



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE SECADO LA EMPRESA SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA”.

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTORES: Rosa Angelica Aizaga Moreira

Andrés Alexi Arreaga Betancourt

TUTOR: Ing. Luis Daniel Caamaño Gordillo M.Sc.

Guayaquil- Ecuador

Octubre -2021

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Rosa Angelica Aizaga Moreira con documento de identificación N° 0929634541 y Andrés Alexi Arreaga Betancourt con documento de identificación N° 0940631757; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación

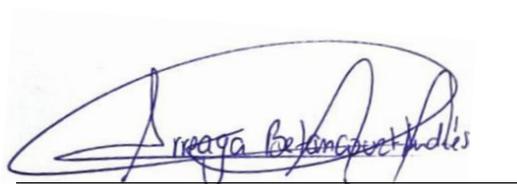
Guayaquil, 30 de octubre del año 2021

Atentamente,



Rosa Angelica Aizaga Moreira

CI: 0929634541



Andrés Alexi Arreaga Betancourt

CI: 094063175-7

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Nosotros, Rosa Angelica Aizaga Moreira con documento de identificación N° 0929634541 y Andrés Alexi Arreaga Betancourt con documento de identificación N° 0940631757, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE SECADO LA EMPRESA SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

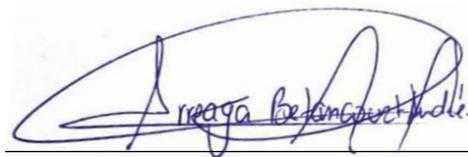
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de octubre del año 2021

Atentamente,



Rosa Angelica Aizaga Moreira
CI: 0929634541



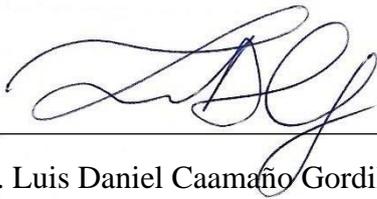
Andrés Alexi Arreaga Betancourt
CI: 094063175-7

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Daniel Caamaño Gordillo con documento de identificación N° 0922618079, docente de la Universidad, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE SECADO LA EMPRESA SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA, realizado por Rosa Angelica Aizaga Moreira con documento de identificación N° 0929634541 y Andrés Alexi Arreaga Betancourt con documento de identificación N° 0940631757, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de octubre del año 2021

Atentamente,



Ing. Luis Daniel Caamaño Gordillo M.Sc.
C.I. 0922618079

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi guía central, que siempre es omnipresente en toda situación, que siempre tiene mi camino con luces y destellos pese a toda tormenta que siempre viene acompañada de aprendizajes enriquecedoras, que es mucho más real que lo genuino aliviando el alma.

Agradezco a quien fue mi fortaleza en cuanto quería declinar en toda lucha, agradezco a quien tuvo la empatía emocional y los asertivos consejos que me permitieron poder seguir formándome como una persona integra.

Agradezco a quienes me cultivaron buenos valores y sentimiento de conciencia para poder agregar ese extra a todo lo ordinario que día a día me trazara.

A cada profesor que formo día con día una ilusión de servicio y de innovación laboral en la industria mientras impartían cada una de sus clases.

Rosa Angelica Aizaga Moreira

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por siempre bendecirme teniendo seres humanos increíbles a mi lado que me han ayudado a lo largo de esta etapa profesional, que han sabido dirigirme con la paciencia y el amor que siempre me han brindado.

Agradezco a mi apoyo emocional, mi sustento y mi fortaleza en todo momento de mi vida, mis padres, los cuales son mi dirección para poder seguir adelante en toda meta que me trace a lo largo de mi vida personal y profesional, porque siempre han sabido inculcarme el trabajo duro y las ganas de seguir adelante.

Andrés Alexi Arreaga Betancourt

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestros padres quienes fueron la fortaleza durante estos cinco años de estudios.

Dedicamos este trabajo a cada persona que se nos cruzó en el camino, que siempre aportaron con una idea, un consejo, una ayuda, a cada taxista que se regateaba para llegar temprano a los exámenes de la universidad, a cada conductor del bus o metro vía que nos hacía el favor de esperarnos, a cada amigo que nos daba el aventón para poder llegar con buen tiempo.

Dedicamos este proyecto al sistema de educación de la Universidad, el cual nos ha servido porque nos formó como profesionales, llenos de cualidades óptimas de un Salesiano.

Sin duda una especial dedicatoria a mi colega de fórmula por toda la paciencia obtenida y los conocimientos impartidos en este trabajo, a quien fue mi mejor equipo de trabajo; que supo cómo llegar en el momento indicado a iluminar, ya que con su esencia siempre lo hace.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	15
INTRODUCCION	16
1. CAPITULO I: EL PROBLEMA	18
1.1. Antecedentes.....	18
1.2. Importancia y alcances	19
1.3. Delimitación	20
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
2. CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEORICOS.....	23
2.1. Six Sigma.....	24
2.2. Herramientas básicas de calidad.....	24
2.2.1. Diagrama de Pareto	24
2.2.2. Hoja de verificación	26
2.2.3. Diagrama de Ishikawa	27
2.2.3.1. Tipos de diagrama de Ishikawa	28
2.2.4. Diagrama de flujo de proceso	29
2.2.5. AMEF	30
2.2.6. HISTOGRAMA	32
2.3. Proceso de secado de madera	34
2.3.1. Humedad de la madera	35
2.3.2. Determinación del contenido de humedad	35
2.4. Secado de madera	36
2.4.1. Importancia del secado de madera.....	37
2.4.2. Métodos de secado	38
2.4.2.1. Secado natural o al aire	38
2.4.2.2. Secado artificial.....	39
2.5. Estudio de mercado	39
2.6. Marco referencial.....	40
2.7. Marco legal.....	41
3. CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO	43
3.1. Tipo y diseño de investigación	43
3.2. Métodos y técnicas	43
3.3. Metodología.....	44
3.4. Protocolo de desarrollo del programa six sigma	45
3.4.1. Selección de herramienta de calidad.....	45

3.4.2.	Utilización de las herramientas de calidad.....	45
3.5.	Metodología para la aplicación de seis sigma DMAIC.....	46
3.6.	Aplicación de la metodología DMAIC a los procesos que poseen alta variabilidad	47
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS.....	49
4.1.	PROBLEMÁTICA DEL AREA	49
4.1.1.	Análisis de la problemática	49
4.1.2.	Recolección de datos	49
4.1.3.	Análisis de datos.....	49
4.1.4.	Selección de proyectos	50
4.1.5.	Matriz Selección de proyectos	50
4.2.	FASE 1: Definición del proyecto	51
4.2.1.	Ficha de definición del proyecto	51
4.2.2.	EI VOC.....	52
4.2.3.	Situación actual de la empresa	52
4.2.4.	Descripción del proceso	54
4.2.4.1.	SIPOC.....	54
4.2.4.2.	Variables críticas del proceso.....	54
4.3.	FASE 2: Medición del proyecto seleccionado	55
4.3.1.	Definición de la métrica operacional	55
4.3.2.	Identificación de la medición de la variación	56
4.3.3.	Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos a través de la metodología seis sigma.....	58
4.3.4.	Recomendaciones de las mejoras al sistema de medición.....	60
4.4.	FASE 3: Analizar y validar causas	61
4.4.1.	Identificación de las causas que generan los problemas de secado.....	61
4.4.2.	Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF).....	62
4.4.3.	Diagrama de Ishikawa.....	64
4.4.4.	Medición de impacto financiero	64
4.4.5.	Costo por devoluciones mensuales	65
4.5.	FASE 4: Mejorar	65
4.5.1.	Cálculo de DPMO y rendimiento posterior a la detención de defectos.....	65
4.5.2.	Alternativas de mejora	67
4.5.3.	Análisis de factibilidad	68
4.5.4.	Registro de humedades y temperatura posterior a la aplicación de actividades de mejora.	69
4.5.5	Registro de devoluciones internas.....	70
4.5.6.	Impacto financiero posterior a la aplicación de actividades de mejora	71
4.6.	FASE 5: Controlar	72

4.6.1. Seguimiento de planes de acción	72
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1. CONCLUSIONES	76
5.2. RECOMENDACIONES	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77

Tabla 1. Selección de herramientas de calidad	45
Fuente: Los autores	45
Tabla 2. Criterios de selección de proyectos.....	50
Tabla 3. Matriz de selección de proyectos	50
Tabla 4. Porcentaje acumulado de defectos en cada área de la empresa	51
Tabla 5. Ficha de definición del proyecto	51
Tabla 6. Requisitos de identificación de los clientes	52
Tabla 7. Devoluciones de producto no conforme aplicando la metodología DMAIC.....	53
Tabla 8. Variables críticas del proceso de secado	54
Fuente: Los autores	54
Tabla 9. Variables críticas del proceso de producción.....	54
Fuente: Los autores	55
Tabla 10. Variables críticas del despacho	55
Fuente: Los autores	55
Tabla 11. Variables críticas del proceso comercial.....	55
Fuente: Los autores	55
Tabla 12. Parámetros de temperatura y humedad durante el 2020	56
Fuente: Los autores	57
Tabla 13. Medidas de dispersión de % de humedad	57
Fuente: Los autores	57
Tabla 14. Número de unidades, defectos y oportunidades de los subprocesos en el área de secado.....	59
Tabla 15. Registro de mediciones del nivel de calidad Sigma en cada subproceso.....	60
Tabla 16. Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos	60
Tabla 17. Matriz causa efecto de los problemas de secado.....	61
Tabla 18 Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos Fuente: por los autores	63
Tabla 19. Medición del impacto financiero	65
Tabla 20. Registro de mediciones del nivel de calidad Sigma en cada área de la empresa.....	66
Tabla 21. Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos	66
Tabla 22. Alternativas de mejora	67
Tabla 23. Factibilidad de las alternativas de mejora	68
Tabla 24. Parámetros de temperatura y humedad posterior a la aplicación de metodología DMAIC.....	69
Tabla 25. Devoluciones de producto en m ³ posterior a la aplicación de la metodología DMAIC durante el 2021	70
Tabla 26. Medición del impacto financiero posterior a la metodología DMOIC	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1. Localización actual de Setrmad	21
Ilustración 2. Diagrama de Pareto	25
Ilustración 3. Hoja de verificación.....	27
Ilustración 4. Diagrama de pescado simple	28
Ilustración 5. Diagrama de proceso	29
Ilustración 6. Diagrama de flujo de proceso	31
Ilustración 7. Diagrama de AMEF.....	31
Ilustración 8. Histograma de frecuencia relativa	33
Ilustración 9. Histograma de frecuencia relativa y absoluta.....	33
Ilustración 10. Proceso de secado natural.....	38
Ilustración 11. Proceso de secado artificial	39
Ilustración 12. Pasos para la aplicación de la metodología six sigma.....	44
Ilustración 13. Diagrama de Pareto para identificación de problema.....	49
Ilustración 14 M3 netos y M3 rechazados por proceso de secado	53
Ilustración 15. Rangos de porcentaje de humedad por el número de piezas inspeccionadas .	57
Ilustración 16. Diagrama de Ishikawa de las causas identificadas en el proceso de secado	64
Ilustración 17. Costo mensual por devoluciones de producto	65
Ilustración 18. Cantidad de m ³ de producto devueltos para el año 2020 y el año 2021	71
Ilustración 21. Trabillado con trabillas de aluminio	74
Ilustración 20. Trabillado inadecuado con.....	74
trabillas	74
Ilustración 22. Válvulas con fugas.....	74
Ilustración 24. Mantenimiento de radiadores	75
.....	75
Ilustración 23. Mantenimiento de ventiladores	75
Ilustración 25. Radiadores y Ventiladores de las cámaras de secado.....	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Selección de herramientas de calidad.....	34
Ecuación 2. Contenido de humedad.....	35
Ecuación 3. Contenido de humedad por método gravimétrico.....	36
Ecuación 4. Nivel six sigma.....	46
Ecuación 5. Porcentaje de rechazo.....	55
Ecuación 6. Cantidad de defectos por producto.....	58
Ecuación 7. Defectos por oportunidad.....	58
Ecuación 8. Defectos por millón por oportunidad.....	58
Ecuación 9. Rendimiento a la primera inspección.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	80
ANEXO 2: SELECCIÓN DE PROYECTO	82
ANEXO 3 : SIPOC	83
ANEXO 4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SECADO	84
ANEXO 5: CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE HUMEDAD	85
ANEXO 6: FORMATO DE CONTROL PARA MUESTRAS DE SECADO.....	86
ANEXO 7: FORMATO DE DEVOLUCIONES INTERNAS	87
ANEXO 8: CAPACITACIÓN DE TRABILLADO	88

RESUMEN

Setramad Cia. Ltda es una empresa especializada en el diseño, fabricación y comercialización de pallets y embalajes de madera para la industria. La política de la empresa hace que esta lleve procesos rigurosos, asegurando su durabilidad y calidad en cada uno de los productos que ofertan. Sin embargo, durante la inspección continua en la planta se pudo evidenciar que la empresa no lleva un control adecuado de calidad en el proceso de secado de la materia prima y producto terminado.

Durante el año 2020 la empresa obtuvo un 18,28% de rechazo de producto terminado asociado con mala calidad del proceso de secado del total de unidades producidas.

El objetivo principal de este proyecto es poder implementar la metodología Six Sigma en la empresa con el fin de resolver problemas de calidad reduciendo el porcentaje de devoluciones por producto no conforme. Por medio de la metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, controlar, mejorar) nos permitió conocer el estado actual del proceso, partiendo desde la segmentación de los motivos de las no conformidades por parte del cliente final, en donde el 68% son asociados a problemas de mal secado, es decir productos fuera de parámetros de humedad previamente establecido.

La aplicación de la metodología durante el primer semestre del año, progresivamente nos ofreció realizar un monitoreo del proceso de secado, en donde se redujo un 3,75% de la propuesta inicial del proyecto en donde se estableció reducir el 70% las devoluciones a comparación del 2020, esperando llegar a tener un 5,48% en el 2021.

Por medio de esta aplicación la empresa obtuvo las técnicas de calidad y administración más importantes en la industria, y les permitió tener un valor agregado a través de la visualización métrica del proceso y los resultados que visiblemente están orientados a la mejora de la calidad de los productos que se ofertan.

ABSTRACT

Setramad Cia. Ltda is a company specialized in the design, manufacture and commercialization of pallets and wooden packaging for the industry. The company's policy means that it carries out rigorous processes, ensuring its durability and quality in each of the products they offer. However, during the continuous inspection at the plant it was evident that the company does not have adequate quality control in the drying process of the raw material and finished product.

During 2020, the company obtained a 18.25% rejection of the finished product associated with poor quality of the drying process of the total units produced,

The main objective of this project is to be able to implement the Six Sigma methodology in the company in order to solve quality problems by reducing the percentage of returns for non-conforming product. Through the DMAIC methodology (Define, measure, analyze, control, improve) it allowed us to know the current state of the process, starting from the segmentation of the reasons for non-conformities by the end customer, where 77% are associated to poor drying problems, that is, products outside the previously established humidity parameters.

The application of the methodology during the first semester of the year, progressively offered us to monitor the drying process, where it was reduced by 3.75% of the initial proposal of the project where it was established to reduce returns by 70% compared to of 2020, hoping to reach 5.48% in 2021.

Through this application, the company obtained the most important quality and management techniques in the industry and allowed them to have added value through the metric visualization of the process and the results that are visibly oriented to improving the quality of the products. products that are offered.

INTRODUCCION

SETRAMAD CIA LTDA, es una empresa ecuatoriana que fue fundada en el 2011, pertenece a la rama de la industria de madera y su especialidad es el diseño y comercialización de pallet y embalaje de madera para cada tipo de industria, gracias a su conocimiento, adaptación e innovación los ha consolidado como la empresa proveedora más grande de producto de embalaje de madera. Además, también realiza otras actividades como el sanitizado de madera y secado de madera.

Los pallets son estructuras de madera dimensionadas que sirven para la movilización de cargas pesadas, que a su vez facilita la manipulación de esta y brinda una mejor organización logística. En esta investigación tiene como finalidad el poder diseñar e implementar la metodología Six Sigma con el fin de resolver problemas de calidad, la humedad que se encuentra en los productos del proceso de secado, y, además de los requerimientos actuales insatisfechos por clientes internos y externos.

Y a su vez se sostiene en los siguientes objetivos específicos:

1. Medir la variabilidad de la humedad en la madera del producto terminado a través de un levantamiento de información.
2. Analizar el estado actual del proceso de secado por medio de un control estadístico de calidad que permita estimar un estándar de desempeño.

Para lograr el objetivo se utilizó la metodología DMAIC que tiene un enfoque de mejora estructurado, obteniendo la eliminación sistemática de todas las causas de ineficacia e ineficiencia y así alcanzar óptimos niveles del rendimiento en el proceso. Controlar las devoluciones de producto terminado y los costos operativos por defectos de calidad debido al proceso de secado.

Es fundamental resaltar en la presente investigación tiene una gran importancia tanto en nivel practico como académico, debido a que en lo que va del año la empresa ha tenido un incremento en sus costos operativos, por lo que una de sus prioridades era llevar a cabo proyectos dirigidos a reducir devoluciones, reprocesos y robustecer su imagen como proveedor confiable.

En el Capítulo I: Formulación del problema, se llevó a cabo una sinopsis de los antecedentes, en consecuencia, se definió la problemática, para después realizar una delimitación geográfica y temporal. Además, se especificó las actividades las cuales nos permitió llevar a cabo una investigación de manera ordenada y precisada.

