



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIZARRAS EN LA  
EMPRESA ARTES METÁLICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO 2024**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor**

Pazmiño López Darío Sebastián

**Tutor**

Mgr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

AMBATO – ECUADOR  
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Pazmiño López Darío Sebastián, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIZARRAS EN LA EMPRESA ARTES METÁLICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO 2024 ”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 7 días del mes de mayo de 2025, firmo conforme:

Autor: Pazmiño López Darío Sebastián

Firma: .....

Número de Cédula: 1805456751

Dirección: Tungurahua, Ambato, Izamba, Barrio San Vicente.

Correo Electrónico: Sebas2001615@hotmail.com

Teléfono: 0995237643

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIZARRAS EN LA EMPRESA ARTES METÁLICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO 2024 presentado por: Pazmiño López Darío Sebastián para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 7 de mayo del 2025

.....  
Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 7 de mayo del 2025

.....

Pazmiño López Darío Sebastián  
1805456751

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIZARRAS EN LA EMPRESA ARTES METÁLICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO 2024, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 7 de mayo del 2025

.....

Mgtr. Ruales Martínez María Belén.  
LECTOR

.....

Mgtr. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth.  
LECTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación primeramente a Dios por ser mi fortaleza principal para seguir adelante en cada paso del camino.

A mis padres Darío y Anabel por todos sus sacrificios y su fe en mi cada palabra de aliento me ha dado el valor de superar obstáculos y seguir luchando por mis metas, a mi abuelito Eduardo por ser un ejemplo de integridad y perseverancia toda su bondad y sabiduría han dejado una huella imborrable en mi corazón

*Darío Sebastián Pazmiño López*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la perseverancia y voluntad de seguir adelante para lograr mis objetivos aún en los momentos de incertidumbre.

A mi familia por su amor incondicional, su apoyo constante y los innumerables sacrificios que hicieron para que yo pudiera alcanzar esta meta en mi vida gracias a ellos aprendí que los sueños se alcanzan con esfuerzo y determinación.

A mis profesores, mentores y compañeros, quienes con su guía y colaboración contribuyeron al desarrollo de este proyecto. Sus enseñanzas no solo enriquecieron mis conocimientos, sino también mi crecimiento personal.

*¡Gracias!*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Contextualización .....	3
Antecedentes .....	5
Justificación .....	9
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos .....	10

### CAPÍTULO II

#### INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa: .....	2
Información general de la empresa.....	2
Principales productos ofertados por Artes Metálicas.....	12
Pizarras de madera. ....	12
Materiales e insumos.....	13
Descripción del proceso de fabricación de pizarras.....	18
Estimación del tiempo del proceso .....	25
Calificación del factor de valoración según el método de Westinghouse .....	32
Diagrama de flujo del proceso .....	37
Diagrama de recorrido .....	39

Máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de fabricación de pizarras en Artes Metálicas.....	42
Distribución del personal en Artes Metálicas .....	46
Cuantificación de despilfarro en las tareas .....	46
Despilfarro en el diseño del método CdM .....	46
Despilfarro en el diseño del trabajo .....	49
Tareas que demandan el 80% del tiempo en la fabricación.....	50
Identificación de las tareas a mejorar.....	51
Resultados de la matriz de priorización .....	52
Área de estudio .....	54
Modelo operativo:.....	55
Desarrollo del modelo operativo .....	55

### **CAPÍTULO III**

#### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Presentación de la propuesta:.....	62
Propuesta de mejora en la tarea de lijado: .....	62
Modificación de la sierra de mesa para el lijado .....	62
Propuesta de mejora para la tarea de fresado: .....	66
Propuesta de mejora para la tarea de Armado: .....	68
Resultados esperados: .....	69
Cronograma de actividades.....	74
Seguimiento de las actividades .....	75
Análisis de costos.....	75
Curva S de costos.....	76

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	77
Recomendaciones .....	78
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos generales .....	2
<b>Tabla 2.</b> Producto que ofrece Artes Metálicas .....	12
<b>Tabla 3.</b> Materia prima utilizada.....	14
<b>Tabla 4.</b> Descripción del proceso de fabricación .....	18
<b>Tabla 5.</b> Observaciones preliminares.....	26
<b>Tabla 6.</b> Número de observaciones para cada tarea y operación.....	28
<b>Tabla 7.</b> Calificación del factor de valoración según el método de Westinghouse .....	32
<b>Tabla 8.</b> Tiempo estándar de cada tarea.....	36
<b>Tabla 9.</b> Resumen del diagrama de flujo de proceso .....	39
<b>Tabla 10.</b> Resumen del diagrama de recorrido .....	41
<b>Tabla 11.</b> Máquinas y herramientas para la fabricación de pizarras .....	42
<b>Tabla 12.</b> Empleados de Artes Metálicas.....	46
<b>Tabla 13.</b> Cálculo del despilfarro el diseño del método CdM.....	47
<b>Tabla 14.</b> Resumen de las operaciones del proceso de fabricación de pizarras.....	49
<b>Tabla 15.</b> Matriz de priorización de las tareas .....	51
<b>Tabla 16.</b> Criterios de evaluación .....	52
<b>Tabla 17.</b> Identificación tareas a mejorar en el proceso de fabricación de pizarras. ....	53
<b>Tabla 18.</b> Área de estudio.....	54
<b>Tabla 19.</b> Ficha Técnica de la sierra de mesa de Artes Metálicas .....	56
<b>Tabla 20.</b> Ficha técnica del disco de lija propuesto .....	57
<b>Tabla 21.</b> Ficha Técnica de la clavadora neumática propuesta. ....	61
<b>Tabla 22.</b> Proceso de modificación de la sierra de mesa.....	63
<b>Tabla 23.</b> Herramientas utilizadas para la modificación de la sierra de mesa. ....	64
<b>Tabla 24.</b> Resumen de las operaciones del proceso de fabricación de pizarras.....	69
<b>Tabla 25.</b> Variación en el tiempo de trabajo de las tareas mejoradas.....	70
<b>Tabla 26.</b> Comparación de los movimientos de la tarea de armado antes y después de la mejora .....	71
<b>Tabla 27.</b> Comparación de los movimientos de la tarea de armado antes y después de la mejora .....	73
<b>Tabla 28.</b> Cronograma General de actividades .....	74
<b>Tabla 29.</b> Indicadores de mejora.....	75
<b>Tabla 30.</b> Costos para la aplicación de la propuesta. ....	75

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Diagrama de flujo de proceso.....	38
<b>Gráfico 2.</b> Diagrama de recorrido.....	40
<b>Gráfico 3.</b> Representación del tiempo de las tareas de valor agregado y de no valor agregado en el proceso de fabricación de pizarras. ....	48
<b>Gráfico 4.</b> Diagrama de Pareto sobre las tareas del proceso.....	50
<b>Gráfico 5.</b> Resultados de la matriz de priorización.....	52
<b>Gráfico 6:</b> Modelo Operativo .....	55
<b>Gráfico 7.</b> Flujograma Propuesto.....	59
<b>Gráfico 8.</b> Análisis de costo y tiempo. (curva “S”). ....	76

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Pizarra de madera de laurel.....	13
<b>Ilustración 2.</b> Sierra de mesa con la modificación para lijado .....	65
<b>Ilustración 3.</b> Prueba de lijado con la madera de laurel en la sierra de mesa.....	65
<b>Ilustración 4.</b> Pruebas preliminares de la sierra de mesa en la tarea de lijado. ....	66
<b>Ilustración 5.</b> Clavado de las esquinas del pizarrón con la clavadora neumática. ....	68
<b>Ilustración 6.</b> Esquinas del pizarrón ensambladas con la clavadora neumática.....	69

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

## FACULTAD DE INGENIERÍAS

### CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA:** Mejora en el proceso de fabricación de pizarras en la empresa artes metálicas de la ciudad de Ambato.

**AUTOR:** Pazmiño López Darío Sebastián

**TUTOR:** Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

#### RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se centra en la mejora del proceso de fabricación de pizarras en la empresa Artes Metálicas de Ambato. A través de la observación, el registro y análisis del proceso utilizando: diagramas, métodos y técnicas de la ingeniería industrial; en el análisis inicial se identifican 29 tareas en el proceso, además se reconocen posibilidades de mejora en las tareas de lijado, armado y fresado que consumen un tiempo aproximado de: lijado 19.92 min; armado 27.18 min y fresado 8.09 min. Un análisis detallado de las tareas antes mencionadas da cuenta que se mejora los tiempos en: lijado 7.02 min; fresado se elimina la tarea, por lo tanto, se reducen 8.09 min; armado 13.64 min. Se establece como indicador del proceso y sus tareas utilizando coeficientes de despilfarro, que es el cociente del tiempo de las operaciones (que se conoce como cantidad mínima de tiempo necesaria) con respecto al tiempo de los transportes almacenamientos demoras e inspecciones (que se conocen como desperdicios o tiempos que no generan valor) se cuantifica el estado inicial y luego de la intervención: Índice inicial en tarea de lijado 2.14, Índice final 1.16; Índice inicial de la tarea de armado 1.22 , Índice final 1.18. La implementación de estas mejoras se llevó a cabo en 30 días con una inversión de 874.5 dólares americanos. Es necesario que la empresa adopte estrategias de mejora continua, realizando un seguimiento al tiempo establecido en esta investigación.

**Descriptor:** Fabricación, Proceso, Tarea, Tiempo Estándar, Tiempo Improductivo.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** PAZMIÑO LOPEZ DARIO SEBASTIAN

**TUTOR:** MG. SANCHEZ DIAZ PATRICIO EDUARDO

**ABSTRACT**

**IMPROVEMENT IN THE SLATE MANUFACTURING PROCESS IN THE COMPANY  
ARTES METÁLICAS IN AMBATO 2024**

This project focuses on improving the slate manufacturing process in Artes Metálicas de Ambato. Through observation, recording, and analysis of the process using: diagrams, methods, and techniques of industrial engineering; in the initial analysis 29 tasks in the process are identified, in addition, improvement possibilities are recognized in the sanding, assembly, and milling tasks that consume an approximate time of: sanding 19.

92 min; assembly 27.18 min and milling 8.09 min. A detailed analysis of the aforementioned tasks shows that times are improved in: sanding 7.02 min; milling the task is eliminated, therefore, 8.09 min are reduced; assembly 13.64 min. As an indicator of the process and its tasks, using waste coefficients, which is the quotient of the time of the operations (known as the minimum amount of time necessary) concerning the time of transport, storage, delays, and inspections (known as waste or time that does not generate value), the initial state and after the intervention is quantified: Initial index in the sanding task 2. The implementation of these improvements was carried out in 30 days with an investment of US\$ 874.5. The company must adopt continuous improvement strategies, following up on the time established in this research.

**KEYWORDS:** Keywords: manufacturing, process, standard time, task, unproductive time.



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Contextualización**

A nivel mundial la industria de la madera desempeña un papel muy importante en la sociedad actual, proporcionando materias primas esenciales para la construcción, de muebles y muchos otros usos, pero hoy enfrenta muchos problemas importantes, siendo uno de los desafíos más apremiantes la deforestación y la pérdida de biodiversidad (Villagómez, 2018). La tala aleatoria de árboles amenaza la diversidad de los ecosistemas forestales y las especies que dependen de ellos, por lo que, la industria maderera del mundo responde a este desafío promocionando y vendiendo madera certificada proveniente de bosques manejados y sustentables o mediante el uso de materiales sustitutos (Villagómez, 2018).

Dentro de la industria maderera la cadena de valor sostenible se concibe en respuesta al aumento esperado de la demanda de madera debido al crecimiento demográfico, el crecimiento económico general y el consumo de materiales de madera para reemplazar los materiales basados en combustibles fósiles (FAO, 2019).

Con respecto a la producción y el comercio global de los productos primordiales de madera de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2018 se registraron sus valores más altos, donde la cantidad máxima de producción, importación y exportación de madera aserrada, madera en rollo, pulpa de madera, tableros de madera, carbón vegetal y pellets de madera se logró en 1947, año en que la FAO inició el reporte de estadísticas globales de productos forestales (FAO, 2018). En el año 2018, la expansión en la manufactura de los principales

tipos de productos de madera varió desde el 1% (paneles de madera) hasta el 5% (madera para aplicaciones industriales en rollo) y el crecimiento más acelerado se evidenció en las áreas de Asia-Pacífico, América del Norte y Europa, seguramente gracias al crecimiento económico favorable en esos lugares (FAO, 2018).

Conjuntamente, los materiales de madera utilizados en obras de construcción, renovación y reformas aumentaron de precio de manera significativa desde finales de 2020 hasta mediados de 2021, dicho aumento de precios pudo ser atribuido probablemente a varios factores, incluyendo las interrupciones y restricciones tanto en la demanda como en la oferta, como por ejemplo la disminución en la producción, las limitaciones al comercio y la escasez de trabajadores, que frecuentemente estuvieron vinculadas de forma directa con las medidas de aislamiento y sanitarias implementadas para frenar la propagación del virus de la COVID-19 (FAO, 2021) Tras enfrentar un extenso periodo de baja en la demanda del mercado en el año 2023, las compañías que conforman la industria maderera de diversas naciones han solicitado alternativas más eficientes para disminuir gastos e incrementar la productividad (ITTO, 2024). Las compañías asiáticas están solicitando al gobierno que respalde el crecimiento del mercado interno de productos de madera y que otorgue incentivos a las empresas que participan en la sostenibilidad de la gestión forestal, por lo que, las empresas en América del Sur sugieren que el gobierno promueva la utilización de madera aserrada en la industria de la construcción (ITTO, 2024).

La industria maderera en Ecuador tiene una historia que se remonta a varios siglos atrás, desde tiempos precolombinos, los recursos forestales han desempeñado un papel fundamental en la economía y la cultura del país, proporcionando materias primas para la construcción, la fabricación de herramientas y utensilios, sin embargo es en los últimos siglos cuando la industria maderera ecuatoriana ha experimentado un notable desarrollo y transformación (León et al., 2024)

En Ecuador, la Asociación Ecuatoriana de la Industria Forestal y de la Madera es una organización importante, que determinó que las exportaciones aumentaron considerablemente el año 2020, superando los \$855 millones en ventas al extranjero, donde el principal artículo de exportación fue la balsa y sus productos derivados, continuado por tableros de madera y otros productos igualmente importantes (AIMA, 2020).

Para el año 2024 el monto completo de las exportaciones de madera disminuyó a USD 99.4 millones, lo que equivale a una reducción del 5.4% en relación al mismo periodo de 2023 (6M-2023: USD 105.1 millones), las exportaciones a Colombia cayeron un 7.2% hasta alcanzar los USD 53.6 millones, mientras que los envíos a Perú disminuyeron un 13.9% a USD 32.4 millones (Corporación Financiera Nacional, 2023). x, al mismo tiempo, se hace hincapié en la naturaleza artesanal y en tonalidades claras como las del laurel, por lo que, los pizarras de uso comercial han tomado un papel importante en restaurantes, bares y discotecas gracias al atractivo visual que generan (Corporación Financiera Nacional, 2023).

Sin embargo, el uso de pizarras de madera para tiza de cal ha disminuido considerablemente en entornos educativos, esto se debe a que, a lo largo del tiempo, este tipo de producto ha experimentado avances, llevando a muchas instituciones educativas a optar por diferentes tipos de pizarras, además, ya sea por su diseño, funcionalidad o simplemente por su aspecto estético, prefieren utilizar pizarras de material acrílico blanco o pizarras electrónicas (Cabral et al., 2022).

