

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**Ciclo Optativo de Profesionalización en  
Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental**



**“PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS MADEREROS  
EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA ELABORACIÓN  
DE PISOS DE MADERA”**

Presentado por:

**Gabriela Ciria Mayta Carhuamaca  
Marjorie Esther Esquinarila Anaya**

Trabajo de Titulación para Optar el Título de:

**INGENIERO FORESTAL  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**Lima – Perú**

**2014**

## *DEDICATORIA*

*Se lo dedico a mi madre por ser el mejor ejemplo de fortaleza, perseverancia y superación en la vida y a mi padre que desde el cielo ilumina mi camino y de toda la familia.*

*Gabriela Mayta Carhuamaca*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestra asesora, Graciela Egoavil Cueva Galvez, la cual estuvo en todo momento apoyándonos y guiándonos de manera activa y con mucha paciencia en cada paso que dimos hasta finalizar nuestro objetivo. Además le agradecemos el tiempo y la facilidad en los medios de comunicación que nos permitieron llevar a cabo todas las consultas necesarias.*

*Queremos expresarle también un muy especial agradecimiento al Ingeniero Juan Betancourt, jefe de operaciones de Maderera LECIC, quien siempre estuvo en todo momento presto para resolver nuestras dudas y facilitarnos la información necesaria, e hizo que nuestra estadía en la empresa fuera productiva, amena y gratificante.*

## *RESUMEN*

El presente estudio se realizó en la empresa Maderera LECIC S.A.C. distrito de Ate Vitarte, Lima; donde se evaluaron los residuos de la especie shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*) en tablas de dimensiones promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1 m y 26.9mm x 13.9cm x 3.1m con la finalidad de realizar un plan de manejo de residuos para la empresa. Para ello, se aplicaron diversas metodologías realizadas en tres fases: campo, laboratorio y gabinete, siendo la caracterización de los residuos sólidos (fase de campo) primordial para la determinación de cantidades de residuos maderables originados en cada operación en el proceso de fabricación de pisos de madera machihembrada.

Las tablas de dimensiones promedio 26.9mm x 13.9cm x 3.1m obtuvieron un rendimiento promedio de 56,4 por ciento mientras que las tablas de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m obtuvieron 52,6 por ciento de rendimiento. Siendo los residuos generados 43,6 y 47,4 por ciento respectivamente. Asimismo, las operaciones que generaron mayor cantidad de residuos fueron el cepillado, canteado y moldurado, siendo el cepillado la operación que originó mayor cantidad de residuos de viruta, aserrín y polvillo para ambas dimensiones de tablas. Resultando así, 18,2 por ciento de residuos en las tablas de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m y 21,7 por ciento para las de dimensiones de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m, de igual modo, la densidad aparente para el cepillado resultó 0,12 g/cm<sup>3</sup>, 0,33 g/cm<sup>3</sup> para el canteado y 0,29 g/cm<sup>3</sup> moldurado, ocupando los residuos del cepillado un mayor volumen en comparación a los demás.

De los impactos ambientales identificados la generación de material particulado y el incremento de ruido en la empresa fueron los que obtuvieron una mayor calificación negativa, afectando de esta forma a la salud del trabajador. Finalmente con los resultados obtenidos en las distintas fases del estudio se formuló siete propuesta de manejo de residuos lo cuales son detallados en el presente estudio.

# ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1	SECTOR NACIONAL DE PISOS DE MADERA	3
2.2	PISOS DE MADERA	3
2.2.1	<i>Pisos machihembrados</i>	3
2.2.2	<i>Pisos machihembrados flotantes</i>	3
2.2.3	<i>Pisos parquetón</i>	4
2.3	DEFINICIÓN DE LAS PARTES DE UNA PIEZA O ELEMENTO	4
2.4	PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PISOS DE MADERA	4
2.5	RESIDUOS	7
2.6	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	7
2.6.1	<i>Residuos industriales</i>	8
2.7	RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA MADERERA	8
2.8	ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS	9
2.9	ELEMENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS	10
2.9.1	<i>Generación</i>	10
2.9.2	<i>Pre - recogida</i>	10
2.9.3	<i>Recogida</i>	13
2.10	JERARQUÍA DE ACCIONES PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS	13
2.10.1	<i>Reducción en el origen</i>	13
2.10.2	<i>Recuperación de madera</i>	14
2.10.3	<i>Depósito o almacenamiento controlado</i>	14
2.11	MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS	15
2.12	MARCO LEGAL	15
2.12.1	<i>Ley general del ambiente</i>	15
2.12.2	<i>Ley general de residuos sólidos</i>	15
2.12.3	<i>Reglamento de la ley general de residuos sólidos D.S. N° 057-2004-PCM</i>	17
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	18
3.2	MATERIA PRIMA	18
3.3	EQUIPOS Y MATERIALES	18
3.3.1	<i>Equipos</i>	18
3.3.2	<i>Materiales</i>	19
3.4	METODOLOGÍA	19
3.4.1	<i>Fase de campo</i>	19
3.4.2	<i>Fase de laboratorio</i>	21
3.4.3	<i>Fase de gabinete</i>	26
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>30</b>
4.1	ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	30
4.1.1	<i>Proceso de producción</i>	30
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS MADERABLES	33
4.2.1	<i>Rendimiento total de los residuos sólidos</i>	33
4.2.2	<i>Rendimiento de residuos por operación</i>	34
4.2.3	<i>Densidad aparente</i>	38
4.2.4	<i>Coefficiente de apilado</i>	39
4.2.5	<i>Granulometría del aserrín</i>	40
4.3	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS MADEREROS	42
4.3.1	<i>Matriz de importancia</i>	43

4.3.2	<i>Grado de importancia</i> .....	43
4.4	PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA EMPRESA MADERERAS LECIC S.A .....	44
4.4.1	<i>Residuos sólidos producidos</i> .....	44
4.4.2	<i>RESIDUOS SÓLIDOS MADERABLES</i> .....	45
4.4.3	<i>MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MADERABLES</i> .....	46
4.4.4	<i>BUENAS PRÁCTICAS</i> .....	49
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>53</b>

## *Lista de tablas*

Tabla 1: Propiedades físicas de maderas peruanas utilizadas en la fabricación de parquet. ...	6
Tabla 2: Matriz de evaluación de impactos ambientales .....	28
Tabla 3: Criterios de significancia cualitativa de los aspectos ambientales .....	29
Tabla 4: Resultados del total de residuos generados .....	34
Tabla 5: Densidad aparente de viruta y aserrín.....	38
Tabla 6: Densidades aparente de recorte de madera .....	39
Tabla 7: Coeficiente de apilado (CP) de los residuos originados en la operación de canteado .....	40
Tabla 8: Evaluación de los impactos ambientales identificados en el proceso de elaboración de pisos de madera machihembrada .....	44
Tabla 9: Resumen de residuos generados en la empresa maderera.....	45
Tabla 10: Plan de manejo de residuos sólidos de la empresa .....	49

## *Lista de figuras*

Figura 1: Actividades contenidas en la fase de Pre-recogida .....	11
Figura 2: Identificación de tipo de residuos sólidos maderables .....	21
Figura 3: Determinación del volumen del residuo por el método de desplazamiento de agua .....	23
Figura 4: Organigrama de la empresa.....	30
Figura 5: Diagrama de flujo de las operaciones.....	33
Figura 6: Rendimiento y porcentaje de residuos sólidos generados en la fabricación de pisos machihembrados de 1''x5''x10' .....	35
Figura 7: Rendimiento y porcentaje de residuos sólidos generados en la fabricación de pisos machihembrados de ¾''x5''x10' .....	36
Figura 8: Porcentajes de residuos sólidos por operaciones generados por tablas de dimensiones promedio 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 26.9mm x 13.9cm x 3.1m .....	37
Figura 9: Porcentajes de residuos de aserrín por operaciones y tamaño de partículas .....	41
Figura 10: Identificación de aspectos e impactos ambientales en línea de producción de pisos machihembrados .....	42

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con dos tercios de su superficie cubierta de bosques, los cuales alberga gran diversidad de especies forestales y animales. La actividad humana ha desarrollado su aprovechamiento no maderable y maderable de este recurso natural renovable. Generando un incremento de industrias forestales en el Perú a través de los años, las cuales desarrollan productos maderables de transformación primaria y secundaria.