En el capítulo II: Marco Teórico: se revisó la literatura necesaria de manera que se facilitó la recolección de esta, lo cual nos permitió identificar los principales conceptos (Six Sigma, proceso de secado de madera, etc.) y sus variables (humedad en la madera, estudio de mercado, etc.), se detallaron los ejes estratégicos del Plan para el Buen Vivir.

En el capítulo III: Marco Metodológico, se estableció la metodología con que se trabajaría (DMAIC), así mismo los métodos y técnicas que nos ayudaron a la implementación con un nivel de efectividad, este último fue sustentado en el protocolo que se realizó para designar las herramientas de calidad necesarias para cada una de las fases a desarrollar para su posterior implementación.

En el capítulo IV: Resultados, en la primera fase denominada definición identificamos en conjunto con la alta dirección diversos procesos donde existían oportunidades de mejora que luego del análisis detallado se determinó que uno de los puntos críticos de éxito para la empresa era el proceso de secado, así mismo se delimito el espacio y el tiempo de las actividades en las cuales se empleara para la mejora de los procesos. En la segunda fase de medición se especificó el equipo y se apoyó en la caracterización del proceso de secado detectando las variantes que regulan el desempeño del proceso y condicionan su resultado. Definimos el procedimiento para poder recoger los datos sobre el actual rendimiento y medir la capacidad del proceso en la situación actual partiendo desde un punto de referencia y evaluar las posteriores mejoras obtenidas. En la tercera fase de análisis identificamos la causa raíz del problema por medio de controles estadísticos de calidad en donde se analiza los datos obtenidos del funcionamiento del proceso de secado por medio de los datos históricos del registro de las temperaturas y de las devoluciones de productos con porcentajes no adecuados de humedad. En la fase de mejora se centra en la implementación de las soluciones para el proceso de secado y se determina el rango operacional de los parámetros en el que debe funcionar, para mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso y asegurar el objetivo planteado. En la fase de control se diseñó e implementó documentos de control, metas y estadísticas, nos sirven como fuente de información para monitoreo de las acciones.

Se redactó la finalidad del proyecto y los responsables. Además, se desarrolló un protocolo de desarrollo del programa Six Sigma con respecto al proceso de secado en Secado y Tratado de Madera CIA. LTDA. Por último se finalizó con respectivas recomendaciones para poder dar continuidad en el proceso de secado.

1. CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La empresa SETRAMAD CIA. LTDA., se encuentra enfrentando actualmente unos de los mayores problemas que son las devoluciones de los pallets, ya que se pierde recursos muy valiosos para las empresas, como es la materia prima, mano de obra y sobre todo el tiempo. Se evidencia que el cliente externo se encuentra insatisfecho debido a que está recibiendo un producto no conforme muy por arriba de los parámetros establecidos para el proceso de secado causando malestar dentro de sus instalaciones ya que se convierte en la propagación de las plagas y agente contaminante para sus bodegas, esto provoca, que algunos clientes terminen devolviendo el producto y desistiendo de la compra lo cual daña la relación comercial a largo plazo.

Se procede a analizar la situación problemática durante un tiempo determinado, para identificar la causa raíz de que el servicio no cumpla con los estándares de calidad y provoque devoluciones. En este presente proyecto el área de interés es el de Secado. Para el desarrollo del presente proyecto, se cuenta con la autorización de Gerencia General, por medio de una carta firmada con la aprobación del tema y caso de estudio para la obtención del título de Ingeniería.

No hay control adecuado por parte de los superiores con la correcta clasificación de la madera antes del proceso de secado, tampoco existe un registro de la cantidad de madera cargada en las cámaras, las calderitas no tienen delimitación ni sanción por tareas no registradas ni cumplidas. No existe una inspección adecuada en los hornos de secado 2 y 3 por parte de las calderitas debido a que no mantienen la temperatura requerida según el contenido de humedad de la madera, produciendo que la madera tenga diferentes choques térmicos, desde de 20°C a 80°C y extendiendo el proceso de secado, hasta en algunas veces no llegando a secar la madera a niveles óptimos según la curva de secado.

No se realiza el muestreo cronológico de la medición de la madera que se está secando, por lo tanto, no existe el registro físico que permita conocer la humedad exacta en la que se encuentra la madera y regularizar la temperatura según las curvas de secado en donde indica el rango requerido de acuerdo con las propiedades físicas de la madera que se vaya a secar.

Se generan reprocesos de secado, debido a que el 50% de la madera de la capacidad de 30 m³ del horno de secado, no llega a la humedad requerida 12% hacia abajo. Así mismo se generan

desperdicios debido a que hay madera que se padece debido a la excesiva temperatura y el tiempo específico por cada especie.

La falta de eficiencia del proceso de secado en el momento en que se genera un reproceso de secado de madera es la que no permite dar una respuesta de manera inmediata en qué momento tendrá la madera para ser utilizada en el proceso productivo.

1.2. Importancia y alcances

Los productos de embalajes tienen una serie de ventajas que se adecuan a las necesidades de la empresa, dentro de las mismas podemos encontrar de carácter ambiental, económico y social los cuales compiten frente a otro tipo de materiales.

Son usados con frecuencia por las empresas para el almacenaje del inventario debido a que brinda una protección especial, ya que se puede personalizar y ajustar a la necesidad de quien requiere, son ideal para el traslado de materia prima y productos pesados. Así mismo son usados para la exportación debido a su capacidad de almacenaje.

El embalaje de madera está regulado de forma oficial por normativas fitosanitarias que disminuyen el riesgo de introducción y dispersión de plagas. Previamente para ser dispuesto para operaciones de almacenaje y transporte, la madera debe ser tratada para evitar la formación de bacteria y microorganismos. Esto hace que el embalaje en madera sea un medio altamente higiénico y seguro para una amplia variedad de productos.

La empresa Secado y Tratado de Madera adecuándose a las normativas de la NIMF n° 15., que regulan que la madera tenga un correcto tratamiento para evitar la propagación de plagas y así evitar contaminación cruzadas con los productos que se vaya a poner en contacto o contaminar las bodegas de sus clientes, implementan dentro de su operación, el secado artificial por medio 3 cámaras de secado para garantizar el cumplimiento de este a través de este tratamiento térmico.

Sin embargo, es importante realizar un análisis del proceso de secado para conocer el proceso actual del mismo y así poder identificar y analizar las posibles causas que determinan que actualmente el 77% devoluciones de los clientes tienen relación a la humedad, ya que la madera está por encima del 15% requerido para que no exista ningún tipo de vida orgánica. Esto afecta de manera directa a las utilidades o ganancias de la empresa y daña la confianza por parte del cliente directo en cuanto a la preferencia en cuanto a la calidad del producto de la compañía.

Según el artículo “Metodología e implementación de Six Sigma” publicado en el año (2017) menciona que al aplicar la Six-Sigma en el análisis de procesos industriales se pueden detectar

rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, es por esto por lo que es de gran importancia esta metodología.

La aplicación de esta metodología dentro de la organización es pertinente debido a que en el área de secado no existe un control operativo adecuado, los mismos que son causa de inconformidad para los clientes ya que reciben productos con humedades por encima del 12% provocando devoluciones y afectando la rentabilidad de la organización.

La mejora del proceso de secado es vital para el proceso productivo debido a que la madera al alcanzar un equilibrio con el contenido del ambiente en la que se encuentra expuesta, alcanza propiedades de resistencia y estabilidad dimensional.

Lo que se espera de la implementación de la estrategia Six Sigma es que se presente una mejora de proceso en el secado de la madera, reducir los altos costos de no calidad para evitar que incrementen los gastos operacionales al incurrir en reprocesos, disminuir desperdicios y variabilidad del proceso teniendo mayor precisión.

Así mismo evitar que lleguen productos fuera de los estándares de calidad a los clientes fortaleciendo la imagen como un proveedor confiable, los clientes internos contarán con una metodología que permita reducir el tiempo del proceso del secado, los defectos en el producto terminado en cuanto a los porcentajes de humedad y la variabilidad en el proceso teniendo un mejor control con mayor eficacia.

Los principales beneficiarios en el diseño e implementación de la metodología Six Sigma serán: los clientes internos y externos de la empresa Setramad CIA. Ltda. Los clientes internos contarán con una metodología que permita reducir el tiempo del ciclo del proceso de secado, los defectos en el producto terminado y la variabilidad en el proceso teniendo un mejor control. Así mismo los clientes externos recibirán un producto con mejor calidad mejorando su satisfacción.

Es por esto, que se podría indicar que es imprescindible para el análisis y la mejora de los procesos, ya que actualmente los sistemas al ser más eficientes y eficaces se convierten en una generación de ganancia y utilidad en la empresa. La implementación de la metodología Six Sigma daría un reconocimiento de generación e implementación de mejoras dentro de la industria maderera como fuentes de diferenciación y generación de productividad.

1.3. Delimitación

La presente investigación fue realizada durante el lapso de cinco meses y medio en los cuales se realizaron diferentes actividades: investigaciones, recolección de datos mediante encuestas, toma de muestras, entre otras actividades.

Está destinada a toda la población de la empresa SETRAMAD CIA. LTDA. Su ubicación se encuentra en el Km 6.5 Vía Duran Tambo Mz F V27, sector fincas Delia, Duran. Además, a la comunidad estudiantil de la Universidad Politécnica Salesiana. Es importante mencionar que se encuentra ubicada Gral. Francisco Robles 107, Guayaquil 090101.

Ilustración 1. Localización actual de Setrmad



Fuente: Google Maps.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Implementar una mejora en el proceso de secado mediante la metodología DMAIC para reducir costos operativos en la empresa Secado y tratado de madera.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del proceso de secado a través de un control estadístico de calidad que permita estimar un estándar de desempeño.
- Medir la variabilidad de la humedad en la madera del producto terminado a través de un levantamiento de información.
- Controlar las devoluciones del producto terminado y los costos operativos por defecto de calidad debido al proceso de secado.

2. CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEORICOS

(Martínez, Vergara y Sarmiento, 2012) en su artículo: “Diseño e implementación de una metodología para la mejora de procesos en la fábrica de muebles h&m Ltda. basada en la filosofía de calidad seis sigma”, tuvo como objetivo la estandarización de los procesos, reducir la variabilidad y la reducción de costos provenientes de las no conformidades del producto final.

Se aplicó como método la tecnología DMAIC, que es la definición, medición, análisis, mejora y control del proceso en mención. Como resultados se logró disminuir el número de reprocesos dentro de la planta.

Como conclusión, podemos destacar que esta metodología beneficia a la mejora de cualquier proceso, permitiendo no solo alcanzar estándares altos de calidad sino también tener la satisfacción por parte del cliente y que esta se mantenga alta. Este artículo se relaciona con nuestra investigación ya que su metodología nos va a permitir llegar a nuestro objetivo principal, en donde por medio del diseño e implementación del six sigma llegaremos a reducir los reprocesos del área de secado, manteniendo estable el proceso y asegurando la calidad de los productos finales según los parámetros de humedad establecidos.

(Pérez y García, 2014) en su artículo “Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal” tuvo como objetivo solucionar el problema que presentaba la línea de envasado de licores en envase pet, la cual no estaba operando a su máxima capacidad por deficiencias en la línea. Al comparar los resultados del OEE del mes de diciembre de 2011 contra el promedio del OEE de los meses anteriores, se observa una considerable mejora, al pasar de un 47% a un 80% de eficiencia en la línea y teniendo mejora en la eficiencia en todos los rubros analizados, excepto en calidad, pero no es significativo. Por lo que se concluyó que el principal problema en las causas externas es la falta de material, lo que en muchas ocasiones es el resultado de los trámites requeridos para adjudicar una compra. En relación con nuestro artículo ambos proponen el medir la eficiencia en el proceso de una máquina.

2.1. Six Sigma

Según (Navarro Albert & Gisbert Soler, 2017) dice que:

El Six-Sigma es un programa que se puede definir en dos niveles: operacional y gerencial. En el nivel operacional se emplean herramientas estadísticas para elaborar la medición de variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos (el 6σ tiene un rango de 3.4 defectos por cada millón. El nivel gerencial analiza los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios. (pág.3)

Six Sigma es una metodología estructurada, organizada para reducir variación, aumentar el desempeño en procesos organizacionales y lograr altos niveles de calidad cumpliendo con objetivos estratégicos valiéndose de especialistas de mejora. (Guerrero Moreno, Silva Leal, & Bocanegra-Herrera, 2019)

La metodología integrada Lean Six Sigma (LSS) se centra en la eliminación de desperdicios, reducción de la variación para lograr la satisfacción del cliente y la mejora financiera en los resultados del negocio con respecto a la calidad, la entrega y el costo.

La metodología Dmaic posee cinco fases, las cuales son: Definir, medir, analizar, mejorar, y controlar. Por medio de estas etapas se realizan procesos que conllevan la definición del problema a tratar, medir las variables dependientes al problema definido y su tiempo de existencia, analizar las causales del problema y si es necesario reinventar el producto o servicio al aplicar la Metodología Six Sigma, se selecciona características específicas que tengan un papel importante en el producto o servicio y se realiza un mejoramiento a dichas características para obtener un producto o servicio de calidad, se documenta todos los procesos y cambios realizados para monitorear de manera estadística las mejoras realizadas.

2.2. Herramientas básicas de calidad

2.2.1. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es considerado como una representación gráfica de datos obtenidos sobre un problema, ayudando a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar en cualquier proceso.

También conocido como DIAGRAMA ABC o DIAGRAMA 80-20, representa la regla 80/20, esto quiere decir que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias serán debido al 20% de las acciones o el 80% de los efectos de un producto se debe al 20 % de las causas.

Es decir que, aunque muchos factores contribuyan a una causa, son pocos los responsables de dicho resultado.

Este diagrama nos permite dar un orden de prioridades para la toma de decisiones dentro de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben dar mayor importancia para su corrección.

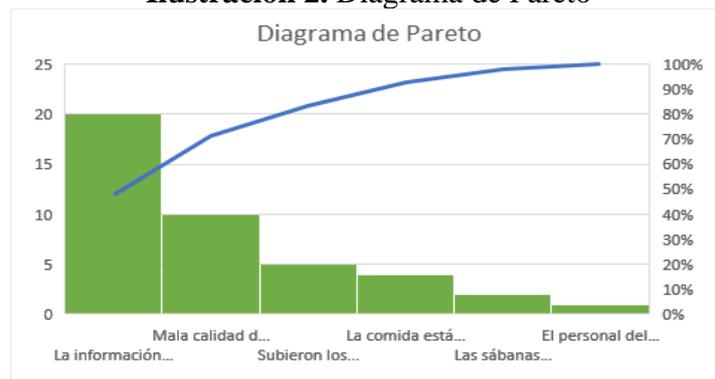
Se divide en tres partes:

- El eje “Y” izquierdo es la frecuencia de ocurrencia del problema.
- El eje “Y” de la parte derecha será el porcentaje acumulado del número total de ocurrencias.
- La parte inferior del eje “X” muestra los problemas, quejas o defectos que se dan en el proceso seleccionado a su estudio.

Algunas de las ventajas que tenemos al utilizar este diagrama son:

- La mejora continua de la empresa.
- Análisis y priorización de problemas.
- Proporcionar a los representantes de la empresa una visión sencilla y completa de los problemas.
- Estimular al equipo en busca de la mejora continua.

Ilustración 2. Diagrama de Pareto



Fuente: Los autores

2.2.2. Hoja de verificación

También conocida como hoja de control o de chequeo, es una de las siete herramientas de calidad y es considerada como la más simple. Lo que busca es organizar y mostrar todos los datos en forma de un cuadro, tabla u hoja de cálculo, haciendo así más fácil y didáctica la recolección y análisis de información.

Este formato está elaborado especialmente para recolectar información de una manera organizada y sistemática, de tal manera que su registro sea fácil de analizar la manera en que intervienen los principales factores, e influyen en una situación o problema específico.

El uso de esta herramienta ahorra mucho tiempo, ya que elimina el trabajo de dibujar figuras o trabajos repetitivos, sin comprometer el análisis de datos.

Como ventajas del uso de este diagrama tenemos las siguientes:

- Los datos son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la empresa u organización.
- Reflejará rápidamente las tendencias o patrones subyacentes en los datos.
- Proporciona datos de fácil lectura para miembros dentro de la organización.

Para el área de calidad es muy utilizada para el estudio de los problemas, y también de la investigación de las causas de los mismos.

Funciona como un excelente punto de partida para la implementación de otros gráficos de control, como diagrama de Pareto o histogramas.

Kauro Ishikawa identificó cinco usos para las hojas de control, siendo estas:

- Comprobar la forma de la distribución de probabilidad de un proceso.
- Cuantificar defectos por tipo.
- Cuantificar defectos por ubicación
- Cuantificar defectos por causa (hombre, máquina)
- Realizar también el seguimiento para finalización de los pasos en un procedimiento de varios pasos (checklist).

Algo muy importante es que la hoja de control debe ser visualmente fácil y permitir observar cada información de forma sencilla, y así permitir realizar un primer análisis en donde se observe la magnitud y localización de problemas principales.

Aunque no existe una plantilla estándar para su diseño, se puede considerar los siguientes aspectos para crear una hoja de verificación:

- Determinar el contexto con el cual se medirán los datos del proceso.
- Definir el tiempo que se invertirá para la recolección de datos.
- Diseño del formato de la hoja de una forma sencilla y entendible, con el espacio necesario para registro de datos.
- Recolectar los datos de forma honesta y consistente, esto quiere decir que habrá que dedicarle el tiempo para obtener resultados concretos y fiables.