Las pizarras de uso comercial tienen una forma rectangular y comúnmente un color negro o verde, están enmarcadas en madera para mejorar su aspecto estético y también para protegerlas de daños, su uso se extendió a nivel mundial principalmente con propósitos comerciales, ya que las pizarras pueden ser una buena herramienta de marketing, de coste bajo y con capacidad de generar beneficios si se la sabe usar correctamente (Cabral et al., 2022).

Pese al auge del uso de las pizarras como método de marketing, a nivel nacional, aparte de la provincia de Tungurahua, solo hay dos compañías que fabrican este tipo de pizarras, por lo tanto, en Ambato se busca incrementar la fabricación de estos productos con estrategias publicitarias y mejoras en los procesos para aumentar la producción y disminuir los costos.

### **Antecedentes**

La empresa Artes Metálicas, fundada en el año 1990, se ha dedicado principalmente al mantenimiento industrial, servicio de torno, fresado, fabricación de maquinaria industrial y artículos metálicos como puertas, pasamanos estanterías entre otro tipo de mobiliarios.

La materia prima que comúnmente ha sido utilizada incluye tubos de acero ángulos planchas de tol, acero inoxidable, madera entre otros. Sin embargo, en los últimos años la empresa se ha visto bastante afectada desde la pandemia del COVID 19 ya que prácticamente dejó de operar manteniendo una infraestructura y maquinaria óptima para la producción de diferentes tipos de productos.

En último año en un intento de reactivación, la empresa ha diversificado su producción incorporando la fabricación de pizarras de madera ya que es un producto que no se produce en la provincia por lo cual se tomó la decisión de empezar a fabricarlas.

Aunque la empresa cuenta con una larga trayectoria en la industria metalmecánica, la diversificación en el mercado incorporando productos de madera ha presentado nuevos retos. La empresa ha detectado que el proceso de fabricación de pizarras de madera no es tan eficiente como se espera, lo que genera una necesidad de analizar su proceso de fabricación para identificar los problemas y las posibles soluciones.

Como investigaciones relacionadas con el tema de estudio se tiene a las siguientes:

Condoy (2024) determinaron que mediante la mejora del proceso de apilamiento de plataformas de fraguado y desmoldeo del producto en una empresa constructora, se pudo evitar poner en peligro la salud de los trabajadores de la desmoldeadora al hacer cambios en la forma en que se realizaban las tareas en la planta. Mientras que, al reorganizar las labores de los operarios de montacargas, se logró que gastaran menos tiempo y energía al eliminar una estación de trabajo. Al final, se consiguió ahorrar casi una hora en sus actividades diarias y reducir la distancia que tenían que recorrer en 67 m en cada ciclo.

Paucar (2024) identificó que, durante la mejora del proceso de abastecimiento en una empresa metalmecánica, se aplicó un cambio de configuración en los procesos actuales y el desarrollo de procedimientos estandarizados. Con ello se busca que la máquina tarde menos tiempo en funcionar, pasando de 2 horas a 1 hora y 38 minutos. Se creó un manual de instrucciones y hojas de proceso para que todos puedan cortar y doblar de la misma manera. Esto hizo que se redujeran los movimientos que no eran necesarios y que las áreas de trabajo estuvieran más ordenadas.

Pallango (2023) determinó que, al revisar todas las cosas que se hacen en el proceso de producción de bloque estructural de 15 cm, se encontraron errores como mover cosas de un lugar a otro, hacer más mezcla de la necesaria y productos mal hechos en ciertas etapas. Se propuso hacer cambios en la distribución de la fábrica para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia. Se decidió reorganizar el almacenamiento de materia prima para que los trabajadores tengan que recorrer distancias más cortas y ahorren tiempo. También se propuso instalar una banda transportadora con tolva para evitar productos defectuosos y sobre procesamiento. De esta forma, se busca reducir los desperdicios y mejorar el funcionamiento de la empresa.

Es necesario conocer las definiciones de términos que se usan en este proyecto de investigación:

- **Proceso:** Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto (ISO, 2015).  
Es cualquier actividad o conjunto de actividades que acepta uno o más insumos, los transforma y proporciona uno o más resultados a sus beneficiarios, especialmente en la administración pública donde los ciudadanos son considerados los principales beneficiarios (Alarcón et al., 2023).
- **Tarea:** Es el menor objeto de trabajo identificado en un proyecto (ISO, 2015).  
Las tareas del proceso son acciones que los participantes deben realizar en determinadas etapas del proceso. Este es el nivel más detallado del proceso y contiene toda la información necesaria para completar el trabajo (Alarcón et al., 2023).
- **Operaciones:** La operación se refiere a la planificación y control operacional (ISO, 2015).  
La operación de procesos se refiere a la red de procesos que coordinan el uso eficiente de los recursos. Las operaciones son la forma en que una empresa realiza sus actividades para producir o prestar servicios a los clientes (Aldea, 2021).
- **Sobre producción:** Es cuando se produce demasiado sin que haya sido solicitado (Jiménez & Gisbert, 2017).  
La sobreproducción es el proceso económico de producir más de lo necesario, ya sea antes de lo previsto o más rápido de lo necesario. Esto puede implicar un

desperdicio de materiales, horas de trabajo y equipos, y puede conducir al almacenamiento de inventario y trabajos en progreso (Aldea, 2021).

- **Inventario:** Se trata de la acumulación de materia prima o productos terminados (Jiménez & Gisbert, 2017).

El inventario del trabajo en curso es la contabilidad de materiales y productos en una etapa particular de la línea de producción de la empresa. Estos productos son los componentes que se utilizarán para fabricar el producto final. (Alarcón et al., 2023).

- **Sobre procesamiento:** Es cuando existen procesos redundantes no necesarios que no agregan valor al producto (Jiménez & Gisbert, 2017).

El sobre proceso es cuando se realizan más tareas de lo necesario para producir un servicio o producto (Alarcón et al., 2023).

- **Transporte:** Se trata de un exceso de distancia entre recursos del proceso sin agregar valor al producto (Jiménez & Gisbert, 2017).

El transporte de procesos se refiere a una serie de actividades realizadas para trasladar personas o mercancías de un lugar a otro para facilitar diversos procesos o actividades (Aldea, 2021).

- **Tiempo de espera:** Se trata del tiempo perdido cuando el empleado o maquinaria no se encuentran trabajando (Jiménez & Gisbert, 2017).

El tiempo de entrega del proceso es el tiempo que transcurre desde la recepción de un pedido o el inicio de una tarea hasta su finalización y entrega (Alarcón et al., 2023).

- **Tiempo de ciclo:** El tiempo de ciclo es el tiempo que lleva completar una sola operación de fabricación o varias operaciones de fabricación simultáneamente de principio a fin para una o más unidades, que es el paso en el que se fabrica un producto (Aldea, 2021).

- **Tiempo normal:** Duración del trabajo a una velocidad normal, sin tener en cuenta demoras (Muñoz, 2021).

- **Tiempo estándar:** El tiempo de trabajo estándar se refiere al tiempo que tarda un trabajador capacitado y calificado en completar una tarea a una velocidad normal. Se utiliza en ingeniería industrial para determinar la eficiencia y eficacia de un proceso de fabricación (Aldea, 2021).

- **Maquinaria:** Una máquina es un conjunto de elementos móviles e inmuebles, cuyo funcionamiento permite utilizar, controlar, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado (Sosa et al., 2018).  
Los equipos de proceso son un grupo de equipos utilizados para llevar a cabo procesos de fabricación, producción, distribución o servicios (Jiménez & Gisbert, 2017).
- **Equipos:** Un grupo de activos fijos que no incluyen los terrenos ni los objetos físicos de una empresa (Jiménez & Gisbert, 2017).
- **Suplementos:** O también llamados tiempos adicionales, son añadidos al cálculo del tiempo estándar para recompensar al trabajador por tiempo no productivo, debido a fatiga, necesidades personales o esperas inevitables (Muñoz, 2021).
- Es una colección de herramientas, instrumentos y dispositivos especiales (como "equipos quirúrgicos", "equipos de rescate", etc.) utilizados para un propósito específico (Sosa et al., 2018).
- **Despilfarro:** Es el equivalente a las pérdidas que se irán reflejando tarde o temprano en la empresa

### **Justificación**

El presente trabajo de investigación es **importante**, debido a que con el análisis del proceso se identificará la causa raíz del o los problemas en la fabricación de pizarras, para proponer mejoras.

Con respecto al **impacto**, este se verá reflejado en la disminución del tiempo de ciclo en el proceso.

La **utilidad** de esta investigación es contar con un documento que permita la inducción a los trabajadores y mantener la producción dentro de los rangos establecidos por el tiempo estándar.

El principal **beneficiario** de esta investigación es la empresa porque se establecerá el estándar del proceso.

El desarrollo de este proyecto es **factible** ya que la empresa tiene la apertura de proporcionar toda la información necesaria para esta investigación, y también la facilidad

del ingreso a las instalaciones para realizar la observación de las tareas y operaciones del proceso.

### **Objetivo General**

Proponer la mejora en el proceso de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas de la ciudad de Ambato.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la situación del proceso actual de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas.
- Establecer alternativas que permitan mejorar el proceso de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas.
- Elaborar una propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas.

## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa:**

##### **Información general de la empresa**

La empresa Artes Metálicas es una pequeña empresa del sector metal mecánico que empezó sus actividades en el año 1990. Ubicada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Dedicada a la fabricación de maquinaria muebles de metal, pizarras de madera y otros servicios como: mantenimiento de componentes y piezas de maquinaria industrial. La empresa tiene un equipo de trabajo formado por 6 trabajadores y su mercado es a nivel provincial.

En la tabla 1 se presenta la información general de la empresa Artes Metálicas:

**Tabla 1.** Datos generales

<b>Nombre de la empresa</b>	Artes Metálicas
<b>Ubicación</b>	Av. Pedro Vásquez y Rodrigo Pachano
<b>Sector</b>	Ex redondel de Izamba
<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Provincia</b>	Tungurahua
<b>Barrio</b>	San Vicente
<b>Actividad</b>	Fabricación de muebles de metal, pizarras de madera y mantenimiento industrial
<b>Representante Legal</b>	Eduardo Isaías López Cabezas

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## Principales productos ofertados por Artes Metálicas

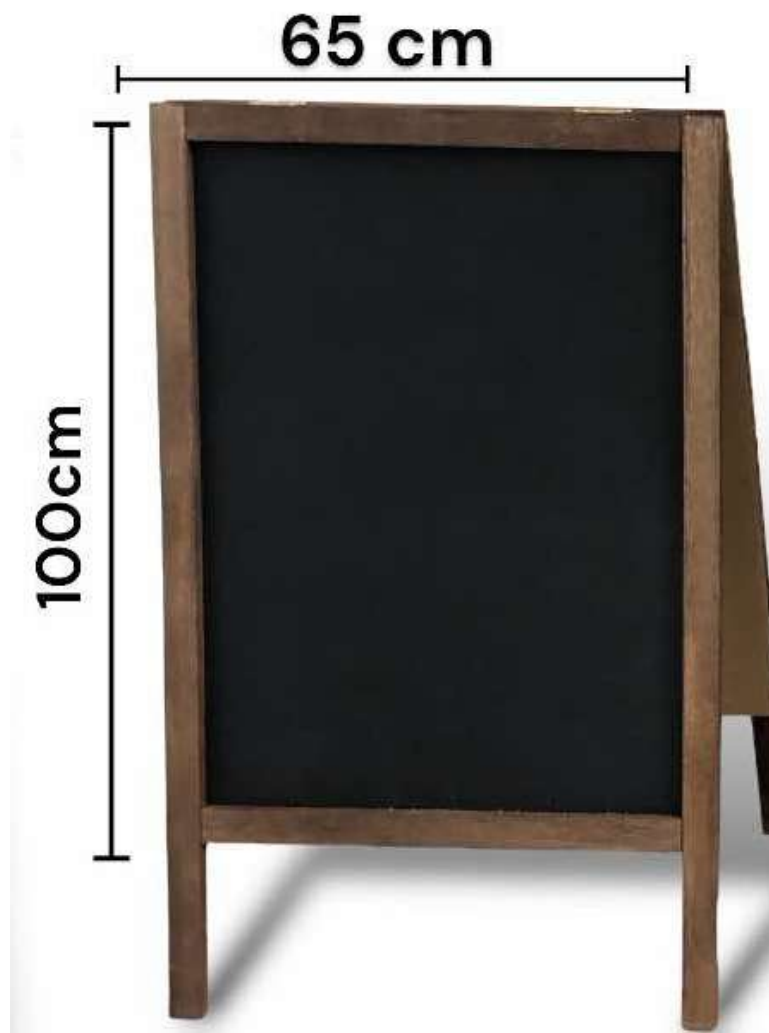
**Pizarras de madera.** - La pizarra de madera de laurel fabricada en Artes Metálicas detallada en la tabla 2 es una de las más solicitadas por el cliente por su precio tamaño y diseño mismo que tiene un contraste con cualquier tipo de negocio por su estilo rústico y atractivo visual esta pizarra tiene las siguientes características especificadas a continuación.

**Tabla 2.** Producto que ofrece Artes Metálicas

Especificaciones	Plano del producto	
Altura Ext=100 cm Int= 78	<p>The technical drawing consists of three views of a wooden chalkboard:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Vista Superior:</b> Shows the top view with an external width of 65 cm and an internal width of 55 cm. The height of the board is 100 cm. The thickness of the top board is 4 cm, and the thickness of the bottom board is 2.5 cm. The distance between the boards is 27.5 cm.</li> <li><b>Vista Frontal:</b> Shows the front view with an external height of 100 cm and an internal height of 78 cm. The width is 65 cm. The distance between the boards is 57 cm.</li> <li><b>Vista Lateral derecha:</b> Shows the right-side view with a height of 100 cm and a base width of 55 cm. The top edge is angled at 3.89 degrees. The angle between the two boards is 74 degrees.</li> </ul>	
Ancho Ext =65 cm Int=57 cm		
Apertura 55 cm Ancho de la tira 4cm Espesor de la tira 2.5cm		
Peso = 4,5 kg		

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

**Nota:** Para tener una noción más clara del producto, en la ilustración 1 se presenta la imagen de la pizarra de madera de laurel de 100cm x 65cm.








**Ilustración 1.** Pizarra de madera de laurel.  
**Fuente:** Artes Metálicas (2024)




### **Materiales e insumos**




En la tabla 3 se detallan los materiales utilizados en el proceso de fabricación de las pizarras de madera cabe destacar que los materiales que dispone la empresa se compran semanalmente para un lote de 10 pizarras, pero como la empresa produce este producto bajo pedido la disponibilidad de los materiales depende de las ventas o pedidos por lo cual a veces no es necesario adquirir materia prima semanalmente y en algunas ocasiones la adquisición de materia prima se la hace dos veces por semana.