Las estadísticas oficiales señalan que la producción de madera en el Perú ha ido de forma variable en el transcurso de los años, tal es así que al año 2009 se tuvo un volumen total de 817,7 miles de m<sup>3</sup>, de los cuales el 76,53 por ciento (625,8 miles de m<sup>3</sup>) se destinó para madera aserrada, 12,82 por ciento (104,8 miles de m<sup>3</sup>) para carbón y leña, 8,24 por ciento (67,4 miles de m<sup>3</sup>) para madera contrachapada, y 1,92 por ciento (15,7 miles de m<sup>3</sup>) para parquet. La industria de aserrío es la más importante actividad de transformación de madera en el país.

Sin embargo, en el año 2009 la transformación de la madera en parquet revirtieron estas cifras, con 251 280 m<sup>3</sup> de madera para exportación, el 44,08 por ciento (111 231 m<sup>3</sup>) correspondió a parquet y 42,08 por ciento (105 734 m<sup>3</sup>) a madera aserrada (INEI, 2011).

Esta actividad en la industria forestal, tanto para la transformación primaria como secundaria ha generado grandes volúmenes de residuos, debido a diversos factores de producción, siendo la causa más importante la adquisición de la materia prima de bosques heterogéneos no manejados, obteniéndose residuos maderables desde la tala de los árboles hasta la obtención del producto final.

Entre unos de sus productos de transformación secundaria se encuentran los pisos de madera machihembrada. Esta industria actualmente emplea diferentes tipos de especies maderables, como pumaquiro, shihuahuaco, quinilla, entre otros, incorporándose con el tiempo nuevas especies, ofreciendo al consumidor una mayor variedad para escoger; cada especie confiere al piso características determinadas de color, veteado, diseño; generando en el proceso gran cantidad de residuos de madera.

Los residuos de la madera se han definido de diversas maneras según sus usos. Aquellos donde se incluyen los desechos de aserradero, tapas, despuntes, recortes, duramen de trozas para

chapas, desechos de chapa, aserrín, corteza, residuos de carpintería y de ebanistería, etc. (FAO, 2001). Pero siendo los residuos principales para la producción de pisos de madera, viruta y aserrín en mayor cantidad.

Por tanto, es de importancia el adecuado manejo de los residuos provenientes de esta industria forestal y sobre todo en aquellas cuya visión es expandir su producto por mercados que ya empiezan a tener conciencia sobre el desarrollo sostenible de los recursos y con procesos ambientalmente amigables con el medio ambiente. Por tal motivo, la presente investigación, tiene como objetivo formular una propuesta de manejo de residuos para una empresa de pisos de madera, como herramienta fundamental de gestión, desde el momento en que estos se generan hasta su disposición final.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 SECTOR NACIONAL DE PISOS DE MADERA**

El sector nacional de pisos de madera parquet ha pasado por una serie de deficiencias en su proceso de producción a través de los años. Entre estas resaltan, la limitada tecnología aplicada, el escaso conocimiento de las propiedades de las especies destinadas a dicho fin y la poca mano de obra capacitada para elaborar dichos productos. (IIAP, 2009).

Hace unos años la transformación secundaria de la madera presentaba los siguientes problemas: producción de parquet en pequeña escala, debido a que solo se hace uso de maderas comerciales conocidas en el mercado, generando que la capacidad de producción se vea limitada cuando se requieren pedidos en grandes volúmenes; carencia de equipos y maquinarias eficientes; ausencia de capacitación específica y asistencia técnica a los equipos. (IIAP, 2009).

Sin embargo, a través de los años se ha visto que la exportación de pisos de madera (parquet y pisos machihembrados) ha ido incrementándose, generando que los productores cambien y adquieran perfiles modernos como: posesión de áreas de concesión, integración de los procesos de transformación de madera desde el bosque hasta la transformación, desarrollo de diseños aprobados por clientes internacionales, empleo de personal calificado, eficiente cultura de puntualidad y un buen manejo de sus canales de distribución pero con ciertas dificultades para consolidar alianzas estratégicas.

### **2.2 PISOS DE MADERA**

La definición general, lo señala como elementos individuales de madera colocados sobre estructura primaria o el falso piso. NTP 251.150.2004.

#### **2.2.1 PISOS MACHIHEMBRADOS**

Son piezas que van unidas entre sí mediante el encaje del encastre macho con el encastre hembra o del encaje de dos hembras unidas con una lengüeta. NTP 251.046.