Ilustración 3. Hoja de verificación

DEFECTO	DIA				TOTAL
	1	2	3	4	
Tamaño erróneo	I		III	II	26
Forma errónea	I				9
Depto. Equivocado		I	I	I	8
Peso erróneo	I	III	III		37
Mal Acabado			I	I	7
TOTAL	25	20	21	21	87

Fuente: Los autores

2.2.3. Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de causa y efecto, de espina de pescado, o diagrama de los 6Ms, es una herramienta que ayuda a la identificación de las causas raíces de un problema, analizando cada factor que forme parte durante un proceso.

El problema, o efecto, podría llegar a ser cualquier comportamiento o resultado no deseado.

El nombre de este diagrama proviene de su creador Kauro Ishikawa, que dio origen al gráfico visual en 1943. Durante las décadas siguientes, el análisis fue perfeccionado para ayudar a equipos a llegar a las causas reales de problemas enfrentados en los procesos.

Es utilizado para poder identificar posibles causas de un problema en específico. Ya que gracias a su diseño permite que los grupos organicen grandes cantidades de información por medio de lluvia de ideas, sobre el problema y determinar a ciencia cierta las posibles causas. Aumentando la probabilidad de identificar las causas principales.

2.2.3.1. Tipos de diagrama de Ishikawa

- **Diagrama Ishikawa con método de las 6M**

Mano de obra: Consideramos todos los aspectos asociados a la gente, al personal, a la mano de obra.

Maquinaria: Hablar de maquinaria es hablar de infraestructura. Es hablar de todas las herramientas con las que contamos para dar salida al producto final. Software, hardware, máquinas de fabricación, montacargas, etc.

Métodos: Evaluamos la forma en la que hacemos las cosas. Así pues, al evaluar los métodos, estamos evaluando si la forma en que desarrollamos las actividades está significando resultados.

Medición: Aquí recae todo lo que hacemos en torno a la inspección, las diferentes medidas con que se trabajan, el aseguramiento de la calidad, calibración, tamaño de muestra, error de medición, etc.

Materia prima: Evaluamos todo lo que tenga que ver con los materiales en la empresa, desde los que se usan para dar el producto final hasta los que se usan para hacer el aseo al baño.

Medio ambiente: El medio ambiente son las condiciones, el entorno con el que se trabaja.

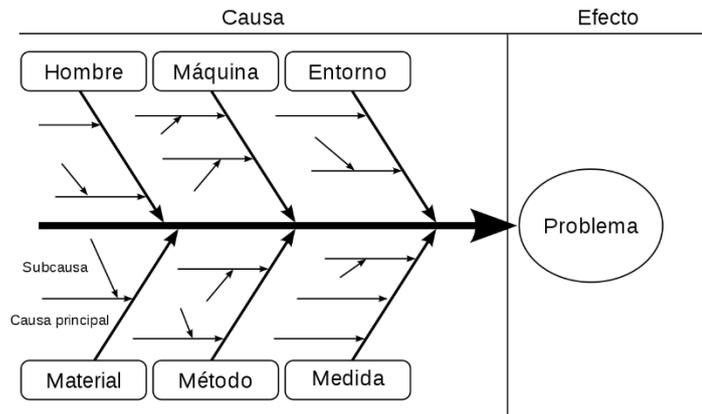
- **Diagrama de pescado simple**

Con este modelo simple implementamos nuestras propias espinas mayores y menores, por lo que será un diagrama único en todo sentido dependiendo de la situación a analizar.

Para el diseño de nuestra espina de pescado es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Definir y escribir el problema, situación o evento que se desea analizar.
- Hacer una lluvia de ideas de causas probables de lo escrito en la cabeza del diagrama.
- Analizar el problema desde cada una de las espinas mayores.
- Analizar el problema desde el segundo nivel de causas.
- Profundizar en las causas según sea necesario.
- Completar demás causas probables.
- Analizar las causas obtenidas y determinación en cuales se va a actuar.

Ilustración 4. Diagrama de pescado simple



Fuente: Los autores

2.2.4. Diagrama de flujo de proceso

También llamado flujograma, por medio de este podemos realizar una presentación gráfica de cualquier proceso. Cada paso de un proceso estará validado por un símbolo diferente que llevará una breve descripción de la fase del proceso. Es decir, es la representación gráfica de las distintas operaciones que se tienen que realizar para resolver un problema.

Cada símbolo estará unido a otro con flechas que indican la dirección del flujo del proceso, para hacer comprensibles los diagramas a todas las personas, los símbolos son universales.

Hay cuatro tipos de diagrama de flujo en base al modo de su representación:

- Horizontal, Va de derecha a izquierda, según el orden de la lectura.
- Vertical, Va de arriba hacia abajo, como una lista ordenada.
- Panorámico, Permiten ver el proceso entero en una sola hoja, usando el modelo vertical y el horizontal.
- Arquitectónico, Representa un itinerario de trabajo o un área de trabajo.

Los principales símbolos convencionales para el diseño de un diagrama de flujo son los siguientes:

Ilustración 5. Diagrama de proceso

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Fuente: Los autores

Los diagramas de flujo son enormemente relevantes en distintas áreas técnicas en donde es necesario dejar asentado de forma comprensible una determinada secuencia de pasos. En efecto, de esta manera es fácilmente esquematizable un determinado proceso lógico que puede ser de utilidad para algún tipo de tarea.

Dentro de las ventajas de la implementación de un flujograma tenemos las siguientes:

- Ayuda a la comprensión del proceso completo.
- Se pueden detectar problemas.
- Permite identificar los lugares y posiciones donde los datos adicionales pueden ser recopilados.
- Facilita el conocimiento general del proceso.

Para el diseño de un diagrama de flujo tendremos en cuenta lo siguiente:

- Formulación del problema
- Análisis del problema
- Búsqueda de soluciones
- Decisión
- Especificación de la solución

2.2.5. AMEF

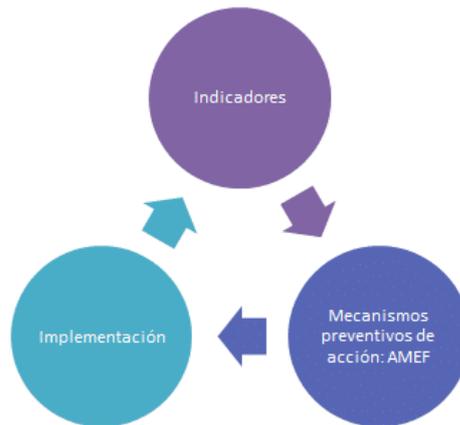
AMEF o análisis del modo y efecto de fallas o FMEA por sus siglas en inglés, fue implementado por primera vez en Estados Unidos en los años 40. Desarrollada por la NASA,

con el fin de analizar la confiabilidad de sus equipos, en medida que determine los efectos de las fallas de estos.

Es decir, este procedimiento o método nos va a permitir encontrar las fallas en procesos, sistemas o productos y a su vez evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos y causas.

Dentro de las principales ventajas de contar con este método son:

Ilustración 6. Diagrama de flujo de proceso



Fuente: Los autores

Los pasos para realizar el AMEF de un proceso son los siguientes

- Desarrollar un mapa del proceso
- Formar un equipo de trabajo (Team Kaizen), documentar el proceso, el producto, etc.
- Determinar los pasos críticos del proceso.
- Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad.
- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
- Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora.

Ilustración 7. Diagrama de AMEF



Fuente: Los autores

2.2.6. HISTOGRAMA

Es un gráfico de barras verticales que representan la distribución de frecuencias de un conjunto de datos.

Es una de las siete herramientas básicas de la calidad, es muy útil cuando contamos con un amplio número de datos que queramos organizar, este nos ayudara a analizar de forma detallada o también a tomar decisiones sobre la base de ellos.

En un histograma el eje de las x (o abscisas) consiste en el rango en el cual se encuentran los datos. Ahora, las bases de los rectángulos consisten en los intervalos en los cuales agrupamos dichos datos.

Por otro lado, en el eje de las y (u ordenadas) tenemos más opciones, dependiendo estas opciones es el tipo de histograma que tenemos.

Los dos tipos principales de histogramas son los siguientes:

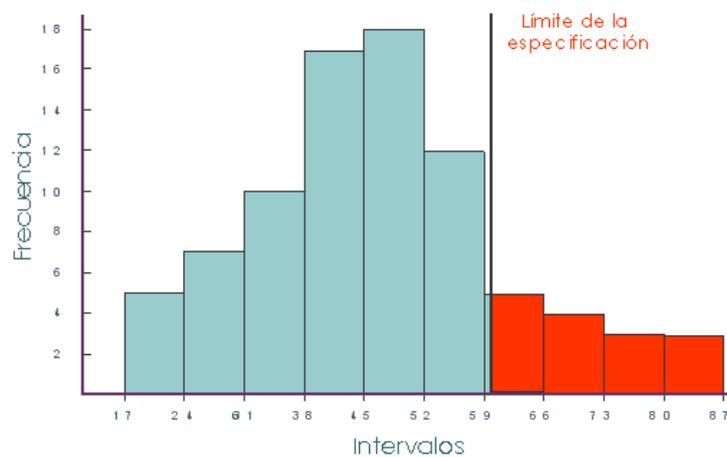
- Histograma de frecuencias absolutas: Representa la frecuencia absoluta mediante la altura de las barras.
- Histograma de frecuencias relativas: Representa la frecuencia relativa mediante la altura de las barras.

Para construir un histograma es necesario previamente construir una tabla de frecuencias. Lo construiremos siguiendo los siguientes pasos:

- En el eje de abscisas (eje horizontal) se colocan los intervalos, de menor a mayor.
- En el eje de ordenadas (eje vertical) se representan las frecuencias absolutas de cada uno de los intervalos. También se suelen representar las frecuencias relativas.

Se dibujan barras rectangulares de anchura igual y proporcional al intervalo. La altura es la frecuencia absoluta. Las barras rectangulares se dibujan adyacentes la una a la otra, pero no interceptan entre ellas. Por tanto, todas las barras tocan con las de al lado, a no ser que un intervalo tenga frecuencia cero (la altura de la barra será también cero).

Ilustración 8. Histograma de frecuencia relativa

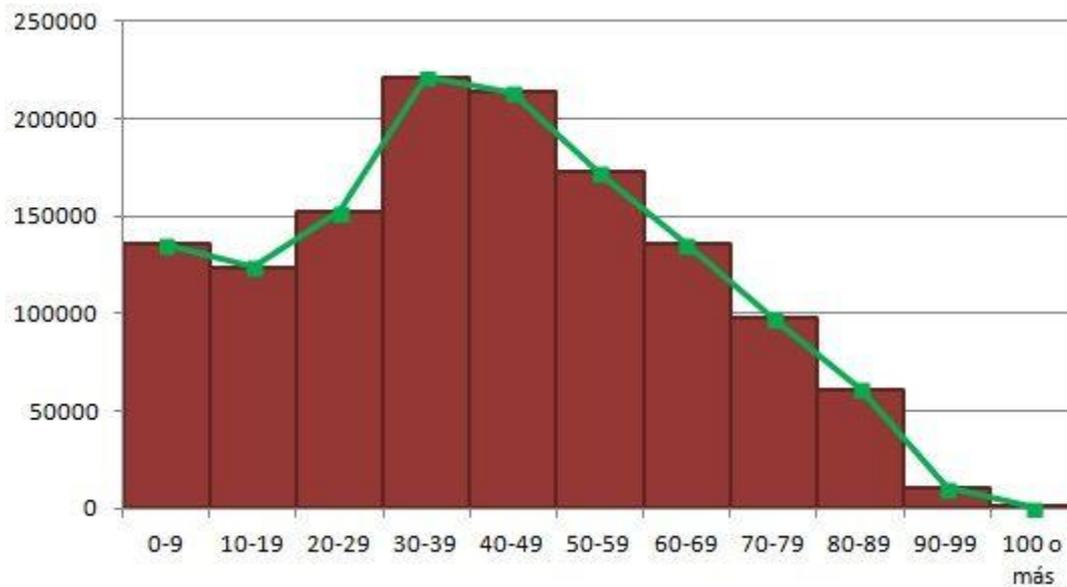


Fuente: Los autores

- **Polígono de frecuencia asociado a un histograma**

Un polígono de frecuencia es un gráfico que se utiliza para variables cuantitativas discretas. Se representa por medio de puntos donde nos indican la frecuencia absoluta de cada valor y líneas que unen los puntos consecutivos.

Ilustración 9. Histograma de frecuencia relativa y absoluta



Fuente: Los autores

- **Histogramas con intervalos de diferente longitud**

Para estos casos el histograma debe representar la frecuencia de cada intervalo con el área de la barra y no con su altura. Si se diera el caso de que todos los intervalos tengan el mismo tamaño, no será un problema, ya que la altura de la barra rectangular es proporcional a la frecuencia del intervalo.

Para poder obtener la altura de los distintos intervalos, según su longitud, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_b = \frac{F_I}{L_I} \cdot L_{m_{in}}$$

Ecuación 1. Selección de herramientas de calidad

Donde A_b es la altura del intervalo, F_I es la frecuencia del intervalo, L es la longitud del intervalo y $L_{m_{in}}$ la longitud mínima de todos los intervalos.

2.3. Proceso de secado de madera

“El estudio del proceso de secado de madera mediante el uso de hornos a gas en la empresa JAM maderas” tuvo como objetivo proponer alternativas de diseño que permitan mejorar su funcionamiento para reducir el consumo de energía, aumentar la eficiencia en el secado y reducir las emisiones contaminantes del proceso. El método para utilizar consistió en apilar madera de una misma longitud y grosor. Como conclusión se detectaron fallas en la

circulación del aire y por ende deficiencias en el secado de la madera. Este artículo se relaciona con nuestro proyecto ya que ambos presentamos el mismo error al momento del secado de la madera. (Rodríguez, 2017).

Conceptos básicos sobre el secado de la madera nos indica el comportamiento de la madera, la importancia del secado y humedad de esta. El método que usaremos para medir la cantidad de humedad en la madera será el método eléctrico, ya que sus componentes como material dieléctrico lo hace más relevante al paso de la corriente eléctrica. La mismas que se fundamental para la construcción de aparatos que nos permite medir el contenido de la humedad de la madera y en un punto determinado no invasivo o destructivo. (Córdoba, 2005).

2.3.1. Humedad de la madera

La humedad (agua) en la madera varía de una especie a otra; por ejemplo: madera recién cortada de ciprés (*Cupressus lusitanica*) puede presentar hasta un 130% de contenido de humedad respecto a su peso seco, mientras que madera de jaúl (*Alnus acuminata*) presenta un 90% de contenido de humedad. (Córdoba-Foglia, 2005).

Desde otro punto de vista, si madera aserrada de ciprés y de jaúl presentan un mismo volumen, por ejemplo 5 m³ (2 310 pulgadas madereras ticas), tendríamos: la madera de ciprés pesará 4 250 kg y la cantidad de agua presente será de 2 403 kg (2 403 ltó 635 galones aprox.); mientras que la madera de jaúl pesará 3 850 kg, pero solamente contendrá 1 824 kg de agua (1 824 lt o 482 galones aprox.). La diferencia en la cantidad de agua que contiene cada especie se debe a la densidad que manifiesta la madera al contenido de humedad inicial; para ciprés la densidad es de 0,85 g/cm³ y para el jaúl es de 0,77 g/m³. (Córdoba-Foglia, 2005, pág. 2)

2.3.2. Determinación del contenido de humedad

El contenido de la humedad de la madera se va a definir como el contenido de agua presente que exista en un producto de madera, normalmente el CH, es el resultado de la relación porcentual del peso del agua que tiene un producto de madera, en comparación al peso neto (libre de humedad de madera) (Córdoba- Foglia, 2005, pág. 3).

$$CH = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco al horno}} \times 100$$

Ecuación 2. Contenido de humedad

- **Método gravimétrico o por diferencia de peso**

De una pieza de madera se corta una muestra e inmediatamente se pesa para obtener el peso inicial (P_i), luego se coloca en un horno a una temperatura máxima de 105 grados Celsius hasta que se obtenga peso constante de la muestra, el que será el peso seco al horno o peso final (P_o). Para calcular el contenido de humedad (CH) se aplica la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{P_i - P_o}{P_o} \times 100$$

Ecuación 3. Contenido de humedad por método gravimétrico

- **Métodos eléctricos**

Una de las propiedades importantes de la madera es la resistencia del paso de la corriente eléctrica, y su característica como aislante, por lo tanto, estas son la base fundamental para realizar medidores de humedad para conocer el contenido de humedad del producto de madera. Normalmente estos aparatos electrónicos, nos arroja una lectura rápida del contenido de la humedad, más sin embargo la principal limitante es el grado de confianza de (6 a 25% CH), por lo tanto, se debe parametrizar acorde a la especie de madera, temperatura expuesta y dirección de la madera (Córdoba -Foglia, 2005, pág. 3)

2.4. Secado de madera

El secado es una operación unitaria de uso frecuente en varias ramas de la industria. Durante una operación de secado, las maderas experimentan cambios físicos y químicos, los cuales afectarán su calidad al final del secado, es por eso por lo que el estudio de la transferencia de masa y calor en materiales biológicos adquiere gran importancia. el secado es un paso muy importante dentro del proceso de manufactura de productos de madera, durante el cual se desarrolla una distribución de humedad y temperatura no uniforme en el material, que se refleja en muchas ocasiones en la generación de defectos de secado. (Sandoval-Torres, 2009)

En la investigación “Conceptos básicos sobre el secado de la madera” (Córdoba-Foglia, 2005), menciona normalmente las industrias de madera compran madera con alto contenido de humedad, debido a que la industria no cuenta aún con las facilidades para que el secado de madera sea un poco más eficiente ya sea por el método artificial o por el secado natural, por lo

tanto, las empresas se complican en el proceso productivo, acabado o servicio que se vaya a disponer (pág. 1).