**Tabla 3.** Materia prima utilizada

<b>Materia Prima</b>	<b>Definición</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Figura</b>
Madera de laurel	La madera de laurel es el material principal para la fabricación de las pizarras, se la adquiere en aserraderos ya cortada en tiras de 4cm x 2.5cm listas para ser procesadas en Artes Metálicas.	<p>Textura: Es fina y homogénea, con un veteado liso.</p> <p>Densidad: Puede variar entre 450 y 855 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Durabilidad: Es moderadamente durable, pero se puede tratar para mejorarla.</p> <p>Resistencia: Es resistente al impacto y al desgaste.</p>	
Tableros MDF	Este tipo de material es elaborado con fibras de madera y resinas sintéticas, el espesor seleccionado para este proceso es de 4mm, y se adquiere ya cortado en pequeños tableros de 60cm x80cm listos para ser pintados y enmarcados.	<p>Densidad: La densidad del MDF es de 600-700 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Resistencia: La resistencia a la tracción es de 0,7 a 0,8 N/m<sup>2</sup>.</p> <p>Estabilidad dimensional: Es superior a la madera maciza, lo que reduce la posibilidad de deformaciones y grietas</p>	

<b>Materia Prima</b>	<b>Definición</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Figura</b>
Soga de yute	Este tipo de soga elaborada con fibras de yute le da un toque rústico y elegante a cada pizarra se la utiliza para unir la parte inferior de las dos caras de la pizarra dándole una apertura de 50 cm.	La resistencia a la ruptura de la soga de yute retorcida depende del diámetro y los metros por rollo. Una soga de 003366 puede soportar 2 kg a 200 mm y tiene 20 m.	
Tornillo negro 8 x 2"	Son utilizados para unir las esquinas de la pizarra de manera firme la medida es 2 1/2".	Componente Acero al carbono Recubrimiento Negro fostado Norma técnica 18/8 AISI 304 Espesor de Aislamiento 0,76mm	
Pintura para pizarra	Este recubrimiento es elaborado de manera confidencial en la empresa, tiene algunos aditivos y compuestos químicos que le dan las propiedades necesarias a la pintura para que al pintarla sobre el MDF funcione como pizarra de	Pigmentación: Pigmentos y extendedores inertes inhibidores de la corrosión. Tipo de Resina: Alquídico modificado. Estabilidad mecánica: Excelente. Viscosidad: 80 – 85 KU a 25 °C	

<b>Materia</b>	<b>Definición</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Figura</b>
<b>Prima</b>	manera que sea fácil de limpiar y que se pueda escribir en él sin dejar marcas permanentes.	Porcentaje de sólidos: 48 %	
Lijas de 5" autoadherentes	Son específicamente para la lijadora orbital, lijas de grano #80 para pulir las imperfecciones de la madera y #400 para alisar los tableros después de la primera capa de pintura.	Fabricados en óxido de aluminio.  Respaldo con fijación hook and loop.	
Cáncamos	Se utilizan para amarrar el extremo de la sogá de yute en cada cara inferior de la pizarra.	Componente Hierro Tipo TWF Acabado Niquelado	
Clavos de 1"	Se utilizan para clavar y reforzar las esquinas de la pizarra.	Composición Química SAE J403 N° 1008 Tolerancias Dimensionales DIN 1151	

<b>Materia</b>	<b>Definición</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Figura</b>
<b>Prima</b>			
Bisagras de 2"	Este tipo de bisagra es ideal para el sistema de apertura de la pizarra, se utiliza dos en cada extremo.	Fabricada en acero inoxidable con acabado dorado pulido.	
Sellador	Se utiliza como revestimiento contra la humedad y agentes externos, también prolonga la vida útil de la madera garantizando la resistencia de la pizarra a la intemperie.	<p>Pigmentación: Pigmentos y extendedores inertes inhibidores de la corrosión.</p> <p>Tipo de Resina: Alquídico modificado.</p> <p>Estabilidad mecánica: Excelente.</p> <p>Viscosidad: 80 – 85 KU a 25 °C</p> <p>Porcentaje de sólidos: 48 %</p>	
Guaípe	Se utiliza para aplicar el sellador en el marco de la pizarra.	<p>Material: Se fabrica a partir de plantas como el algodón, el lino o el cáñamo.</p> <p>Reutilización: Se puede lavar y usar varias veces</p>	





**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)





**Fuente:** Artes Metálicas (2024)





## Descripción del proceso de fabricación de pizarras





En la tabla 4 se presenta el proceso de fabricación de pizarras de madera de laurel de 100cm x 65 cm.

**Tabla 4.** Descripción del proceso de fabricación




Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
1	Transporte del material desde bodega a área de pintura	En esta primera etapa del proceso se trasladan los tableros de MDF desde la bodega hasta el área de pintura	
2	Limpieza de los tableros	Se limpian los tableros de MDF, con aire comprimido y una brocha para retirar los restos de polvo y aserrín.	
3	Pintado de los tableros	Se aplica la primera capa de pintura de pizarra en los tableros de MDF.	
4	Transporte a la zona de secado	Se traslada cada tablero pintado a la zona de secado.	

Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
5	Secado de los tableros	Una vez colocados los tableros en la zona de secado se espera un tiempo de 20 minutos para poder lijarlos	
6	Transporte de los tableros a la mesa de lijado	Una vez transcurridos los 20 minutos y la pintura se encuentre seca se trasladan los tableros a la mesa de lijado para alisarlos y darles la siguiente capa de pintura.	
7	Lijado de los tableros	Se utiliza la lijadora orbital con una lija de grano fino #400 para alisar la superficie y aplicar la capa final de pintura.	
8	Transporte de los tableros al área de pintura	Una vez lijados los tableros se trasladan al área de pintura para darles el acabado final.	




Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
9	Limpieza de los tableros pintados y lijados	Se retiran los restos de polvo después de lijar, con aire comprimido esto evitara que la capa final de pintura tenga imperfecciones.	
10	Aplicación de la segunda capa de pintura	Se aplica la última capa de pintura.	
11	Transporte a la zona de secado	Se transporta el tablero de MDF a la zona de secado.	
12	Secado del tablero	Se deja el tablero por otros 20 minutos para asegurar que se seque bien.	

Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
13	Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	Se transportan las tiras de madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte.	
14	Corte de la madera de laurel	Se procede a medir y cortar las tiras de madera de laurel.	
15	Transporte de las tiras de madera de laurel a la sierra de mesa	Se trasladan las tiras de laurel cortadas hacia la sierra de mesa para realizar los canales en cada una de ellas.	
17	Transporte de las tiras de madera de laurel a la mesa de lijado	Se trasladan las tiras de madera cortadas y ranuradas al área de lijado	

N°	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
18	Lijado de las tiras de madera de laurel	El lijado de las tiras de madera se realiza manualmente con la lijadora orbital sin embargo esta tarea es demorada ya que este tipo de lijadora es adecuada para dar acabados finales mas no para lijar totalmente cada tira de madera.	
19	Transporte de las tiras de madera de laurel a la mesa de armado	Se trasladan los tableros de MDF pintados y las tiras de madera de laurel ya procesadas al área de armado.	
20	Armado de la pizarra	Se procede a ensamblar todos los lados del marco de la pizarra alrededor del tablero de MDF ya pintado en esta tarea se identificó que al utilizar un martillo de uña el proceso se vuelve más lento y se corre el riesgo de lastimar las esquinas del marco esto	

N°	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
		podría ocasionar reprocesos o el daño total del marco.	
21	Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	El obrero lleva las pizarras a la zona de lijado.	
22	Fresado de los bordes de la pizarra	Se realiza un biselado en cada borde de la pizarra, sin embargo, se identificó que esta tarea del proceso no es necesaria ya que el biselado es casi imperceptible y no es requerido por el cliente, es decir, si no tuviera el biselado no pasaría absolutamente nada, tampoco influye en el precio ni en el funcionamiento de la pizarra.	
23	Lijado para la corrección de fallas	En esta etapa del proceso se lija el marco de la pizarra con una lija de grano fino para eliminar todas las imperfecciones que se hayan ocasionado en la tarea de armado, así como también se igualan las	

Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
24	Aplicación del sellador en las tiras de madera.	<p>esquinas y se quitan restos de sellador que haya sido colocado en exceso.</p> <p>Se aplica sellador en cada tira de madera utilizando un guaípe esto garantiza que la pizarra sea resistente a la intemperie y prolongue su tiempo de vida útil.</p>	
25	Transporte de la pizarra a la mesa de armado	Se lleva nuevamente la pizarra a la mesa de armado para concluir con esta etapa del proceso.	
26	Colocación de bisagras	Se colocan las bisagras en cada esquina de la pizarra para unir las dos caras de manera uniforme.	

Nº	Tareas	Descripción	Imagen de la tarea
27	Colocación de cáncamos	Se enroscan los cáncamos en la parte inferior de la pizarra estos sirven para amarrar cada extremo de la sogá de yute.	
28	Colocación y ajuste de la sogá	Se hace un nudo con la sogá de yute en cada cáncamo esto le da un límite de apertura a la pizarra evitando que se caiga o se abra demasiado.	
29	Transporte del pizarrón al área de bodega	Una vez concluido el proceso se lleva la pizarra al área de bodega para ser almacenado.	

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

### Estimación del tiempo del proceso

Siguiendo el procedimiento de fabricación de pizarras que se realiza en la empresa, se lleva a cabo la evaluación de los tiempos con el fin de determinar el tiempo estándar asociado a este proceso de fabricación. Para esto se ejecutó un examen de duración de cada una de las actividades con una evaluación de 10 muestras de tiempo iniciales siguiendo el enfoque estadístico de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

De acuerdo con Cruelles (2012) para el cálculo del número de observaciones en la toma de tiempos se utiliza:

$$n = \left( \frac{z \sqrt{(c \sum x^2) - (\sum x)^2}}{k \sum x} \right)^2$$

**Ecuación 1** Cálculo del número de observaciones (Cruelles, 2012).

Donde:

- Nivel de confianza: 95,45%
- K= Margen de error: ± 5%
- n: Número de mediciones que hay que realizar
- c: Número de mediciones iniciales
- $\Sigma x$ : Suma de los valores
- $z (95\%) = 1,96$

A continuación, se presenta en la tabla 5, las mediciones u observaciones preliminares, a manera de ejemplo, para desarrollo de la ecuación 1 con la primera operación “limpieza de los tableros”.

**Tabla 5.** Observaciones preliminares.

Nº	Tiempo de la tarea Limpieza de tableros (min)
1	0,51
2	0,29
3	0,47
4	0,37
5	0,43
6	0,49
7	0,32
8	0,46
9	0,52
10	0,44
<b>Total</b>	4,30

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

$$n = \left( \frac{40\sqrt{(10 * 1,90) - (4,30)^2}}{4,30} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{40\sqrt{0,51}}{4,30} \right)^2$$

$$n = 44$$

La fórmula anterior se aplica todas las tareas de la tabla 6 (excepto a las de secado), tal como se presenta a continuación:

**Tabla 6.** Número de observaciones para cada tarea y operación

N.º	Tareas	Muestra de tiempos en minutos										Número de observaciones a realizar
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	0,50	0,48	0,50	0,49	0,50	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	10
2	Limpieza de los tableros	0,51	0,29	0,47	0,37	0,43	0,49	0,32	0,46	0,52	0,44	44
3	Pintado de los tableros	1,41	0,96	0,96	1,02	1,35	1,25	1,15	1,38	1,08	1,41	34
4	Transporte a la zona de secado	0,24	0,23	0,23	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	10
5	Transporte de los tableros a la mesa lijado	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,34	0,35	0,33	10
6	Lijado de los tableros	1,38	0,81	0,73	1,32	0,87	0,79	1,10	0,76	1,25	0,85	93
7	Transporte de los tableros al área de pintura	0,33	0,34	0,32	0,33	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,34	10
8	Limpieza de los tableros pintados y lijados	1,08	1,04	1,05	0,92	1,07	0,84	1,03	0,80	0,99	0,80	20
9	Aplicación de la segunda capa de pintura	1,03	1,05	1,01	1,02	1,06	1,05	1,02	1,04	1,00	1,03	10

<b>N.º</b>	<b>Tareas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Número de observaciones a realizar</b>
<b>10</b>	Transporte a la zona de secado	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,24	0,21	0,23	0,24	10
<b>11</b>	Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	0,49	0,52	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	10
<b>12</b>	Corte de la madera de laurel	5,30	7,06	6,04	6,69	5,67	6,28	5,99	6,87	5,43	6,48	14
<b>13</b>	Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	0,22	0,14	0,22	0,22	0,21	0,14	0,21	0,15	0,17	0,17	45
<b>14</b>	Ranurado de las tiras de madera cortadas	3,49	3,79	3,41	3,35	3,43	2,87	3,33	3,62	3,65	3,03	10
<b>15</b>	Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	0,218	0,220	0,218	0,219	0,218	0,220	0,219	0,220	0,218	0,220	10
<b>16</b>	Lijado de las tiras de madera de laurel	17	16,45	18,05	17,3	16,55	17,2	17,02	18,15	16,35	17,08	10
<b>17</b>	Transporte de la madera de laurel a la mesa de armado	0,099	0,100	0,100	0,101	0,102	0,099	0,104	0,101	0,100	0,101	10
<b>18</b>	Armado de la pizarra	19,05	23,24	21,7	23,14		25,32	23,23	23,1	21,42	24,58	10

N.º	Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Número de observaciones a realizar
19	Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	10
20	Fresado de los bordes	6,24	7,15	6,85	6,92	7,16	7,19	6,54	6,12	6,19	7,1	10
21	Lijado para la corrección de fallas	1,62	1,38	2,28			2,30	1,43	1,68	2,25	1,56	70
22	Aplicación de sellador en las tiras de madera	9,34	10,33	10,28	9,45	10,15	9,52	10,4	9,3	10,2	9,5	10
23	Transporte de la pizarra a la mesa de armado	0,11	0,12	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	10
24	Colocación de bisagras	3,46	3,4	3,48	3,42	3,5	3,44	4,6	3,46	3,54	4,2	18
25	Colocación de cáncamos	0,65	0,84	0,75	0,69	0,89	0,81	0,78	0,87	0,72	0,85	15
26	Colocación y ajuste de la soga	0,52	0,80	0,59	0,74	0,49	0,84	0,54	0,77	0,50	0,82	68
27	Transporte al área de bodega	0,20	0,22	0,24	0,21	0,23	0,24	0,23	0,23	0,21	0,21	10

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

A continuación, se llevan a cabo las observaciones requeridas para todas las actividades mencionadas en la tabla 6 con el fin de poder determinar el tiempo normal y el tiempo estándar.

$$T_n = (T_{om}) * (\text{Factor de valoración } \%)$$

**Ecuación 2** Tiempo normal (Cruelles, 2012).

Donde:

- $T_n$  = Tiempo normal
- $T_{om}$  = Tiempo observado medio

Por otra parte, para determinar el factor que valora el ritmo de trabajo, se ha empleado el método de Westinghouse, el cual tiene en consideración 4 elementos: esfuerzo, habilidad, condiciones y consistencia, estos elementos deben ser considerados al realizar la calificación.

$$\text{Factor de valoración} = 1 + \sum \text{de factores}$$

**Ecuación 3** Tiempo normal (Cruelles, 2012).

Para valorar el factor de desempeño se toma en cuenta la experiencia laboral de los empleados de la empresa como se muestra en la tabla 7, adicional a esto los datos para obtener la valoración según el método de Westinghouse se pueden visualizar en el anexo 2.

### Calificación del factor de valoración según el método de Westinghouse

**Tabla 7.** Calificación del factor de valoración según el método de Westinghouse

Tarea	Factor	Calificación	Puntuación	Factor de valoración= $1+\Sigma$ total de factores	Observaciones
<b>Transporte de material desde bodega</b>	Habilidad	Buena C1	0,06	<b>Fv= 1.13</b>	El trabajador analiza y selecciona el material que utilizará.
	Esfuerzo	Buena C1	0,05		El trabajador revisa que el material se encuentre en buenas condiciones para ser procesado.
	Condiciones	Buenas C	0,02		El área de bodega se encuentra ordenada y es fácil encontrar la materia prima disponible.
	Consistencia	Regular D	0		El trabajador en algunas ocasiones no prioriza el orden y cuidado de la materia prima.
<b>Pintado del panel de MDF</b>	Habilidad	Buena C2	0,03	<b>Fv= 1.07</b>	El trabajador demuestra destreza en la tarea de pintado conoce las técnicas necesarias para evitar defectos como goteos o acumulaciones excesivas de pintura.
	Esfuerzo	Buena C2	0,02		El trabajador limpia las superficies antes de pintar, corrige defectos menores al instante y revisa el acabado para garantizar una cobertura homogénea.
	Condiciones	Aceptables E	0,02		Las condiciones del área de trabajo son funcionales, pero no ideales para esta actividad ya que hace falta un sistema de ventilación.

