



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

Facultad de Ingeniería y Negocios  
Escuela de Ingeniería Civil Industrial

DISMINUIR COSTOS POR MEDIO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RECORTE  
LATERAL DE ESCUADRADO

Autor:

Marcelo Rodriguez Diaz 13.597.540-0

2018



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**  
Facultad de Ingeniería y Negocios  
Escuela de Ingeniería Civil Industrial

**DISMINUIR COSTOS POR MEDIO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RECORTE  
LATERAL DE ESCUADRADO**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Civil Industrial

**Profesor Guía:** Cristian Eduardo Vergara Ocampo 10.022.802-5

**Autores:**

Marcelo Rodriguez Diaz 13.597.540-0

**2018**



## **AGRADECIMIENTOS**

Infinitamente agradecido de:

Mi Mama Sonia, mi Papa Kiko y mis Hijos Marcelito y Alejandrito.



Dedicado a todos los que dijeron que NO....

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto desarrolla un diagnóstico e implementación de propuestas de solución por medio de la metodología de análisis ACR Análisis de Causa Raíz utilizada por Arauco, ante problemáticas presentadas en las escuadradoras, del área de terminación, que pertenecen al proceso productivo de tableros de la Planta de Terciados de Nueva Aldea de Arauco S.A.

En los siguientes capítulos se describen los antecedentes generales y los pasos desarrollados para la realización del diagnóstico e implementación del proyecto, haciendo énfasis en las oportunidades detectadas y en los objetivos generales, en base a la metodología ACR, para buscar las soluciones a las causas raíces de los problemas, detectando las causas de los desperdicios o mudas que impiden la creación de valor en los distintos procesos evaluados, alineando distintas acciones y creando valor de acuerdo con la secuencia óptima del proceso productivo.

## **SUMMARY**

The following project develops a diagnosis and implementation of solution proposals based in analysis methodology ACR Analysis of Root Cause used in Arauco, before problems presented in Edgerimming area, which belong to the production process of Plywood Mill Terciados de Nueva Aldea from Arauco SA.

The following chapters describe the general background and the steps developed to carry out the diagnosis and implementation of the project, emphasizing the opportunities detected and the general objectives, everything is developed based on the ACR methodology, used by to find solutions to the root causes of the problems, detecting the causes of waste or mute that prevent the creation of value in the different processes evaluated, aligning different actions to create value according to the optimal sequence of the production process.

# ÍNDICE

	Página
<b>CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1.Introducción	06
1.2.Definición del problema	07
1.2.1. Mapa del proceso de fabricación de tableros	07
1.2.2. Proceso de Escuadrado	08
1.2.3. Principio de Operación de Escuadrado	09
1.3.Oportunidad	13
1.4.Justificación	14
1.5.Objetivos	15
1.5.1. Objetivos Generales	15
1.5.2. Objetivos Específicos	15
1.6.Delimitaciones y Limitaciones	16
1.6.1. Delimitaciones	16
1.6.2. Limitaciones	16
1.7.Estado del arte	17
1.8.Metodología	18
<b>CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ANÁLISIS DE PROCESOS</b>	
2.1. Descripción de la empresa	19
2.1.1. Estrategia de Sostenibilidad	19
2.1.2. Visión	21
2.1.3. Valores	21
2.1.4. Gobierno Corporativo	22
2.1.5. Negocios de Arauco	23
2.1.6. Desempeño Financiero	26
2.2. Planta Terciados Nueva Aldea	28
2.2.1 Ubicación de planta	28

2.2.2. Descripción general	28
2.2.3. Tablero contrachapado	29
2.2.4. Proceso de elaboración de Tablero contrachapado	31
2.2.5. Diagnóstico	43
<b>CAPITULO III: DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA</b>	
3.1 Alternativa de solución	45
3.2 Impacto de la solución	49
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	
4.1 Análisis económico actual de ensamblado	52
4.2 Análisis económico de la propuesta de solución	53
4.3 Viabilidad Económica	54
4.4 Resultados	55
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. N° 1.1 Muestra el flujo de proceso de fabricación de tableros.	07
Figura N° 1.2. Tablero Dimensionado y sus respectivos recortes laterales.	08
Figura N° 1.3. Componentes de escuadradora: 1 Alimentación, 2 unidad de escuadrado, 3 clasificación, 5 apilado, 5 Astillado.	09
Figura N° 1.4. Componentes de escuadradora: 1 Alimentación.	10
Figura N° 1.5. Componentes de escuadradora: unidad de escuadrado canto largo.	10
Figura N° 1.6. Componentes de escuadradora: unidad de escuadrado canto corto.	11
Figura N°1.7. Componentes de escuadradora: 3 clasificación de tableros.	11
Figura N° 1.8. Componentes de escuadradora: 4 apilado.	12
Figura N° 1.9. Componentes de escuadradora: 5 Astillado.	12
Figura N° 1.10. Recorte lateral escuadrado.	13
Figura 1.11. Izquierda recortes laterales, derecha Taco de recorte lateral escuadrado	13
Figura N°2.1 Muestra localización de Arauco en el mundo (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).	25
Figura N°2.2 Muestra Complejo CFI Nueva Aldea de Arauco.	28
Figura N°2.3 Muestra Distribución de chapas de un tablero contrachapado.	29
Figura N°2.4 Muestra proceso de fabricación del tablero contrachapados.	31
Figura N°2.5 Muestra área de Cancha de riego de PTNA.	32
Figura N°2.6 Muestra área de Macerado de PTNA.	33
Figura N°2.7 Muestra área de Debobinado Macerado de PTNA.	34
Figura N°2.8 Muestra un secador de chapas de PTNA.	35
Figura N°2.9 Muestra el proceso de ensamblado de chapas.	36
Figura N°2.10 Muestra el encolado de chapas.	37
Figura N°2.11 Muestra el área de prensa de PTNA.	38
Figura N°2.12 Muestra una reparadora automática.	39
Figura N°2.13 Muestra una escuadradora de tableros.	40
Figura N°2.14 Muestra los cabezales lijadores de tableros.	41

Figura N°2.15 Muestra vista lateral de la línea de empaque automática.	42
Figura N°2.16 Muestra VSM Chapas PTNA.	43
Figura N°2.17 Muestra VSM Tableros PTNA.	44
Figura N°3.1 Muestra diagrama de Ishikawa.	45
Figura N°3.2 Muestra zona propuesta a modificar en escuadradora.	49
Figura N°3.3 Muestra Reducción del recorte lateral	50
Figura N°3.4 Muestra detalle cómo se ensambla una chapa	51
Figura N°4.1 Muestra la evolución del rendimiento de ensamblado.	55
Figura N°4.2 Muestra el recorte lateral de escuadrado antes y después de las propuestas	55
Figura N°4.3 Muestra % Incidencia del defecto chapa corta angosta, en la desclasificación global de tableros.	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1.1 Desarrollos relevantes respecto de la industrial de los tableros contrachapados.	17
Tabla N°1.2 Metodología “ACR”.	18
Tabla N°2.1 Desempeño Financiero Arauco (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).	26
Tabla N°2.2 Valor económico generado y distribuido de Arauco (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).	27
Tabla N°2.3 Descripción de tableros contrachapados según su utilización.	30
Tabla N°3.1 Registro de Votos Causas Posibles.	46
Tabla N°3.2 Análisis 5xQ.	47
Tabla N°3.3 Causas Raíces y Contramedidas	48
Tabla N°3.4 Incremento potencial por ahorro de 40 mm por chapa	51
Tabla N°4.1 Indicadores actuales de ensamblado	52
Tabla N°4.2 Análisis Económico Propuesta Solución	53
Tabla N°4.3 Tabla Calculo Valor Actual Neto.	54

## **CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 Introducción**

Cumplir lo nuevos desafíos que se ha propuesto la compañía requieren de un trabajo comprometido, de excelencia orientado a la eficiencia y a ser cada día más competitivos. El adecuarse a los cambios, ser innovadores y la constante búsqueda de ser mejores, es la línea a seguir para abrir el espacio al mejoramiento de nuestros procesos. Esto ha permitido que las oportunidades en seguridad, medio ambiente, calidad, productividad y costos nazcan desde la fuente más valiosa con que cuenta la compañía, el conocimiento de los propios trabajadores, el cual es guiado por medio de un modelo de gestión de mejoramiento continuo generando la raíz para alcanzar las metas propuestas y contribuir al desempeño de la Compañía (Arauco, 2013).

Analizar y desarrollar oportunidades es una temática común para todas las personas y organizaciones. Como resolverlos, como afrontarlos y solucionarlos es nuestro desafío, para lo cual debemos desarrollar habilidades que nos permitan afrontarlas eficiente y eficazmente. Con este fin, este desarrollo buscara la oportunidad de mejorar los costos del proceso de escuadrado, por medio del modelo de gestión basado en el análisis ACR (Análisis de Causa Raíz) en el cual se utilizarán las herramientas de Ishikawa, 5 porqué, diagramas de Pareto y gráficas de control para comparar la información histórica y cuantificar el impacto en los costos.

## 1.2 Definición del problema

### 1.2.1. Mapa del proceso de fabricación de tableros

La Planta de Terciados de Nueva Aldea, tiene una capacidad de producción de 1050m<sup>3</sup> de tableros por día, siendo sus principales clientes USA y Europa.

Para satisfacer las necesidades de sus clientes, la planta posee siguiente proceso de fabricación de tableros Figura. N° 1.1.

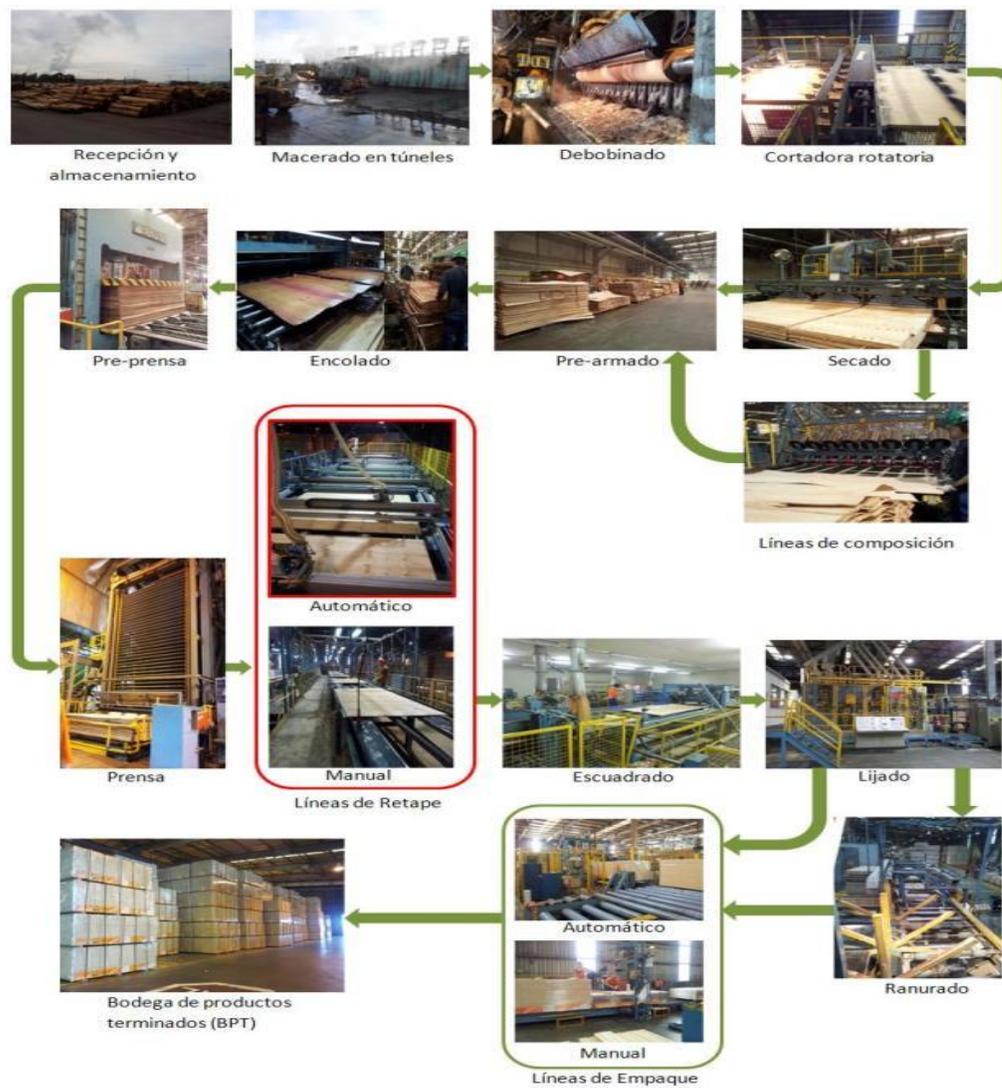


Figura. N° 1.1 Muestra el flujo de proceso de fabricación de tableros.

