_metalmeccanica_en_Cartagena_Colombia
- [9] M. Carrillo, C. G. Alvis Ruiz, Y. Y. Mendoza Álvarez, y H. E. Cohen Padilla, "Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia," *Signos*, vol. 11, no. 1, pp. 71-86, enero 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330721952_Lean_manufacturing_5_s_y_TPM_herramientas_de_mejora_de_la_calidad_Caso_empresa_metalmeccanica_en_Cartagena_Colombia
- [10] M. J. Guzmán Cahiguango y J. L. Cadena Echeverría, "Influencia de Lean Manufacturing en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en un estudio de caso múltiple en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha," *ResearchGate*, diciembre 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/376632250_Influencia_de_Lean_manufacturing_en_la_implementacion_de_tecnologias_de_la_industria_4_0_en_un_estudio_de_caso_multiple_en_empresas_manufactureras_de_la_provincia_de_Pichincha
- [11] M. Carrillo, C. G. Alvis Ruiz, Y. Y. Mendoza Álvarez y H. E. Cohen Padilla, "Lean manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia," *Signos*, vol. 11, no. 1, pp. 71-86, enero 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330721952_Lean_manufacturing_5_s_y_TPM_herramientas_de_mejora_de_la_calidad_Caso_empresa_metalmeccanica_en_Cartagena_Colombia
- [12] "Lean Manufacturing: el camino hacia la eficiencia operativa," Teknia, enero 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.tekniagroup.com/es/lean-manufacturing-el-camino-hacia-la-eficiencia-operativa/>
- [13] "Innovación industrial con la mira puesta en la sostenibilidad," El País, noviembre 2024. [En línea]. Disponible en: <https://elpais.com/economia/2024-11-24/innovacion-industrial-con-la-mira-puesta-en-la-sostenibilidad.html>
- [14] "Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria de la Madera," Virginia Tech, diciembre 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.pubs.ext.vt.edu/420/420-002S/420-002S.html>
- [15] "Taller: Valor Agregado en la Industria de la Madera," Virginia Tech, junio 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cfpb.vt.edu/article-archive/06-20-2011-taller-valor-agregado.html> trono a los conceptos de Lean Manufacturing, Eficiencia Operativa, Sostenibilidad Industrial, Procesos de Mecanizado del sector Metalmecánico, Competitividad y Valor Agregado.
- [16] Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2010). *Directrices prácticas sobre ergonomía en el trabajo*. Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_177214.pdf
- [17] Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2002). *Señalización de seguridad en el lugar de trabajo*. Recuperado de <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3124.pdf> (<https://www.osha.gov/vPublications/osha>)
- [18] Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). (2007). *Ergonomía y prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo*.
- [19] Ingeniería de Calidad, "Metodología 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke | Beneficios y Ventajas," Ingeniería de Calidad. [En línea]. Disponible en: <https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/metodologia-de-las-5s.html>. [Accedido: 17-feb-2025].