Tarea	Factor	Calificación	Puntuación	Factor de valoración= $1+\Sigma$ total de factores	Observaciones
	Consistencia	Regular D	0		El trabajador presenta variaciones en su desempeño, obteniendo resultados variables entre un panel y otro.
<b>Corte y acondicionado de tablas de laurel</b>	Habilidad	Buena C2	0,03		El trabajador logra cortes con precisión en la mayoría de las tiras de madera.
	Esfuerzo	Buena C2	0,02		El trabajador presta atención a los detalles importantes como minimizar el desperdicio durante el corte.
	Condiciones	Regulares D	0	<b>Fv= 1,06</b>	El área de trabajo presenta ciertas deficiencias que afectan el desempeño del trabajador, entre estas se evidencian la falta de iluminación.
	Consistencia	Buena C	0,01		Los resultados son iguales entre un corte y otro, con dimensiones de las tiras de madera ajustadas al estándar requerido y acabados homogéneos.
<b>Armado de una cara de la pizarra</b>	Habilidad	Buena C1	0,06		El trabajador tiene las competencias necesarias y demuestra un manejo adecuado de las herramientas y materiales requeridos para el armado.
	Esfuerzo	Buena C2	0,02	<b>Fv= 1,09</b>	El trabajador revisa detalladamente cada unión de la pizarra y el terminado de los laterales para garantizar un buen acabado evitando defectos visibles en el producto final.

Tarea	Factor	Calificación	Puntuación	Factor de valoración= $1+\Sigma$ total de factores	Observaciones
<b>Armado final de la pizarra</b>	Condiciones	Regulares D	0	<b>Fv=1,09</b>	A pesar de las condiciones limitantes, el trabajador logra buenos resultados en cada unidad ensamblada. Los productos finales cumplen con los estándares requeridos, aunque el proceso podría mejorarse con herramientas más adecuadas
	Consistencia	Buena C	0,01		El desempeño del trabajador se mantiene constante en cada pizarra armada, el ajuste de cada lado es uniforme y el acabado es homogéneo.
	Habilidad	Buena C1	0,06		El trabajador coloca y ajusta las bisagras correctamente, asegurando un ensamblaje sólido y alineado de la pizarra.
	Esfuerzo	Bueno C2	0,02		El trabajador verifica que todo esté ensamblado correctamente antes de finalizar.
	Condiciones	Regulares D	0		Las herramientas disponibles no son las más adecuadas, y existe desorden en el área de trabajo.
	Consistencia	Buena C	0,01		El trabajador arma los lados de la pizarra con uniformidad, garantizando que las uniones sean firmes y los componentes estén colocados de manera simétrica.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Para evaluar el ritmo de trabajo, se han seleccionado las principales tareas del proceso las cuales son transporte de la materia prima, pintado, corte y armado de cada cara del pizarrón. Es por eso que en la tabla 7 se observan 5 tareas.

Según la OIT, para este análisis se deben tener en cuenta los complementos fijos que se aplican a todas las formas de empleo y se relacionan con la fatiga (5%), los complementos por necesidades personales (4%) y el complemento variable por trabajar de pie (2%), sumando un total del 11%.

$$TE = Tn * (100\% + \% \text{ suplementos})$$

**Ecuación 4.** Fórmula para calcular el tiempo estándar.

Al aplicar la fórmula para la primera operación “limpieza de los tableros para pintar” se obtiene el siguiente tiempo estándar.

$$TE = 0,63$$

La fórmula se aplica para todas las tareas de la tabla 8, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 8.** Tiempo estándar de cada tarea

<b>N.º</b>	<b>Tareas</b>	<b>Tiempo promedio (min)</b>	<b>Factor de valoración</b>	<b>Tiempo normal (min)</b>	<b>Suplementos</b>	<b>Tiempo estándar (min)</b>
1	Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	0,50	1,13	0,56	11%	0,63
2	Limpieza de los tableros	0,43	1,07	0,46	11%	0,51
3	Pintado de los tableros	1,12	1,07	1,20	11%	1,33
4	Transporte a la zona de secado	0,22	1,07	0,24	11%	0,26
5	Transporte de los tableros a la mesa lijado	0,34	1,07	0,36	11%	0,40
6	Lijado de los tableros	0,99	1,07	1,05	11%	1,17
7	Transporte de los tableros al área de pintura	0,33	1,07	0,36	11%	0,39
8	Limpieza de los tableros pintados y lijados	0,96	1,07	1,03	11%	1,14
9	Aplicación de la segunda capa de pintura	1,03	1,07	1,10	11%	1,22
10	Transporte a la zona de secado	0,22	1,07	0,24	11%	0,26
11	Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	0,50	1,05	0,52	11%	0,58
12	Corte de la madera de laurel	6,17	1,05	6,48	11%	7,19
13	Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	0,18	1,05	0,19	11%	0,21
14	Ranurado de las tiras de madera cortadas	3,40	1,05	3,57	11%	3,96
15	Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	0,22	1,05	0,23	11%	0,26
16	Lijado de las tiras de madera de laurel	17,12	1,05	17,97	11%	19,95

N.º	Tareas	Tiempo promedio (min)	Factor de valoración	Tiempo normal (min)	Suplementos	Tiempo estándar (min)
17	Transporte de la madera de laurel a la mesa de armado	0,10	1,08	0,11	11%	0,12
18	Armado de la pizarra	17,37	1,08	18,76	11%	20,82
19	Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	0,12	1,08	0,13	11%	0,15
20	Fresado de los bordes	6,06	1,08	6,54	11%	7,26
21	Lijado para la corrección de fallas	1,74	1,08	1,88	11%	2,09
22	Aplicación de sellador en las tiras de madera	9,85	1,08	10,34	11%	11,48
23	Transporte de la pizarra a la mesa de armado	0,12	1,08	0,13	11%	0,14
24	Colocación de bisagras	3,63	1,08	3,92	11%	4,35
25	Colocación de cáncamos	0,78	1,08	0,84	11%	0,93
26	Colocación y ajuste de la soga	0,66	1,08	0,71	11%	0,79
27	Transporte al área de bodega	0,22	1,08	0,24	11%	0,27

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

### Diagrama de flujo del proceso

El gráfico siguiente elaborado con la información de la tabla 8 muestra una parte del diagrama de flujo del proceso de fabricación de pizarras el cual muestra a detalle cómo se lleva a cabo el proceso de fabricación de pizarras en Artes Metálicas, el diagrama de flujo se lo puede visualizar en su totalidad en el anexo 4.

Descripción	Cantidad (u)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				●	➔	➤	■	▼		
Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	2	9	0,63		●					De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros	2	0	0,51	●						Brocha-1 Operario
Pintado de los tableros	2	0	1,33	●						Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26		●					De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20							Tiempo establecido.
Transporte de los tableros al área de lijado	2	3	0,4		●					De manera manual-1Operario
Lijado de los tableros	2	0	1,17	●						Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Transporte de los tableros al área de pintura	2	3	0,39		●					De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros pintados y lijados	2	0	1,14	●						Brocha-1 Operario
Aplicación de la segunda capa de pintura	2	0	1,22	●						Se lleva a cabo la inspección para verificar que el pintado sea uniforme y seco
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26		●					De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20							Tiempo establecido
Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	1	2	0,58		●					Se lleva a cabo la inspección para seleccionar madera sin ojos ni grietas
Corte de la madera de laurel	1	0	7,19	●						Sierra ingleteadora DEWALT de 12 pulgadas-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	8	1	0,21		●					De manera manual-1Operario
Ranurado de las tiras de madera cortadas	8	0	3,96	●						Sierra de mesa con motor de 3hp-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	8	9	0,26		●					De manera manual-1Operario
Lijado de las tiras de madera de laurel	8	0	19,95	●						El tiempo de lijado se puede mejorar con la implementación de una máquina adecuada
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	8	1	0,12		●					De manera manual-1Operario
Armado de la pizarra	2	0	20,82	●						Se lleva a cabo la inspección para verificar que los bordes del pizarron estén bien unidos. El armado se lo hace con un martillo pero esto ralentiza el tiempo de trabajo
Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	2	1	0,15		●					De manera manual-1Operario
Fresado de los bordes	4	0	7,26	●						De manera manual-1Operario
Lijado para la corrección de fallas	2	0	2,09	●						Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Aplicación del sellador en las tiras de madera.	8	0	11,48	●						Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	2	1	0,14		●					De manera manual-1Operario
Colocación de bisagras	2	0	4,35	●						Taladro inalámbrico DEWALT-Atomillador INGCO- 1 Operario
Colocación de cáncamos	4	0	0,93	●						Taladro inalámbrico DEWALT-1 Operario
Colocación y ajuste de la soga	2	0	0,79	●						De manera manual-1Operario
Transporte al área de bodega	1	2	0,27		●					De manera manual-1Operario
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>	<b>36</b>	<b>127,86</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>4</b>			

**Gráfico 1. Diagrama de flujo de proceso**  
**Elaborado por: Pazmiño, Sebastián (2024)**

Se presenta en la tabla 9 el resumen del diagrama de flujo para la producción de una pizarra de madera de laurel.

**Tabla 9.** Resumen del diagrama de flujo de proceso

<b>Operaciones</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Actual</b>
Operación	●	84,19	15
Transporte	➔	3,94	12
Espera	➤	40	2
Inspección	■	22,89	4
Almacén	▼	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>127,86</b>	<b>33</b>
<b>Distancia total recorrida</b>			<b>36m</b>

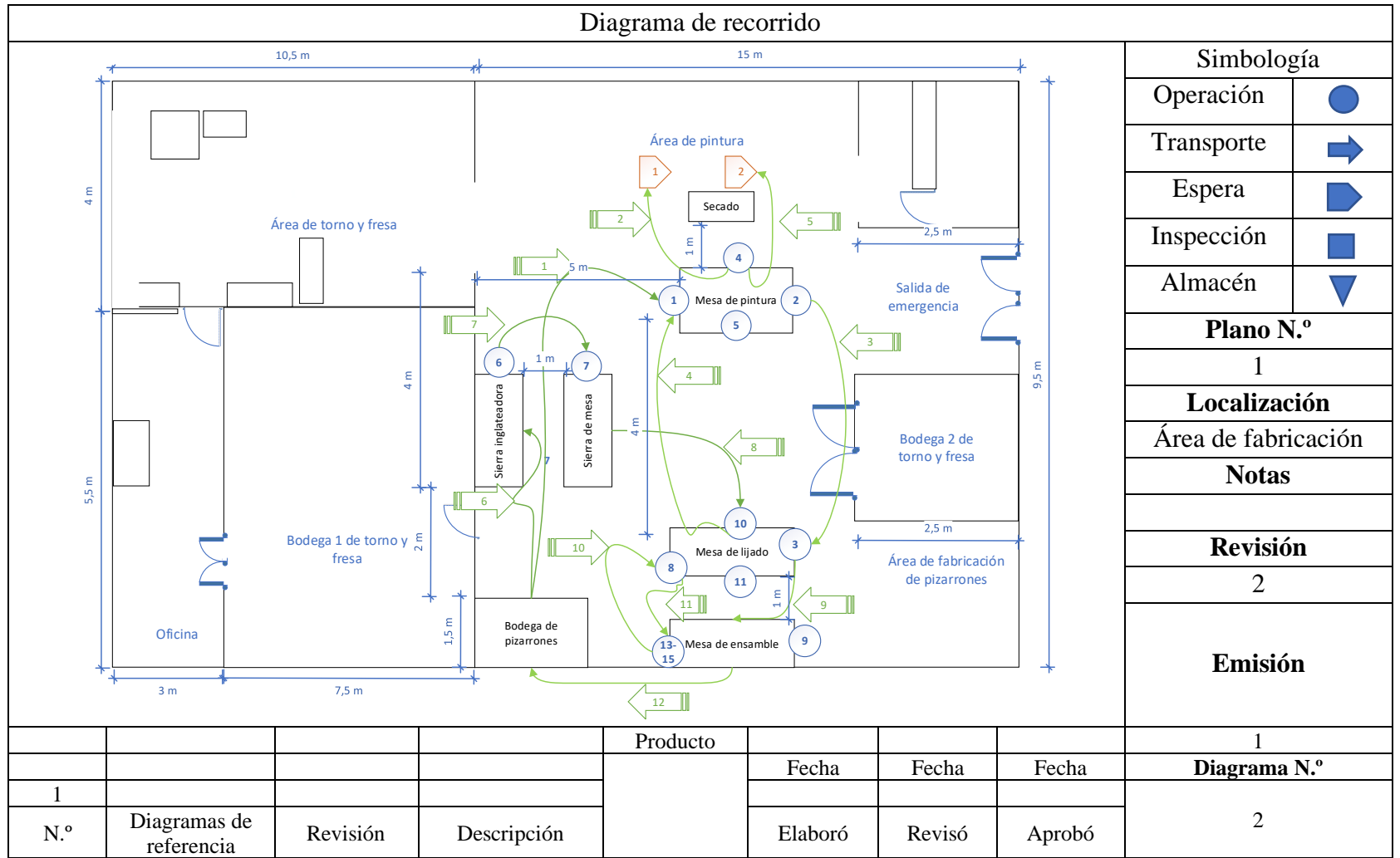
**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Utilizando los datos de la tabla 8, se elaboró el diagrama de flujo del proceso para la fabricación de pizarras de madera. Se detallan las tareas, cantidades, distancias y tiempo estándar de las 29 operaciones que tiene el proceso.

Se observa que el tiempo total es de 127,86 minutos y la distancia recorrida es de 36 metros cabe recalcar que en este tiempo se realiza una sola pizarra.

### **Diagrama de recorrido**

En el gráfico 2 se presenta el diagrama de recorrido que corresponde al proceso de fabricación de pizarras de madera en Artes Metálicas, donde se detallan todas las áreas en las cuales se lleva a cabo cada etapa de la fabricación.



**Gráfico 2.** Diagrama de recorrido  
**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Tabla 10.** Resumen del diagrama de recorrido




	<b>Tareas</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>Tareas continuas</b>	<b>Transporte De los tableros de MDF</b>	1.-Recepción de materia prima (tableros MDF)	0,63
		1.-Limpieza de los tableros	0,51
		2.- Pintado de los tableros	1,35
		2.-Transporte a la zona de secado	0,40
		1.-Secado del tablero	20,00
	<b>Pintado del panel MDF</b>	3.- Transporte de los tableros al área de lijado	0,26
		3.-Lijado de los tableros	1,17
		4.- Transporte de los tableros al área de pintura	0,39
		4.-Limpieza de los tableros pintados y lijados	1,14
		5.-Aplicación de la segunda capa de pintura	1,20
		5.-Transporte a la zona de secado	0,26
		2.-Secado del tablero	20,00
		6.- Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	0,58
	<b>Corte y acondicionado de tablas de laurel</b>	6.-Corte de la madera de laurel	7,21
		7.-Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	0,21
	7.-Ranurado de las tiras de madera cortadas	3,96	
	8.- Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	0,26	
	8.-Lijado de las tiras de madera de laurel	19,92	
<b>Armado de una cara de la pizarra</b>	9.-Transporte de la madera de laurel a la mesa de armado	0,12	
	9.-Armado de la pizarra	27,18	
	10.-Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	0,15	
	10.- Lijado para la corrección de fallas	8,09	
	11.- Aplicación del sellador en las tiras de madera	2,03	
	12.- Fresado de los bordes	11,48	
	11.-Transporte de la pizarra a la mesa de armado	0,14	
<b>Armado final de la pizarra</b>	13.-Colocación de bisagras	4,38	
	14.-Colocación de cáncamos	0,94	
	15.-Colocación y ajuste de la sogá	0,54	
	12.-Transporte al área de bodega	0,27	

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)





## Máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de fabricación de pizarras en Artes Metálicas.

En la tabla 11 se presenta las máquinas y herramientas que se utilizan en Artes Metálicas

**Tabla 11.** Máquinas y herramientas para la fabricación de pizarras

Máquinas y herramientas	Definición	Figura
Sierra de mesa con motor de 3hp.	Con esta máquina se realiza en cada tira de madera los canales que permiten enmarcar la pizarra.	
Sierra ingleteadora DEWALT de 12 pulgadas.	Aquí se realizan los cortes a 45 ° y 100 ° de cada tira de madera de laurel para las esquinas y patas de la pizarra.	
Lijadora orbital INGCO	Con esta máquina se pulen las imperfecciones del marco de la pizarra y también se alisa la superficie de los tableros de MDF después de la primera capa de pintura, cabe recalcar que lijar las tiras de madera con esta máquina hace que el proceso sea lento ya que está diseñada solo para dar acabados y no el lijado total que se hace durante el proceso.	