### 1.2.2. Proceso de Escuadrado

La línea de Escuadrado se compone de dos escuadradoras Globe Machine Manufacturing Co cuyo objetivo es dar el formato preestablecido a los tableros tanto en el largo como en el ancho, en los formatos y calidad requerida. Ver figura 1.2.



Figura N° 1.2. Tablero Dimensionado y sus respectivos recortes laterales.

### 1.2.3. Principio de Operación de Escuadrado

El principio de operación de escuadrado es el siguiente, figura N° 1.3.

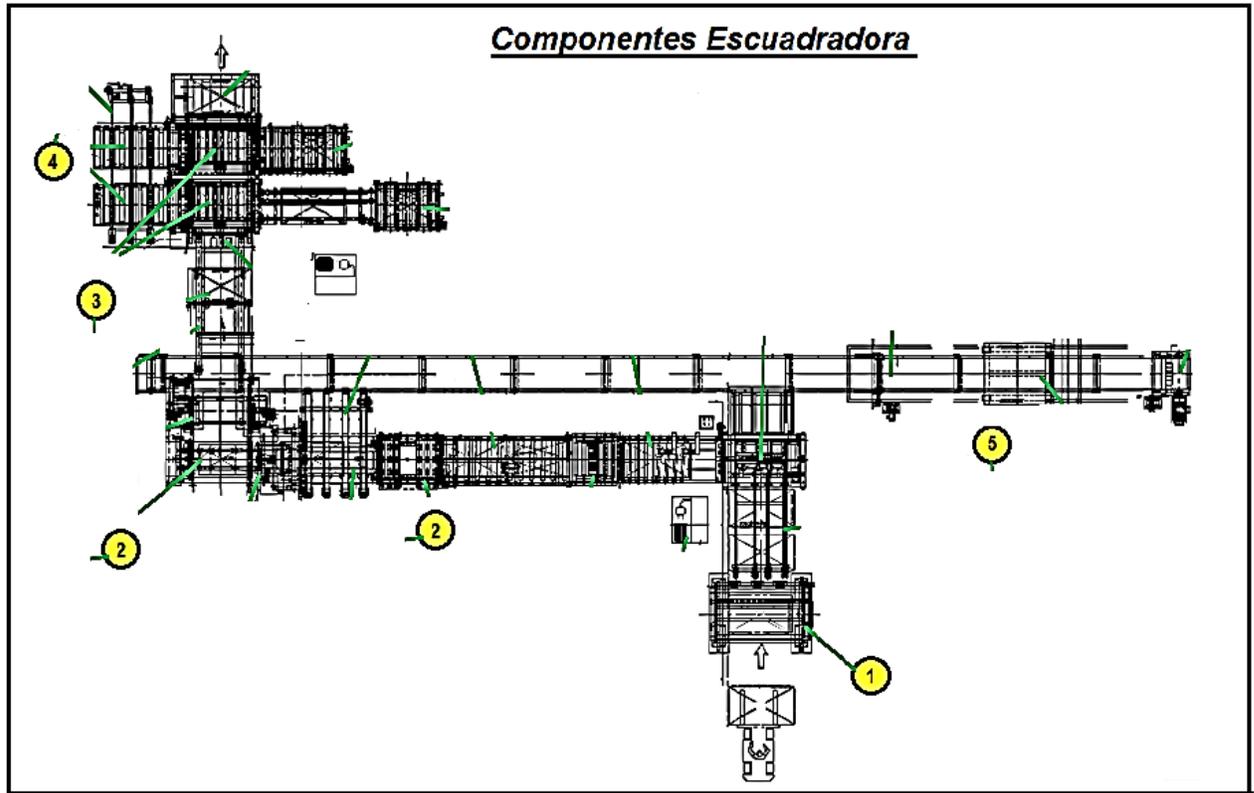


Figura N° 1.3. Componentes de escuadradora: 1 Alimentación, 2 unidad de escuadrado, 3 clasificación, 5 apilado, 5 Astillado.

Los lotes de tableros son transportados por medio de Grúa Horquilla desde el área de almacenamiento, hasta el volteador de lotes de alimentación de la escuadradora y posteriormente a las cadenas transportadoras. El sistema de alimentación de tableros se realiza de forma individual hacia los rodillos de alineación, el dispositivo permite además mantener una alimentación continua, sin pérdidas de tiempo en cada reposición de un nuevo lote a alimentar, figura. N° 1.4. El ritmo de alimentación de diseño alcanza hasta 25 tableros por minuto.



Figura N° 1.4. Componentes de escuadradora: 1 Alimentación.

El tablero es transportado por rodillos de alineación que los que lo guían hacia el lado del canto duro largo, para hacer ingreso hacia la unidad de corte N°1, donde es dimensionado longitudinalmente, figura N°1.5, determinando el ancho del tablero. El corte lo realizan 2 sierras circulares paralelas entre sí.



Figura N° 1.5. Componentes de escuadradora: unidad de escuadrado canto largo.

Luego el tablero llega a la estación de cruce, donde cambia de dirección en 90° y transportado hacia las sierras de la unidad de corte 2, donde es cortado exactamente en el largo figura N°1.6.



Figura N° 1.6. Componentes de escuadradora: unidad de escuadrado canto corto.

Posteriormente el tablero es impulsado hacia el transportador de cinta de clasificación, donde es levantado por el volteador de tableros, permitiendo al operador clasificador que pueda observarlo por todos sus lados y asignarle una calidad, para luego ser conducido al apilador de tableros que corresponda.



Figura N°1.7.Componentes de escuadradora: 3 clasificación de tableros.

Los tableros son transportados hacia los distintos apiladores de tableros, donde son ordenados y almacenados hasta completar la cantidad de piezas definidas por el operador y posteriormente son evacuados de forma automática hacia unidad de lijado, Figura N° 1.8.



Figura N° 1.8. Componentes de escuadradora: 4 apilado.

Los recortes generados por el corte de las sierras caen directamente al transportador de recortes, donde son conducidos hacia el astillador de la escuadradora, Figura N° 1.8.



Figura N° 1.9. Componentes de escuadradora: 5 Astillado.

### 1.3. Oportunidad

El residuo del dimensionado de los tableros, son recortes laterales de dimensiones que varían entre 75 y 90 mm de ancho, con un largo de 1.300 mm, con espesores de 6.5 a 21 mm según el mix de productos de planta Ver Figura N°1.10 Estos tienen un uso alternativo como materia prima para la confección de tacos.

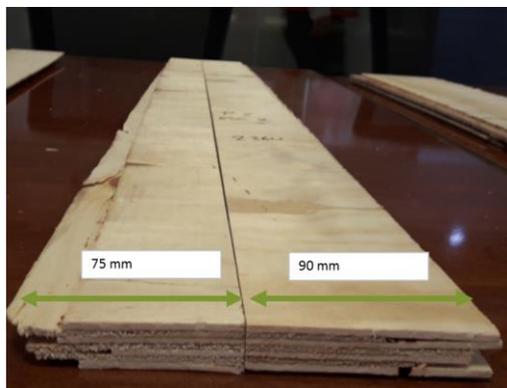


Figura N° 1.10. Recorte lateral escuadrado.

Los Recortes laterales son acumulados en la zona del astillado de las escuadradoras. Posteriormente despachados a la planta procesadora en la VII región, donde se recortan nuevamente y se unen con clavos para formar un taco de 70x70x1.300 Figura N°1.11, este proceso tiene un costo de confección de 50 USD/m<sup>3</sup>.



Figura 1.11. Izquierda recortes laterales, derecha Taco de recorte lateral escuadrado.

Por lo que es vital buscar la oportunidad de agregar valor a este material y aportar a disminuir los costos de planta.

#### **1.4. Justificación**

Continuamente las empresas buscan aumentar su margen, para esto la clave es disminuir los costos en las operaciones y evitar la generación de desperdicios, por lo que siempre buscan la “mejora continua”, concepto que nace el siglo XX y se basa en el ciclo de Deming.

La madera y el adhesivo son los insumos de mayor valor en la producción de tableros, es por esto que un factor clave para mantener y bajar los costos, es optimizar constantemente su utilización sin afectar la seguridad, el medio ambiente y la calidad.

Actualmente ancho del recorte lateral varía entre 75 y 90 mm, con un costo alternativo para fabricación de tacos de 50 USD/m<sup>3</sup>, actualmente la planta utiliza 500 m<sup>3</sup>/mes de tacos generando un costo mensual en tacos de 25.000 USD/mes, es por lo antes descrito que nace la oportunidad con el objetivo de aumentar el aprovechamiento de la materia prima e insumos.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivos Generales**

Desarrollar un diagnóstico técnico-económico y propuestas de soluciones en base a la metodología Análisis Causa Raíz “ACR” en función de búsqueda de oportunidades en la disminución de costos del área de escuadrado.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Diagnosticar los factores que agregan valor al recorte lateral de tableros

Elaborar propuestas de optimización para la utilización de la materia prima, insumos de adhesivo.

Analizar el consumo de materias primas e insumos actual versus la situación con las propuestas entregadas y compararlas.

Evaluar la viabilidad de posibles soluciones o implementaciones para la optimización de procesos desde la perspectiva financiera.

Incluir un diagrama de proceso para la situación actual y las propuestas de solución.

## **1.6. Delimitaciones y Limitaciones**

### **1.6.1. Delimitaciones**

Este desarrollo tiene como alcance identificar y solucionar las causas raíces que influyen en el costo de fabricación de tacos, por lo cual presenta las siguientes delimitaciones.

Se realizará en la planta de Terciados Nueva Aldea, ubicada en el complejo forestal industrial Nueva Aldea, Ránquil, Región del Biobío, Chile. Que se dedica a la producción de tableros contrachapados a partir de materia prima pino radiata.

Los tableros contrachapados están confeccionados con láminas de maderas llamadas chapas que se van armando una sobre otra y son unidas con adhesivo, por medio de presión y temperatura. Existen dos tipos de chapas, largas en formato 8x4 cuya dirección de la fibra es longitudinal y cortas en formato 4x8 cuya dirección de la fibra es transversal. Debido a la configuración del área de debobinado este desarrollo está delimitado a la oportunidad de disminuir el consumo de chapa corta, la cual se genera en los procesos de Ensamblado y Debobinado.

### **1.6.2. Limitaciones**

Siguiendo la línea de la compañía, se presentan las siguientes limitaciones.

Afectar negativamente la seguridad de las personas y el medio ambiente.

Disminuir la calidad final de los tableros.

Mermar la capacidad operativa de los equipos.

## 1.7. Estado del arte

Actual existen desarrollos relevantes respecto de la industrial de los tableros contrachapados, como el libro Plywood and Adhesive Technology y otros a nivel local ver Tabla N°1.1, los que serán la base de conocimientos para desarrollar esta oportunidad.

Tabla N°1.1 Desarrollos relevantes respecto de la industrial de los tableros contrachapados.

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Metodología</b>
1985	USA	Plywood and adhesive Technology	Terry Sellers Jr.	Descripción del proceso de fabricación de terciados
2012	España	Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa	Daniel T. Jones James P. Womack	Lean Manufacturing
2013	Chile	Manual de Excelencia Operacional 2.0	Arauco S.A.	Mejora Continua
2016	Concepción	Propuesta para aumento del rendimiento del área chapa en planta Terciado Nueva Aldea a través de la metodología Lean Six Sigma.	Katherine Ramos Gutiérrez	Lean Six Sigma
2018	Concepción	Estudio e implementación de mejora en el sistema de inyección de retape para maquinas PolyPatch 1 y 2 en la planta Nueva Aldea de ARAUCO S.A	Jedidias Correa Ramírez, Giuliano Peña Hernández	Mejora Continua
2007	Valdivia	Evaluación de programas de secado continuo en Chapas de Pinus radiata D. Don.	Rodolfo Kehr Schuster	Lean Six Sigma
2002	Chile	Planta de Terciados Itata	Paneles Araco	RCA
2016	Chile	Reporte de Sostenibilidad de Arauco	Arauco	Reporte Anual
2017	Chile	Reporte de Sostenibilidad de Arauco	Arauco	Reporte Anual

## 1.8. Metodología

Para desarrollar el diagnóstico e implementación de las soluciones se utilizará la metodología ACR, la cual consta de 8 pasos que apuntan a detectar las causa raíces que generan los problemas, generar soluciones y estandarizarlas, la cual se muestra en la Tabla N°1.2:

Tabla N°1.2 Metodología “ACR”.