#### **2.2.2 PISOS MACHIHEMBRADOS FLOTANTES**

Tablas pre ensambladas de revestimiento de piso compuesta por elementos individuales encolados por sus cantos y/o ensamblados de cabeza. NTP 251.150.2004.

### **2.2.3 PISOS PARQUETÓN**

Pieza alargada de madera maciza que cuenta con lados paralelos, elaborados con un grosor regular, perfil(es) constante(s) con cantos y cabezas machihembradas o no, que puede ensamblarse con otros elementos análogos. NTP 251.150.2004.

### **2.3 DEFINICIÓN DE LAS PARTES DE UNA PIEZA O ELEMENTO**

La Norma Técnica Peruana NTP 251.150.2004 tiene las siguientes definiciones:

- Cara, la cara del elemento que ha sido escogida como superficie superior.
- Contracara, la superficie opuesta a la cara.
- Canto, cualquiera de las dos superficies longitudinales perpendiculares a la cara del elemento.
- Cabeza, cualquier de las dos superficies menores generalmente perpendiculares a la dirección de la fibra del elemento.
- Arista, línea de intersección entre dos planos de un elemento.
- Bisel, corte oblicuo a lo largo de una arista.
- Ranura, entalladura continua (lado hembra del machihembrado).
- Lengüeta, parte saliente mecanizada de forma continua a lo largo del canto y/o cabeza de un elemento (lado macho del machihembrado).

### **2.4 PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PISOS DE MADERA**

Para ser empleadas en la elaboración de pisos de madera, debe cumplir con ciertas propiedades como: (Aróstegui, 1969).

- Baja o moderada contracción., la contracción y expansión son los cambios de dimensiones tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, por tanto del volumen, que sufre la madera como consecuencia del cambio de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra (30 por ciento). Según ensayos se ha determinado que los

cambios de volumen casi son proporcionales a los cambios del contenido de humedad de la madera. La contracción varía según la especie.

- Buena dureza, la resistencia de la madera está íntimamente relacionada con el peso específico. En el caso de la dureza se puede mencionar que con un incremento del peso específico aumenta la dureza casi proporcional. Se requiere de peso específico mayor de 0,50 y dureza mayor a 400 kilos.
- Buen comportamiento al secado, cualquier cambio en el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, produce cambios de dimensiones, presentándose fuerzas o tensiones internas variables según la dirección (tangencial, radial). Debido a estas tensiones es que se presentan defectos durante el secado de la madera. Una madera se comporta bien cuando el secado es uniforme en estas dos direcciones, lo cual sucede en maderas de baja relación tangencial /radial. Así cuando dicha relación es menor a dos, la madera se puede considerar de buen comportamiento al secado.
- Buen comportamiento al trabajo con máquina de carpintería, referido a proceso de aserrado, cepillado, lijado, acabado.
- Buen veteado, referido a las figuras, vetas o diseños de diferentes colores que le dan a la madera una apariencia atractiva.

Según menciona (Chavesta, 2005) las maderas para pisos presentan propiedades físicas, tales como la densidad básica (DB) y el índice de estabilidad (ie). Así mismo, considera al ie como la relación de contracción tangencial/radial, y según los valores para cada especie comenta acerca de la estabilidad de la misma y del comportamiento al secado. Estos valores se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1: Propiedades físicas de maderas peruanas utilizadas en la fabricación de parquet.**

N°	Nombre común	DB (g/cm <sup>3</sup> )	ie (cc T/R)
1	Aguano masha	0,74	1,6
2	Ana caspi	0,83	1,9
3	Azúcar huayo	0,8	1,8
4	Bálsamo del Perú	0,78	1,4
5	Cachimbo	0,59	1,5
6	Capirona	0,76	1,8
7	Chonta	1,01	1
8	Chontaquiro	0,74	1,5
9	Estoraque	0,78	1,6
10	Guayacán	0,83	1,1
11	Hualtaco	0,68	2,3
12	Huayruro	0,61	2
13	Itahuba	0,68	2,9
14	Machimango	0,77	1,5
15	Mari mari	0,73	2,2
16	Palisangre - palo peruano	0,73	1,4
17	Pucaquiro	0,6	1,9
18	Pumaquiro	0,74	2
19	Quillobordón	0,87	1,6
20	Quina quina	0,74	2
21	Quinilla colorada	0,87	1,6
22	Shaina	0,74	2
23	Shihuahuaco	0,87	1,7
24	Tahuari	0,92	1,6
25	Yacuchapana	0,73	1,7
26	Machinga	No disponible	1,6

FUENTE: CHAVESTA (2005)

DB: Densidad básica

IE: índice de estabilidad = contracción radial/contracción tangencial.