<b>Máquinas y herramientas</b>	<b>Definición</b>	<b>Figura</b>
Taladro inalámbrico DEWALT	Esta herramienta permite perforar las esquinas del marco de la pizarra para después atornillar.	
Atornillador INGCO	Se usa para ajustar los tornillos que conforman cada esquina de la pizarra esta herramienta permite atornillar la pizarra de una manera mucho más rápida que con un destornillador manual.	
Martillo de goma	Se utiliza para centrar el marco de la pizarra sin lastimar la madera ni dejar marcas.	
Tupi BP router fresadora de mano 500w	Con esta máquina se hace un biselado en cada borde de la pizarra dándole un aspecto más elegante sin embargo este biselado no es requerido por el cliente.	

<b>Máquinas y herramientas</b>	<b>Definición</b>	<b>Figura</b>
Martillo de uña	Es utilizado en el proceso de armado para reforzar las esquinas de la pizarra con clavos de 1" aunque el uso de esta herramienta requiere cuidado para evitar dañar las esquinas del marco.	
Compresor de 3hp	Principalmente se utiliza para pintar los tableros de MDF y también para limpiarlos con aire comprimido.	
Flexómetro	Es utilizado para medir las tiras de madera de laurel y realizar los respectivos cortes.	
Escuadra	Se utiliza para señalar la superficie de corte en cada tira de madera de laurel con esto se garantiza que el corte sea preciso.	

<b>Máquinas y herramientas</b>	<b>Definición</b>	<b>Figura</b>
Brocha	Esta herramienta es utilizada para la limpieza de los tableros antes de ser pintados ayuda a quitar impurezas como el polvo o aserrín.	
Pistola para pintar	Se utiliza para pintar los tableros de MDF.	
Prensa sargento	Esta herramienta se la utiliza en el armado de la pizarra para evitar que el marco se salga del tablero mientras se atornilla las esquinas.	
Prensas rápidas	Son utilizadas en el proceso de armado de la pizarra para fijar las dos caras de la pizarra y colocar las bisagras de manera uniforme.	

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

## Distribución del personal en Artes Metálicas

En la tabla 12 se presentan las áreas y el personal que labora en Artes Metálicas

**Tabla 12.** Empleados de Artes Metálicas

Área	Trabajadores	
	Grado académico	Experiencia
Administrativa	Se cuenta con un profesional de Tercer nivel en ingeniería industrial.	La experiencia del profesional es de 2 años en trabajos administrativos y de apoyo en empresas manufactureras
Contabilidad	Se cuenta con un profesional de Tercer nivel en contabilidad	La experiencia del profesional es de 5 años.
Producción	Se cuenta un operario con título de estudios secundarios	Cuenta con más de 8 años de experiencia en la fabricación de muebles de madera.
Logística	Se cuenta con un profesional con título de secundaria.	La experiencia del profesional es de 1 año en la compra y entrega de insumos.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

## Cuantificación de despilfarro en las tareas

### Despilfarro en el diseño del método CdM

Este tipo de despilfarro se cuantifica por medio del coeficiente CdM, el cual denota la cantidad de tiempo excedido en la ejecución de las operaciones se calcula mediante la siguiente fórmula (Cruelles 2012)

$$CdM = 1 + \frac{\Sigma ONVA \text{ (Tiempo de Operaciones de no valor agregado)}}{\Sigma OVA \text{ (Tiempo de Operaciones de valor agregado)}}$$

**Ecuación 5** despilfarro en el diseño del método (Cruelles 2012)

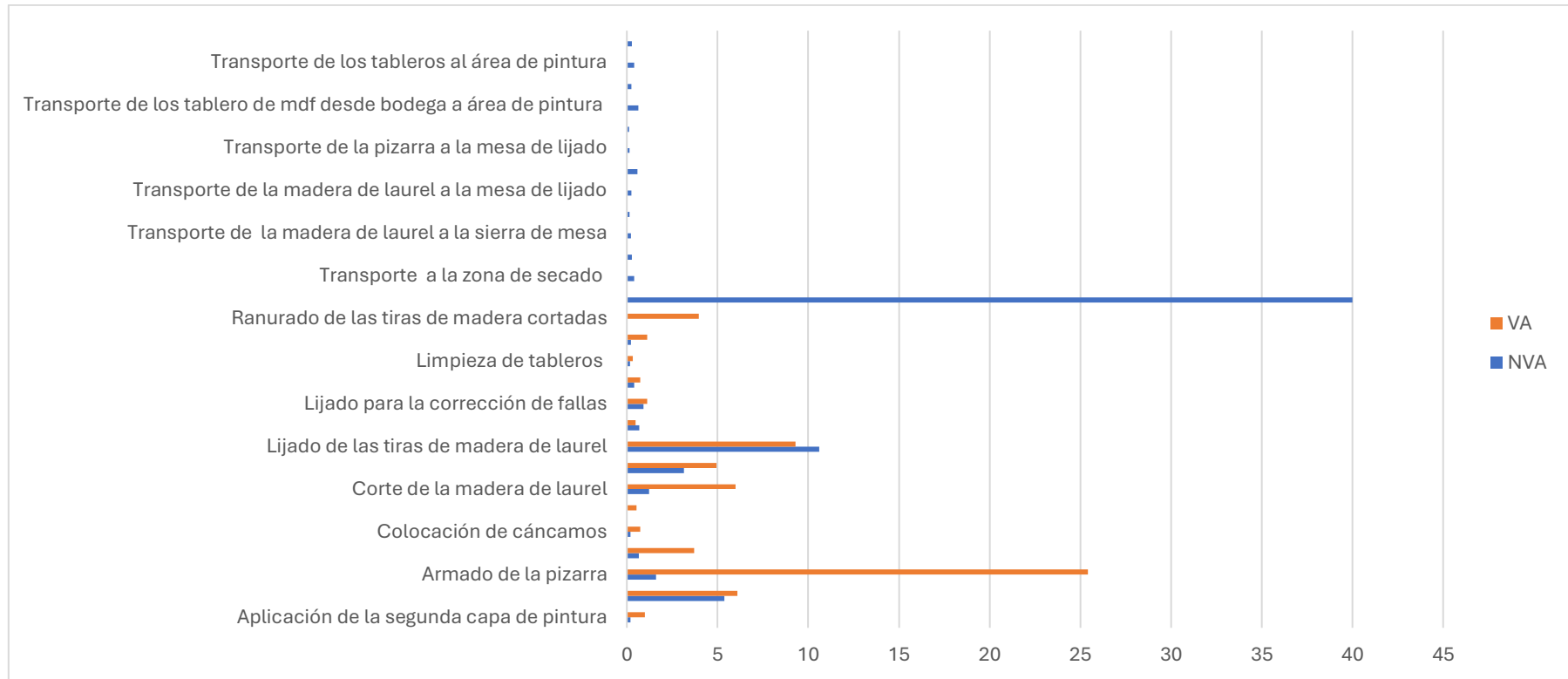
En la tabla 13 se presentan todos los tiempos de las operaciones de no valor agregado y de valor agregado con estos tiempos se procede a calcular el CdM aplicando la fórmula de la ecuación 5, para cada una de las tareas que tienen operaciones de no valor agregado.

**Tabla 13.** Cálculo del despilfarro en el diseño del método CdM

<b>Tareas del proceso</b>	<b><math>\Sigma</math>ONVA</b>	<b><math>\Sigma</math>OVA</b>	<b>CdM</b>
Aplicación de la segunda capa de pintura	0,20	1,00	1,20
Aplicación del sellador en las tiras de madera.	5,39	6,09	1,89
Armado de la pizarra	4,89	22,15	1,22
Colocación de bisagras	0,67	3,71	1,18
Colocación de cáncamos	0,20	0,74	1,27
Colocación y ajuste de la soga		0,54	1,00
Corte de la madera de laurel	1,21	5,99	1,20
Fresado de los bordes	3,14	4,94	1,64
Lijado de las tiras de madera de laurel	10,62	9,31	2,14
Lijado de los tableros	0,70	0,47	2,48
Lijado para la corrección de fallas	0,91	1,12	1,81
Limpieza de los tableros pintados y lijados	0,41	0,74	1,55
Limpieza de tableros	0,18	0,33	1,54
Pintado de los tableros	0,23	1,12	1,20
Ranurado de las tiras de madera cortadas		3,96	1
Secado al ambiente	40,00		
Transporte a la zona de secado	0,40		
Transporte a la zona de secado	0,26		
Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	0,21		
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	0,14		
Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	0,26		
Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	0,58		
Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	0,15		
Transporte de las tiras de madera de laurel a la mesa de armado	0,12		
Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	0,63		
Transporte de los tableros a la mesa de lijado	0,26		
Transporte de los tableros al área de pintura	0,39		
Transporte del pizarrón al área de bodega	0,27		
<b>Total, general</b>	<b><math>\Sigma</math>72,42</b>	<b><math>\Sigma</math>62,2</b>	

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

En el gráfico 3 se presenta el resumen del tiempo de las tareas de valor agregado y no agregado en el proceso de fabricación de pizarras, por medio de este gráfico se tiene una visión más clara de aquellas tareas que tienen una mayor cantidad de operaciones que no agregan valor al proceso y que por lo tanto se necesita proponer alternativas de mejora que reduzcan estas operaciones.



**Gráfico 3.** Representación del tiempo de las tareas de valor agregado y de no valor agregado en el proceso de fabricación de pizarras.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Tabla 14.** Resumen de las operaciones del proceso de fabricación de pizarras

<b>Tareas</b>	<b>Número de operaciones</b>	<b><math>\Sigma</math>Tiempo</b>
Operaciones valor agregado	57	72,42
Operaciones de no valor agregado	46	62,2

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

### **Despilfarro en el diseño del trabajo**

El despilfarro en el diseño del trabajo se cuantifica mediante el coeficiente CdD el cual expresa aquel excedente de tiempo resultante del diseño del método y del diseño del proceso (Cruelles, 2012; pag 194), la fórmula para calcular el CdD se la puede ver a continuación en la ecuación 6.

$$CdD = 1 + \frac{\Sigma \text{Tiempo de todas las ONVA}}{\Sigma \text{Tiempo de todas OVA}}$$

**Ecuación 6.** Despilfarro en el diseño del proceso de fabricación.

**Ecuación 5.** Fórmula para calcular el coeficiente de despilfarro en el diseño del proceso de fabricación.

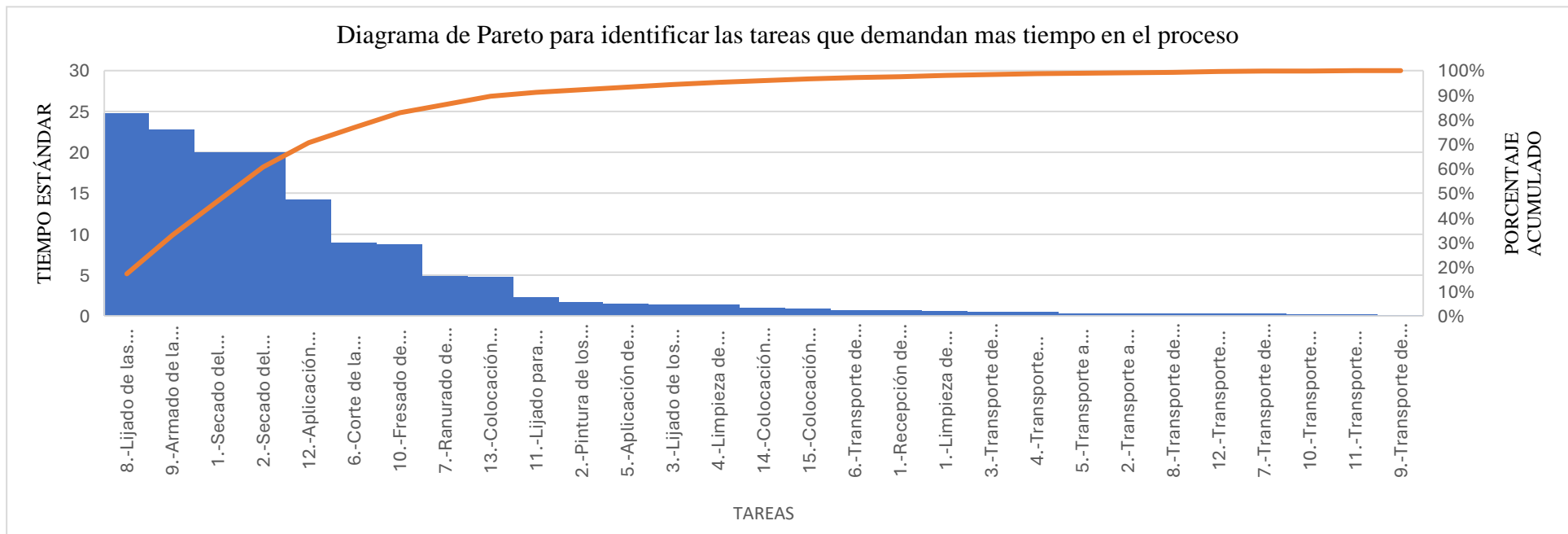
Al aplicar la fórmula de la ecuación 6 en la cual se divide la sumatoria del tiempo de todas las operaciones de no valor agregado y la sumatoria de las operaciones de valor agregado las cuales se evidencian en la tabla 14, el cociente resultante de esta división es el siguiente:

$$CdD = 2.16$$

El valor de CdD obtenido indica cuánto tiempo se está desperdiciando en comparación con la Cantidad Mínima de Tiempo Necesario (CMTN) para producir. En este caso, el CdD es 2.16, lo que significa que la cantidad de despilfarro es alta en comparación con la cantidad mínima que debería ser 1. Para mejorar la eficiencia, es necesario implementar acciones correctivas que reduzcan este valor lo más cercano posible a 1, ya que un CdD cercano a la unidad indica que el desperdicio de tiempo es mínimo y que el diseño del proceso es bueno.

### Tareas que demandan el 80% del tiempo en la fabricación.

Por medio del siguiente diagrama de Pareto, que se muestra en el gráfico 4, se han identificado las tareas que le demandan un mayor porcentaje de tiempo al proceso de fabricación de pizarras.



**Gráfico 4.**Diagrama de Pareto sobre las tareas del proceso.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Según el diagrama de Pareto gráfico 4 se puede evidenciar las tareas que demandan más tiempo de trabajo en el proceso, por lo que se realizó la siguiente matriz para priorizar las tareas a mejorar.