Pasos y objetivo	Herramienta posible s utilizar
<b>Paso 1: Diagnosticar</b>	
Cuál es el problema?Cuál es el tamaño del problema? Qué datos tengo? Qué partes componen el problema? Cuánto quiero ahondar en el problema?	SIPOC, mapa de procesos, spaghetti MapPoint, recolección de datos, run chart, gráficos de barra, histograma, Pareto, gráfico de puntos
<b>Paso 2: Análisis de Causa Raíz</b>	
Clarificar la causa raíz. Considerar tantos factores de causas potenciales como sea posible.	Brainstorming, Entrevistas, Ishikawa, 5 por qué, análisis de regresión correlación, análisis de procesos, visitas a terreno, observaciones
<b>Paso 3: Definir contramedidas</b>	
Listar tantas contramedidas potenciales como sea posible. Identificar las que tengan directa relación con la causa raíz.	Brainstorming
<b>Paso 4: Evaluar Contramedidas</b>	
Evaluar económicamente las contramedidas más prácticas y efectivas	Flujo de caja, Diagrama de proceso

## **CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ANÁLISIS DE PROCESOS**

El siguiente capítulo tiene como objetivo describir la visión, misión, valores corporativos y reglas claves de la compañía Arauco S.A. Además de describir la materia prima y el proceso productivo de Terciado Nueva Aldea.

### **2.1. Descripción de la empresa**

#### **RENOVABLES PARA UNA VIDA MEJOR**

ARAUCO genera productos de calidad que inspiran a crear soluciones destinadas a mejorar la vida de millones de personas y, con cada producto que generamos, buscamos diferenciarnos a través de la innovación y la generación de valor agregado. Ofrecemos una amplia variedad de productos sustentables y de calidad, que dan un uso integral a nuestra materia prima, para la industria del papel, la construcción, el embalaje, la mueblería y la energía, estando presentes en el negocio forestal, celulosa, maderas, paneles y energía renovable.

Cuenta con cerca de 15 mil trabajadores, 1,7 millones de hectáreas de patrimonio forestal en Sudamérica y 55 plantas productivas en Chile, Argentina, Brasil, Uruguay, Estados Unidos y Canadá, además del 50% de Sonae Arauco con activos en España, Portugal, Alemania y Sudáfrica. Somos una compañía global y diversificada en la industria forestal, presente en el mundo con los más altos estándares: protección del bosque nativo; gestión responsable en sus operaciones; desarrollo de productos de la más alta calidad y con valor agregado; servicio de calidad a clientes; personas de excelencia guiados por una visión y valores comunes; y el compromiso de ser un agente activo en el desarrollo económico y social en donde operamos (Arauco, 2016).

#### **2.1.1. Estrategia de Sostenibilidad**

Arauco trabaja para consolidar una economía basada en recursos renovables y a partir de ellos desarrollar productos que mejoran la calidad de vida de millones de personas en el

mundo, a través de una gestión sustentable de nuestras operaciones y de crear el máximo valor a partir del patrimonio forestal.

Combinando ciencia, tecnología e innovación para desplegar todo el potencial de nuestras plantaciones.

Gestionando de manera responsable nuestras operaciones, mediante las mejores prácticas ambientales, velando por la seguridad y desarrollo de las personas que integran ARAUCO.

Desarrollando materiales y productos con estándares máximos y con foco en la calidad, para que sean siempre una alternativa superior para nuestros clientes.

Siendo un actor virtuoso en los entornos de los que formamos parte, para ser un agente activo en su desarrollo económico y social. (Arauco, 2017).

### 2.1.2. Visión

La visión de Arauco es *“Contribuir a mejorar la vida de las personas, desarrollando productos forestales para los desafíos de un mundo sostenible.*

*Producimos y gestionamos recursos forestales renovables.*

*Somos una empresa global que hace suyos los desafíos de estar presente en el mundo*

*Creamos productos que mejoran la vida de las personas.”*

### 2.1.3. Valores

Arauco ha definido a 5 pilares estratégicos que lo sostienen, los cuales son:

- **Seguridad siempre lo primero**

Ponemos la seguridad de las personas como prioridad en todas nuestras decisiones. Sólo de esta forma consideramos que un trabajo está bien hecho. Nuestra meta es tener cero accidentes

- **Compromiso trabajamos con pasión**

Asumimos desafíos y trabajamos con pasión y esfuerzo para cumplirlos. En ARAUCO somos gente esforzada y honesta, que cumple su palabra

- **Excelencia e Innovación queremos ser mejores**

Somos líderes en lo que emprendemos, porque desafiamos nuestras capacidades. Debemos ser exigentes con nuestras metas, eficientes e innovadores en la forma de conseguir las

- **Trabajo en equipo juntos somos más**

Respetamos a las personas, valoramos el aporte de cada uno y sabemos que al trabajar en equipo avanzamos más rápido y llegamos más alto. Reconocemos nuestras limitaciones y pedimos ayuda.

- **Buen Ciudadano respetamos el entorno y creamos valor**

Actuamos con una mirada de largo plazo. Nuestro trabajo aporta al bienestar social, respeta a nuestros vecinos y al medio ambiente.

#### **2.1.4. Gobierno Corporativo**

ARAUCO es una sociedad anónima cerrada que se rige, respecto de las obligaciones de información y publicidad, por las normas aplicables a las sociedades anónimas abiertas. Si bien sus inicios se remontan al 28 de octubre de 1970, fecha en que fue constituida por escritura pública otorgada ante el Notario Público de Santiago Ramón Valdivieso Sánchez, la sociedad Celulosa Arauco y Constitución S.A., tal como se conoce actualmente, nace en septiembre de 1979 a partir de la fusión de las compañías Celulosa Arauco S.A. y Celulosa Constitución S.A., ambas creadas por la Corporación de Fomento de la Producción, Corfo. Hasta la fecha, su razón social se mantiene como Celulosa Arauco y Constitución S.A. Hoy, el 99,98% de la propiedad de ARAUCO es de Empresas Copec S.A., holding cuyos principales intereses están en el rubro forestal, distribución de combustibles, pesca y minería. La misión del Directorio de Celulosa Arauco y Constitución S.A. es maximizar el valor de la empresa, de manera social, ambiental y económicamente responsable. El Directorio está compuesto por nueve directores, quienes se desempeñan por períodos de tres años reelegibles en sus funciones, y ninguno ocupa un cargo ejecutivo en la compañía. El Directorio se reúne periódicamente con el Vicepresidente Ejecutivo y el Gerente General, quienes rinden cuenta respecto de la administración de la empresa y los negocios de ARAUCO. De acuerdo con la Ley de Sociedades Anónimas, la empresa debe celebrar, como mínimo, una vez al año una Junta de Accionistas. El Directorio se reúne periódicamente con el Vicepresidente Ejecutivo y el Gerente General, quienes rinden cuenta respecto de la administración de la empresa y los negocios de ARAUCO. De acuerdo con la Ley de Sociedades Anónimas, la empresa debe celebrar, como mínimo, una vez al año una Junta de Accionistas. (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).

### **2.1.5. Negocios de Arauco**

Arauco está presente en toda la cadena de valor forestal por medio cuatro negocios, los cuales son:

#### **2.1.5.1. Negocio Forestal**

La actividad forestal es la base de todas las unidades de negocio de ARAUCO en Latinoamérica. El patrimonio forestal de ARAUCO en Chile, Argentina, Brasil y Uruguay consta de 1.7 millones de hectáreas el cual se gestiona bajo prácticas de Manejo Forestal Responsable y se destina, principalmente, a satisfacer las necesidades industriales propias.

El año 2017 se cosecharon 24.6 Mm<sup>3</sup> de rollizos, se adquirieron a terceros 6.9 Mm<sup>3</sup> de rollizos, astillas y material combustible, se destinaron a producción propia 31.5 Mm<sup>3</sup> y 3 Mm<sup>3</sup> vendidos a terceros además se plantaron 72.300 Hectáreas de bosque.

#### **2.1.5.2. Negocio Celulosa**

El Negocio Celulosa es el que aporta un mayor peso específico al Ebitda de la compañía, sus ventas fueron de US\$ 2.451 millones el 2017. La celulosa es la materia prima básica para la fabricación de diversos tipos de papeles de impresión y escritura, papel tissue, material para embalaje, filtros y productos de fibrocemento, pañales y productos de higiene femenina, entre otros. Consta de 7 plantas distribuidas en Chile, Argentina y Uruguay (joint venture entre ARAUCO y Stora Enso ), con 3.7 MTon de celulosa blanqueada y sin blanquear de fibra larga, celulosa blanqueada de fibra corta de eucalipto y celulosa Fluff producidas, cuyos productos son comercializados principalmente en Asia y Europa.

#### **2.1.5.3. Negocio Maderas**

El Negocio Maderas es uno de los principales productores de maderas a nivel mundial, elaborando una amplia variedad de productos de madera aserrada, terciados, paneles de fibra y partículas, madera remanufacturada y molduras con distintos grados de terminación, apariencia y procesos de valor agregado, para la arquitectura, diseño, construcción, embalaje y remodelación, con una capacidad de producción de 12,4 millones de m<sup>3</sup>. Los tableros MDF, MDP, HB y Terciados están orientados a la industria de la mueblería y construcción, reconocidos por su variada gama, disponibilidad y calidad. La madera de ARAUCO, por otra parte, ofrece soluciones de calidad y resistencia para la industria de la construcción,

mueblería y embalaje. Finalmente, las molduras ARAUCO, representadas por la marca Truchoice, están presentes como un elemento decorativo y de terminación en hogares y diversos espacios.

Posee 18 plantas de Paneles, 8 Aserraderos que incluyen 5 plantas de remanufactura, 3 plantas químicas, generando un volumen de ventas por US\$2.625 millones en el 2017, las cuales están concentradas principalmente en USA, Brasil, Europa y Asia.

#### **2.1.5.4. Negocio Energía**

ARAUCO, en línea con su compromiso de altos estándares medioambientales, se fijó hace más de dos décadas el desafío de producir energía limpia y renovable a partir de biomasa forestal, que surge de ciclos virtuosos con la naturaleza. De esta forma, y teniendo en consideración lo establecido en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, la compañía ha venido invirtiendo en capacidad de generación adicional, por sobre la práctica usual de la industria. De esta manera, la compañía se autoabastece de energía eléctrica y participa aportando los excedentes de sus plantas industriales a la matriz energética de los países en que opera. Posee 8 plantas industriales y dos unidades de respaldo en Chile, 2 plantas de generación en Argentina, 1 planta en Uruguay. Actualmente es uno de los principales generadores de Energía Renovable No Convencional (ERNC) en Chile con capacidad instalada de 606 MW y una capacidad de 209 MW para ser aportados al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), en Argentina una capacidad instalada de 78 MW y en Uruguay capacidad instalada de 82 MW.

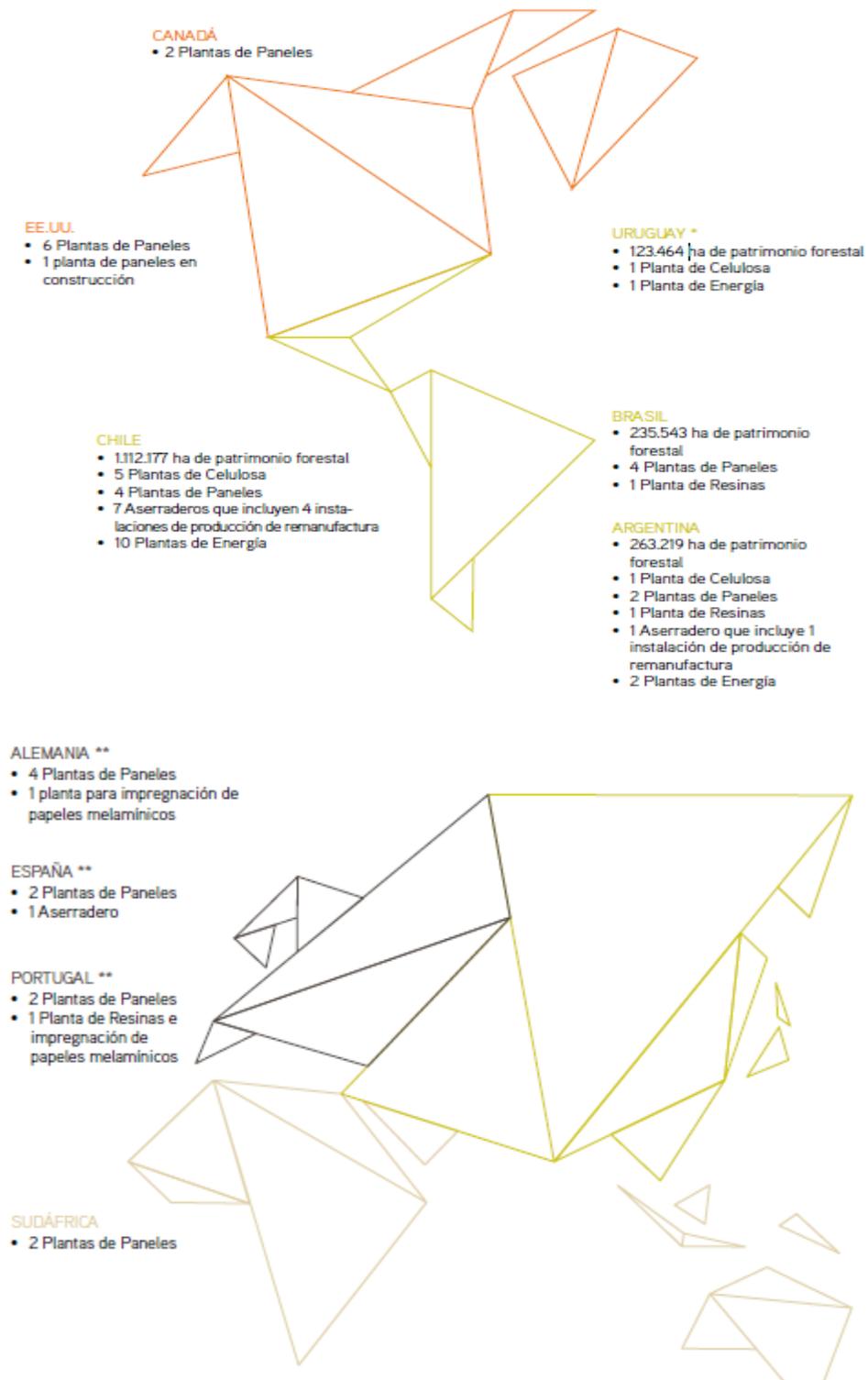


Figura N°2.1 Muestra localización de Arauco en el mundo (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).