## **2.5 RESIDUOS**

Son residuos sólidos aquellas sustancias productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Ley General de Residuos Sólidos del Perú N° 27314 (2000).

Por otro lado (Castells, 2010) lo define como aquella sustancia u objeto generado por la actividad productiva o de consumo, del cual hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo para la actividad principal.

Según (Martínez et al 2005), considera que el término “residuos” es claramente un término subjetivo pues depende de los actores involucrados. Los residuos pueden ser a su vez materias primas para otros procesos o usos dejando serlo, y que al final quien decide si una determinada materia continua siendo útil o no, es su propietario.

## **2.6 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS**

Según Ley General de Residuos Sólidos del Perú N° 27314 (2000), los residuos sólidos se clasifican según su origen en:

- Residuos domiciliarios.
- Residuo comercial.
- Residuo de limpieza de espacios públicos.
- Residuo de establecimiento de atención de salud.
- Residuo industrial.
- Residuo de las actividades de construcción.
- Residuo agropecuario.
- Residuo de instalaciones o actividades especiales.

Por otra parte los residuos también pueden ser clasificados según su naturaleza y estados físicos (sólidos, líquidos y gaseosos), según su incidencia en el ambiente y la salud pública (Peligrosos e Inertes). Siendo los criterios de clasificación con más trascendencia los residuos clasificados según su origen (Residuos Industriales, Domiciliarios, Agropecuarios, etc.) y según su previsible impacto al ambiente (Residuos Peligrosos, Inertes y asimilables a Urbanos).

### **2.6.1 RESIDUOS INDUSTRIALES**

La Ley N° 27314 menciona que los residuos sólidos industriales son aquellos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufacturera minera, química, energética, pesquera y otras similares.

Según (Orozco et al 2005) los residuos industriales son generados como consecuencia de la propia actividad industrial y cuya variedad en tipo y composición depende de la gran diversidad de procesos industriales existentes.

### **2.7 RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA MADERERA**

En la industria maderera, para la elaboración de madera aserrada en especies coníferas; se generan residuos que van alrededor del 30 por ciento de la biomasa del tronco utilizado, lo que incluye aserrín (5 a 8 por ciento) y corteza (10 a 14 por ciento) (Kalincha, citado por Álvarez et al 2001).

El aserrín acumulado en el bosque o en los aserraderos constituye un depósito y un foco para la propagación de hongos (especialmente de los géneros Fomes, Schizophyllum y Polyporus, entre otros). El aserrín supone también riesgo de incendios. Según (FAO, 2001) la acumulación de aserrín puede tener además efectos ambientales negativos:

- Al descomponerse, el dióxido de carbono contenido en la materia orgánica se dispersa en la atmósfera.
- El sol y las altas temperaturas pueden provocar una pirolisis de baja temperatura en grandes montones de aserrín, haciendo que emitan gases contaminantes. La combustión eleva también la temperatura ambiente, produciendo un efecto invernadero.
- Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades.

La cuestión del uso de los desechos madereros es muy compleja, sobre todo en los países en desarrollo, y depende de consideraciones económicas y de los medios de transporte.

## **2.8 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS**

El conocimiento de la composición y propiedades fisicoquímicas de cualquier residuo industrial es fundamental para realizar una correcta gestión del mismo. Las operaciones relacionadas para conseguir este conocimiento y la información proporcionada por las mismas se conoce como caracterización (Orozco et al 2005).

### **a. Dimensiones**

Es la longitud, área o volumen de una línea, una superficie o un cuerpo. Es la magnitud física de los residuos expresados en cantidad de unidades en metros, proporciona información inherente a los mismos, la cual sirve de base para su clasificación (RAE, 2012).

### **b. Granulometría**

Es el método granulométrico de Georges Matheron, constituye un método morfológico para la caracterización de imágenes granulares a través de un proceso de criba (tamizado) mediante detección de tamaños y formas. Considera también que este, es eficiente para el análisis de textura y la forma en aplicaciones relacionadas con detección de partículas o gránulos (Ponce y Vásquez, 2010).