### Identificación de las tareas a mejorar

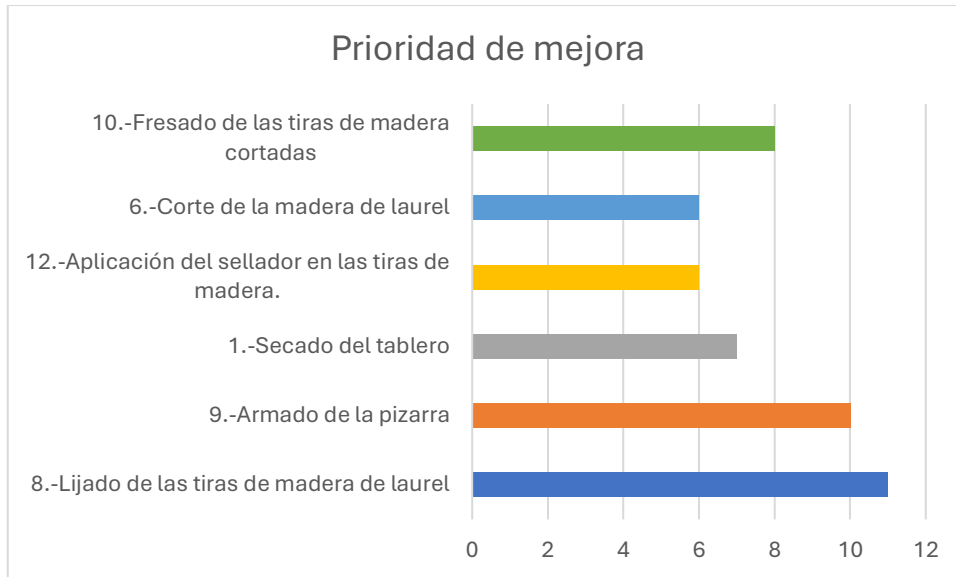
Para la identificación de las tareas que se puede mejorar en el proceso de fabricación de pizarras se construye una matriz de priorización de tareas para evaluar las 6 tareas identificadas con mayor porcentaje de tiempo en el diagrama de Pareto.

**Tabla 15.** Matriz de priorización de las tareas

TAREA	Impacto	Costo	Facilidad	Urgencia	Prioridad
8.-Lijado de las tiras de madera de laurel	3	3	3	3	12
9.-Armado de la pizarra	3	2	3	2	10
1.-Secado del tablero	2	3	1	1	7
12.-Aplicación del sellador en las tiras de madera.	2	1	2	1	6
6.-Corte de la madera de laurel	1	1	3	1	6
10.-Fresado de las tiras de madera cortadas	1	1	3	3	8

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## Resultados de la matriz de priorización



**Gráfico 5.** Resultados de la matriz de priorización

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Los criterios de priorización con los que se ha evaluado a las tareas del proceso son los siguientes:

**Impacto:** ¿Qué tan importante es esta tarea para la calidad del producto final?

**Costo:** ¿Qué tan costosa es realizar la mejora de esta tarea?

**Facilidad de mejora:** ¿Qué tan fácil es implementar mejoras en esta tarea?

**Urgencia:** ¿Qué tan pronto necesita ser mejorada esta tarea?

**Tabla 16.** Criterios de evaluación

<b>Impacto:</b>	<b>Calificación</b>
Bajo impacto en la calidad del producto final.	1
Impacto moderado en la calidad del producto final.	2
Alto impacto en la calidad del producto final.	3
<b>Costo:</b>	
Bajo costo de implementación. Menor que \$100	1
Costo moderado de implementación. Entre \$100 y \$200	2
Alto costo de implementación. Mayor que \$200	3

<b>Facilidad de mejora</b>	
Difícil de mejorar.	1
Moderadamente fácil de mejorar.	2
Fácil de mejorar.	3
<b>Urgencia</b>	
Urgencia Baja	1
Urgencia moderada	2
Urgencia Alta	3

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Los resultados obtenidos de la matriz de priorización Tabla 15 reflejan que las tareas que deben ser mejoradas urgentemente son las de fresado, lijado y armado del pizarrón.

En la tabla 17 se presenta la justificación de las tareas que se pretende mejorar.

**Tabla 17.** Identificación tareas a mejorar en el proceso de fabricación de pizarras.

<b>N.º</b>	<b>Tareas</b>	<b>Justificación</b>
1	Lijado de las tiras de madera de laurel cortadas	El lijado de las tiras de madera se realiza a mano con una lijadora orbital la cual no es una herramienta adecuada para un proceso a gran escala, por lo que ocasiona más trabajo del necesario esta herramienta no está diseñada para soportar un uso intensivo y prolongado, también somete a la máquina a un esfuerzo excesivo, aumentando el riesgo de avería
		Esta tarea presenta un Coeficiente de despilfarro en el método de 2.14
2	Fresado de las tiras de madera de laurel cortadas	Esta tarea mejora la apariencia estética de la pizarra, pero no agrega valor funcional al producto ni tampoco es requerido por el cliente, Además, este proceso adicional incrementa el tiempo de fabricación y los costos operativos.
		Esta tarea presenta un Coeficiente de despilfarro en el método de 1.64
3	Armado de la pizarra	En el armado se utiliza un martillo de uña y clavos para asegurar el marco. Aunque este método es funcional se tienen que hacer varios movimientos innecesarios también existe el

N.º	Tareas	Justificación
		riesgo de dañar los bordes de la pizarra además es un método relativamente lento ya que para asegurar que los clavos se coloquen de forma uniforme en las esquinas, es necesario pensar cuidadosamente los bordes, lo que aumenta el tiempo de fabricación.
		Esta tarea presenta un Coeficiente de despilfarro en el método de 1,22

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

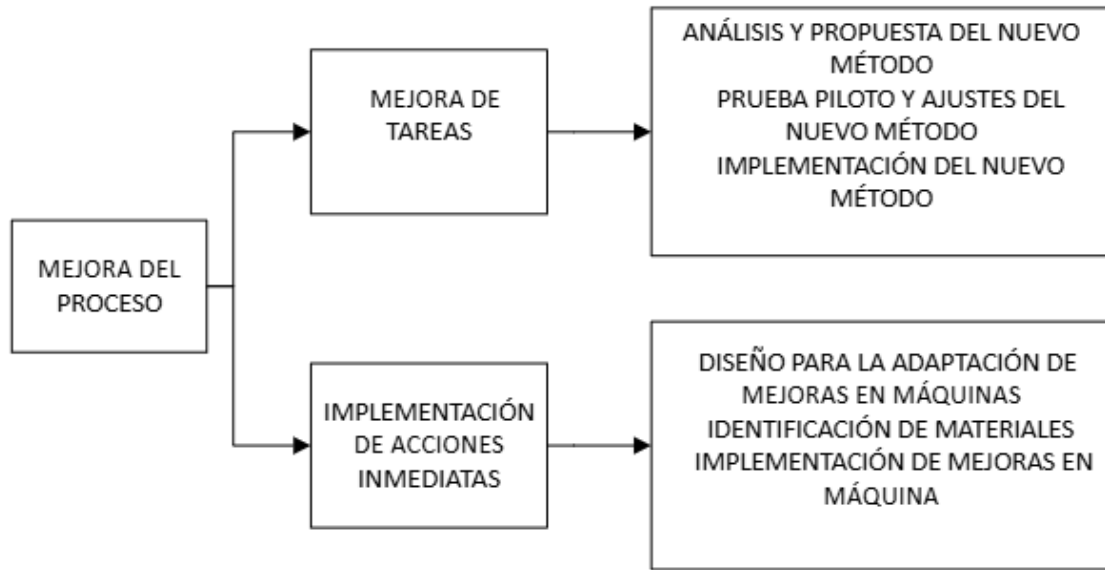
### Área de estudio

**Tabla 18.** Área de estudio

Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Gestión de sistemas productivos
Aspecto	Mejora de proceso productivo
Objeto de estudio	Reducción de desperdicios en un proceso productivo
Periodo de análisis	Octubre 2022 – febrero 2023

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## Modelo operativo:



**Gráfico 6:**Modelo Operativo

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## Desarrollo del modelo operativo

### Modificación de la Sierra de mesa

Para la tarea de lijado se utiliza una lijadora orbital manual la cual no es adecuada para este tipo de procedimiento se sabe que su capacidad de lijado es de 24 tiras por hora o 640 cm de tiras de madera de laurel de 4cm de ancho x 2.5 cm de espesor en 19,95 minutos a continuación se detalla la fórmula utilizada para obtener este dato.

$$\text{Cantidad de tiras lijadas} = \frac{(60 \text{ minutos}) \times (\# \text{de unidades lijadas})}{\text{Tiempo estándar}}$$

$$\text{Cantidad de tiras lijadas} = \frac{(60 \text{ min}) \times (8 \text{ unidades})}{19.95 \text{ min}} = 24.06$$

La empresa ha considerado la compra de una lijadora de disco sin embargo por su elevado costo ha considerado la alternativa de modificar su sierra de mesa para que pueda funcionar con un disco de lija de 15mm y grano #80, para realizar esta modificación se realizará un contrato con un técnico con conocimientos en la fabricación y mantenimiento de este tipo de maquinaria para carpintería. La modificación que se necesita hacer es un

corte en uno de los lados de la ranura intermedia de la mesa ya que esta solo tiene un ancho de 10 mm esta modificación no afecta su funcionamiento como máquina de corte, según datos técnicos de máquinas de lijado con disco con un motor de la misma capacidad 2hp tienen la capacidad de lijar un total de 100 cm/min por lo cual se estima que el tiempo de lijado de los mismo 640 cm en esta máquina seria de aproximadamente 6.4 min , este valor se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo estimado} = \frac{\text{Distancia en cm de tiras a lijar}}{\text{capacidad de la máquina en cm/min}}$$

$$\text{Tiempo estimado} = \frac{640 \text{ cm}}{100 \text{ cm/min}}$$

$$\text{Tiempo estimado} = 6.4 \text{ min}$$

A continuación, se presenta la ficha técnica de la sierra de mesa que se pretende modificar:

**Tabla 19.** Ficha Técnica de la sierra de mesa de Artes Metálicas

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<p><b>Sierra de mesa Industrial</b></p> <p><b>Especificaciones Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesa de 100 x 80 de Hierro dulce.</li> <li>• Guía expandible de 70cm.</li> <li>• Guía de 45 grados.</li> <li>• Mecanismo de polea que asciende la plataforma.</li> <li>• Motor de 3 HP.</li> <li>• Disco hasta de 16” para Madera o Melamina</li> <li>• Peso 350 Kg</li> </ul>	<p><b>Imagen de la máquina</b></p> 

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

El disco de lija que se instalará en la sierra de mesa modificada puede tener un diámetro máximo de 16” y un espesor de 15 mm. Con estas dimensiones, es posible lijar tiras de hasta 10 cm de ancho. Sin embargo, en el proceso de fabricación actual solo se requiere lijar tiras de un máximo de 4 cm de ancho, por lo que el tamaño del disco es ideal para este proceso.

Es importante destacar que esta modificación no afecta la función principal de la sierra de mesa, ya que únicamente implica el uso de un disco de mayor grosor para el proceso de lijado. La máquina seguirá funcionando con normalidad para cortes, permitiendo el uso del disco de corte sin restricciones. De hecho, este tipo de adaptación es común en sierras de mesa industriales, aunque el equipo disponible en Artes Metálicas no cuenta con dicha mejora.

**Tabla 20.** Ficha técnica del disco de lija propuesto

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>Disco de lija</b>	<b>Imagen del componente</b>
<p><b>Información General</b></p> <p>Nombre del producto: Disco de lija para lijadora de mesa Uso recomendado: Lijado de madera en procesos de fabricación.</p> <p><b>Especificaciones técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diámetro: 40 cm</li><li>• Tipo de grano: #80</li></ul>	

- (abrasi3n media, ideal para desbaste y acabado)
- Material del abrasivo:  
3xido de aluminio
- Soporte: Tablero circular de MDF de 15 mm y 40 cm de diámetro  
Forma: Circular con perforaci3n central



**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

### **Tarea de Fresado**

Una vez identificada la oportunidad de mejora en esta tarea se ha tomado la decisi3n de eliminarla, posteriormente se diseña un nuevo proceso sin esta tarea y se lo documenta mediante un diagrama de flujo y por medio de este se socializa al personal de fabricaci3n para que pueda llevar a cabo el nuevo proceso a continuaci3n se resalta la tarea eliminada en el diagrama de flujo de proceso.

Descripción	Cantidad (u)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				●	➔	➤	■	▼	
Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	2	9	0,63	●	➔				De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros	2	0	0,51	●					Brocha-1 Operario
Pintado de los tableros	2	0	1,33	●					Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26	●					De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20						Tiempo establecido.
Transporte de los tableros al área de lijado	2	3	0,4	●					De manera manual-1Operario
Lijado de los tableros	2	0	1,17	●					Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Transporte de los tableros al área de pintura	2	3	0,39	●					De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros pintados y lijados	2	0	1,14	●					Brocha-1 Operario
Aplicación de la segunda capa de pintura	2	0	1,22	●					Se lleva a cabo la inspección para verificar que el pintado sea uniforme y seco
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26	●					De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20						Tiempo establecido
Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	1	2	0,58	●					Se lleva a cabo la inspección para seleccionar madera sin ojos ni grietas
Corte de la madera de laurel	1	0	7,19	●					Sierra ingleteadora DEWALT de 12 pulgadas-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	8	1	0,21	●					De manera manual-1Operario
Ranurado de las tiras de madera cortadas	8	0	3,96	●					Sierra de mesa con motor de 3hp-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	8	9	0,26	●					De manera manual-1Operario
Lijado de las tiras de madera de laurel	8	0	19,95	●					El tiempo de lijado se puede mejorar con la implementación de una máquina adecuada
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	8	1	0,12	●					De manera manual-1Operario
Armado de la pizarra	2	0	20,82	●					Se lleva a cabo la inspección para verificar que los bordes del pizarron estén bien unidos. El armado se lo hace con un martillo pero esto ralentiza el tiempo de trabajo
Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	2	1	0,15	●					De manera manual-1Operario
Fresado de los bordes	4	0	7,26	●					De manera manual-1Operario
Lijado para la corrección de fallas	2	0	2,09	●					Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Aplicación del sellador en las tiras de madera.	8	0	11,48	●					Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	2	1	0,14	●					De manera manual-1Operario
Colocación de bisagras	2	0	4,35	●					Taladro inalámbrico DEWALT-Atornillador INGCO- 1 Operario
Colocación de cáncamos	4	0	0,93	●					Taladro inalámbrico DEWALT-1 Operario
Colocación y ajuste de la sogá	2	0	0,79	●					De manera manual-1Operario
Transporte al área de bodega	1	2	0,27	●					De manera manual-1Operario
<b>TOTAL</b>	95	36	127,86	15	12	2		4	

**Gráfico 7. Flujograma Propuesto**  
**Elaborado por: Pazmiño, Sebastián (2024)**

## **Tarea de Armado**

En la empresa Artes Metálicas, se identificó que la tarea de armado de pizarras presenta ineficiencias debido al uso de un martillo manual. Este método genera un alto número de operaciones, además influye en la calidad de los filos del pizarrón y un tiempo excesivo en la tarea. Para solucionar estos inconvenientes, se propuso la adquisición e implementación de una clavadora neumática.

### **Ventajas del uso de la clavadora Neumática en el proceso de fabricación de pizarras:**

- Clava en milisegundos, esto acelera el proceso y permite clavar varias piezas en poco tiempo.
- Reduce la fatiga del trabajador, ya que solo requiere presionar un gatillo.
- Clava con la misma fuerza en cada disparo, asegurando que todos los clavos estén bien colocados.
- Menos riesgo de dañar el material porque no hay golpes directos.
- Su costo es accesible
- Cargador de alta capacidad que permite un trabajo continuo sin recargas frecuentes.