### 2.1.6. Desempeño Financiero

En 2017, las utilidades de la compañía fueron US\$ 270 millones, un 24% mayor a lo registrado el año 2016. Esto se debe principalmente a un mejor desempeño económico debido a crecimiento en los mercados de China, Estados Unidos, Europa y de las economías más emergentes, lo que ha aumentado la demanda por productos de ARAUCO.

El EBITDA fue de US1.366 millones, mayor a lo registrado en 2016 Durante el año 2017, ARAUCO suscribió un crédito por US\$ 300 millones a un plazo de 7 años para la construcción de la planta de paneles en Grayling, Estados Unidos. Adicionalmente, realizó dos emisiones de bonos en el mercado de Estados Unidos por US\$ 900 millones, cuyos fondos fueron utilizados principalmente para la recompra parcial de 3 bonos vigentes, por un monto total de US\$ 741 millones y el saldo restante de las emisiones fue para otros usos Corporativos.

Tabla N°2.1 Desempeño Financiero Arauco (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).

#### INDICADORES FINANCIEROS (en millones de US\$)

	2015	2106	2017
Ventas	5.147	4.761	5.238
EBITDA	1.282	1.052	1.366
Margen EBITDA	24,9%	22,1%	26,1%
Utilidad Neta	368	218	270
Deuda Financiera	4.305	4.481	4.274
Deuda Financiera Neta	3.805	3.889	3.687
Costos Financieros	263	258	288
Inversiones	468	665	654
Deuda Neta/EBITDA	2,97	3,70	2,70
EBITDA/Intereses	4,88	4,07	4,75

Tabla N°2.2 Valor económico generado y distribuido de Arauco (Reporte sostenibilidad de Arauco 2017).

**VALOR ECONÓMICO GENERADO Y DISTRIBUIDO A DICIEMBRE DE 2017**  
(en millones de US\$)

	2015	2016	2017
Ingresos totales			
Ventas netas	5.147	4.761	5.238
Ingresos por inversiones financieras	50	30	20
Ingresos por ventas de activos físicos e intangibles	6	19	9
Valor económico generado	5.203	4.810	5.267
Costo operacional/ costo de producción *	2.831	2.791	2.842
Pago de proveedores de capital	1.355	1.034	1.787
Salarios y beneficios	538	533	563
Impuestos **	130	46	-31
Inversiones en la comunidad ***	11	10	13
Valor económico distribuido	4.865	4.415	5.174
Valor económico retenido	338	396	93

\*Corresponde a los costos de venta neto de depreciación y salarios.

\*\* Considera los gastos por impuestos a las ganancias.

\*\*\*Considera donaciones; aportes y becas.

## **2.2. Planta Terciados Nueva Aldea**

### **2.2.1 Ubicación de planta**

La Planta de Terciados Nueva Aldea se ubica en el Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea. Comuna de Ranquil, km 21 de la autopista del Itata, provincia de Ñuble VIII Región del Bio-Bio, Chile.



Figura N°2.2 Muestra Complejo CFI Nueva Aldea de Arauco.

### **2.2.2. Descripción general**

La Planta de Terciados de Nueva Aldea (PTNA) es una de las dos plantas de tableros de contrachapados que posee en Negocio Maderas de Arauco con una capacidad total de 350.000 m<sup>3</sup> de tablero al año fabricado en base a Pino Radiata y resina fenólica, producido bajo estándares internacionales de calidad CERTFOR/PEFC, FSC ®, ISO 14001 y OHSAS 18001.

### 2.2.3. Tablero contrachapado

El tablero contrachapado utiliza como materia prima chapas secas, las cuales son superpuestas de modo que sus fibras formen un ángulo recto y unidas con adhesivo fenólico, el cual fragua mediante la aplicación de presión y temperatura, creando un tablero de alta resistencia con un excelente acabado superficial.

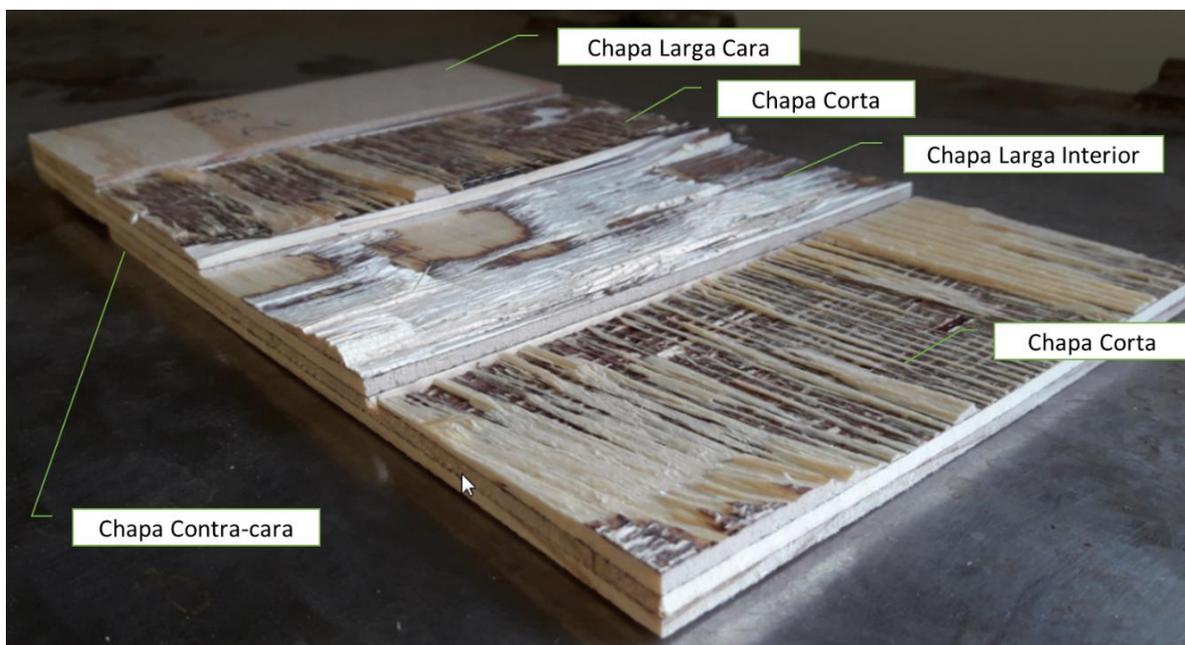


Figura N°2.3 Muestra Distribución de chapas de un tablero contrachapado.

El producto final del proceso corresponde a tableros de madera contrachapada de pino radiata de caras libres de uniones, fácil de trabajar con herramientas comunes, apto para revestir, teñir, barnizar o pintar, de gran estabilidad dimensional y alta resistencia mecánica a la flexión, tracción y compresión y adecuado nivel de rigidez.

Los tableros contarán con certificación de agencias reconocidas y cumplen con las exigencias de la Norma norteamericana PS1-95, JAS Europea EN 314.

La Planta de Terciados de Nueva Aldea comercializa sus productos bajo la marca AraucoPly los cuales poseen distintas calidades y espesores de acuerdo con sus usos Mueblería, Revestimiento, Moldaje y Estructural.

Tabla N°2.3 Descripción de tableros contrachapados según su utilización.

Producto	descripción	Fotografía Referencial
Master mueblería	<p>100% madera de Pino Radiata.                      2 caras limpias, grado An sin parches ni reparaciones sintéticas.                      Excelente construcción interior con adhesivo fenolformaldehído que garantiza alta durabilidad y resistencia a la humedad.                      Contenido de humedad 8%.                      Cantos sin pintar.                      Ideal para barnizar.</p>	
Revestimiento natural	<p>100% Madera de Pino Radiata.                      Cara de excelente apariencia con ranuras longitudinales, disponible en tres diferentes diseños.                      Tablero con machihembrado en sus costados que facilita su instalación.                      Cara principal de apariencia, grado B Deco y trascara grado C                      Excelente construcción interior con adhesivo fenolformaldehído que garantiza alta durabilidad y resistencia a la humedad.                      Contenido de humedad de 8%.                      Cantos sin pintar.                      Versatilidad para acabados naturales, pintados o barnizados.</p>	
Moldaje	<p>100% madera de Pino Radiata.                      Cara principal de apariencia, grado B y trascara grado C.                      Adhesivo fenolformaldehído que garantiza alta durabilidad y resistencia a la humedad.                      Contenido de humedad de 8%.                      Cantos sin pintar.</p>	
Estructural	<p>Caras sin lijar.                      Adhesivo fenolformaldehído que garantiza alta durabilidad y resistencia a la humedad.                      Contenido de humedad: 8%.                      Cantos de color azul.</p>	

## 2.2.4. Proceso de elaboración de Tablero contrachapado

El proceso de confección de tablero consta de 10 procesos clave, los cuales se detallan a continuación:



Figura N°2.4 Muestra proceso de fabricación del tablero contrachapados.

#### **2.2.4.1. Recepción y almacenamiento**

La función en la etapa de recepción y almacenamiento es verificar que la calidad de la madera, Pino Radiata, recibida corresponde a la señalada, revisar los volúmenes recibidos y ordenarlos de acuerdo con el tipo de diámetro, largo u otro factor que permita su diferenciación.

Los trozos recepcionados llegan descortezados y trozados desde la Planta de Trozados Nueva Aldea o de terceros en un largo final de 2,6, para luego pasar a un almacenamiento intermedio a la espera de ser transportados a los túneles de macerado.

La madera descortezada se maneja bajo riego para acondicionarla para el macerado y para mantener su humedad con el objeto de evitar la proliferación de hongos.

El patio de madera tiene una capacidad para un mínimo de 4 días de producción. Los trozos se manejan en bloques ordenados en base a dos criterios básicos: largo y tipo (podado o regular).



Figura N°2.5 Muestra área de Cancha de riego de PTNA.

#### 2.2.4.2. Macerado

Los trozos descortezados son introducidos en túneles de macerado con el objeto de lograr su ablandamiento y plasticidad mediante la saturación con agua. En los túneles, los trozos son sometidos a una ducha de agua caliente (80°C) y una solución de soda cáustica al 0,085% para lograr un pH cercano a neutro (7,5 a 8,0), por un lapso de 16 horas como mínimo.

Los túneles de macerado corresponden a bóvedas de concreto cerradas con una compuerta metálica. El sistema de macerado con agua caliente está constituido por un intercambiador de calor, aspersores, y un eficiente sistema de recirculación que permite recuperar el agua no absorbida por los trozos. El agua se calienta en un intercambiador de calor utilizando el calor remanente del condensado que Planta Terciado envía como retorno a la Caldera de poder del Complejo Forestal e Industrial Nueva Aldea (CFINA), proyecto que cuenta con RCA favorable N°076/05, de COREMA VIII Región.

Desde los túneles de macerado los trozos son conducido, mediante cargadores frontales, hacia los tornos debobinadores.



Figura N°2.6 Muestra área de Macerado de PTNA.

### 2.2.4.3. Debobinado

Los trozos provenientes de la etapa de macerado y con una temperatura interna de 40°C ingresan al área. La línea de Debobinado consta de dos Tornos de 8 pies, su función es producir chapa en los formatos y calidad requerida por el proceso, para lo cual utiliza la tecnología de Smart Peel Raute. El proceso inicial del Debobinado, que es la limpieza o eliminación de la zona exterior del trozo, enviando los desechos generados en esta etapa al astillado y posteriormente a un silo de almacenamiento para su posterior venta como astillas pulpables.