Las mayas recomendadas para tamices en residuos maderables son mallas N° 20 , 40, 60, y 100, correspondiendo a dimensiones de partículas de 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$ , equivalente a aserrín normal, medio, fino y polvillo, respectivamente (Bustamante, 2010).

### **c. Contenido de humedad**

Es un parámetro importante ya que determina las propiedades físicas químicas de la madera. Tener el conocimiento de agua en la madera es elemental para poder determinar el proceso de secado e impregnación y en la transformación mecánica de la misma. Y además es importante en la comercialización por peso de la madera astillable (Rudiger y Jaramillo, 1980).

El conocimiento del contenido de humedad de la madera es importante para su utilización, ya que afecta su peso, resistencia, durabilidad, estabilidad dimensional, conductividad (Arostegui, 1961). Esta determinación tiene mucha importancia para las industrias madereras, pues su valor indica cuál es el contenido de humedad que debe tener la madera para ser trabajada sin peligro de que los productos obtenidos sufran desperfectos (grietas, rajaduras, deformaciones, etc).

## **2.9 ELEMENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS**

En general, se señala como elementos funcionales dentro de un sistema de manejo de residuos: Su generación, manipulación, separación y almacenamiento, recogida y eliminación de estos (Campos, 2003).

Según (Martínez et al 2005) hace algunas modificaciones al paradigma tradicional del manejo de residuos sólidos elaborado con énfasis a la gestión de residuos sólidos urbanos, orientándolos más a una perspectiva de la gestión de los residuos industriales. Señala que debe incluirse dentro de las actividades de la pre-recogida: acondicionamiento y la recolección interna.

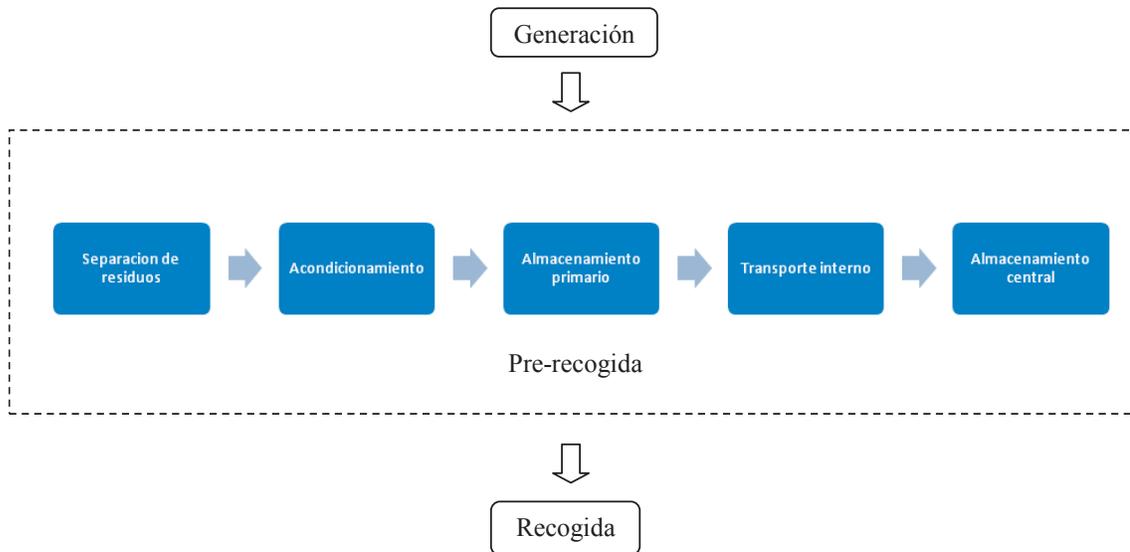
### **2.9.1 GENERACIÓN**

La generación de residuos abarca las actividades en la que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, y o bien son tirados o bien son recogidos para su evaluación. Es importante anotar en la generación de los residuos hay un paso de identificación y que este paso varía con cada residuo en particular (Tchobanoglous et al, 1997).

### **2.9.2 PRE - RECOGIDA**

(Orozco et al 2005) define pre-recogida como la actividad que consiste en depositar los residuos en el lugar de generación y ser presentados para ser recogidos por los servicios contratados. Esta fase debe de incluir actividades como la separación de residuos (Martínez et al 2005).