2.4.1. Importancia del secado de madera.

Varios de los aspectos más importantes que intervienen en el proceso de secado son:

Peso de la madera: Eliminar la humedad de la madera es muy importante ya que va a reducir el peso inicial de la misma, tiene una relación general de un 25 hasta el 50% del peso inicial, por lo tanto, esto va a permitir reducir los costos de transporte de madera y ayuda a la manipulación en el caso de rigidez de estructuras.

Estabilidad dimensional: Es importante que la madera se pueda secar al menos al contenido de humedad en equilibrio al cual va a estar expuesto, para poder evitar cambios muy notorios en cuanto a la estructura y las dimensiones.

Resistencia mecánica: Desde el punto de saturación de fibras, la reducción del agua en la madera juega un papel importante en las propiedades mecánicas de la madera ya que va a permitir que estén constantes hasta que el agua haya sido eliminada en su totalidad y su resistencia aumente significativamente. La madera que posee un contenido menor del 10%, tiene un predominante de resistencia del 33% más que la madera verde.

Pudrición y mancha: al someter la madera en un proceso de secado que permita reducir el contenido de humedad al menos de un 20%, no se va a producir degradación o existencia de vida orgánica, como lo son hongos, termitas, plagas, etc. También existen tratamiento que ayudan a preservar la madera, las más recomendables son las utilizan perseverantes no hidrosolubles o se aplican tratamientos térmicos.

Adhesivos: al secar adecuadamente la madera recibirá un progreso considerable en las propiedades adherentes, por lo tanto, tendrá más desarrollada la resistencia y estabilidad en las líneas de la cola.

Acabados: Al recibir el proceso de secado la madera va a permitir que esta pueda ser más maleable al momento de aplicarle cualquier tipo de recubrimiento superficial.

Trabajabilidad: La madera que ha sido correctamente secada nos va a facilitar el proceso productivo que se le quiera aplicar (ya sea aserrada, cortada, cepillada, etc.), de esta manera obtendrá un acabado diferente a cuando se encuentra con alto contenido de humedad.

Aislamiento térmico: se conoce como volumen hueco a los espacios que ocupa el aire en la madera seca, que permite realizar una transmisión de calor más baja, sirviendo como material aislante de temperatura.

Aislamiento eléctrico: es inversamente proporcional el contenido de la humedad de la madera con la resistencia del paso de una corriente, a menor contenido de humedad, mayor es el aumento del paso de una corriente, considerándolo como aislante eléctrico. Por eso es muy importante llevar un control adecuado del contenido de humedad de la madera para de esta manera podamos comprender los efectos y los inconvenientes generados por la circulación de la humedad.

2.4.2. Métodos de secado

En la industria maderera, podemos encontrar dos tipos de secado de madera: secado natural y secado artificial

2.4.2.1. Secado natural o al aire

Este proceso es el más rústico de los dos, ya que consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales que existan en el momento, desde la temperatura, la velocidad del aire y la humedad relativa. Debido a que este depende mucho de las condiciones climáticas puede tener una duración de secado de 3 a 4 semanas o desde 1 año a 2 años según el volumen de madera, teniendo en cuenta que el contenido de humedad de equilibrio tendrá mucha similitud al del equilibrio del ambiente donde se está secando. (Córdoba-Foglia, 2005, pág. 5).

Ilustración 10. Proceso de secado natural



Fuente: (Córdoba-Foglia, 2005, pág. 5)

2.4.2.2. Secado artificial

Este proceso es mas sofisticado y se podria decir que mas eficiente, ya que se controla la temperatura , la humedad relativa por los radiadores y la circulacion del aire por medio de los ventiladores, por lo tanto va a permitir tener madera con contenido de humedad por debajo de 6-15% CH, garantizando la calidad de la madera sin llegar a la degradacion (Cordoba- Flogia , 2005, pag. 5)

Ilustración 11. Proceso de secado artificial



Fuente: (Córdoba-Foglia, 2005, pág. 5)

2.5. Estudio de mercado

El estudio de mercado es una resolución de la empresa con el objetivo de tener claro la rentabilidad comercial que tendrá una actividad económica (Kotler, 2006).

Análisis del consumidor: examina la conducta que tiene el consumidor para descubrir el comportamiento que tiene en su consumo y la manera de poder satisfacer su necesidad. El objetivo es aportar con datos que ayuden a realizar una optimización en las estrategias del mercado para la venta de un producto que ayude a cubrir la demanda que no está complacido.

Análisis de la competencia: examina a las empresas que están en un mercado igual y ofrecen el mismo producto. Para que se pueda realizar este estudio es importante tener claro con quienes, y cuantos se compiten, por medio de esta evaluación se podrá saber si es posible coexistir con los competidores.

Demanda:

Está integrada por la cantidad de un bien o servicio que los clientes deseen adquirir según un rango de precios, es decir que no se centra solo en la decisión de adquirir un producto, también influye mucho lo que es el medio económico para poder realizar la compra (Andrade, 2002).

Posicionamiento:

El posicionamiento es la forma en la que el probable cliente identifica al producto y como esto influye en la decisión de su compra. Las empresas que se dedican a la comercialización de productos de consumo masivo deben distinguir las ventajas y necesidades que se tiene al incluir nuevos productos de forma constante en el mercado y el relevo de productos que ya no son causan atracción al cliente y ya no están siendo pedidos (Armstrong, et al., 2011).

Ventaja competitiva:

Porter (2007) señala que este modelo de ventaja competitiva, para tener una postura posicionada en la industria se toman movimiento positivos y negativos, con el objetivo de afrontar con triunfo a las fuerzas competitivas y producir una devolución en la inversión.

2.6. Marco referencial

Para el desarrollo de esta investigación se ha tomado en cuenta trabajos de titulación que hablen sobre la metodología de la SIX SIGMA como podemos visualizar en el siguiente esquema.

En el repositorio de la Universidad de Guayaquil podemos encontrar la tesis “Diseño de un esquema para la implementación de la metodología Lean Six Sigma en las empresas industriales ecuatorianas” (Guamán Aymar, 2015), menciona que busca proponer la Implementación de la metodología Lean Six Sigma en las empresas industriales ecuatorianas para buscar oportunidades de reducción de costos, mejorar la rentabilidad de la Empresa y aumentará la satisfacción de sus clientes. Para esto se propone un esquema de implementación de la metodología tomando como ejemplo la implementación y desarrollo de este modelo en la Empresa Cristalería del Ecuador S.A.

En la investigación del UPC con el tema “Un modelo integrado de Lean, Six Sigma y Teoría de Restricciones aplicado a la industria peruana de muebles de madera” Lean, Six sigma y TOC son metodologías enfocadas en la mejora continua que han sido aplicadas en diversos sectores y empresas por separado. Sin embargo, hay pocos estudios sobre la importancia y la potencia que podría tener la sinergia de estas tres herramientas en la mejora del rendimiento y productividad en los entornos donde se apliquen. Es por eso por lo que en este artículo se presenta un modelo donde se combinan estas tres metodologías, teniendo como base los 5 pasos de TOC y en cada fase se implementan las herramientas de Lean que ayudan a identificar el flujo de valor y eliminar actividades, tiempos improductivos y desperdicios. También se

utilizan herramientas de Six sigma para calcular el CPK, controlar la variabilidad del proceso crítico y definir el nivel sigma del entorno en estudio. Usando el modelo 6TOC se logra reducir los tiempos y costos de producción, lo que permite un incremento del 6% en la productividad y elevar el nivel sigma en 4 de las Pymes que fabrican muebles de madera en el Perú. Con esto, se puede afirmar que 6TOC es una herramienta potente que se adapta el sector de muebles de madera para conseguir una mejora continua. (Bazán Ríos & Chávez Canales, 2020)

En la tesis “Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en lean six sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa maderera nuevo Perú S.A.C.” tuvo como objetivo mejorar la productividad en el proceso productivo de pallets en la empresa Maderera Nuevo Perú S.A.C, mediante un Sistema de Gestión basado en Lean Six Sigma. Para ello, primero se realizó un análisis en el Área de producción utilizando el Diagrama de Ishikawa, VSM actual y documentos otorgados por la empresa, además se contó con la ayuda de los trabajadores de dicha área que mediante de un cuestionario nos brindaron más información con el fin de obtener las causas principales a la baja productividad. En segundo lugar, se trabajó con la metodología DMAIC y para ello se propuso utilizar dos pilares del TPM, que son el mantenimiento autónomo y el mantenimiento preventivo, acompañado de la metodología 5S y SMED, así como para llevar el control de la producción se propuso también el diagrama de SPC. Dando como resultados un mejor control en el proceso productivo de pallet y obteniendo una mejora en la productividad global de 1.01 a 1.36. Finalmente concluimos que para lograr la mejora de la productividad es necesario se lleve un constante control de todo el proceso y del programa propuesto. (Medina Hoyos, Montalvo Montalvo, & Vásquez Coronado, 2017).

2.7. Marco legal

La legislación es parecida entre las grandes empresas en los contratos de representación de una persona natural:

Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017

El plan nacional del buen vivir presenta los ejes estratégicos (2013), de las cuales estudiaremos los que están ligados en la investigación, como son;

Objetivo 2: “Auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial en la diversidad” en el numeral **2.1.** generar condiciones y capacidades para la inclusión económica, la promoción social y la erradicación progresiva de la pobreza y del literal **e.** Promover y apoyar iniciativas de economía popular y solidaria y MIPYMES mediante

mecanismos de asistencia técnica, circuitos económicos, aglomeración de economías familiares, sistemas de comercialización alternativa, fortalecimiento de la capacidad de negociación y acceso a financiamiento, medios de producción, conocimientos y capacidades, acorde a las potencialidades territoriales.

Objetivo 8 “ consolidación del sistema económico social y solidario, de forma sostenible” en el numeral **8.9**. Profundizar las relaciones del Estado con el sector popular y solidario del literal **b**. Democratizar de forma organizada y responsable los medios de producción no vinculados al sector financiero, bajo consideraciones de asociatividad, inclusión y responsabilidad ambiental; es decir, es necesario socializar de una manera organizada los medios de producción, manejando conceptos organizacionales de asociatividad y compromiso al medio ambiente.

El **Objetivo 10** busca el impulso a la transformación de la matriz productiva. El numeral **10.5**, señalan el fortalecimiento de la economía popular y solidaria (EPS), y las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) en la estructura productiva.

En el literal b, subraya lo siguiente: “Promocionar y fomentar la asociatividad, el fortalecimiento organizativo, la capacidad de negociación, la creación de redes, cadenas productivas y circuitos de comercialización, para mejorar la competitividad y reducir la intermediación en los mercados”.

3. CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada posee un diseño de investigación de Campo, puesto que el fin es recopilar información directamente del contexto o realidad de estudio, que permita la conformación de un diagnóstico, y este es la aplicación del six sigma para poder mejorar del proceso de secado en Secado y Tratado De Madera Cía. Ltda.

En relación con lo anteriormente expuesto, lo que se busca en esta investigación es determinar soluciones de forma práctica, dando directrices para que cada paso sea con el fin de alcanzar las diferentes metas propuestas y que mantengan su función determinada. Uno de los objetivos planteados en el estudio, es que a través de un diagnóstico se pretende identificar las situaciones que no están siendo realizadas de la mejor manera y de ese modo, mitigar el problema actual, alcanzando el cumplimiento de cada objetivo con el planteamiento de posibles soluciones.

Por ende, la investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, el cual consistió en la integración del enfoque cuantitativo y el cualitativo, ya que, bajo estos métodos se pudo obtener información tanto descriptiva como estadística, obteniendo resultados más confiables (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Para realizar esta investigación, se utilizó un diseño de campo y documental debido a que, los datos obtenidos se recolectaron directamente de la observación del trabajo diario. Por su parte, la fuente documental se analizó en base a investigaciones previas que se relacionan con la temática planteada.

3.2. Métodos y técnicas

Se seleccionó la técnica de la observación, por la necesidad de conocer el nivel de efectividad a partir de las estrategias aplicadas. Esta técnica comprende el empleo de dos instrumentos, una ficha de observación que permitirá verificar, de acuerdo con los indicadores preestablecidos, el nivel de efectividad alcanzado por la metodología.

La observación como técnica, de acuerdo con lo que plantea Campos & Covarrubias, (2014) es una técnica adecuada para el estudio de realidades con mayor profundidad, donde los elementos que posee el contexto son de importancia para la interpretación de la información. En este

sentido, plantea que, por ser una técnica abierta, admite la facilidad de incorporar varios instrumentos que permitan tener una mayor panorámica sobre la realidad estudiada.

Para la técnica de procesamiento de datos, se aplicó estadística descriptiva, donde los autores Hernández y Mendoza (2018), mencionan: “Para cada variable, distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de la variabilidad, transformación a puntuaciones, razones y tasas” (p. 375). Por tanto, para la presente investigación, se destaca que esta técnica de análisis de resultados permite organizar y describir el conjunto de datos obtenidos de la aplicación de la ficha de observación.

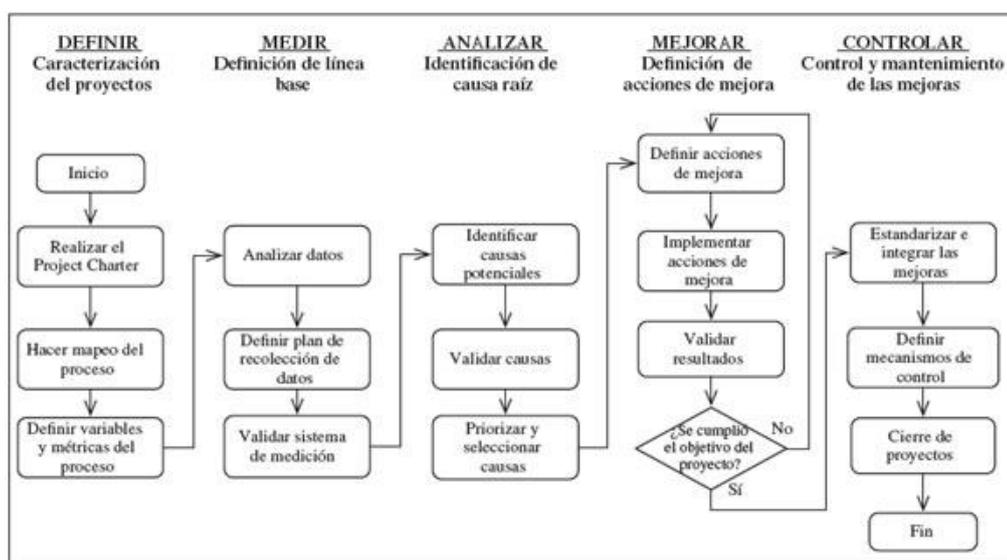
Las técnicas de análisis requirieron del programa Excel for Windows para proceder con el procesamiento de la información, creada por las encuestas. Los datos que se generaron de la investigación fueron procesados en un sistema de tablas y gráficos estadísticos, en los cuales se exponen los resultados y porcentajes de respuesta para cada una de las preguntas, así como su respectivo análisis hecho por el investigador.

Por otra parte, la ficha de observación se analizará de manera cualitativa, bajo un sistema de categorías, e interpretación de los indicadores establecidos. Este sistema de interpretación de la información a través de categorías, en donde se expone en una tabla cada indicador y sus respectivos datos.

3.3. Metodología

En la ilustración 12 podemos visualizar las distintas etapas para el correcto desarrollo de la metodología Six sigma.

Ilustración 12. Pasos para la aplicación de la metodología six sigma.



Fuente: (Felizzola & Luna, 2014)

3.4. Pasos para el desarrollo del programa six sigma

3.4.1. Selección de herramienta de calidad

En la Tabla 1, tenemos las distintas herramientas de calidad que aplicaremos en cada fase de la metodología six sigma en el presente proyecto.

Tabla 1. Selección de herramientas de calidad

Etapa Seis Sigma	Herramientas de calidad
Definir	<ul style="list-style-type: none">• Diagrama de Pareto• La voz del cliente (VOC)• Matriz de variables críticas• Mapa de proceso SIPOC• Diagrama de Flujo de proceso
Medir	<ul style="list-style-type: none">• Diagrama de Pareto• Diagrama de Ishikawa• Matriz causa-efecto• Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)
Analiza	<ul style="list-style-type: none">• Histogramas• Medidas de dispersión o variabilidad• Métrica de desempeño proceso
Mejora	<ul style="list-style-type: none">• Técnicas analíticas• Técnicas de comparación financiera• Documentación y registro
Controlar	<ul style="list-style-type: none">• Planes de control• Graficas de control

Fuente: Los autores

3.4.2. Aplicación de las herramientas de calidad

El diseño que se obtiene en la organización a partir de la aplicación de las herramientas de calidad nos garantiza tener condiciones que no solo permitan llevarse en el sistema de gestión de calidad que se implante sino a las de índole interna que se llevan dentro de la organización y externas planteadas por el entorno. De esta manera se va a para poder realizar la planificación, el control, el aseguramiento y la excelencia de la calidad.