Cuando el torno debobinador comienza a generar una chapa uniforme, se desvía la chapa hacia una cinta distribuidora y posteriormente hacia un transportador de bandejas. Además de los desechos de redondeo, en esta etapa del proceso se genera otro subproducto comercial que corresponde a la parte central del trozo o polín (trozo cilíndrico de aproximadamente 8 cm de diámetro y 2,6m de largo).

En una cortadora rotatoria se eliminan los defectos que aparecen en el “pañó” debobinado generándose chapas dimensionadas según los formatos requeridos: chapas enteras y pedazos de chapas aprovechables (randoms). 2978-0000-MA-RP-1-0 enero, 2006.

Las chapas enteras son apiladas automáticamente y los randoms en forma manual, clasificándose en tres categorías dependiendo de su contenido de húmeda. Una vez completado un paquete de chapas, éste es trasladado mediante grúas horquilla hacia el área de almacenamiento de chapas verdes, donde es debidamente identificado por humedad, espesor, ancho, largo, calidad y fecha de producción.



Figura N°2.7 Muestra área de Debobinado Macerado de PTNA.

#### **2.2.4.4. Secado**

La función del área es secar la madera proveniente de los tornos. Este proceso se lleva a cabo eliminando el exceso de agua presente en la madera a fin de proveer chapas con un contenido de humedad lo más homogéneo posible que fluctúe entre CH% de 6 a un 10%.

El secador alimenta 4 pilas de chapas verde provenientes de los tornos, una vez estando estas en las mesas de alimentación son succionadas y eyectadas a cada uno de los 6 niveles del secador, luego estas entran a la cámara de secado mediante un sistema de rodillos los cuales transportan las chapas, y cajas chorros encargadas de distribuir la temperatura sobre las chapas para un secado homogéneo, el producto final son chapas con temperaturas entre los 30° - 45°.

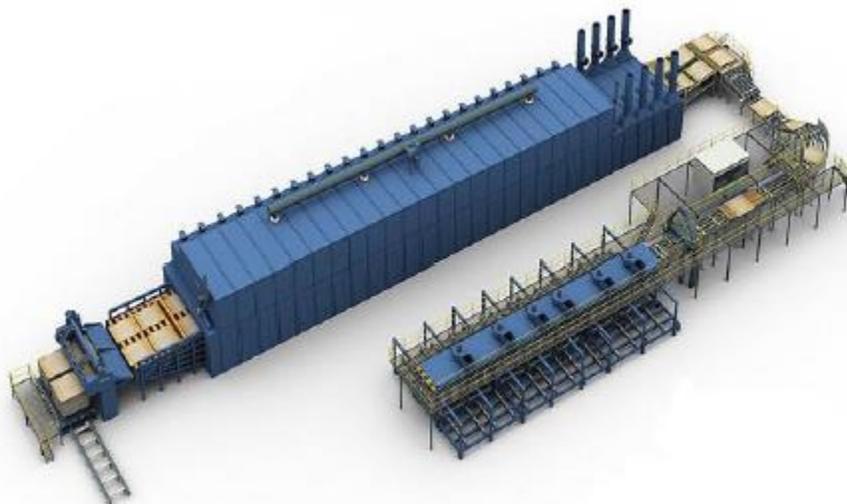


Figura N°2.8 Muestra un secador de chapas de PTNA.

#### **2.2.4.5. Ensamblado**

La función principal de este equipo es recuperar y producir chapa corta que tiene como característica principal que el sentido de la fibra es perpendicular al largo del tablero como producto final.

La materia prima utilizada es chapa con un largo predeterminado de ancho menor al estándar y superior a 150 mm (Randon) obtenida del proceso de debobinado y secado, también se recupera el rechazo de encolado logrando con esto mejorar el rendimiento volumétrico de la planta, también se utiliza chapas enteras con defectos (hoyos, grietas, rajaduras, bolsas de

resina, restos de corteza también llamada Composer) los cuales son detectados por una cámara que trabaja en conjunto con una barra foto emisora y eliminados por dos pares de cuchillos (cizalla de defecto).

Posteriormente los trozos de chapa sin defectos son unidos con diez puntos de cola y ocho hilos termo fundentes formando un paño continuo para ser dimensionada por una guillotina (cizalla de hoja), en tamaños de 8X8 pies y una sierra circular generando una chapa corta de 4X8 pies.

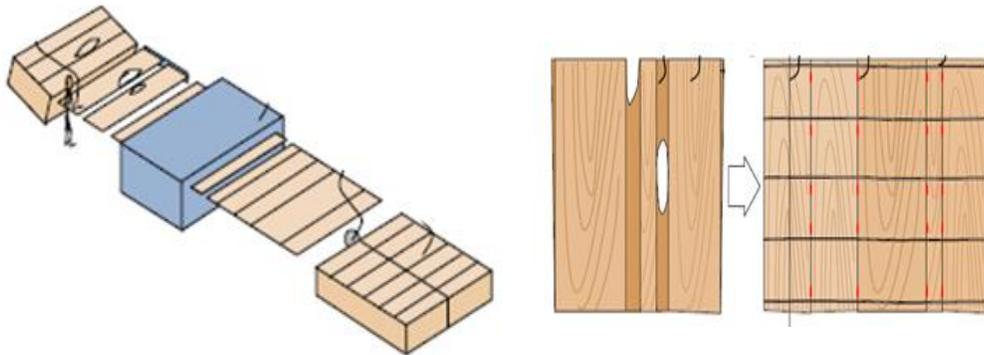


Figura N°2.9 Muestra el proceso de ensamblado de chapas.

#### **2.2.4.5. Encolado**

En el área de encolado es donde se consolidan los tableros en forma contrachapados, ya que es aquí donde se conforman de acuerdo con la calidad y espesores requeridos.

El equipo recibe la materia prima (chapas) desde las canchas de acopio después de los secadores, las cuales deben tener a lo menos 24 horas de reposo. Esta chapa puede venir en los diferentes grados de calidad o Composer y en dos dimensiones o escuadrías 8"x4" y 4"x8". Este material para procesarlo debe ser clasificado y no presentar defectos o falta de chapa. Luego se procede a encolar las chapas, para lograr este proceso todas las chapas deben pasar a través de la línea de encolado, por la zona del cabezal de Extrusión el cual aplicara el adhesivo exceptuando la chapa cara. Luego las chapas encoladas llegaran a la zona de armado de forma contrachapada, agregándose la chapa cara, conformando el tablero de acuerdo con la calidad requerida y tantas chapas sean necesarias para formar los diferentes espesores.



Figura N°2.10 Muestra el encolado de chapas.

#### 2.2.4.6. Prensa

La función del área es recibir tableros ya encolados desde las encoladoras, los cuales son ingresados a las prensas de platos calientes que son las encargadas de realizar el fraguado del adhesivo y de esta forma obtener un tablero consolidado, de alta resistencia mecánica y por ende de mucha ductilidad según las especificaciones de los clientes.

Una vez prensados los tableros son evacuados, humectados, apilados, y posteriormente derivados a las reparadoras automáticas, manuales, o en su defecto a las canchas de acopio para su debido reposo.



Figura N°2.11 Muestra el área de prensa de PTNA.

### 2.2.4.7. Reparado

La función del área de es aumentar la calidad superficial de los tableros, corrigiendo los defectos con pasta retape látex o pasta retape de poliuretano líquido. Los tableros son recepcionados desde las prensas y luego del proceso de retape son enviados hacia la escuadradora. Dentro del Área existen dos líneas de retape automático y una línea manual. En la línea de reparación automática, la entrega de tableros desde prensas es a través de carros traviesa, los cuales los depositan en la sección de alimentación. A continuación los tableros son escaneado, en toda el área de la cara superficial, uno por uno, por un escáner VDA que es capaz de detectar; largo, ancho, profundidad y color de todos los defectos encontrados, luego esta información es entregada a un PLC, el cual envía todas las acciones a realizar a seis brazos robóticos especializados, para corregir todos los defectos encontrados y por último estos tableros son enviados a la sección de evacuación y apilado, para ser retirados por una grúa horquilla y ser alimentado al siguiente proceso que corresponde que es escuadrado. Además, aquellos tableros que no cumplan con los requerimientos para ser reparados en esta línea son enviados a una mesa de recuperación para que la grúa horquilla los retire y lleve a línea de reparación manual para que terminen su proceso de reparación.

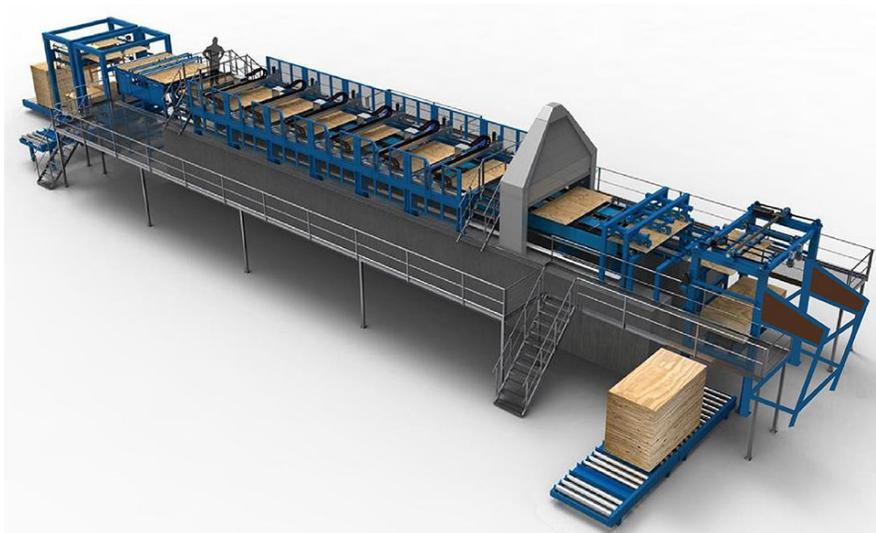


Figura N°2.12 Muestra una reparadora automática.

#### 2.2.4.8. Escuadrado

En esta sección, los tableros provenientes del área de reparado son dimensionados, primero en su ancho y posteriormente en su largo. Los bordes cortados son transportados por correa hasta un astillador, luego del cual las astillas resultantes son trasladadas a la Planta de Energía para su uso como combustible en la caldera de poder.

El tablero dimensionado es conducido por correas transportadoras a través del detector de soplado, equipo que escanea los defectos de pegado de los tableros. Una vez que los tableros son escaneados, llegan a la estación de cruce, donde aquellos tableros soplados se destinan al apilador de rechazo. El resto de los tableros son almacenados en estaciones de apilado para su posterior conducción a la etapa de lijado.



Figura N°2.13 Muestra una escuadradora de tableros.

#### 2.2.4.9. Lijado

El área de Lijado es un equipo totalmente automatizado desde su alimentación hasta la evacuación, su finalidad es dar un buen acabado superficial a los tableros que recibe desde la línea de Escuadrado, esto se logra por medio de tres unidades de Lijado, la primera llamada Combi realiza el trabajo de calibrado y para ello tiene 2 Rodillos de contacto superiores y dos inferiores ,la segunda es la Unidad Rp también es empleada como calibradora posee un Rodillo de contacto superior y uno inferior adicionalmente cuentan cada uno con un Sistema de patín que mejora la calidad del lijado, por ultimo esta la Unidad Top que tiene Rodillos de contacto superiores provistos también con patín, esta unidad determina el pulido y la apariencia final de cada tablero ,luego los tableros lijados pasan por el transportador de clasificación en donde el operador determina visualmente la calidad a la que corresponde cada uno de los tableros según criterio definido, una vez clasificados se apilan los lotes en los stackers de clasificación con cada una de las calidades ya definidas y son enviados automáticamente a la Línea de Empaque.