**Tabla 21.** Ficha Técnica de la clavadora neumática propuesta.

## FICHA TÉCNICA

### Clavadora Neumática BP

### Imagen de la Herramienta

#### Información General

- Nombre del equipo: Clavadora Neumática Calibre 18
- Uso recomendado: Ensamblaje de piezas de madera, carpintería, fabricación de muebles
- Fuente de energía: Aire comprimido
- Presión de trabajo: 60 - 120 PSI (libras por pulgada cuadrada)

#### Especificaciones técnicas

- Tipo de clavo: Calibre 18 (Brad Nails)
- Rango de longitud del clavo: 10 mm – 50 mm
- Presión de trabajo recomendada: 60 – 120 PSI
- Capacidad del cargador: 100 clavos
- Conexión de entrada de aire: 1/4" NPT
- Material del cuerpo: Aluminio de alta resistencia  
Peso: 1,2 – 1,5 kg



---

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación de la propuesta:**



En el siguiente apartado se exponen las propuestas implementadas para mejorar el proceso de fabricación de pizarras de madera en Artes Metálicas. Se identificaron oportunidades de mejora en las tareas de: Lijado, Fresado y Armado. La implementación de estas mejoras busca reducir los despilfarros de estas tareas y reducir tiempos en el proceso, a continuación, se presentan las mejoras propuestas:

#### **Propuesta de mejora en la tarea de lijado:**

##### **Modificación de la sierra de mesa para el lijado**

Para la implementación de esta propuesta se contrató a un técnico con conocimientos en mantenimiento y fabricación de maquinaria industrial para carpintería el cual se encargó de llevar a cabo la modificación propuesta a continuación en la tabla 22 se detallan los pasos para la modificación de la sierra de mesa en Artes Metálicas.

**Tabla 22.** Proceso de modificación de la sierra de mesa.




<b>Proceso de modificación de la sierra de mesa</b>		
<b>Pasos</b>	<b>Imágenes</b>	<b>Desarrollo</b>
1. Medición del área de corte		Se mide con precisión la zona exacta donde se realizará la modificación en la mesa de la sierra.
2. Marcado de la línea de corte:		Con la ayuda de una escuadra, se trazó la longitud del corte para garantizar precisión y alineación.
3. Ejecución del corte:		Utilizando una moladora, se realizó un corte recto en la estructura de la máquina para ajustar la parte que requería modificación.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

A continuación, en la tabla 23 se presentan los materiales que se utilizaron para realizar la modificación de la sierra de mesa.

**Tabla 23.** Herramientas utilizadas para la modificación de la sierra de mesa.

Herramientas	Imagen
Flexómetro	 A yellow and black flexible measuring tape with a blue label that says "Super acrylic".
Escuadra Combinada	 A red combination square with a metal blade and a red handle, resting on a dark surface.
Moladora con disco de corte de 7"	 A red and blue angle grinder with a black handle and a black guard, lying on a light-colored surface.

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

Una vez realizada la modificación se llevaron a cabo pruebas preliminares para verificar que la máquina funcione correctamente para llevar a cabo la tarea de lijado a continuación en las siguientes imágenes se presenta la máquina modificada juntamente con el disco de lija y las pruebas que se realizaron para verificar su funcionamiento.

En la ilustración 2 se evidencia el resultado de la modificación de la sierra de mesa en la cual ya existe un espacio para el disco de lija de 15mm.



**Ilustración 2.** Sierra de mesa con la modificación para lijado

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

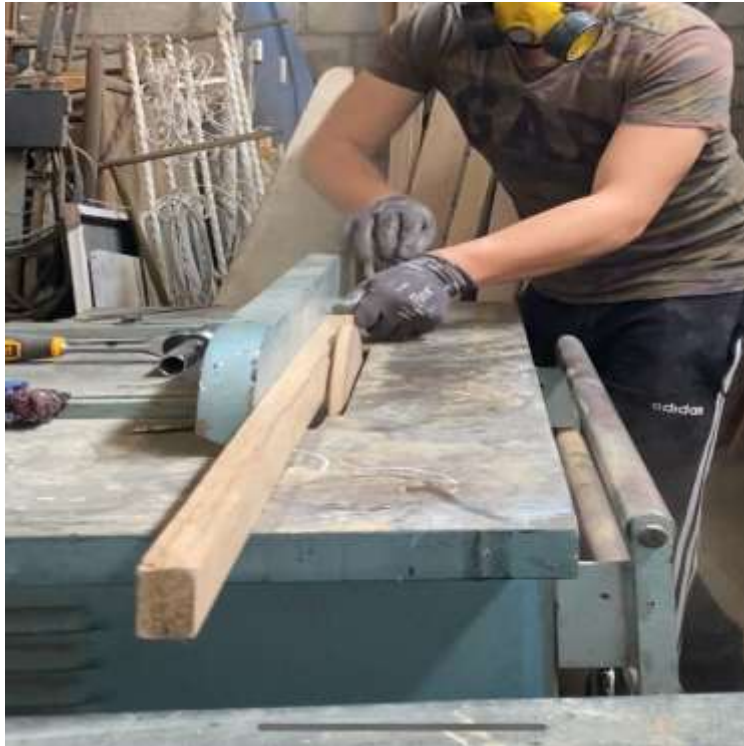
En la ilustración 3 se puede ver que el disco de lija cubre todo el ancho de la tira de madera de laurel para el lijado.



**Ilustración 3.** Prueba de lijado con la madera de laurel en la sierra de mesa

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

En la ilustración 4 se evidencia la ejecución de la tarea de lijado con el nuevo método de lijado utilizando la sierra de mesa.



**Ilustración 4.** Pruebas preliminares de la sierra de mesa en la tarea de lijado.  
**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

**Propuesta de mejora para la tarea de fresado:**

Se presenta el nuevo diagrama de flujo del proceso de fabricación de pizarras de madera en Artes Metálicas en el cual se ha eliminado la tarea de fresado.

Descripción	Cantidad (u)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				●	➔	➤	■	▼	
Transporte de los tableros de MDF desde bodega a área de pintura	2	9	0,63	●	➔				De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros	2	0	0,51	●					Brocha-1 Operario
Pintado de los tableros	2	0	1,33	●					Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26	●	➔				De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20						Tiempo establecido.
Transporte de los tableros al área de lijado	2	3	0,4	●	➔				De manera manual-1Operario
Lijado de los tableros	2	0	1,17	●					Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Transporte de los tableros al área de pintura	2	3	0,39	●	➔				De manera manual-1Operario
Limpieza de los tableros pintados y lijados	2	0	1,14	●					Brocha-1 Operario
Aplicación de la segunda capa de pintura	2	0	1,22	●					Se lleva a cabo la inspección para verificar que el pintado sea uniforme y seco
Transporte a la zona de secado	2	1	0,26	●	➔				De manera manual-1Operario
Secado del tablero	2	1	20						Tiempo establecido
Transporte de la madera de laurel desde la bodega hasta el área de corte	1	2	0,58	●	➔				Se lleva a cabo la inspección para seleccionar madera sin ojos ni grietas
Corte de la madera de laurel	1	0	7,19	●					Sierra ingleteadora DEWALT de 12 pulgadas-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la sierra de mesa	8	1	0,21	●	➔				De manera manual-1Operario
Ranurado de las tiras de madera cortadas	8	0	3,96	●					Sierra de mesa con motor de 3hp-1 Operario
Transporte de la madera de laurel a la mesa de lijado	8	9	0,26	●	➔				De manera manual-1Operario
Lijado de las tiras de madera de laurel	8	0	7,02	●					El tiempo de lijado se puede mejorar con la implementación de una máquina adecuada
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	8	1	0,12	●	➔				De manera manual-1Operario
Armado de la pizarra	2	0	13,64	●					Se lleva a cabo la inspección para verificar que los bordes del pizarron estén bien unidos. El armado se lo hace con un martillo pero esto ralentiza el tiempo de trabajo
Transporte de la pizarra a la mesa de lijado	2	1	0,15	●	➔				De manera manual-1Operario
Lijado para la corrección de fallas	2	0	2,09	●					Lijadora orbital INGCO-1 Operario
Aplicación del sellador en las tiras de madera.	8	0	11,48	●					Pistola para pintar-Compresor de 3hp- 1 Operario
Transporte de la pizarra a la mesa de armado	2	1	0,14	●	➔				De manera manual-1Operario
Colocación de bisagras	2	0	4,35	●					Taladro inalámbrico DEWALT-Atomillador INGCO- 1 Operario
Colocación de cáncamos	4	0	0,93	●					Taladro inalámbrico DEWALT-1 Operario
Colocación y ajuste de la sogá	2	0	0,79	●					De manera manual-1Operario
Transporte al área de bodega	1	2	0,27	●	➔				De manera manual-1Operario
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>	<b>36</b>	<b>100,49</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		

**Gráfico 9.** Flujograma después de eliminar la tarea de fresado  
**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## **Propuesta de mejora para la tarea de Armado:**

### **Análisis y selección de la clavadora neumática**

Se consideraron diferentes opciones de clavadoras neumáticas considerando calidad, precio y compatibilidad con el proceso de fabricación de pizarras. Se eligió una clavadora de calibre 18 marca BP ya que en este tipo de clavadora se puede utilizar clavos de 1" ¼ esta medida de clavos es la que garantiza un adecuado ajuste y fijación del marco de la pizarra, no hubo complicaciones para adecuar esta herramienta al puesto de trabajo ya que se la pudo utilizar con la misma manguera neumática que se utiliza en el proceso de pintado con el compresor

También el trabajador encargado recibió instrucciones del uso adecuado de la clavadora neumática y las precauciones que se debe tener para evitar accidentes con esta herramienta, en la ilustración 5 se puede ver el armado de una de las caras del pizarrón con el uso de la clavadora neumática.



**Ilustración 5.** Clavado de las esquinas del pizarrón con la clavadora neumática.

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

En la ilustración 6 se muestra el resultado del ensamblaje de las esquinas del pizarrón utilizando la clavadora neumática. Se puede observar que no hay marcas ni daños en las

esquinas, además las uniones presentan una fijación uniforme y firme, mejorando la calidad del acabado.



**Ilustración 6.** Esquinas del pizarrón ensambladas con la clavadora neumática.

**Fuente:** Artes Metálicas (2024)

**Resultados esperados:**

Como resultados esperados una vez aplicadas las acciones de mejora se evidencia el nuevo valor del tiempo estándar y también el nuevo coeficiente de despilfarro en el diseño del proceso de fabricación (CdD) obteniendo un CdD de 1,77 en comparación con el anterior de 2,16.

**Tabla 24.** Resumen de las operaciones del proceso de fabricación de pizarras

<b>Tareas</b>	<b>Total</b>	<b>CdM</b>	<b>CdD</b>
Operaciones valor agregado	57	56,57	
Operaciones de no valor agregado	46	43,86	1,77

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Por otra parte, también se presentan los valores de CdM de las operaciones de lijado y armado.

**Tabla 25.** Variación en el tiempo de trabajo de las tareas mejoradas

<b>Tarea de lijado</b>			
<b>Tiempo estándar</b>		<b>CdM</b>	
<b>Antes de la propuesta</b>	<b>Propuesta aplicada</b>	<b>Antes de la propuesta</b>	<b>Propuesta aplicada</b>
19,95	7,02	2,14	1,16
Se puede evidenciar que hubo una reducción de 0,98 puntos en el CdM			

**Tarea de Fresado**

Esta tarea se elimina por completo, lo que resulta en una reducción total de 7,26 minutos en el proceso de fabricación de las pizarras de madera.

**Tarea de Armado**

<b>Tiempo estándar</b>		<b>CdM</b>	
<b>Antes de la propuesta</b>	<b>Propuesta aplicada</b>	<b>Antes de la propuesta</b>	<b>Propuesta aplicada</b>
20,82	13,64	1,22	1,12
Se puede evidenciar que hubo una reducción de 0,10 puntos en el CdM			

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

A continuación, se presenta una comparación de antes y después de la implementación de las mejoras en las tareas de armado y lijado, en donde evidentemente existe una reducción significativa de las operaciones de no valor agregado.

**Tabla 26.** Comparación de los movimientos de la tarea de armado antes y después de la mejora

<b>Operaciones de la tarea de armado antes de la mejora</b>	<b>Operación</b>	<b>Operaciones de la tarea de armado después de la mejora</b>	
Se enmarcan los tableros de MDF en las tiras de madera	<input type="checkbox"/>	Se enmarcan los tableros de MDF en las tiras de madera	<input type="radio"/>
verificación de que las esquinas se encuentren alineadas uniformemente	<input type="radio"/>	Se verifica que las esquinas se encuentren alineadas uniformemente	<input checked="" type="checkbox"/>
Prensado de las esquinas de la pizarra	<input type="radio"/>	Tomar la clavadora neumática de su lugar de almacenamiento hasta la mesa de armado	<input type="radio"/>
Tomar el martillo de uña de su lugar de almacenamiento	<input type="radio"/>	Se conecta la clavadora a la manguera del compresor	<input type="radio"/>
Tomar los clavos de su lugar de almacenamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Clavado de la esquina superior derecha de la pizarra	<input type="radio"/>
Verificar que cada esquina este alineada uniformemente	<input type="radio"/>	Clavado de la esquina superior izquierda de la pizarra	<input type="radio"/>
Tomar un clavo para su primer uso	<input type="radio"/>	Transporte de los taladros y tornillos de su lugar de almacenamiento	<input type="radio"/>
Tomar el martillo para empezar con el ensamble	<input type="radio"/>	Se perfora cada lado inferior de la pizarra para atornillar	<input type="radio"/>
Empezar a clavar la esquina superior derecha de la pizarra	<input type="radio"/>	Se colocan y se ajustan los tornillos con la ayuda del taladro atornillador	<input type="radio"/>
Tomar un clavo para su segundo uso	<input type="radio"/>	Verificación de que todos los lados y esquinas de la pizarra se encuentren unidos uniformemente	<input checked="" type="checkbox"/>
Tomar el martillo para su segunda operación de clavado	<input type="radio"/>		
Empezar a clavar la esquina superior izquierda de la pizarra	<input type="radio"/>		
Tomar un clavo para su tercer uso	<input type="radio"/>		
Tomar el martillo para su tercer uso	<input type="radio"/>		
Empezar a clavar el lado inferior izquierdo de la pizarra	<input type="radio"/>		
Tomar un clavo para su cuarto uso	<input type="radio"/>		
Tomar el martillo para su cuarto uso	<input type="radio"/>		
Empezar a clavar el lado inferior derecho de la pizarra	<input type="radio"/>		

<b>Operaciones de la tarea de armado antes de la mejora</b>	<b>Operación</b>
Transporte de los taladros y tornillos de su lugar de almacenamiento	→
Se perfora cada lado de la pizarra para atornillar	○
Se colocan y se ajustan los tornillos con la ayuda del taladro atornillador	○
Verificación de que cada esquina se encuentre unida uniformemente	□

Tiempo estándar de la tarea

27,18 min

Tiempo estándar de la tarea

13,64  
min

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

Con la adaptación de la sierra de mesa para la tarea de lijado se logró reducir las operaciones y por ende el tiempo estándar de esta tarea.