Sugerencia:

- Constatar que la herramienta de calidad tenga una finalidad y cumpla un objetivo
- La practicidad de la herramienta es elemental en la utilización del trabajo en equipo.
- La herramienta debe ser la base que permita respaldar las acciones realizadas en cuanto al sistema de gestión de la organización.

3.5. Metodología para la aplicación de seis sigmas DMAIC.

La metodología DMAIC por medio de sus etapas rigurosas y sistemáticas permite mejorar el proceso en el cual se vaya a aplicar, reduciendo su alta variabilidad en datos: Conocer el proceso al cual se vaya a aplicar la metodología es de vital importancia para saber cuál será nuestra situación actual y alcance en el proyecto.

Recolección de información de los procesos

Se empieza realizando la inspección visual en donde se levanta la información de los procesos productivos de las líneas producción de los pallets desde la recepción de la madera hasta el despacho al cliente.

Identificación de fallas existentes en las diferentes áreas

Para poder identificar las fallas de las diferentes áreas, se debe tener un registro de inspección del proceso en donde contenga la información de la cantidad de muestras, lote del registro, con la finalidad de obtener el número de defectos por cantidad de piezas inspeccionadas, lo que nos va a arrojar la cantidad de oportunidades de mejora del proceso

Hallar el valor sigma del proceso

De la medida de eficiencia del DPMO, va a ir en función el valor six sigma del proceso, nos va a permitir calcular la capacidad de la siguiente manera:

$$DPMO = \frac{(1000xD)}{(UxO)}$$

Ecuación 4. Nivel six sigma

En donde:

- D= cantidad de unidades o piezas fuera de la especificación
- U= número de unidades muestreadas
- O=Cantidad de oportunidades de defectos por unidad

3.6. Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de secado de madera

Etapa definir

- Definir la situación actual nos va a permitir conocer la problemática del proceso y definir claramente el proyecto con las oportunidades, el alcance y los objetivos con el equipo de trabajo.
- Por medio del diagrama de Pareto se determina los procesos que reflejan mayores niveles de criticidad dentro de la línea de producción de los pallets de madera que generan devolución.
- Se analiza la selección de proyectos en base a los criterios de evaluación que generan impacto en la organización para la implementación de la metodología en el proceso de secado
- Por medio del Voc se establece las necesidades y requisitos de los clientes internos y externos, así mismo se receptan sus ideales y expectativas para con la implementación de la metodología.
- Se realiza el Sipoc para tener la visión macro de todo lo que interviene en el proceso de secado, las variables (x) que afectan al producto final (y), acompañado del diagrama de flujo del proceso y las variables críticas de cada uno de los procesos.

Etapa medir

- Se realiza la identificación de la métrica operacional del proceso por medio del muestreo del porcentaje de humedad dentro del lote de madera que se va a secar.
- Se realiza la identificación la medición de la variación para conocer la dispersión de los datos y si están dentro de la capacidad o se debe rediseñar el proceso para garantizar el proceso de secado
- Se realiza la evaluación inicial de la capacidad del proceso por medio del DPMO (defectos por millón de oportunidades), se tiene en cuenta el DPU (los defectos por unidad), el DPO (defecto por oportunidades) y el Yield (rendimiento del proceso).

Etapa analizar

- Se realiza el análisis de la identificación de las causas que generan problemas en el proceso de secado a través de la matriz causa y efecto midiendo de manera cuantitativa las causas raíz de los problemas detectados.
- Se realiza la matriz AMEF detectando las fallas relevantes a partir de la frecuencia y el efecto de la falla potencial.

- Se realiza el diagrama de Ishikawa buscando diferentes causas identificadas en el análisis de modo y falla del proceso de secado
- Se analiza el impacto financiero de los costos de no calidad por las devoluciones causadas por el mal secado de pallets de madera

Etapas mejorar

- Se registra las posibles alternativas de mejora detectadas dentro de las primeras fases, designando las responsabilidades y roles de cumplimiento.
- Se identifica la viabilidad de las soluciones planteadas para los procesos, por medio de la mejora del índice del impacto financiero.

Etapas controlar

- Se realiza los planes de control y seguimiento de las actividades planteadas para de esta manera monitorear el proceso y garantizar el nivel deseado del proyecto.

4. CAPITULO IV: RESULTADOS

En base a la metodología DMAIC se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. PROBLEMÁTICA DEL AREA

4.1.1. Análisis de la problemática

Previo a la selección del proceso en el cual se decidió realizar la implementación, se analizó la problemática actual de la empresa con el fin de lograr identificar aquellos reclamos que se presentaron con frecuencia por parte de los clientes con respecto a las devoluciones del producto terminado.

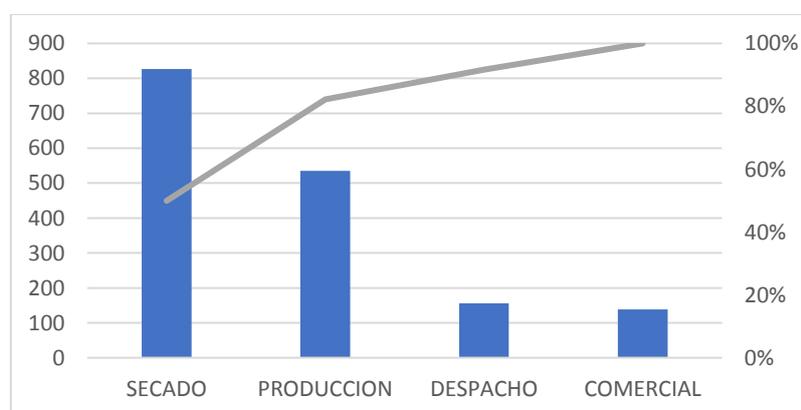
4.1.2. Recolección de datos

Por medio de la recopilación de información productiva directamente de la empresa se identificó los posibles problemas dentro de la cadena productiva considerando el proceso de secado, producción, despacho o en la parte comercial. Se determinó que el producto terminado obtuvo un 18,28% de problemas asociado a una mala calidad en el proceso de secado del total de unidades producidas.

4.1.3. Análisis de datos

Para determinar en qué proceso de la cadena productiva se presentaron los mayores problemas de reclamo, se procedió a realizar un diagrama de Pareto de referencias. Encontrando que el proceso de secado es la etapa que causa mayores reclamos de los clientes debido a un exceso de humedad en el producto terminado.

Ilustración 13. Diagrama de Pareto para identificación de problema



Fuente: Los autores

4.1.4. Selección de proyectos

Una vez identificado el problema principal de la empresa, se procede a elegir que la implementación del proyecto de la filosofía de Seis Sigma se realizara el área de secado, que es el área con mayor criticidad y urge de mejoras continuas. Se realizó la evaluación de varios criterios (como impacto del cliente, impacto financiero, entre otros), para poder identificar a qué proyecto impacta más dentro de la organización estableciendo los criterios de selección con la alta dirección y el equipo del proyecto alineado con la estrategia organizacional.

Se realizó una escala de calificación (Tabla 2) para los siguientes criterios de evaluación, con la matriz resultante de la selección (Tabla 3):

Tabla 5. Criterios de selección de proyectos

CRITERIOS	ALTA	MEDIA	BAJA
Impacto del cliente	9	5	1
Confiabilidad de sistema de medición	9	5	1
Impacto financiero	9	5	1
Factibilidad	9	5	1
Impacto en la mejora estratégica	9	5	1

Fuente: Los autores

4.1.5. Matriz Selección de proyectos

Según la evaluación realizada por la alta dirección y el equipo del proyecto alineado con la estrategia organizacional, se tomó como decisión que el primer proyecto seleccionado como oportunidad de mejora fue el proceso de secado (Tabla 3).

Tabla 6. Matriz de selección de proyectos

PROBLEMAS	CRITERIOS DE VALORACIÓN					
	Impacto del cliente	Confiabilidad de sistema de medición	Impacto financiero	Factibilidad	Impacto en la mejora estratégica	Total
Proceso de secado	9	5	9	9	9	8,2
Proceso de producción	9	1	9	5	9	6,6
Proceso de despacho	5	1	5	1	1	2,6
Proceso comercial	5	1	5	1	5	3,4

Fuente: los autores

En la Tabla 4, por otro lado, se muestra el porcentaje individual y acumulado de defectos en cada área de la empresa, siendo el mayor porcentaje de defectos en el área de proceso de secado con un 50% de defectos.

Tabla 7. Porcentaje acumulado de defectos en cada área de la empresa

Área	Frecuencia de defectos	%	% acumulado
Secado	87	50	50
Producción	535	32	82
Despacho	156	9	91
Comercial	138	9	100
Total	1656	100	

Fuente: los autores

4.2. FASE 1: Definición del proyecto

4.2.1. Ficha de definición del proyecto

Una vez seleccionado el proyecto, se sentaron las bases mediante la ayuda de una ficha para definir los objetivos, alcance, recursos, personas a requerir y las métricas financieras y operacionales con las cuales se controlará el proyecto. En la Tabla 5, se muestra la ficha de definición del proyecto.

Tabla 8. Ficha de definición del proyecto

Marco del Proyecto
Título/propósito: Disminución del porcentaje de rechazos de los clientes por problemas de procesos de secado en la empresa <i>SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA</i>
Problema: La principal queja de los clientes está relacionado con el alto porcentaje de humedad (25%) en los productos maderables, lo que origina la aparición de hongos provocando la devolución de estos por parte de los clientes. Se pretende alcanzar la reducción del porcentaje de rechazos al menos al 5%.
Objetivo: Reducir el porcentaje de rechazos por causas asociadas al proceso de secado.
Alcance: Nuestro proyecto tiene como propósito darle solución a la causa raíz que genera los problemas asociados al proceso de secado
Equipo: Alta dirección y el equipo del proyecto alineado con la estrategia organizacional
Áreas de trabajo: Área de secado y área de producción
Métricas operacionales: Porcentaje de rechazo de productos por problemas de secado.

Fuente: Los autores

4.2.2. EI VOC

Las organizaciones siempre están en busca de la excelencia no solo porque sus variables llevan una distribución normal, se deduce que la curva refleje lo que entrega el proceso, es por eso por lo que por medio del voc las organizaciones tienen una idea más clara de las expectativas, necesidades, requisitos del cliente y características que gracias a:

- Sistemas proactivos como lo son; las entrevistas, encuestas y cuestionarios
- Sistemas reactivos como son las quejas, garantías y reclamos se puede obtener

Para nuestra investigación se identifican dos tipos de clientes esenciales en el proceso; interno (todo operario que intervenga dentro del proceso de secado) y los externos (consumidor final), su ideal lleva una correlación y un mismo ideal que garantiza la calidad de los productos que se oferten.

Tabla 9. Requisitos de identificación de los clientes

Clientes externos:		Clientes internos:
Entrega a tiempo		Maquinarias en buenas condiciones
Entrega completa		Buena calidad de materia prima
Garantía del producto		Mantenimiento de maquinarias
Calidad del producto		Capacitación del uso de maquinas
Certificaciones nacionales e internacionales		Piezas bien trabilladas

Fuente: Los autores

4.2.3. Situación actual de la empresa

En la empresa *SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA*, se contabilizó los m³ netos y de devolución por cada mes para determinar la cantidad de m³ totales que devuelven los clientes durante el año, tomando en cuenta los procesos de secado y producción, y los procesos en el área de despacho, y en el área comercial. Se puede notar (Tabla 6), que a lo largo del 2020 se contabilizó un total de 6345,53 m³ en la cual para el proceso de secado corresponden 1160,01 m³ devueltos que representa el 18,38% de rechazos del producto, siendo los meses con mayores devoluciones noviembre y diciembre, con 137,07 m³ y 395,18 m³, respectivamente.

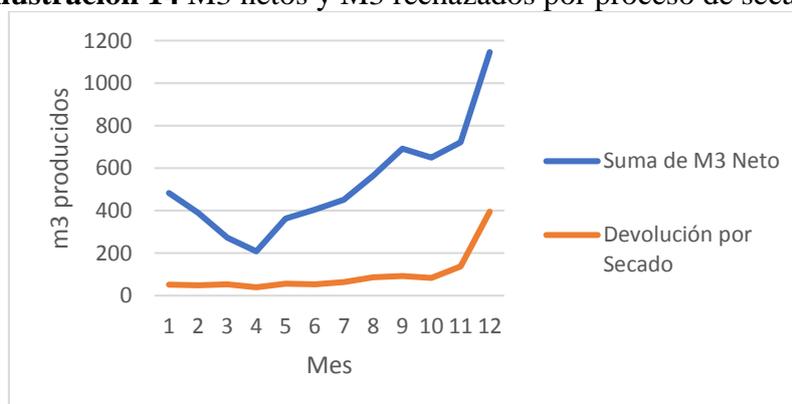
Tabla 10. Devoluciones de producto no conforme aplicando la metodología DMAIC

Mes	Suma de m ³ neto (todos los procesos)	Suma de m ³ solo proceso de secado
1	483,3368201	51,68722445
2	388,9238915	48,40546494
3	273,111937	52,949863
4	208,218211	39,188089
5	362,548073	56,184227
6	404,072468	53,533832
7	451,660032	64,012068
8	563,52678	86,85222
9	691,709239	92,342861
10	650,2772652	82,6028448
11	722,3134196	137,0739224
12	1145,836409	395,1815202
Total general	6345,534545	1160,014137

Fuente: Los autores

Complementariamente, se analizó la situación actual de la empresa, en la que mediante la Figura 14, se puede apreciar de manera mensual para el año 2020 se observa una tendencia creciente de las devoluciones solo para el proceso de secado especialmente en el último trimestre del año, por lo tanto, se evidencia falencias en esta etapa por parte de la empresa *SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA.*

Ilustración 14 M3 netos y M3 rechazados por proceso de secado



Fuente: Los autores

4.2.4. Descripción del proceso

Las herramientas que se utilizaron para obtener información del proceso productivo de fueron el diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers) y las variables críticas del proceso.

4.2.4.1. SIPOC

Esta herramienta permite caracterizar el proceso a través de la tabulación, por ende nos demuestra el alcance de un proceso. En el SIPOC se logró tener una visión macro de todos los actores que intervienen en el proceso de secado.

Acorde a Mauricio Roa Caicedo (2016) con el SIPOC se logra entender los aspectos relacionados a los proveedores y clientes del proceso, con el fin de conocer los aspectos que influyen en los procesos bajo una perspectiva de los ocho desperdicios y ocho mudas (sobreproducción, transporte, inventario, esperas, sobre proceso, retrabajos, movimientos, talento humano). (ANEXO 2).

Adicionalmente, por medio del diagrama de flujo del proceso de secado, se pudo observar una visión más detallada de cómo se está manejando el área de secado (ANEXO 3).

4.2.4.2. Variables críticas del proceso.

Acorde al trabajo de Bohigues Ortiz (2015) las variables críticas dentro de un proceso se refieren a la causa o causas que pueden generar un mayor descontrol del proceso que repercute directamente en una insatisfacción del cliente por no conformidad de un producto. Por ejemplo, trabajando con maquinaria de inyección pueden ser la temperatura la presión de la maquina o la calidad de la materia prima.

Tabla 11. Variables críticas del proceso de secado

Variables críticas del proceso de secado
1.Calidad de materia prima
2.Temperatura del horno de secado
3.Presion del caldero
4. Conocimiento del operador de cámaras de secado

Fuente: Los autores

Tabla 12. Variables críticas del proceso de producción

Variable critica del Proceso de Producción
1.Calidad de materia prima
2. Falta de mantenimiento de las maquinas
3. Falta de capacitación del personal
4.Calidad de insumos para máquinas de corte

Fuente: Los autores

Tabla 13. Variables críticas del despacho

Variable Critica de Despacho
1.Falta de capacitación del personal
2.Falta de Mantenimiento del vehículo
3.Falta de flotas
4. Falta de insumos de embalaje

Fuente: Los autores

Tabla 14. Variables críticas del proceso comercial

Variable Critica de Proceso Comercial
1.Calidad de productos ofertados
2.Tiempo de entrega ofertado
3.Precio del producto ofertado

Fuente: Los autores

4.3. FASE 2: Medición del proyecto seleccionado

4.3.1. Definición de la métrica operacional

Esta fase se enfoca en medir el desempeño actual del proceso, busca entender para poder cuantificar la magnitud del problema o situación con que se inicia el proyecto. Para el caso del proyecto la métrica operacional puede definirse como el porcentaje de m³ rechazados por problemas de secado.

$$\% \text{ de rechazo} = \frac{\text{numero de pallets rechazados}}{\text{numero de pallets muestreadas}} * 100$$

Ecuación 15. Porcentaje de rechazo

Esta data se obtiene de las devoluciones internas al realizar el muestreo del porcentaje (%) de humedad dentro del lote que se ha metido a secar.

4.3.2. Identificación de la medición de la variación

Se establece un formato para tomar datos del proceso de secado y poder cuantificar el problema o la oportunidad, por medio de esta información se puede refinar y poder completar el desarrollo del plan de mejora, así mismo nos va a permitir facilitar la identificación de las causas reales del problema. (Anexo 4).