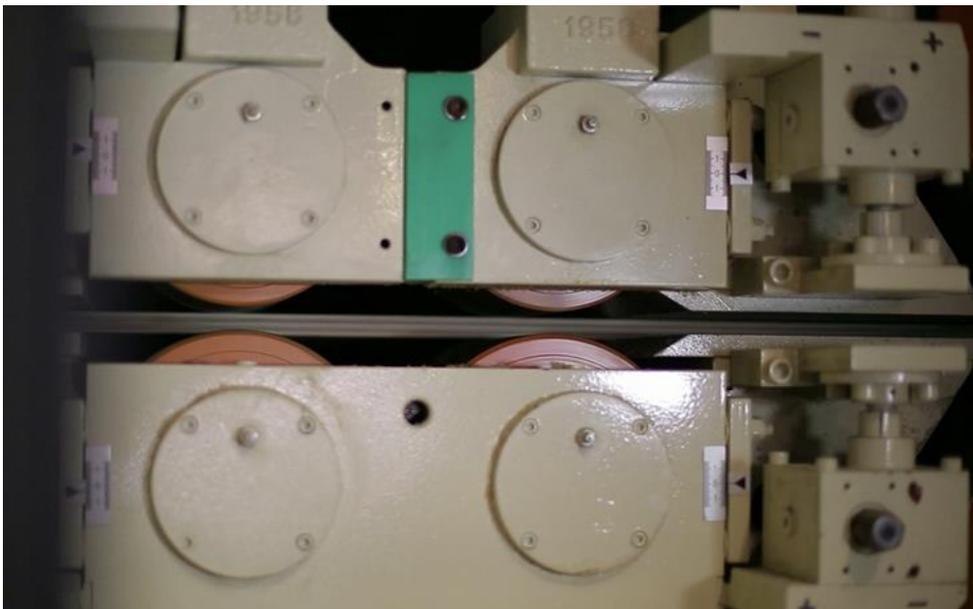


Figura N°2.14 Muestra los cabezales lijadores de tableros.

#### 2.2.4.10. Empaque

La función del área es procesar lotes provenientes del área de lijado, o clasificado, para agregarle componentes que protegerán el producto y facilitaran su traslado, este proceso se divide en tres partes:

- Preparación de lotes: Se le agregan al lote componentes como por ejemplo etiquetas comerciales, esquineros de cartón y otros componentes según el criterio de embalaje.
- Embaladora Cros Wrap: Se recubre el lote con una película uniforme de stretch film para protegerlo de los efectos del clima y factores externos.
- Enzunchadora Itipack: Aquí se colocan al lote zunchos que pueden ser metálicos o plásticos según corresponda, además de tacos en la parte inferior o lateral para facilitar su traslado y envío a Bodega de Productos Terminados BPT.



Figura N°2.15 Muestra vista lateral de la línea de empaque automática.

## 2.2.5 Diagnóstico

Para el desarrollo del Diagnóstico y buscar las oportunidades de mejoras en los procesos se desarrolló un VSM Value Stream Mapping, Figura N°2.15 Y 2.16, para detallar y entender la el flujo del proceso, información técnica y producción, requerimientos de materiales, con esta técnica se busca identificar los principales desperdicios de las actividades que no agregan valor al proceso y generar una base para comenzar el proceso de mejora y gestión de oportunidades.

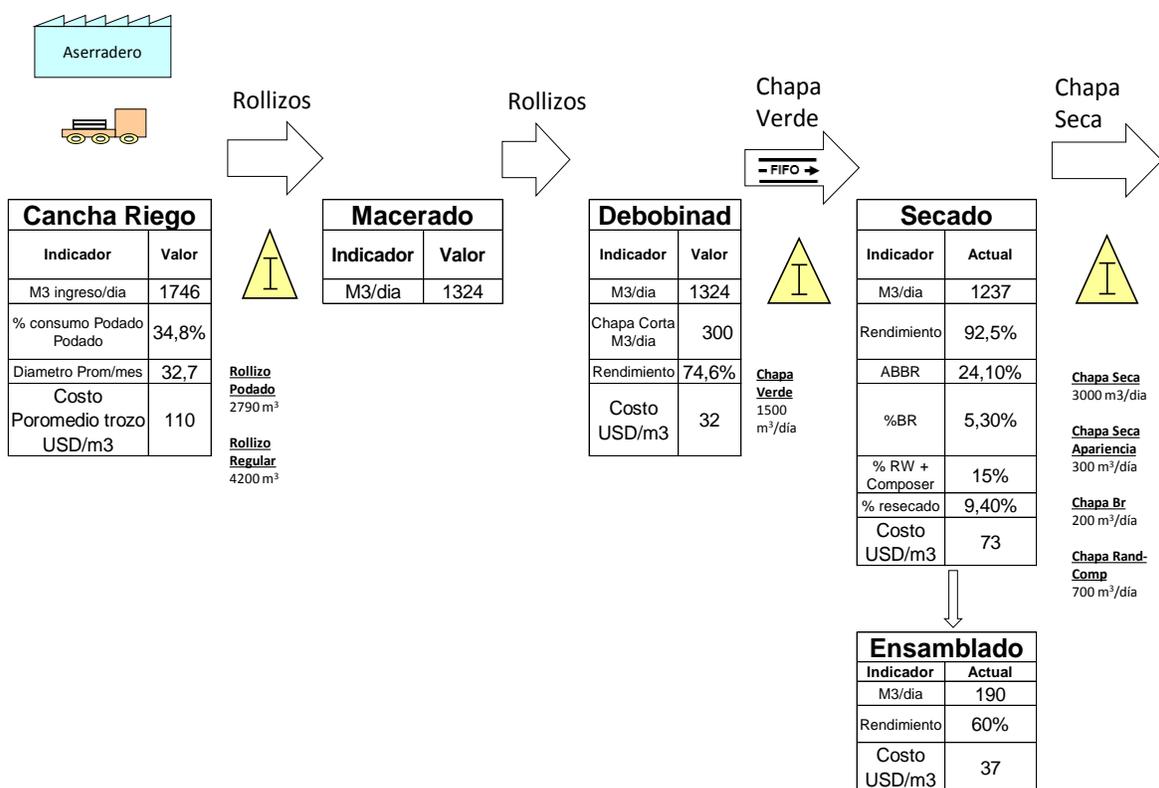


Figura N°2.16 Muestra VSM Chapas PTNA.

Un aspecto importante que considerar, es que el proceso cuello de botella de la planta es el área de encolado prensa, lo que se valida al revisar el VSM, ya que este proceso no logra sus producciones debido a dos motivos principales, los cuales son la disponibilidad del equipo y el mix de materias primas, ósea la proporción de chapas cortas y largas para confeccionar los

tableros, en este caso el volumen de Chapa Corta, es en este factor en el que se centrará las propuestas de soluciones de este diagnóstico, como se puede observar en la figura N°2.16, el volumen máximo de chapa corta que se puede generar es de 468 m<sup>3</sup>/día, siendo este valor, un 7% menor al mínimo requerido para cumplir el mix de armado de tableros, por lo tanto un impedimento importante para aumentar el volumen general de producción, ya que no se cuenta con el MIX (proporción de chapas largas y cortas) de materia prima necesaria.

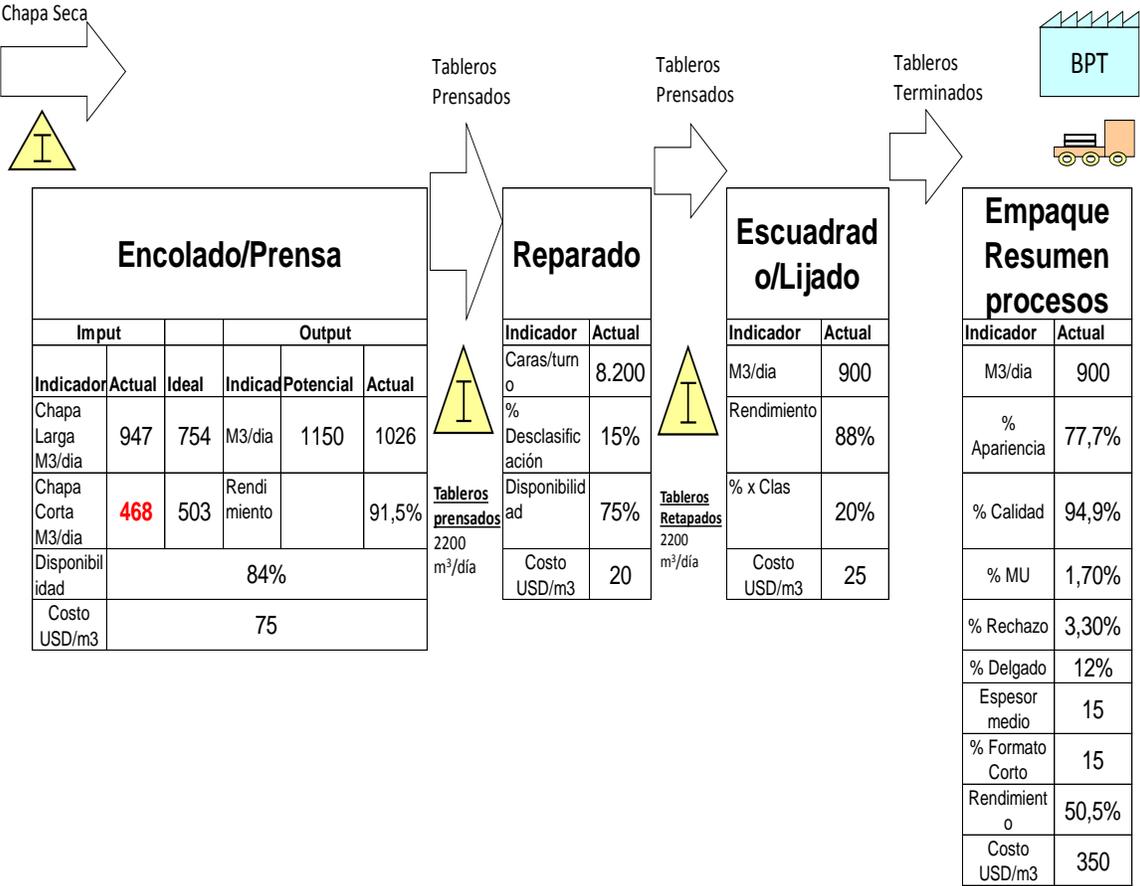


Figura N°2.17 Muestra VSM Tableros PTNA.

## CAPITULO III: DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA

### 3.1 Alternativa de solución

Al analizar el VSM presentado en el capítulo anterior, se aprecia que la oportunidad de aumentar el volumen de producto terminado se encuentra restringido por la productividad del cuello de botella de la planta, siendo su principal limitante la falta de disponibilidad de materia prima “Chapa Corta” para encolar tableros, con un déficit para alcanzar el potencial global del equipo de 35 m<sup>3</sup>/día de chapa corta.

Para buscar, analizar y separa las causas de principales de falta de chapa corta en el proceso de encolado, se realiza un diagrama de Ishikawa figura N°3.1 Realizado con equipo de operadores expertos y jefes de las distintas áreas de planta.

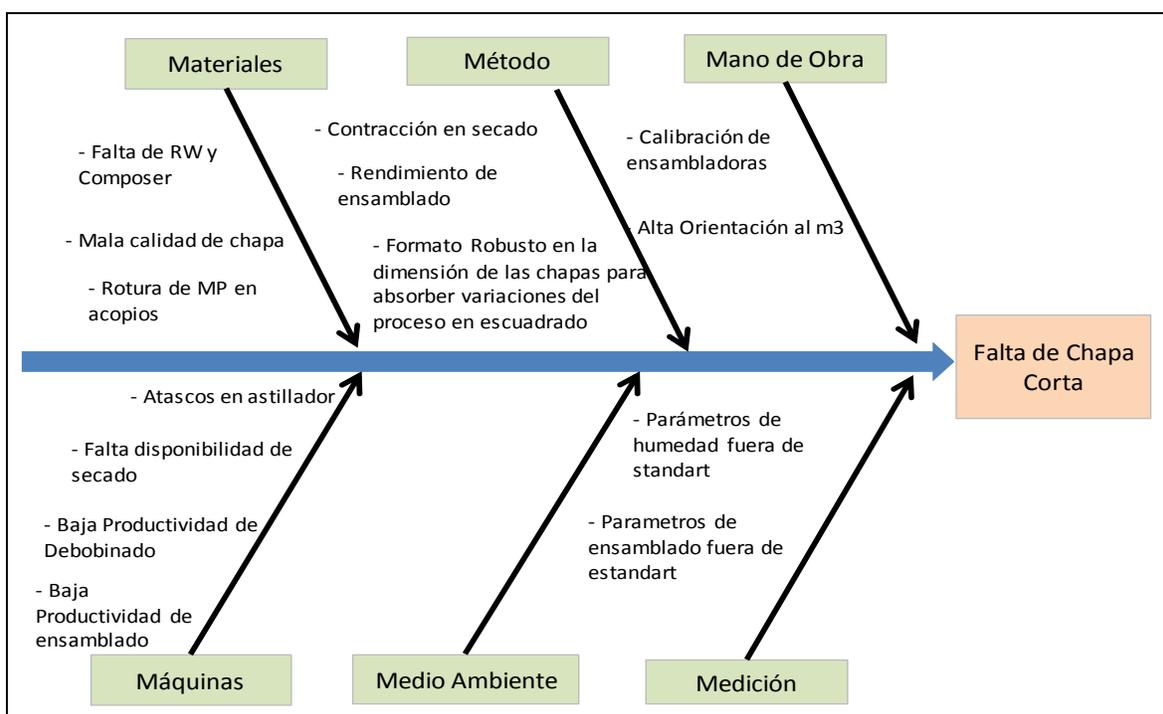


Figura N°3.1 Muestra diagrama de Ishikawa.