**Tabla 27.** Comparación de los movimientos de la tarea de armado antes y después de la mejora

<b>Operaciones de la tarea de lijado antes de la mejora</b>		<b>Operaciones de la tarea de lijado después de la mejora</b>	
Tomar la lijadora de su lugar de almacenamiento	→	Cambio de disco de corte a disco de lijado	→
Tomar las lijas de su lugar de almacenamiento	→	Encendido de la máquina	○
Montaje de la lija en la lijadora orbital	○	Lijado de las tiras de madera	○
Verificar que la bolsa de polvo se encuentre vacía	□		
Conectar la lijadora orbital a la corriente	○		
Se inicia el lijado de las tiras de madera	○		
Inspección del estado de desgaste de la lija	□		
Sustitución de la lija por desgaste o daño	○		
Vaciado de la bolsa recolectora de polvo	○		
Tiempo estándar de la tarea	19,95	Tiempo estándar de la tarea	7,02

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024).

## Cronograma de actividades

Tabla 28. Cronograma General de actividades

TIEMPO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				Mes 6					
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Revisión Bibliográfica	■	■																								
Selección de la empresa donde se realizará el tema propuesto	■	■																								
Diagnóstico de la situación de la empresa			■	■																						
Identificación del proceso					■	■																				
Toma de muestras de tiempo en el proceso de fabricación de pizarras							■	■	■																	
Identificación y priorización de los problemas en el proceso									■	■	■	■	■	■												
Selección de las alternativas de mejora																■	■									
Diseño de las acciones de mejora																	■									
Finalización del informe																		■	■	■						
Implementación y entrega de la propuesta en Artes Metálicas																					■	■				
Sustentación y Defensa del trabajo realizado																							■			

Elaborado por: Pazmiño, Sebastián (2024)

## Seguimiento de las actividades

Para facilitar el seguimiento, es importante diseñar un indicador que evidencie el avance de las actividades planificadas en el cronograma de la tabla 28 mediante el siguiente indicador el cual permite cuantificar el % de actividades totales realizadas en periodo de 6 meses.

$$\text{Número de actividades realizadas} = \frac{\# \text{ Actividades Realizadas}}{\# \text{ Actividades Planificadas}} * 100$$

**Tabla 29.** Seguimiento de las actividades aplicadas

Mes	Actividades realizadas	Actividades planificadas	% de cumplimiento
1	3	11	27%
2	5	11	45%
3	6	11	55%
4	7	11	64%
5	9	11	82%
6	11	11	100%

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## Análisis de costos

En la tabla se presentan las mejoras a implementar y los costos de cada una

**Tabla 30.** Costos para la aplicación de la propuesta.

TIEMPO	Semana1	Semana 2	Semana3	Semana 4
<b>ACTIVIDADES</b>				
Socialización de la propuesta al gerente propietario	200			
Socialización al personal operativo de los cambios en el método de trabajo	100			
Contrato con el técnico que modificará la sierra de mesa	50			
Adaptación de la sierra de mesa para el lijado		100		
Adquisición del disco de lija			55	
Capacitación al personal de producción sobre el uso de la máquina con su nueva adaptación				100

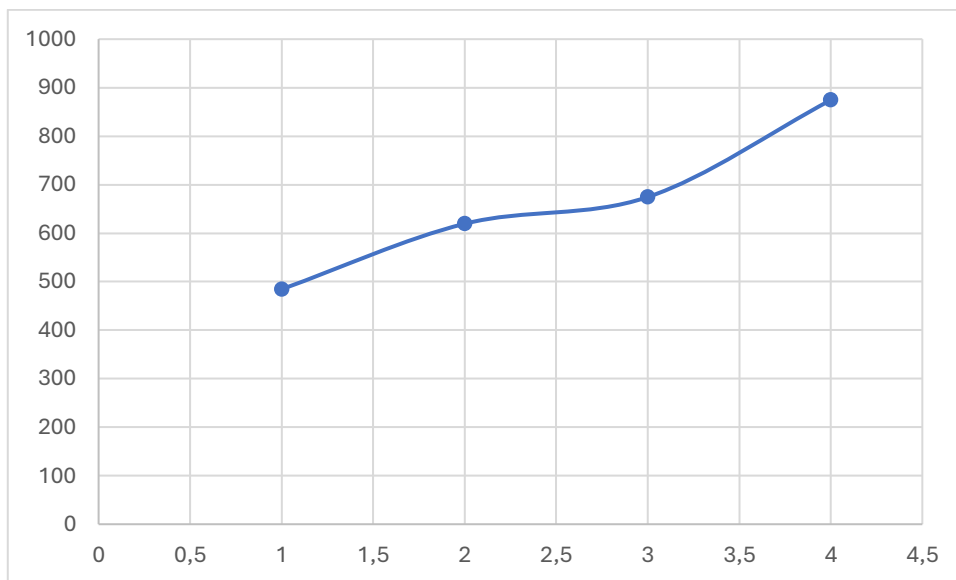
TIEMPO	Semana1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Pruebas preliminares				100
Compra del martillo neumático	134,5			
Adecuación del puesto de trabajo para el uso de la clavadora neumática en esto se incluye la compra del kit de manguera y acoples rápidos para compresor		35		
	484,5	135	55	200
<b>TOTAL</b>	<b>484,5</b>	<b>619,5</b>	<b>674,5</b>	<b>874,5</b>

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

El costo total de la implementación de las mejoras es de 874.50 dólares americanos los cuales la empresa tendrá que costear desde la primera semana del mes de implementación de las mejoras. Además, la curva S de costo gráfico 12 permite evidenciar el presupuesto que necesita la empresa en el lapso de 4 semanas.

### Curva S de costos

La curva S se presenta en el gráfico 8.



**Gráfico 8.** Análisis de costo y tiempo. (curva “S”).

**Elaborado por:** Pazmiño, Sebastián (2024)

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

Al analizar la situación actual del proceso de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas, se determinó que, el tiempo de ejecución en las tareas de lijado, armado y fresado era de: lijado 19.95 min; armado 27.18 min y fresado 7.26 min con un coeficiente de despilfarro de tarea de lijado 2.14 y en tarea de armado 1.22, una vez analizados los tiempos de estas tareas se determinó que estaban siendo realizadas de una manera incorrecta esto ocasionaba una excesiva cantidad de operaciones tiempos innecesarios y un mayor consumo de recursos para la empresa.

Con respecto a las alternativas que permiten mejorar el proceso de fabricación de pizarras de madera en la empresa Artes Metálicas, se realizó una modificación en la sierra de mesa para que funcione como una lijadora industrial esto permite realizar la tarea de lijado de una forma más rápida y exacta, conjuntamente se realizó la compra de una clavadora neumática para eliminar la excesiva cantidad de operaciones en la tarea de armado, y se realizó un nuevo diseño del proceso con la tarea de fresado eliminada plasmándolo mediante un diagrama de flujo de proceso.

Se implementaron todas las acciones de mejora planificadas en un lapso de 30 días, y se realizó un nuevo estudio de tiempos y cálculo de despilfarro para cuantificar la mejora del proceso, los resultados arrojaron que existió una significativa reducción de tiempos en las tareas que presentaban problemas, así como también se redujo el indicador del despilfarro de 2.16 a 1.77 obteniendo así un mejor diseño en el método y en el proceso de fabricación.

## **Recomendaciones**

Se recomienda evaluar el impacto de estas mejoras en un período de seis meses para determinar si es necesario realizar ajustes adicionales o tomar acciones correctivas inmediatas.

Se recomienda continuar con el análisis de otros procesos de la empresa para identificar oportunidades de mejora que contribuyan al cambio.

Se recomienda hacer un estudio con respecto a la distribución de las áreas de la empresa con el fin de minimizar traslados innecesarios de materiales y herramientas reduciendo así operaciones de no valor agregado.

Se recomienda documentar todos los procesos que se lleven a cabo en la empresa por medio de manuales de operaciones.

## REFERENCIAS

- AIMA. (2020). Cifras Industria Forestal 2020. *Asociación Ecuatoriana de La Industria Forestal y de La Madera*. <https://iila.org/wp-content/uploads/2021/04/AIMA-Cifras-2020.pdf>
- Alarcón, N., Alarcón, O., Alarcón, J., & Alarcón, D. (2023). Gestión por procesos en las entidades públicas, una revisión literaria. *Podium*, *1*(44), 103–118. <https://doi.org/10.31095/podium.2023.44.7>
- Aldea, A. (2021). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua. *Industrial Data*, *24*(1), 7–22. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19616>
- Cabral, C., Sciortino, C., & Calderaro, A. (2022). *Tipos de registros en los pizarrones de las clases de Biología del nivel secundario*. (pp. 1–8). <https://www.academica.org/2.congreso.internacional.de.ciencias.humanas/33.pdf>
- Corporación Financiera Nacional. (2023). Ficha Sectorial Silvicultura y extracción de madera. *Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios*, *1*(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Silvicultura-y-extraccion-de-madera.pdf>
- Cruelles, J. (2012). *Despilfarro cero: La mejora continúa a partir de la medición y la reducción del despilfarro* (Primera). MARCOMBO. <https://books.google.com.ec/books?id=aDTs7HxlSHYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- FAO. (2018). *Datos y cifras globales de productos forestales* (pp. 1–20). <http://www.fao.org/3/I7034ES/i7034es.pdf>
- FAO. (2019). S comisión forestal para américa latina y el caribe 31. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4f371bbe-2e04-4e3e-b17c-d36d0bd55019/content>

- FAO. (2021). Proyecto de declaración sobre el mercado de productos forestales. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*. [https://unece.org/sites/default/files/2021-11/NH134\\_FO\\_EFC\\_2021\\_4\\_es.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-11/NH134_FO_EFC_2021_4_es.pdf)
- ISO. (2015). *Norma Internacional ISO 9000: 2015* (pp. 1–60). Organización Internacional de Estandarización. [https://dai.uas.edu.mx/pdfs/NORMA\\_ISO\\_9000-2015\\_FyV.pdf](https://dai.uas.edu.mx/pdfs/NORMA_ISO_9000-2015_FyV.pdf)
- ITTO. (2024). *Gti informe 2024-Índice Global de la Madera* (pp. 1–24). Organización Internacional de las Maderas Tropicales. <https://es.itto-ggsc.org/static/upload/file/20240418/1713403757110720.pdf>
- Jiménez, J., & Gisbert, V. (2017). Guía Metodológica De La Gestión De Desperdicios En Una Pyme. *3C Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico*, 6(5), 57–63. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.57-63>
- León, J., Tete, A., & Ríos, J. (2024). Gestión financiera basada en la potencialidad de exportación de la industria de teca ecuatoriana, período 2019-2023. *Polo de Conocimiento*, 9(8), 197–221. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i8.7688>
- Miranda, D. (2024). *MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN* [Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/6685>
- Muñoz, M. (2021). ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD. *Revista de Investigación En Ciencias de La Administración ENFOQUES*, 5(17), 40–54. <https://www.redalyc.org/journal/6219/621968429003/621968429003.pdf>
- Pallango, T. (2023). *Propuesta de mejora para reducir los desperdicios en el proceso productivo de bloque estructural de 15 cm en la empresa CONSTRUCT BLOCK ubicada en el Cantón Salcedo* [Universidad Tecnológica Indoamérica]. [https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5857/1/CHANGO\\_MASAQUIZA WILLIAM VINICIO.pdf](https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5857/1/CHANGO_MASAQUIZA WILLIAM VINICIO.pdf)
- Paucar, D. (2024). *Mejora del proceso en el área de abastecimiento de una empresa*

*metalmecánica* [Universidad Tecnológica Indoamérica].  
[https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/6689/1/PAUCAR  
LLUMIQUINGA DIEGO PATRICIO.pdf](https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/6689/1/PAUCAR_LLUMIQUINGA_DIEGO_PATRICIO.pdf)

Sosa, V., Loyo, J., López, Á., Montoya, P., & Hernández, A. (2018). MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMFE. *Revista Ingeniería Industrial-Año*, 17(1), 209–225.  
<https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.12>

Vicencio, J., Treviño, J., Alcalá, C., & Zapata, A. (2023). Reducción de Desperdicios y Mejoramiento de la Productividad en una Empresa del Ramo Automotriz. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 777–795.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i5.7765](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7765)

Villagómez, L. (2018). *Análisis de la estructura y funcionamiento de la industria maderera primaria en la provincia de Bolívar* [Universidad Andina Simón Bolívar].  
[https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6192/1/T2621-MAE-Villagomez-  
Analisis.pdf](https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6192/1/T2621-MAE-Villagomez-Analisis.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1. Tiempos medidos

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	EX	N	Total		
limpieza de los tableros para pintar	30,69	17,54	28,48	22,34	25,67	29,12	18,95	27,53	31,06	26,42	4,30	0,56	0,75	6,94	48,22
Pintado de los tableros	84,60	58,05	58,15	61,20	81,00	75,00	69,00	82,80	64,80	59,87	11,57	2,81	1,68	5,79	33,55
Lijado de los tableros	82,80	48,45	44,01	79,20	52,34	47,18	66,00	45,56	75,00	50,89	9,86	5,68	2,38	9,67	93,58
Limpieza de los tableros pintados y lijados	65,00	62,54	54,30	55,47	64,35	50,22	61,78	47,91	59,34	48,28	9,63	1,15	1,07	4,46	20,00
Aplicación de la capa final de pintura	62,00	62,91	60,68	61,34	63,47	63,12	60,92	62,18	60,27	61,89	10,31	0,03	0,17	0,66	0,44
Corte de la madera de laurel	318,27	423,86	362,13	401,52	340,17	376,98	359,45	412,33	325,89	388,64	61,82	32,66	5,72	3,70	13,67

Ranurado de las tiras de madera cortadas	209,37	227,58	204,61	201,11	206,04	172,11	199,57	217,49	218,80	181,87	33,98	7,01	2,65	3,12	9,72
Lijado de las tiras de madera de laurel	17,00	16,45	18,05	17,30	16,55	17,20	17,02	18,15	16,35	17,08	171,15	33,57	5,79	1,35	1,83
Aplicación del sellador en las tiras de madera.	9,34	10,33	10,28	9,45	10,15	9,52	10,40	9,30	10,20	9,50	98,47	18,84	4,34	1,76	3,11
Armado del pizarrón	13,23	17,27	15,50	16,75	14,12	13,87	16,03	15,92	14,58	17,00	154,27	179,10	13,38	3,47	12,04
Lijado para la corrección de fallas	96,94	82,55	136,81	95,40	80,30	138,20	85,70	100,55	134,90	93,80	17,42	13,32	3,65	8,38	70,00

**Anexo 2. Valores para obtener la valoración según el método de Westinghouse**

<u><i>HABILIDAD</i></u>			<u><i>ESFUERZO</i></u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente
<u><i>CONDICIONES</i></u>			<u><i>CONSISTENCIA</i></u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

**Anexo 3. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de pizarras con todas las tareas y operaciones a detalle**



Anexo 4. Certificado de conformidad

**Artes Metálicas**

**Certificado**

Ambato, 26 de marzo del 2025

Yo, Eduardo Isaías López Cabezas, propietario del Taller "Artes Metálicas", certifico que el señor Pazmiño López Darío Sebastián, con CI.1805456751, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Universidad Indoamérica, realizó su trabajo de titulación con el tema:

**"MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIZARRAS EN LA EMPRESA ARTES METÁLICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO 2024"**

Habiendo revisado la estructura de su trabajo, puedo afirmar que la propuesta implementada contribuirá significativamente a incrementar la productividad de la empresa, reduciendo tiempos y mejorando el proceso de fabricación de pizarras.

Por lo tanto puedo certificar que el Sr.Pazmiño López Darío Sebastián ha demostrado responsabilidad, compromiso y capacidad en la ejecución del proyecto de mejora, cumpliendo satisfactoriamente con los objetivos planteados desde el inicio.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado puede hacer uso del presente certificado como considere pertinente.

Atentamente.

  
Eduardo Isaías López Cabezas  
Propietario de Artes Metálicas.