Se realizó la medición de los parámetros de temperatura y humedad previo a la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 16. Parámetros de temperatura y humedad durante el 2020

TEMPERATURA (°C)		HUMEDADES (%)					
SECO	HUMEDO	M1	M2	M3	M4	M5	M6
80	50	25	24	22	18	22	20
79	52	22	20	15	12	23	25
80	66	24	20	28	21	24	15
75	57	16	18	22	12	15	21
77	51	22	20	15	23	14	21
80	57	19	15	14	12	23	17
80	51	24	18	25	16	16	21
75	52	23	18	10	18	20	17
76	50	17	10	23	23	16	21
76	60	12	24	16	12	23	19
80	58	21	13	21	13	19	23
77	59	19	12	18	17	18	21
76	57	16	23	15	17	19	18
80	52	17	19	13	23	17	19
80	53	13	13	20	22	24	16
79	58	15	24	13	13	18	11
78	50	15	21	24	13	19	22
80	52	16	20	24	16	16	25
76	53	18	28	20	24	22	20
78	58	18	27	18	27	24	26
77	52	18	31	27	18	28	22
79	50	26	24	23	19	26	19

76	50	23	18	21	29	22	24
75	56	31	26	21	21	31	30

Fuente: Los autores

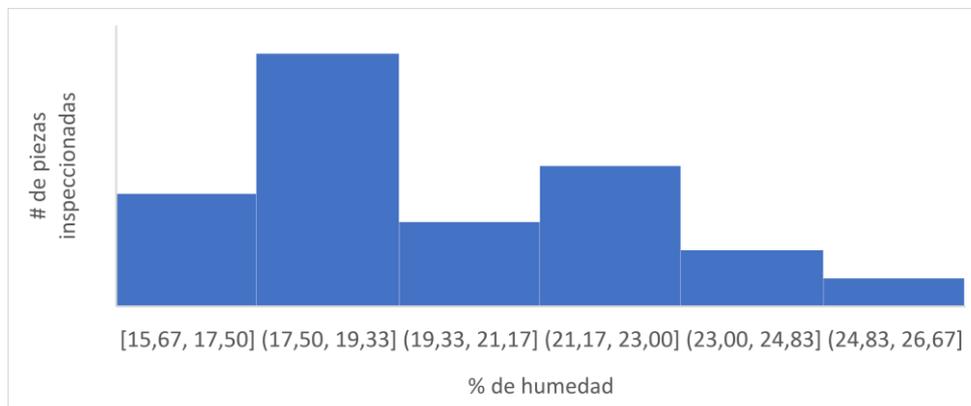
Se puede observar que las humedades registradas sobrepasan el 20% de humedad. El objetivo es registrar humedades por debajo del 15% para disminuir los casos de presencia de hongos en la madera por exceso de humedad. En base a las medidas de dispersión calculadas, la media del % de humedad se encuentra por encima de la especificación (15% de humedad) con una desviación estándar de 2,73. Los límites mínimos y máximos también se encuentran muy por encima de los límites de especificación.

Tabla 17. Medidas de dispersión de % de humedad

<i>Medidas de dispersión de % de humedad</i>	
Media	19,82
Error típico	0,55
Mediana	19,08
Moda	18
Desviación estándar	2,73
Varianza de la muestra	7,48
Curtosis	0,015
Coefficiente de asimetría	0,79
Rango	11
Mínimo	15,66
Máximo	26,66
Suma	475,83

Fuente: Los autores

Ilustración 15. Rangos de porcentaje de humedad por el número de piezas inspeccionadas



Fuente: Los autores

La capacidad del proceso de secado no está diseñada para el rango en que se oferta el porcentaje de humedad (15%). Acorde a los datos que nos proporcionó el muestreo, se sugiere rediseñar el control del proceso del secado para poder garantizar el porcentaje solicitado.

4.3.3. Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos a través de la metodología seis sigma

Seis Sigma es una metodología enfocada en la mejora de los procesos reduciendo primeramente su variación, para posteriormente mantenerlo en un valor objetivo o lo más cercano a él. La métrica de Seis Sigma permite obtener y revisar las mediciones del proyecto, calculando la habilidad de los procesos mediante sigmas (habilidad para hacer bien un proceso), lo que permitirá la mejora de estos. En esta etapa se calculó los defectos por millón de oportunidades (DPMO), entendido como el número real de defectos observados, extrapolado a cada 1,000,000 de oportunidades.

Para realizar el cálculo del DPMO, se calculó primeramente los defectos por oportunidad (DPO), la cual a su vez se calcula a través de la división de los defectos por unidad (DPU) y la oportunidad de defectos (O). La DPU, es entendida como la cantidad de defectos en un producto, mientras que “O”, es cualquier atributo o especificación que pueda apreciarse o medirse y que ofrezca una oportunidad de no satisfacer un requisito del cliente.

Las fórmulas para la determinación de la cuantificación de los defectos se describen a continuación: $D = \text{defecto}; U = \text{unidad}$

$$DPU = \frac{D}{U}$$

Ecuación 6.18 Cantidad de defectos por producto

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Ecuación 7.19 Defectos por oportunidad

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1000000$$

Ecuación 820. Defectos por millón por oportunidad

Mediante la métrica de DMPO se identificó los distintos defectos en los diferentes procesos involucrados en el proceso de secado. Los procesos considerados fueron el ingreso de pallets a la cámara, el secado, la inspección del proceso y el almacenaje. El número de unidades, defectos totales y número de oportunidades en cada proceso se describen en la Tabla 14.

Tabla 21. Número de unidades, defectos y oportunidades de los subprocesos en el área de secado

Subproceso	Unidades	Defectos	Oportunidades/Unidad
Ingreso de pallet a la cámara	300	212	17
Proceso del secado	300	545	5
Inspección del secado	300	71	9
Almacenaje	300	54	1
Total	1200	882	32

Fuente: Los autores

Para el cálculo de los rendimientos a la primera inspección (F_{yi} ; *First yield inspection*), es decir previo a la detección de los defectos, se aplicó la siguiente fórmula.

$$F_{yi} = (1 - DPO) * 100$$

Ecuación 922. Rendimiento a la primera inspección

La métrica DPMO asume valores distintos de niveles sigma, dependiendo del valor de la métrica. Al tener valores intermedios es necesario realizar una interpolación.

La letra sigma (σ) representa la variación estándar poblacional de un proceso de manufactura o de servicio, siendo la dispersión de cada uno de los datos poblacionales alrededor de la media.

El valor sigma obtenido del proceso se convierte en un indicador de variación, varía según el número de defectos obtenidos fuera de los límites de especificación del proceso por lo que, es necesario verificar el nivel sigma de cada proceso.

De acuerdo con el estudio realizado, como se observa en la Tabla 13 y 14, se observan valores de sigma entre 2,4 y 3,6, entre procesos, teniendo rendimientos de 98,04% y 92,44%, en ingreso de los pallets a la cámara e inspección del proceso. El rendimiento más bajo se presentó para el proceso de secado con 80,67% al tener un mayor número de defectos respecto a los otros subprocesos. El subproceso almacenaje obtuvo un 82% de rendimiento, alcanzando un rendimiento promedio de 88,29% previo a la detección de los defectos (Tabla 15).

El nivel de calidad sigma obtenido en términos de rendimiento en porcentaje indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto tenga un uso conforme.

Tabla 23. Registro de mediciones del nivel de calidad Sigma en cada subproceso

Subproceso	Unidades	Defectos	Oportunidades /Unidad	Total oportunidades	DPMO	Nivel sigma
Ingreso de pallet a la cámara	300	100	17	5100	19607,84	3,6
Proceso del secado	300	290	5	1500	193333,33	2,3
Inspección del secado	300	204	9	2700	75555,56	2,9
Almacenaje	300	54	1	300	180000,00	2,4

Fuente: Los autores

Tabla 24. Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Ingreso de pallet a la cámara	3,6	98,04%
Proceso de secado	2,3	80,67%
Inspección del proceso	2,9	92,44%
Almacenaje	2,4	82%
Promedio		88,29%

Fuente: Los autores

4.3.4. Recomendaciones de las mejoras al sistema de medición

Se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones para el sistema de medición:

1. En el proceso de secado se debe rediseñar y actualizar procedimientos que permitan llevar a cabo la evaluación de los diferentes parámetros (humedad) a tener en cuenta al momento de aceptar o rechazar un producto.
2. Establecer muestras parametrizadas con especificaciones de control que sirvan para la evaluación de piezas.
3. Utilizar instrumentos de medidas confiables como, por ejemplo, un higrómetro para madera para garantizar datos precisos y confiables.

4.4. FASE 3: Analizar y validar causas

La información de este análisis proporcionó evidencias de las fuentes de variación y el desempeño insatisfactorio de los procesos, los cuales son de mucha utilidad para establecer fuentes de mejora, y un punto de comparación posterior a aplicar la metodología DMAIC nuevamente a los procesos.

4.4.1. Identificación de las causas que generan los problemas de secado

En base a la matriz de causa-efecto se logró identificar las causales de problemas de secado por medio de preguntas a los clientes, a los cuales se les planteó varias opciones de causas que ellos consideren importantes o no importantes, siendo 1 no importante y 5 muy importante, con el fin de determinar cuál causa tiene un mayor efecto en los problemas de secado. Se le asignó un peso específico a cada causa.

Tabla 25. Matriz causa efecto de los problemas de secado

MATRIZ CAUSA-EFECTO						
Proceso	Importancia para el cliente	Peso				TOTAL
Estructura	Causas relacionadas	5%	70%	10%	15%	
				Dimensiones inadecuadas	de humedad	de Falta mantenimiento
		1: No importante 5: Muy importante				
Factor		Ponderación				
Materia Prima	Calidad de los materiales	5	4	1	2	345
	Manipulación de los materiales	1	1	2	5	170
Máquinas y equipos	Descalibración de equipos	1	3	5	5	340
	Inexistencia de equipos especializados	2	2	5	5	275
	Equipos ruidosos	2	3	5	5	345
Mano de Obra	Pocas capacitaciones al personal	5	5	5	5	500
	Falta de motivación	4	4	5	4	425
	Gente no adecuada	5	4	4	5	420
	Contaminación acústica	1	1	1	1	100

Medio	Generación de partículas de polvo	1	1	4	4	145
Ambiente	Actividades en lugares incómodos	1	2	3	3	220
Métodos	Procedimientos	5	5	4	5	490
	Métodos incorrectos	5	5	4	5	490

Fuente: Los autores

A partir de la matriz de causa-efecto se logró identificar que las causas principales en el proceso de secado fueron la falta de capacitación del personal y la aplicación de métodos y procedimiento incorrectos en el proceso de secado. Por lo cual, se sugiere orientar acciones de mejora en estos puntos para disminuir los problemas de rechazo.

4.4.2. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

Se realizó la matriz AMEF (Tabla 16) del proceso de secado de los pallets, detectando las fallas potenciales y el efecto colateral que provocan, esto se realizó a partir de sus frecuencias, forma de detección y la confiabilidad del proceso.

Tabla 26 Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos

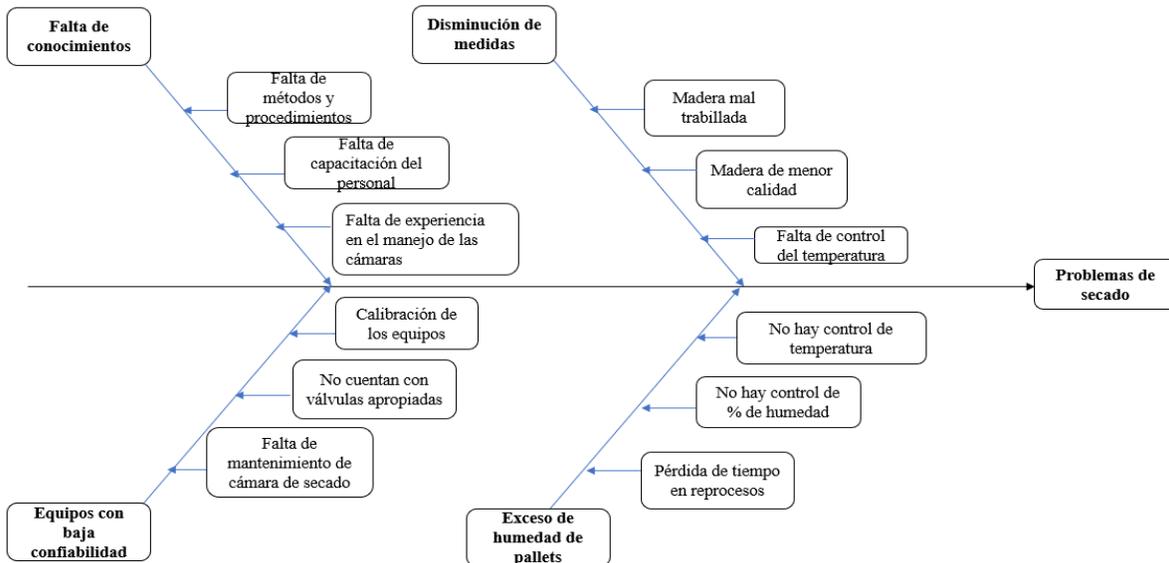
ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS EN EL PROCESO (AMEF)															
Número de proyecto: 001		Proceso: Secado de Pallets			Producto afectado: Pallets						Resultados de acciones				
Función del Proceso	Modo de falla potencial	Efecto(s) de falla potencial	SE V	Causa/ Mecanismo de la falla potencial	O C U	Controles actuales del proceso para detección	D E T	N P R	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones tomadas	SE	O C	D E	N P
												V	U	T	R
Secar la madera, pallets	Madera de baja calidad	Presencia de corazones, ojos y nudos	8	Falta de inspección de recepción de madera	7	Visual y registrada	7	392	Inspeccion de recepción de madera	Supervisor de inventario	Registro de inspeccion de calidad				
	Trabillas no adecuadas	Mal secado de la madera	7	Falta de herramientas	7	Visual y registrada	8	392	Adquisicion de trabillas de aluminio	Coordinadora de compras	Compra de trabillas de aluminio				
	Baja presión del caldero	Camara de secado con baja temperatura	9	Falta de control del personal	7	Visual y registrada	7	441	Control de la presión del caldero	Calderista	Registro de presión del caldero				
	Valvulas en mal estado	Variación de temperatura de las camaras de secado	9	Falta de mantenimiento de los equipos	4	Visual y registrada	3	108	Realizar un plan de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Plan de mantenimiento				
	Termómetros defectuosos	Mal medicion de temperatura	7	Falta de calibración de los equipos	7	Visual y registrada	6	294	Realizar un plan de calibración de equipos	Supervisor de mantenimiento	Calibración de los equipos				
	Palltes con exceso de humedad	Presencia de plagas (hongos, termitas, etc)	8	Falta de control del personal	4	Visual y registrada	7	224	Capacitar al personal	Supervisor de produccion, Calderista	Registro de muestreo de humedad				
	Pallets con medidas reducidas	Asimetría en los pallets	7	Falta de control del personal	4	Visual y registrada	7	196	Capacitar al personal	Supervisor de produccion, Calderista	Registro de muestreo de humedad				

Fuente: Los autores

4.4.3. Diagrama de Ishikawa

Por medio de esta herramienta podemos identificar las causas raíz de un problema, realizando un análisis que nos muestre los distintos niveles desde mínimas fallas que tienen menor impacto hasta muy graves que generan un impacto severo en la operatividad del proceso. La importancia de esta herramienta es que va perfeccionándose para buscar la causa que afecta directamente al problema, evitando buscar de forma empírica las verdaderas causas.

Ilustración 16. Diagrama de Ishikawa de las cusas identificadas en el proceso de secado



Fuente: Los autores

4.4.4. Medición de impacto financiero

Teniendo en cuenta que SETRAMAD CIA LTDA., en una semana puede producir un promedio de 146,03 m³ de madera aproximadamente, y al realizar la comparación con la cantidad de devoluciones producidas; se evaluó las causas más probables que provocaría la devolución de los pallets por diferentes problemas obteniendo un costo de \$ 130.513,32. Para tener el valor del costo de la devolución anual tomamos el formato de devoluciones internas el porcentaje de m³ devueltos, con esto logramos calcular el costo de devoluciones internas.

Tabla 27. Medición del impacto financiero

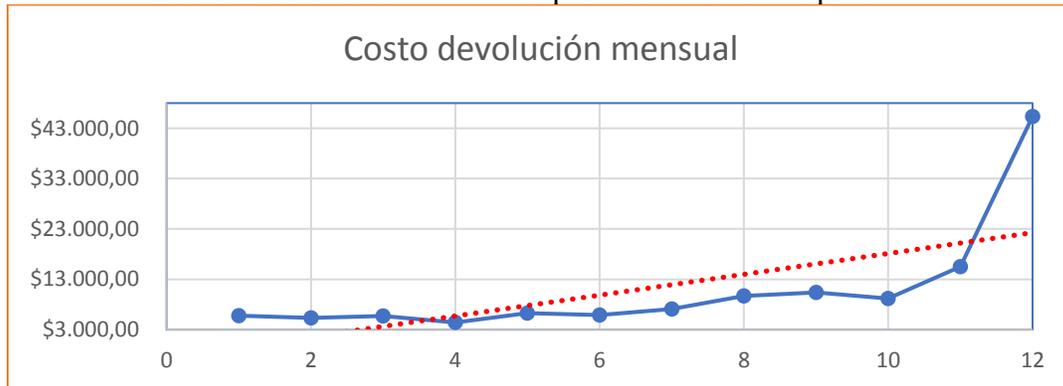
Suma de M3 Devolución	Madera				
Mes	Eucalipto	Pino	Total general	Eucalipto	Pino
1	18,78845889	32,89876556	51,68722445	\$ 1.972,79	\$ 3.783,36
2	21,43794542	26,96751952	48,40546494	\$ 2.250,98	\$ 3.101,26
3	37,190469	15,759394	52,949863	\$ 3.905,00	\$ 1.812,33
4	9,596746	29,591343	39,188089	\$ 1.007,66	\$ 3.403,00
5	21,434577	34,74965	56,184227	\$ 2.250,63	\$ 3.996,21
6	26,07597	27,457862	53,533832	\$ 2.737,98	\$ 3.157,65
7	27,084556	36,927512	64,012068	\$ 2.843,88	\$ 4.246,66
8	30,381	56,47122	86,85222	\$ 3.190,01	\$ 6.494,19
9	26,819589	65,523272	92,342861	\$ 2.816,06	\$ 7.535,18
10	30,3036027	52,2992421	82,6028448	\$ 3.181,88	\$ 6.014,41
11	28,72125235	108,35267	137,0739224	\$ 3.015,73	\$ 12.460,56
12	10,9960072	384,185513	395,1815202	\$ 1.154,58	\$ 44.181,33
Total general	288,8301736	871,1839632	1160,014137	\$ 30.327,17	\$ 100.186,16

Fuente: los autores

4.4.5. Costo por devoluciones mensuales

De acuerdo al análisis de las causas de la medición del impacto financiero del año 2020 podemos observar que hay una tendencia creciente durante los últimos seis meses elevando los costos por no calidad relacionados con problemas de secado.