Con el objetivo de buscar la principal causa que afecta a la generación de chapa corta, se realizó una votación, valorando la factibilidad e impacto de cada una de las causas. Tabla N°3.1, según votación del equipo, la principal que se analizara es:

- Formato Robusto para absorber variaciones del proceso en escuadrado

El cual corresponde a un desperdicio por sobre calidad, que aumenta el costo de la materia prima y merma la posibilidad de aumentar la producción de prensa.

Tabla N°3.1 Registro de Votos Causas Posibles.

Registro de votos de causales posibles				
Problema: (efecto)		Falta de Chapa Corta		
<b>Materiales</b>				
Descripción	Votos	Factibilidad	Impacto	Promedio
Falta de RW y Composer	2	3	2	2,3
Mala calidad de chapa	2	2	2	2
Rotura de Mp	3	2	1	2,1
<b>Máquina</b>				
Descripción	Votos	Factibilidad	Impacto	Promedio
Atascos en astillador	2	2	2	2
Falta disponibilidad de secado	3	2	2	2,4
Baja Productividad de Debobinado	6	3	3	4,2
Baja Productividad de ensamblado	3	3	4	3,3
<b>Método</b>				
Descripción	Votos	Factibilidad	Impacto	Promedio
Rendimiento de ensamblado	2	2	2	2
Contracción en secado	1	1	1	1
Cambio cuchillos astillador	2	2	2	2
Formato Robusto para absorber variaciones del	8	3	4	5,3
<b>Mano de Obra</b>				
Descripción	Votos	Factibilidad	Impacto	Promedio
Calibración de ensambladoras	1	3	2	1,9
Alta Orientación al m3	1	3	2	1,9
<b>Medición</b>				
Descripción	Votos	Factibilidad	Impacto	Promedio
Parametros de humedad fuera de standart	2	2	2	2
Parametros de ensamblado aseguran la sobre calidad	2	3	2	2,3
<b>Totales</b>		<b>40</b>		
Participantes	10			
Votos por persona	4			
Votos Totales	40			
<b>Factibilidad</b>	<b>Impacto</b>			
4 = Muy factible	4 = Alto impacto			
3	3			
2	2			
1 = Poco factible	1 = Impacto bajo			
<b>Valoración</b>	<b>Peso específico</b>			
Votos	40%			
Factibilidad	30%			
Impacto	30%			

Para encontrar la causas raíces subyacente que provocan que se produzca chapa corta con un “Formato Robusto en la dimensión de la chapa para absorber variaciones del proceso en escuadrado “se utiliza la herramienta cinco porque, tabla N°3.2, encontrando 4 causas raíces del problema identificado.

Tabla N°3.2 Análisis 5xQ.

Encontrar causas raíces				
PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5
Por que siempre se ha hecho así	Por que "como materia prima" es mas económica que el rotaco	Por que la escudradora no puede cortar a un ancho menor	Por que el diseño de la escudradora no permite optimizar el ajuste del recorte	
			Por que el recorte lateral absorbe las posibles variaciones del proceso	
		Por que no cumple con las especificaciones requeridas por nuestro clientes	Por que posee zonas sin chapa y sin adhesivo	Por que el recorte lateral absorbe las posibles variaciones del proceso
		Por que la alternativa que posee es astillarlo		

Para reducir las causas raíces identificadas, se proponen las siguientes acciones o contramedidas, ver tabla N°3.3.

Tabla N°3.3 Causas Raíces y Contramedidas.

CAUSA RAÍZ	CONTRAMEDIDAS Y PROPUESTAS
Por que el diseño de la escudradora no permite optimizar el ajuste del recorte	Modificar Escuadradora, de modo que permita un recorte duro corto minimo de 40
Por que el recorte lateral absorbe las posibles variaciones del proceso	Ajustar el formato de chapa corta en ensamblado.
Por que el recorte lateral absorbe las posibles variaciones del proceso	Crear KPI de desclasificación
Por que la alternativa que posee es astillarlo	Generar Valor, por la disminución del costo de la materia prima

Al analizar y contrastar las propuestas de solución con la información de terreno, se aprecia que todas son dependientes entre sí. Ya que no se pueden ajustar los formatos de las chapas cortas (alternativa que es atractiva por genera aumento de rendimiento de materia prima en ensamblado), ni ajustar el recorte lateral, sin antes modificar la línea de escuadrado para que sea capaz de disminuir los tamaños del recorte lateral. Además, si no se cumplen las anteriores no se genera la oportunidad de a futuro cambiar el tipo taco. Es por lo antes descrito que la evaluación económica de la propuesta se realizara en base a la disminución del formato de chapas corta en el área de ensamblado y los costos del proyecto serán la modificación que se propondrán en el área de escuadrado, esto con la finalidad de saber si su implementación es rentable o no para la empresa.

### 3.2 Impacto de la solución

Para determinar el impacto de la solución, primero se realizó una propuesta de modificación a la especialidad mecánica de la planta, para realizar en las escuadradoras. La cual consiste en desplazar 50mm el transportador que realiza el traspaso del tablero entre sierras de corte, figura N°3.2, generando el espacio suficiente para que el operador pueda ajustar el corte del tablero hasta los valores deseados.



Figura N°3.2 Muestra zona propuesta a modificar en escuadradora.

Posteriormente se realizó una simulación de los posibles esquemas de escuadrado figura N°3.3, considerando una medida mínima en el canto blando de 55 mm para la fabricación de tacos y un desfase de 30 mm ajustado según estándar operacional vigente para absorber variaciones de los procesos anteriores.

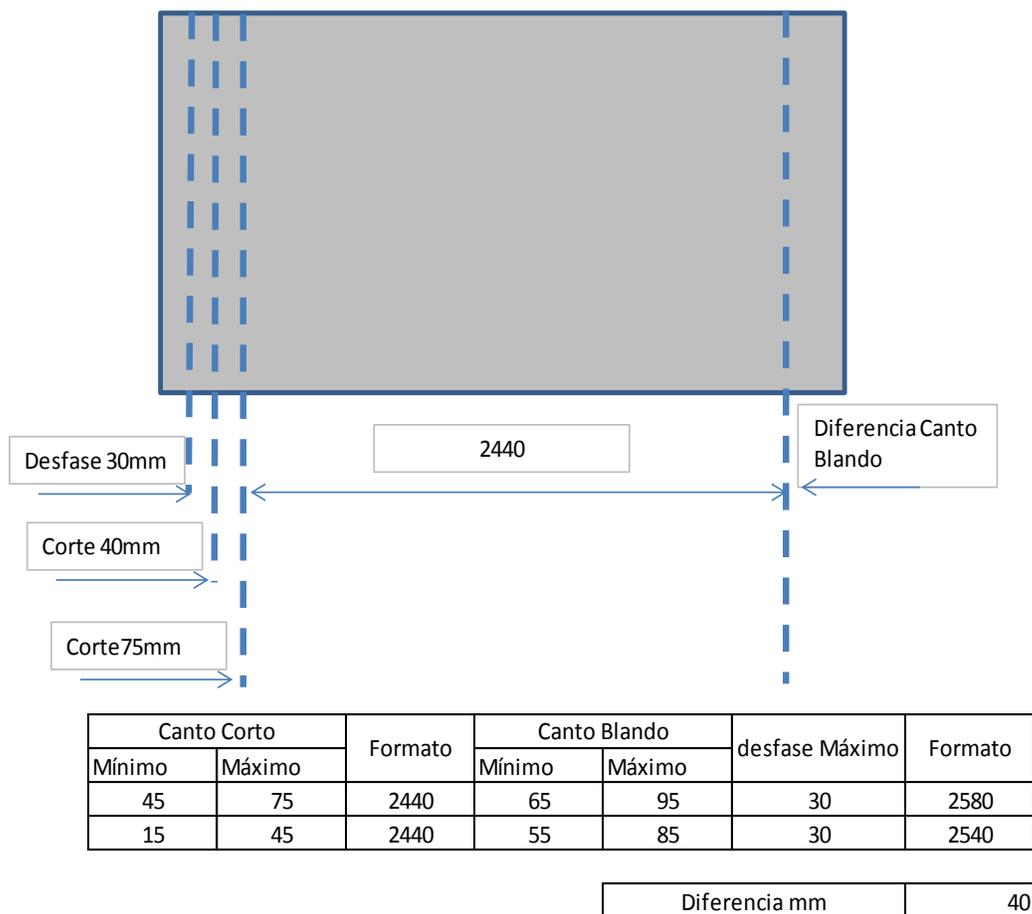


Figura N°3.3 Muestra Reducción del recorte lateral.

Con lo cual, se logró generar una oportunidad de 40 mm en el ancho total de las chapas interiores cortas.

Considerando que las ensambladoras generan un manto continuo que se dimensiona de acuerdo a formatos de chapas establecidos figura N°3.4, es posible evaluar la incorporación de esta oportunidad, modificando el formato de generación de chapa de 1290x2580 a 1290x2540.

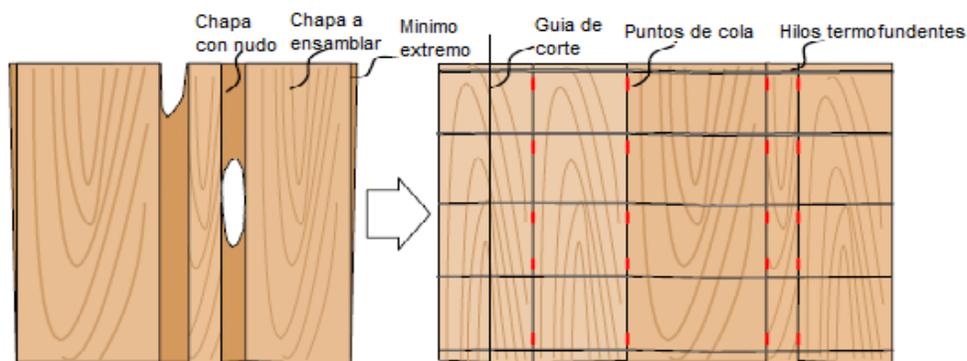


Figura N°3.4 Muestra detalle cómo se ensambla una chapa

Además, sumando este incremento marginal durante el transcurso de un mes, genera la oportunidad de incrementar la producción en 7.280 unidades adicionales promedio de chapa corta, que corresponde a 75 m<sup>3</sup>/mes de chapa adicional, lo que representa un ahorro de 180 m<sup>3</sup> promedio en el consumo de trozos regulares del mes, que corresponden al volumen necesario de trozos que debería consumir la planta para producir ese volumen equivalente.

Tabla N°3.4 Incremento potencial por ahorro de 40 mm por chapa.

Equipo	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
Composer 1	130.457	142.499	104.461	140.326	126.074	145.494
Composer 2	157.272	157.216	104.524	139.894	148.257	163.236
Composer 3	158.118	149.854	97.753	130.291	146.726	107.369
Composer 4	99.929	96.420	61.235	62.819	77.955	77.616
<b>Total general</b>	<b>545.776</b>	<b>545.989</b>	<b>367.973</b>	<b>473.330</b>	<b>499.012</b>	<b>493.715</b>

Beneficios	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
Cantidad de Chapas Adicionales	8595	8598	5795	7454	7858	7654
Vol Adicional Salida m <sup>3</sup>	84	85	57	73	77	75
Vol Equivalente Trozo m <sup>3</sup>	203	203	137	176	186	181

## CAPITULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO

### 4.1 Análisis económico actual de ensamblado

Los costos del producto son conocidos en todo momento en cada etapa del proceso productivo, esto es posible debido a que el sistema de control integrado de los equipos permite conocer cada uno de los consumos, rendimientos en insumos que se cargan a los equipos. Por lo que permite evaluar las desviaciones de los equipos y su repercusión en los costos del producto terminado. Esta ventaja será aprovechada para evaluar los posibles cambios en los costos debido a la mejora propuesta, específicamente en el área de Ensamblado y su repercusión en los costos globales.

Tabla N°4.1 Indicadores actuales de ensamblado.

<b>Ensamblado</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Actual</b>
Volumen Output mensual	4.560
Volumen Input mensual	7.600
Producción promedio M3/día	190
Rendimiento	60%
Costo del proceso USD/m3	37
Costo Chapa Seca USD/M3	194

## 4.2 Análisis económico de la propuesta de solución

Como se mencionan anteriormente en promedio el impacto de la solución permite generar 73 m<sup>3</sup> adicionales de chapa corta promedio mes, con el mismo input de materia prima, lo que permite que la compañía ahorre en el consumo de trozos para producir el mismo volumen equivalente tabla N°4.2.

Tabla N°4.2 Análisis Económico Propuesta Solución.

<b>Ensamblado</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesta</b>
Volumen Output mensual	4.560	4.635
Volumen Input mensual	7.600	7.600
Producción promedio M3/día	190	190
Rendimiento Ensamblado	60%	61,0%

<b>Evaluado por Rendimiento</b>		
	<b>Valor</b>	<b>Vol Sub Producto m3</b>
Volumen Ganado ensamblado m3	75	
Rendimiento Ensamblado	0,6	
Volumen Ahorro equivalente Chapa Seca m3	125	50
Rendimiento Secado	0,925	
Volumen Ahorro equivalente Chapa Verde m3	135	10
Rendimiento Debobinado	0,75	
Volumen Ahorro equivalente En trozo Regular m3	180	45
	<b>us\$/m3</b>	
Costo Materia Prima	60	
Costo astilla Combustible	4,2	50
Costo astilla pulpable	10,0	55

### Ingresos

Vol Ahorro equivalente en trozos regulares m3 x Costo prom	<b>us\$</b>	<b>10.811</b>
Otros Ingresos	<b>us\$</b>	
<b>Total Ingresos</b>	<b>us\$</b>	<b>10.811</b>

### Egresos

Sub Producto (¿?) x Precio (us\$/¿?)	<b>us\$</b>	<b>760</b>
<b>Total Egresos</b>	<b>us\$</b>	<b>760</b>

<b>Flujo Proyecto</b>	<b>US\$/mes</b>	<b>10.051</b>
-----------------------	-----------------	---------------

### 4.3 Viabilidad Económica

Para validar la viabilidad económica de la propuesta de utilizaran los indicadores financieros VAN y TIR, utilizando el lineamiento general de la compañía para este tipo de desarrollos, en que la tasa anual, el impuesto a la renta y la cantidad de años de evaluación, son fijos con los siguientes valores 9%, 22.5% y 3 años respectivamente tabla N°4.3.

Tabla N°4.3 Tabla Calculo Valor Actual Neto.

<b>Tasa anual</b>	=	<b>9,00%</b>
<b>Impuesto a la renta</b>	=	<b>24,00%</b>

Evaluated por aumento de Rendimiento

<b>Flujo de Caja</b>					
<b>Periodo</b>	<b>Inv. Inicial</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Costos</b>	<b>Impuestos</b>	<b>Flujo Caja</b>
<b>AÑO</b>	<b>us\$</b>	<b>us\$</b>	<b>us\$</b>	<b>us\$</b>	<b>us\$</b>
<b>0</b>	-6.348				-6.348
<b>1</b>		120.612		28.947	91.665
<b>2</b>		120.612		28.947	91.665
<b>3</b>		120.612		28.947	91.665

<b>VAN (us\$)</b>	=	<b>225.683 us\$</b>
<b>TIR (%)</b>	=	<b>1444%</b>
<b>Periodo de Recup,</b>	=	<b>0,83 meses</b>
<b>Tasa anual</b>	=	<b>9,00%</b>

#### DETALLES

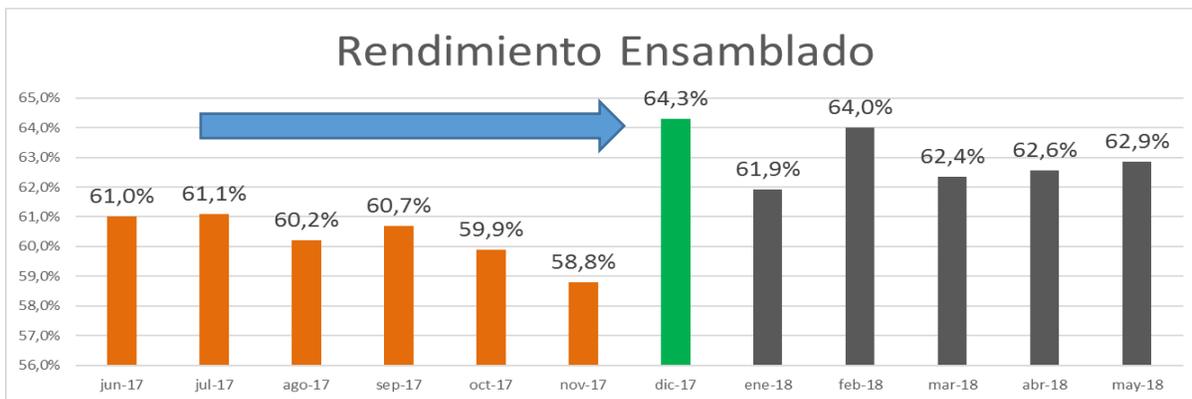
<b>Inversión</b>		
<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Monto (\$)</b>
HH internas para modificaciones	384	6.500
Horas arriendo grua	48	30.000
<b>Total Inversión</b>	<b>\$</b>	<b>3.936.000</b>
<b>Total Inversión</b>	<b>U\$</b>	<b>6.348</b>
<b>Tasa de Cambio</b>	<b>\$/U\$</b>	<b>620</b>

<b>Beneficios</b>		
<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Monto (\$)</b>
Ahorro mensual en consumo de trozos	12	9.783
<b>Total Beneficio</b>	<b>U\$</b>	<b>117.392</b>

Al analizar los flujos de cajas futuros del proyecto o VAN se aprecia que el proyecto se rentable, generando oportunidad de beneficio para la empresa. La TIR nos entrega holgura en base a la inversión propuesta, además con un periodo de recuperación de la inversión de un mes.

#### 4.4 Resultados

La propuesta de mejora luego de ser presentada, evaluada y aprobada fue incorporada al proceso de fabricación en el mes de enero-18, aprovechando la disponibilidad de equipos que se generó debido al comienzo del programa de vacaciones. Por lo que ha permitido estudiar los últimos 5 meses el rendimiento general del área de ensamblado, validando los efectos reales de la implementación ver figura N°4.1, observando un cambio significativo y sostenido en el rendimiento global del área.



Inicio Pruebas

Figura N°4.1 Muestra la evolución del rendimiento de ensamblado.

En la figura N°4.2 se puede observar el cambio en el recorte lateral y aprovechamiento de la chapa corta en el rendimiento de ensamblado.



Figura N°4.2 Muestra el recorte lateral de escuadrado antes y después de las propuestas

Además, al analizar las causas de desclasificación de tableros o degradación de calidad del tablero de apariencias, para comprobar si la modificación afecta la calidad de los productos, se puede observar que la cusas “chapa corta angosta” está presente en un 4% del global, y su margen permito es de hasta 5%, lo que indica que la implementación no ha impactado en la calidad final esperada por el cliente.

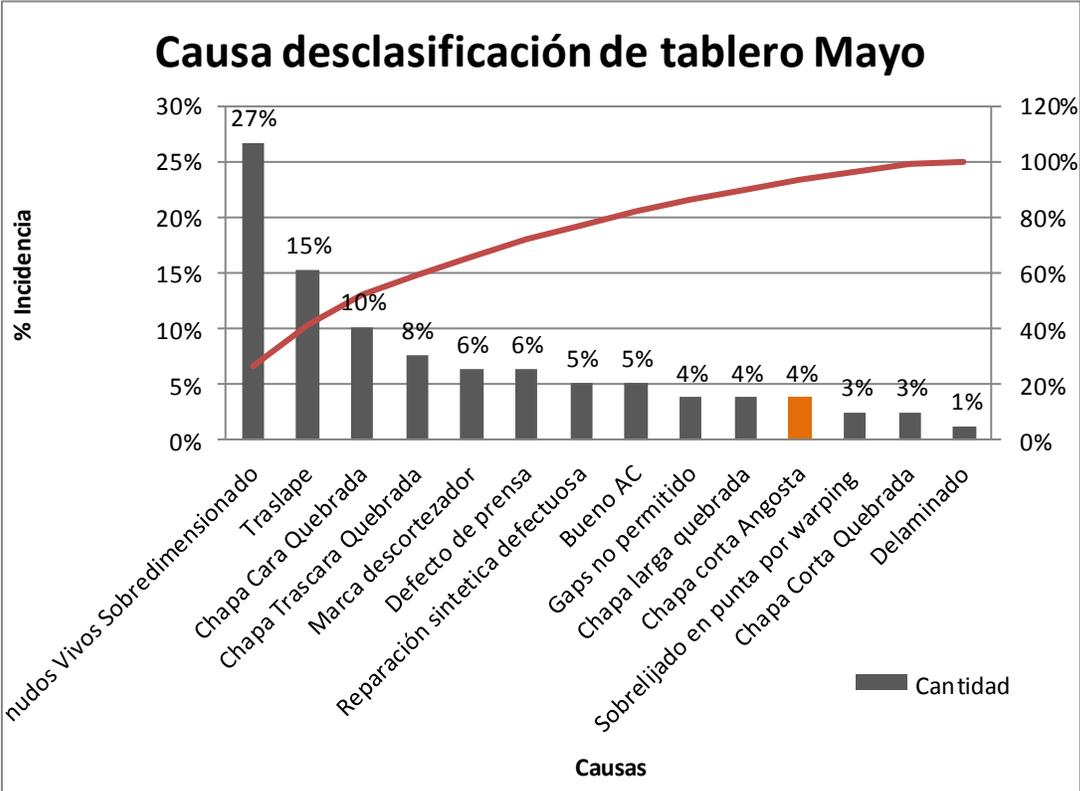


Figura N°4.3 Muestra %Incidencia del defecto chapa corta angosta, en la desclasificación global de tableros.

## CONCLUSIÓN

Se logró presentar una oportunidad cuantificable para disminuir los costos, recuperando chapa corta del recorte lateral de escuadrado en el área de ensamblado como materia prima, esto se desarrolló por medio de un diagnóstico técnico-económico y propuestas de soluciones en base a la metodología Análisis Causa Raíz “ACR”.

Al analizar la propuesta de solución y comparándola con la situación inicial, se observa un incremento en el valor agregado en el producto final del área de ensamblado, equivalente al ahorro de 40 mm por cada chapa que se produce, lo que equivale a 75 m<sup>3</sup> adicionales chapa corta a mes.

Al evaluar el impacto global de la propuesta en el consumo de materias prima de la planta, la solución reduce el consumo de trozos regulares en 180 M<sup>3</sup>/mes. Lo que permite a la compañía disminuir los costos de materias primas en 10.000 USD/mes.

La propuesta de mejora luego de ser presentada, evaluada y aprobada fue incorporada al proceso productivo en el mes de enero-18. Luego de un seguimiento de 5 meses del indicador de rendimiento de ensamblado, se han observado los efectos reales de la implementación, esto por medio de la generación de un cambio significativo en el indicador de un 1.5% respecto de su valor histórico, además se ha mantenido estable en el tiempo en un valor promedio de 62.5%.

Luego de analizar los resultados, se puede concluir que la metodología aplicada en este caso fue la correcta, si bien algunos pasos fueron difíciles de lograr, en especial romper el paradigma de trabajar con 40mm menos de chapas cortas para armar los tableros, la metodología permitió tener una pauta solida en la realización de todas las actividades, permitiendo cumplir todos objetivos propuestos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Terry Sellers Jr, Plywood and adhesive Technology, Marcel Dekker INC, USA, 1985.
- Humberto Gutiérrez, Control estadístico de la calidad y Seis sigma. 3ª edición, McGraw Hill, México, 2013.
- Arauco S.A. , Reporte de sostenibilidad 2017, [https://www.arauco.cl/chile/wp-content/uploads/sites/14/2017/07/REPORTE\\_PAGINAS\\_SOLAS.pdf](https://www.arauco.cl/chile/wp-content/uploads/sites/14/2017/07/REPORTE_PAGINAS_SOLAS.pdf), 2018.
- Arauco S.A., Araucoply 2018, <https://www.arauco.cl/chile/marcas/araucoply/>, 2018.
- AITIM, Información general 375 Tableros CONTRACHAPADOS 28.06.2011, [www.aitim.es](http://www.aitim.es). 2011.
- Arauco, Optimización planta Nueva Aldea, [http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=4097412](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=4097412), 2010.
- Daniel T. Jones, James P. Womack, Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa, España, 2012.
- Arauco S.A., Manual de Excelencia Operacional 2.0, Chile, 2013.
- Raute, Plywood & Venner Technology, <http://www.raute.com/core-veneer-composing>, 2018.
- Jedidías Correa Ramírez, Giuliano Peña Hernández, Estudio e implementación de mejora en el sistema de inyección de retape para maquinas PolyPatch 1 y 2 en la planta Nueva Aldea de ARAUCO S.A, Chile, 2018.
- Katherine Ramos Gutiérrez, Propuesta para aumento del rendimiento del área chapa en planta Terciado Nueva Aldea a través de la metodología Lean Six Sigma., Chile, 2016.
- Rodolfo Kehr Schuster, Evaluación de programas de secado continuo en Chapas de Pinus radiata D. Don., Chile, 2007.
- Grupo Atia, Formación experto Lean, Grupo Atia, Chile, 2014.