Ilustración 17. Costo mensual por devoluciones de producto



Fuente: Los autores

4.5. FASE 4: Mejorar

4.5.1. Cálculo de DPMO y rendimiento posterior a la detección de defectos.

Posterior a la detección de los defectos, se pudo evidenciar que se reduce un 47% en promedio respecto a la primera inspección (F_{yi}). En total 80 defectos fueron detectados antes de

ser enviados, subsistiendo 262 defectos para todos los subprocesos.

Tabla 28. Registro de mediciones del nivel de calidad Sigma en cada área de la empresa

Subproceso	Unidades	Defectos	Oportunidades /Unidad	Total de oportunidades	DPMO	Nivel sigma
Ingreso de pallet a la cámara	300	95	17	5100	18627,45	3,6
Proceso del secado	300	73	5	1500	48666,67	3,2
Inspección del secado	300	42	9	2700	15555,56	3,6
Almacenaje	300	52	1	300	173333,33	2,5

Fuente: Los autores

Tabla 29. Resumen del nivel de calidad Sigma previo a la detección de defectos

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Ingreso de pallet a la cámara	3,6	98,14%
Proceso de secado	3,2	95,13%
Inspección del proceso	3,6	98,44%
Almacenaje	2,5	82,67%
Promedio		97,24%

Fuente: Los autores

Al aplicar la detección de defectos, se logró mejorar el promedio general de rendimiento de los subprocesos de 88,29% a 97,24%, incrementándose en 8,95% al final de la inspección. El rendimiento del proceso de secado que registró mayores defectos se logró incrementar en un 14,47% posterior a la detección de los defectos. La mejora de las métricas tiene un impacto en los resultados de un proyecto, al reducir la oportunidad de tener defectos. Es de suma importancia

medir la capacidad de un proceso en términos cuantificables para monitorear las mejoras a través del tiempo.

4.5.2. Alternativas de mejora

Las alternativas de mejora están basadas en la matriz de AMEF con el fin de disminuir el porcentaje de rechazos del producto.

Tabla 30. Alternativas de mejora

Causa raíz	Alternativas de mejora	Responsable	Herramientas	Periodo de implementación
Personal	Charlas y capacitaciones a personal operario y supervisores	Jefe de producción	Programas de charlas con evaluaciones al fin de cada capacitación.	Corto plazo
	Control de calidad	Jefe de producción	Registro de producción	Corto plazo
			Checklist de inspección en campo	
			Graficas estadísticas	
	Selección de personal con experiencia	Gerente general y jefe de producción	Pruebas de manejo de calderas	Corto plazo
Actualización de procedimientos y creación de instructivos	Jefe y asistente de producción	Diagrama de flujo	Corto plazo	
Maquinaria y equipos	Control de materia prima	Bodeguero y jefe de producción	Checklist de inspección de ingreso de materiales	Corto plazo
	Control periódico de maquinaria y equipos	Bodeguero	Checklist	Corto plazo

Fuente: Los autores

4.5.3. Análisis de factibilidad

Tabla 31. Factibilidad de las alternativas de mejora

FACTIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	
FACTIBILIDAD	DESARROLLO
OPERATIVA	<ul style="list-style-type: none"> - El rediseño y la actualización de los procedimientos actuales consintiendo a los operadores realizar sus actividades de manera diligente. - Efectuar mediciones y observación del nivel vigente de calidad existe en DPMO, altura o cabida del proceso. - La realización de las elecciones de mejoría tendrá un encargado directo de su utilización y seguimiento: jefe de producción, quien debe saber la metodología seis sigma. - Caso opuesto los contratiempos seguirán o pueden aflorar otros a partir de ese.
TÉCNICA	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con la maquinaria y herramientas que son útiles y fáciles de manejar (los obreros deben estar formados para manejar los equipos). - Aunque esto también depende al plazo que se va a dedicar para la ejecución del proyecto.
ECONÓMICA	<ul style="list-style-type: none"> - La realización de las elecciones de mejora necesita de una pequeña inversión, ya que se cuenta con el equipo que lo lleve a cabo la implementación y las herramientas estadísticas para la adecuada ejecución del proyecto ha excepción por la estructuración periódica del equipo y un ingeniero con conocimientos de calidad. - La administración se ha comprometido con el financiamiento de los bienes para poder implementar y tener un seguimiento de las mejoras propuestas.

Fuente: Los autores

4.5.4. Registro de humedades y temperatura posterior a la aplicación de actividades de mejora.

Una vez aplicada las alternativas de mejora a nivel de los equipos y maquinaria, las cuales eran la calibración de los termómetros y cambio de válvulas (ANEXO 5) y personal de trabajo llevando el registro del muestreo de las humedades de los pallets y temperatura de las cámaras de secado seteadas (ANEXO 6) se puede observar que las humedades registradas se encuentran en un rango de 11 a 15%, con el cual se logró reducir el % de rechazos en un 70% como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 32. Parámetros de temperatura y humedad posterior a la aplicación de metodología DMAIC

TEMPERATURA (°C)		HUMEDADES (%)					
SECO	HUMEDO	M1	M2	M3	M4	M5	M6
80	51	11	13	14	12	10	14
79	53	15	16	12	11	12	12
78	50	12	15	12	17	15	12
80	49	13	12	12	10	11	14
79	53	14	12	10	15	10	15
79	52	15	15	9	10	19	10
80	50	12	13	12	11	10	10
78	50	15	14	15	10	13	11
79	51	11	14	16	15	12	12
80	52	11	12	12	9	10	12
79	51	13	11	12	8	10	14
77	49	12	10	11	13	11	15
76	53	11	17	10	14	14	16
80	52	10	15	13	16	15	12
79	51	16	14	13	12	12	12
80	51	13	16	10	10	13	10
77	53	12	12	14	10	13	9
78	53	11	19	12	11	13	11
82	53	13	10	15	12	13	13
80	50	14	12	15	14	11	12
79	51	14	11	12	16	12	10

80	51	17	10	11	15	15	10
82	52	10	10	16	13	14	13
79	50	12	14	12	12	15	15

Fuente: Los autores

4.5.5 Registro de devoluciones internas

Se procede a realizar los registros de devoluciones internas, para identificar posibles nuevas causas que aún sigan produciendo defectos y aumentando los costos de no calidad, (ANEXO 7) obteniendo así los costos de no calidad durante el 2021. (tabla 25).

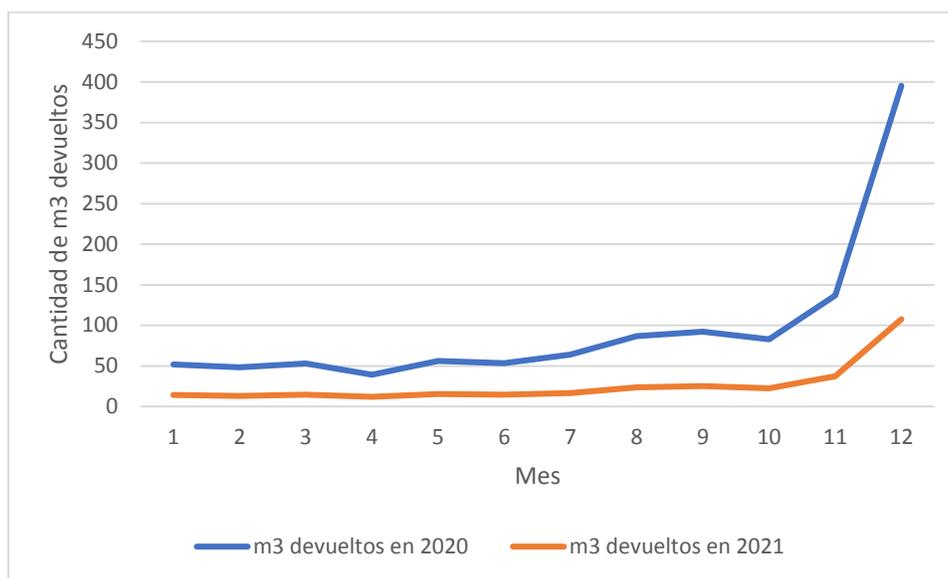
Tabla 33. Devoluciones de producto en m³ posterior a la aplicación de la metodología DMAIC durante el 2021

Mes	m ³ producidos en el proceso de secado durante 2020	m ³ producidos en el proceso de secado durante 2021
1	51,68722445	14,061762
2	48,40546494	13,1685008
3	52,949863	14,393184
4	39,188089	11,931192
5	56,184227	15,2864452
6	53,533832	14,551004
7	64,012068	16,3564648
8	86,85222	23,609872
9	92,342861	25,124944
10	82,6028448	22,473568
11	137,0739224	37,277084
12	395,1815202	107,5259224
Total general	1160,014137	315,64

Fuente: los autores

Se puede apreciar que posterior a la aplicación de la metodología durante el 2021 en la empresa *SECADO Y TRATADO DE MADERA CIA. LTDA* se logró disminuir las devoluciones en m³ de producto aproximadamente en un 72,84% a lo largo del año observando una tendencia decreciente de las devoluciones con respecto al año 2020, lo que evidencia una significativa mejora en los procedimientos del proceso de secado.

Ilustración 18. Cantidad de m³ de producto devueltos para el año 2020 y el año 2021



Fuente: los autores

4.5.6. Impacto financiero posterior a la aplicación de actividades de mejora

Se realizó la comparación del impacto financiero entre el año 2020 y 2021 durante los seis primeros meses, posterior a la aplicación de la metodología DMAIC, evidenciado una reducción en los costos de m³ devueltos por madera de eucalipto y pino. Para el caso de eucalipto se registró una reducción del 81% con respecto al año anterior, mientras que para pino se obtuvo una reducción del 89% en costos. Lo que demuestra que aplicando la metodología propuesta se logra reducir los costos financieros significativamente.

Tabla 34. Medición del impacto financiero posterior a la metodología DMOIC

	Año 2020	Año 2021	Año 2020	Año 2021	Costo 2020	Costo 2021	Costo 2020	Costo 2021
Mes	m ³ Eucalipto	m ³ Eucalipto	m ³ Pino	m ³ Pino	Eucalipto	Eucalipto	Pino	Pino
1	18,78	5,32	32,89	3,18	\$ 1.972,79	\$ 585,20	\$ 3.783,36	\$ 333,90
2	21,43	4,47	26,96	3,15	\$ 2.250,98	\$ 491,70	\$ 3.101,26	\$ 330,75
3	37,19	3,75	15,75	3,57	\$ 3.905,00	\$ 412,50	\$ 1.812,33	\$ 374,85
4	9,59	3,8	29,59	3,01	\$ 1.007,66	\$ 418,00	\$ 3.403,00	\$ 316,05
5	21,43	3,65	34,74	3,55	\$ 2.250,63	\$ 401,50	\$ 3.996,21	\$ 372,75
6	26,07	3,21	27,45	3,19	\$ 2.737,98	\$ 353,10	\$ 3.157,65	\$ 334,95
SUMA	134,52	24,2	167,42	19,65	\$ 14.125,04	\$ 2.662,00	\$ 19.253,81	\$ 2.063,25

Fuente: los autores

4.6. FASE 5: Controlar

Se realizó el diseño de un sistema que nos permita medir y establecer indicadores de calidad para las devoluciones internas del área de producción, este permitió tener un mejor control y seguimiento de los distintos problemas que se pudieran presentar y a su vez tener un plan de acción. El formato que usamos para esto fue el ya planteado en el sistema de medición de seis sigma. Se identificó las causales de devolución siendo esta mayoritariamente por exceso de humedad. Se coloca la fecha en la que se identificó el problema, por lo que en base al control de indicadores de calidad se estableció el respectivo seguimiento de los planes de acción

4.6.1. Seguimiento de planes de acción

Para poder llevar el control de todos los planes de acciones formen parte de la cultura organizacional ejecutándolos cronológicamente y garantizar resultados de forma constante, se proponen reuniones trimestrales donde se entra un guion de revisión.

Realizamos la correcta ejecución y seguimiento a los distintos planes de acción correspondientes a cada problema que se presentaban y también el monitoreo y comportamiento de indicadores:

- Manejo de parámetros correctos de temperatura y humedad
- Reducción de defectos en todos los subprocesos
- Capacitación continua al personal de mano de obra
- Mejora en los procedimientos, métodos y técnicas de secado por parte del personal
- Plan de acción de los reclamos realizados por clientes, su respectiva descripción de la causa raíz.

a) Acta de reunión:

Se establece con la alta gerencia realizar reuniones trimestrales, para poder revisar el proceso y las acciones de los planes de mejora establecidos.

Ilustración 19. Registro de capacitación del procedimiento del proceso de secado

COLONIAZACION		SECTOR/COMUNA	FECHA
SETRAMAD CIA. LTDA.		SECTOR/COMUNA	FECHA
PROYECTO OPERATIVO DE SECADO		FECHA	
NÚMERO Y APELLIDOS	CÉDULA		
1. ADELA MOREIRA ROSA ANGELEA	007961481	Capacitación	10/05/2011
2. MARCELO RODRIGUEZ JOSE LUIS	003841418	Capacitación	10/05/2011
3. GONZALO BENVENEDICARREN LEON	1109103101	Capacitación	10/05/2011
4. DE LA ROSA ROSALES WILLIAM EDUARDO	001105383	Capacitación	10/05/2011
5. FELICIANO VARELA ROBERT ANDRES	003909887	Capacitación	10/05/2011
6. DOMINGUEZ QUINCE OSCAR ALEXANDER	003017207	Capacitación	10/05/2011
7. FLORENCIA PINHEIRO FREDO ANGEL	001702307	Capacitación	10/05/2011
8. LAMARCA ABRAHAM FREDY DOMINGO	001808100	Capacitación	10/05/2011
9. MEDRANO PORTILLO ANGELO JOSE	001131111	Capacitación	10/05/2011
10. NEIRA PILAR JUAN FREDY	001130100	Capacitación	10/05/2011
11. NEIRA QUINCE ENRI RENE	001017195	Capacitación	10/05/2011
12. ORTIZ MARANTE PAUL ENRIQUE	001411189	Capacitación	10/05/2011
13. PERA MAMPARRA JOHN STEVEN	002810175	Capacitación	10/05/2011
14. PERALTA SANJUAN VICTOR MARCELO	001129094	Capacitación	10/05/2011
15. PIZALTA NEIRA FREDY LUIS	001014184	Capacitación	10/05/2011
16. PISCO TOSSE DIEGO ARMANDO	000018423	Capacitación	10/05/2011
17. PISCO TOSSE ANGELO ANGEL	000407043	Capacitación	10/05/2011
18. PIRIBANO VILLI CESAR AUGUSTO	110730481	Capacitación	10/05/2011
19. RIVERO BARRERA FELIX FERNANDO	000111140	Capacitación	10/05/2011
20. SERRANO BARRERA FREDY MARCELO	100040003	Capacitación	10/05/2011
21. VALDIVIAO CARRANZA RICARDO ARMANDO	000104102	Capacitación	10/05/2011

Fuente: los autores

b) Implementación de trabillas de aluminio

Para el correcto trabillado de la madera se capacita al personal para un trabillado correcto y se implementa el uso de las trabillas de aluminio estandarizando su medida a 1 pulgada, de esta manera podemos tener el flujo continuo sin interrupciones. (ANEXO 8)

Ilustración 210. Trabillado inadecuado con trabillas de madera



Fuente: los autores

Ilustración 201. Trabillado con trabillas de aluminio



Fuente: los autores

c) Cambio de válvulas con fugas

Se realiza el cambio de válvulas adecuados para evitar la fuga de presión que hace que decaiga la temperatura

Ilustración 22. Válvulas con fugas



Fuente: los autores

d) Mantenimiento de las tuberías, radiadores, ventiladores

Se establece con la alta gerencia dar mantenimiento cada 6 meses a los radiadores con polvo de grafito y aceite de linaza para sacar toda corrosión:

Ilustración 24. Mantenimiento de ventiladores



Fuente: los autores

Ilustración 23. Mantenimiento de radiadores



Fuente: los autores

Ilustración 25. Radiadores y Ventiladores de las cámaras de secado



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Según la investigación realizada podemos concluir la efectividad de la herramienta de calidad Six Sigma a través de la metodología DMAIC, la cual gestiona altos estándares de calidad en la empresa Secado y Tratado de Madera
- La implementación de la metodología DMAIC permitió reducir altos costos de no calidad presentados en el año 2020, llegando a disminuir las devoluciones en m³ de producto aproximadamente en un 72,84% a lo largo del año observando una tendencia decreciente de las devoluciones con respecto al año 2020.
- Por medio de la implementación se determinaron las causas raíz que generan variación en el proceso de secado, siendo estas la falta de control y capacitación para el uso y manejo de las cámaras de secado, la falta de mantenimiento de las cámaras.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar desarrollando la herramienta Six Sigma a través de la metodología Dmaic, lo cual permitiera alcanzar altos estándares de calidad en la empresa Secado y Tratado de Madera.
- Se recomienda dar el seguimiento de la metodología Dmaic, realizando entrenamiento al personal, establecer nuevos indicadores de control, inspecciones del proceso para continuar con la optimización del proceso de secado.
- Continuar evaluando los indicadores de gestión para poder identificar otras oportunidades de mejora en el proceso de secado.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, S. (2002). *Diccionario de Economía 3ra Edición*. Andrade.
- Armstrong, G., Kotler, P., Merino, M. J., Pintado, T., & Juan, J. M. (2011). *Introducción al Marketing (Tercera ed.)*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Bazán Ríos, K. A., & Chávez Canales, C. L. (28 de 01 de 2020). *Un modelo integrado de Lean, Six Sigma y Teoría de Restricciones aplicado a la industria peruana de muebles de madera*. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651563>
- BCE. (30 de Septiembre de 2020). *LA ECONOMÍA ECUATORIANA DECRECIÓ 12,4% EN EL SEGUNDO TRIMESTRE DE 2020*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1383-la-economia-ecuatoriana-decrecio-12-4-en-el-segundo-trimestre-de-2020>
- Castillo Panchana, E. A. (2016). *“PLAN DE NEGOCIOS PARA LA DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA “HERMANOS CASTILLO” DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2016*. Obtenido de

- <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/3388/UPSE-TDE-2016-0001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdoba-Foglia, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Dialnet*, 1-5. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123396>
- Editorial Vértice. (2008). *Análisis de Mercados*. España : Vértice.
- Eduardo Navarro, V. G. (22 de 12 de 2017). *Metodología e implementación de Six Sigma*. Obtenido de 3C: investigación y pensamiento crítico : <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>
- García, J. M. (2013). Canales de distribución: Distribución de productos de consumo masivo. Cordoba.
- Guamán Aymar, F. R. (04 de 2015). *Diseño de un esquema para la implementación de la metodología Lean Six Sigma en las empresas industriales ecuatorianas*. Obtenido de Repositorio Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7146>
- Guerrero Moreno, D. R., Silva Leal, J. A., & Bocanegra-Herrera, C. C. (Diciembre de 2019). *Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior*. Obtenido de SCIELO: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000400652&script=sci_arttext
- Ing. Rosales Rengifo, W. N. (Agosto de 2019). *Estudio de Oportunidades de Mejoras al Modelo Direct Store Delivery en la Región Costa en Nestlé Ecuador*. Obtenido de <http://181.39.139.68:8080/bitstream/handle/123456789/1009/Estudio%20de%20oportunidades%20de%20mejoras%20al%20modelo%20Direct%20Store%20Delivery%20en%20la%20Regi%20c3%b3n%20Costa%20en%20Nestl%20c3%a9%20Ecuador.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Juan Giner, G. (12 de 09 de 2019). *CANALES DE DISTRIBUCIÓN, ¿CUÁL ES EL ADECUADO PARA TU NEGOCIO?* Obtenido de <https://br.escueladenegociosydireccion.com/business/emprendedores/canales-de-distribucion-cual-es-el-adecuado-para-tu-negocio/>
- Kotler, P. (2006). *Marketing (Tercera ed.)*. México: Pearson Prentice Hall.
- Luna González, A. (2016). *Plan Estratégico de Negocios*. México: Grupo Editorial Patria .
- Medina Hoyos, G., Montalvo Montalvo, G. P., & Vásquez Coronado, M. H. (2017). *MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE UN SISTEMA DE GESTIÓN BASADO EN LEAN SIX*

- SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE PALLETS EN LA EMPRESA MADERERA NUEVO PERU S.A.C, 2017.* Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/863>
- Navarro Albert, E., & Gisbert Soler, V. (2017). *METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA. Empresa. Investigación y pensamiento crítico, 2- 3.*
- Obras Publicas. (03 de 2017). *PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES 2010-2020.* Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/proyeccion_cantonal_total_2010-202012016-v1.pdf
- Plan Nacional del Buen Vivir. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir.* Obtenido de https://quito.gob.ec/documents/rendicion_cuentas/AZCH/12ejesdelPNBV.pdf
- Porter, M. (2007). *Estrategia Competitiva.* Executive Education.
- Romero, O., Hidalgo, A., & Correa, H. (2017). *Plan de negocios. Un enfoque practico en el sector del comercio.* UTMACH.
- Secretaria tecnica planifica Ecuador . (Septiembre de 2017). *Plan nacional para el Buen vivir 2017 - 2021.* Obtenido de <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>
- SOLIS CHANG, K. J. (Abril de 2017). *Factores que determinan la satisfacción laboral y su relación con la productividad del trabajo: El caso de Unilever.* Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1791/1/SOLIS%20CHANG%20KEY%20KO%20JEMINA%20PAPER%20090517.pdf>
- Villón Revelo, C. A. (01 de 2019). *PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO MAYORISTA DE PRODUCTOS NO PERECIBLES, EN EL CANTÓN SANTA ELENA.* Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/01/creacion-centro-mayorista.html>
- Weinberger, K. (2009). *Plan de negocios. Herramienta para evaluar la viabilidad de un negocio.* Peru: Nathan Associates Inc.
- García Brunori, J. M. (2013). *Canales de distribución: distribución de productos de consumo masivo (Doctoral dissertation, Universidad Católica de Córdoba).*
- Pérez, D., & Pérez, I. (2006). *El precio. Tipos y estrategias de fijación.* EOI Marketing.

ANEXOS

ANEXO 1. MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA

MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA

Titulo/Propósito: Disminución del porcentaje de rechazo por problemas en el área de secado

Declaración del problema: Durante el transcurso del año pasado, la empresa ha recibido diferentes reclamos relacionados con la calidad de los productos que llegan a disposición del cliente final, generando así altos índices de rechazos en su gran mayoría por problemas de mal secado de madera. Con este indicador logramos medir por medio de la relación del rechazo de producto (m^3 devueltos / m^3 producidos). Actualmente estos problemas representan un 18,28% ($1160,01/6345,53$), alcanzando que los indicadores de calidad de la empresa aumenten de manera significativa, desmejorando así la percepción del cliente.

Objetivo: Disminuir el porcentaje de rechazo de pallets por los clientes.

Alcance: El proyecto se limita a la mejora del área de secado dándole solución a la causa raíz que generan desperdicios y altos costos de no calidad.

Equipo: nombrar el personal que intervienen

Recursos/ Áreas de trabajo en la empresa: Área de secado, área de armado y área de despacho.

Métricas Operacionales:

Porcentaje de rechazo de m^3 con problemas.

Número de m^3 producidos con alguna falla.

Métricas financieras: Costo de reprocesar un producto o una pieza por defecto en el área de secado.

Métricas Seis Sigma (DPO, DPU, DPMO y nivel sigma):

Actual:

DPU=0,54

DPO=0,12

DPMO=117204,18

NIVEL SIGMA= 2,76

Se espera llegar a un nivel sigma 4

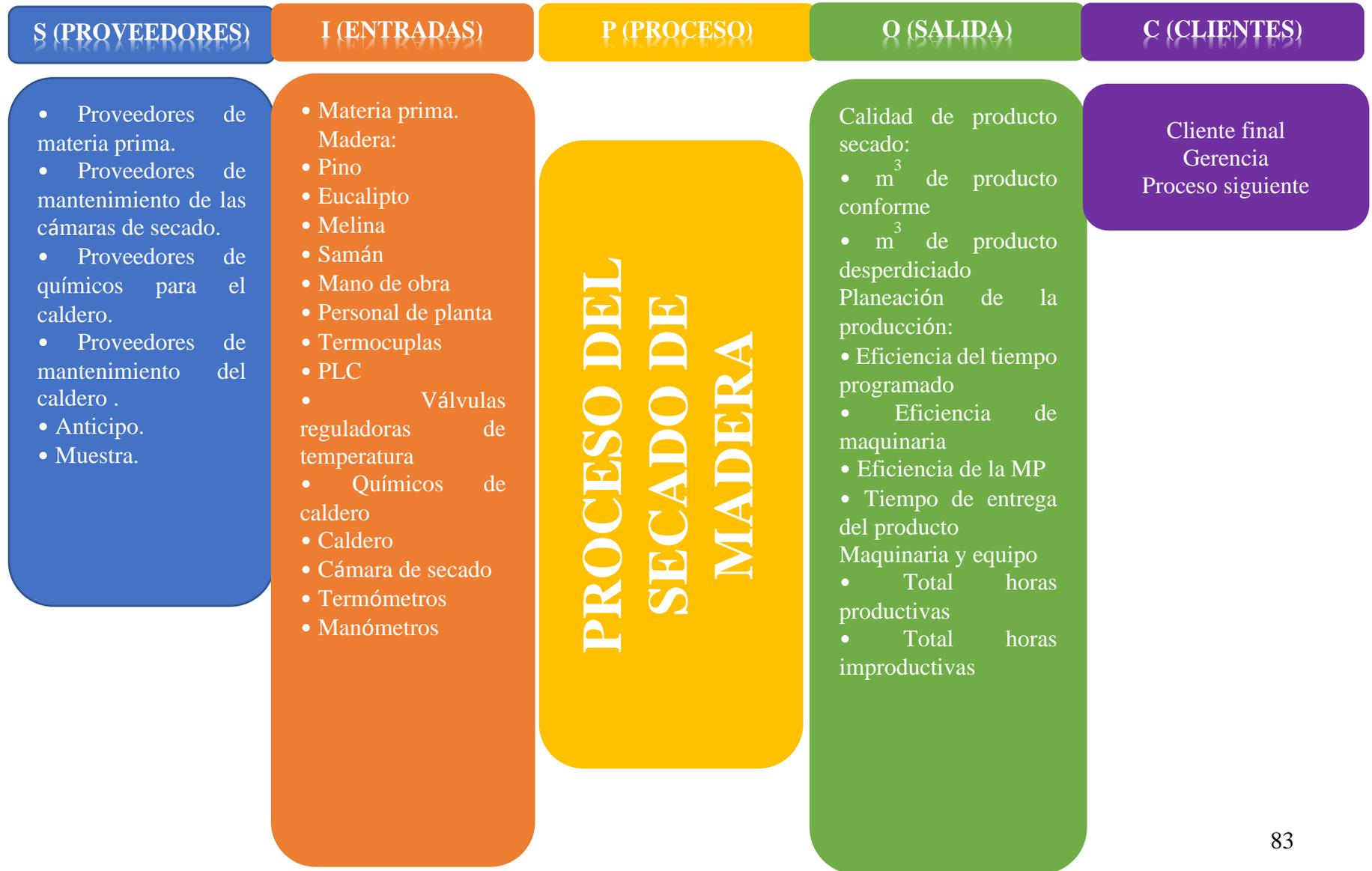
Fecha de Inicio del proyecto: lunes 4 de enero 2020.

Fuente: Los autores

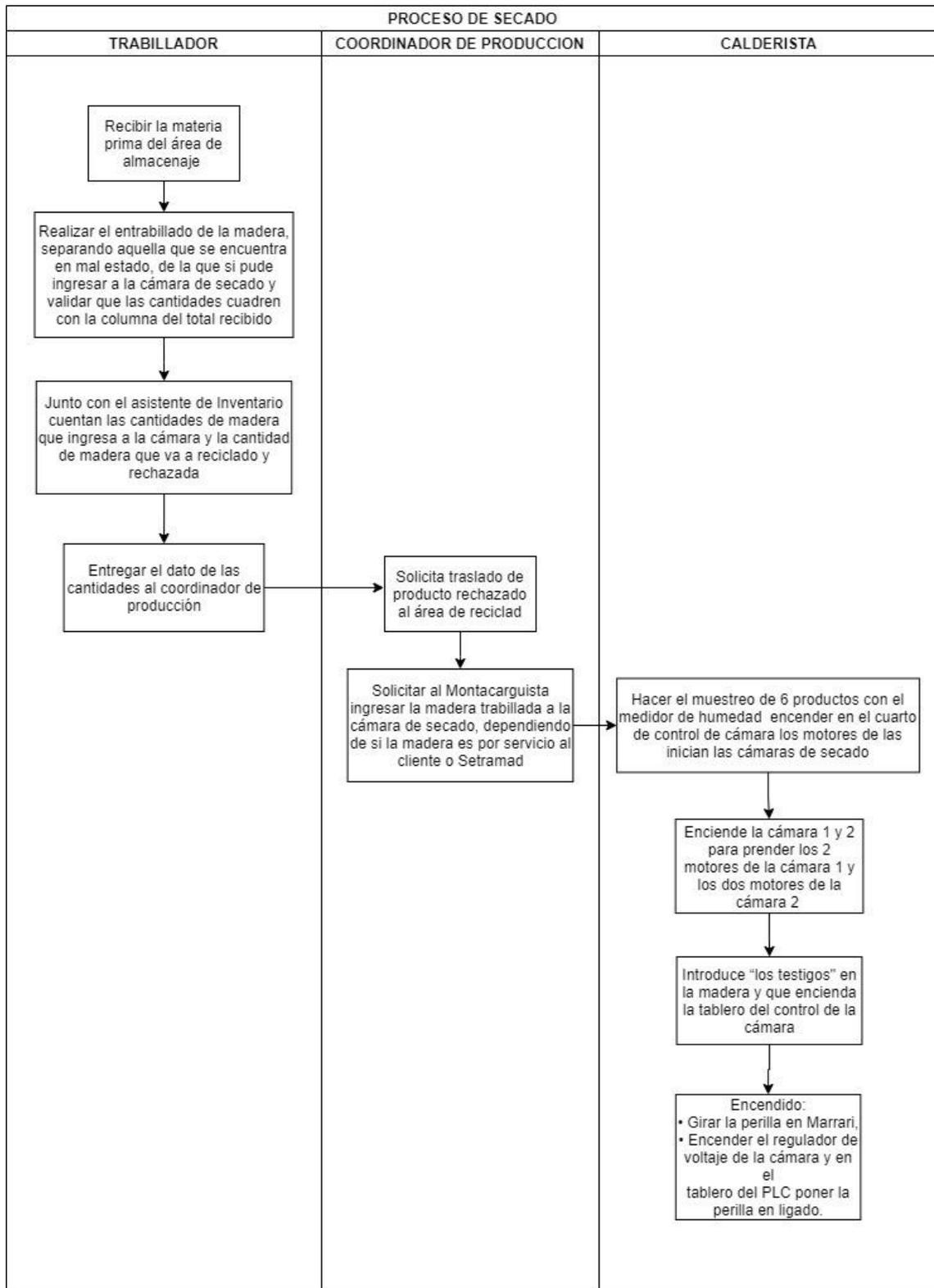
ANEXO 2: SELECCIÓN DE PROYECTO

		Folio:					
		Fecha emisión	15-jul-21				
		Fecha actualización:					
FASE 1:	MEDIR	FORMULARIO DE SELECCIÓN DE PROYECTO					
PROBLEMAS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						
	IMPACTO DEL CLIENTE	CONFIABILIDAD DE SISTEMA DE MEDICION	IMPACTO FINANCIERO	FACTIBILIDAD	IMPACTO EN LA MEJORA ESTRATEGICA	Total Item.	
Proceso de secado							
Proceso de producción							
Proceso de despacho							
Proceso comercial							
Realizado por:		Revisado por:		Autorizado por:			

ANEXO 3 : SIPOC



ANEXO 4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SECADO



ANEXO 5: CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE HUMEDAD



ANEXO 6: FORMATO DE CONTROL PARA MUESTRAS DE SECADO

				Fecha de Emisión:							
				Fecha de Actualización:							
PROGRAMA DE SECADO Nro. _____											
CAMARA # _____		FECHA DE INICIO: _____				HORA: _____					
	CLIENTE	CLASE	MEDIDAS CM			CANTIDAD	VOLUMEN M3	HUMEDAD INICIAL			
MADERA 1											
MADERA 2											
MADERA 3											
MADERA 4											
OBSERVACIONES:											
CONTROL DE SECADO											
FECHA	HORA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDADES (%)						% DE HUMEDAD	VTO. BNO. SUPERVISOR
		SECO	HUMEDO	M1	M2	M3	M4	M5	M6		
6/1/21	15:00	80	50	25	24	22	18	22	20	21,83	

ANEXO 7: FORMATO DE DEVOLUCIONES INTERNAS

 <small>Secado y tratado de madera</small>		FORMATO DE DEVOLUCIONES INTERNAS			
Proceso: Secado		Supervisor:		Fecha de emisión:	
N°	Producto	Piezas de mayor o menor longitud que la normal	Defectos en la superficie del producto	Presencia de hongos	Exceso de humedad
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

ANEXO 8: CAPACITACIÓN DE TRABILLADO