En la figura 1 se presentan las actividades contenidas en la fase de pre-recogida.



**Figura 1: Actividades contenidas en la fase de Pre-recogida.**  
**FUENTE: MARTINEZ et al 2005**

La separación de residuos industriales es un paso previo imprescindible al almacenamiento tanto desde el punto de vista económico como ambiental. En el caso que se quiera percibir ingresos por la venta de material recuperados para reutilizarse o reciclarse, el mejor lugar para separar los materiales es en el punto de generación. En consecuencia los objetivos de la separación de los residuos son:

- Manejo eficiente y seguro de los residuos.
- Recuperación de residuos susceptibles a valorar.
- Reducir riesgos y asegurar la disposición final de los residuos generados.

Para que esta etapa de separación de residuos funcione se tiene que llevar una campaña informativa de sensibilización y capacitación de los operarios.

El acondicionamiento, es la actividad que concierne a la preparación de los servicios y unidades de producción de la industria, con los materiales e insumos necesarios para poder descartar adecuadamente los residuos que ahí se generan (Suarez, 2010).

#### **a. Recipientes**

El uso de recipientes va en función a la cantidad y a los tipos de residuos generados. Por ello, tienen que ser de una determinada capacidad, resistencia y en lo posible fácil de transportar. Estos deberán ser ubicados estratégicamente en las áreas de trabajo que sean fuente de generación de residuos.

El almacenamiento de los residuos en el origen, conocido también como almacenamiento primario es la última actividad dentro de la etapa previa a la recogida. Esta consiste en descartar los residuos industriales generados por las unidades de producción en sus respectivos contenedores cercanos al origen (Tchobanoglous et al 2005).

El número, capacidad, material, color, rotulación y otras características de los contenedores en el origen, deben responder a la clasificación de los residuos previamente establecida en base a la identificación de sus características y estudio de caracterización de los residuos. De esta manera se asegurara la adecuada gestión de los siguientes elementos funcionales que componen el sistema de manejo (Martínez et al 2005).

El almacenamiento de los residuos en el origen es de carácter temporal debido a que se debe evitar que el volumen de residuos descartados rebase la capacidad de su contenedor. Por esta razón es necesario trasladar los residuos generados a un punto de acopio general, el cual puede recibir el nombre de almacenamiento secundario si es que no es punto de ubicación final donde se va realizar la recolección externa de los residuos; o almacenamiento central si es que a partir de este punto se realiza dicha recolección (Orozco et al 2005).

La recolección interna, consiste en trasladar a los residuos almacenados en el origen hasta el lugar destinado almacenamiento central sin salir de las instalaciones de la industria. Si el almacenamiento central está ubicado fuera de las instalaciones de la industria, pasa ser parte de la recolección externa o recogida (Orozco et al 2005).

En el transcurso de la recolección se debe evitar los residuos que previamente se han clasificado y no perjudicar el sistema de manejo de los residuos. Además la recolección interna no debe afectar la rutina de operaciones industriales, vías de movilización de insumos y productos acabados y horarios de mayor influencia del personal de trabajo. Bajo estos criterios se debe establecer una frecuencia y ruta de recolección adecuadas al sistema Martínez et al (2005).

### **2.9.3 RECOGIDA**

Comprende las operaciones de carga de los residuos industriales del almacenamiento central sobre los vehículos específicos y el transporte de estos hasta su destino final previamente planificado Orozco et al (2005).

## **2.10 JERARQUÍA DE ACCIONES PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS**

Como menciona (Aguado, citado por Suarez 2010) en relación a las vías de gestión de los residuos propuestas por el V programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea, la cual establece la siguiente jerarquía de acciones para el control de residuos:

- Reducción de la generación de residuos en origen.
- Recuperación de los recursos.
- Eliminación o reducción de la peligrosidad de los mismos.
- Depósito o almacenamiento controlado.

### **2.10.1 REDUCCIÓN EN EL ORIGEN**

Consiste en reducir la cantidad y/o peligrosidad de los residuos que son generados en la actividad. Es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuos a tratar, los impactos ambientales derivados de la existencia de los mismos y el coste asociado a su manipulación (Aguado, citado por Suarez 2010).

### **2.10.2 RECUPERACIÓN DE MADERA**

La recuperación de la madera es el proceso para valorizar los residuos de madera que incluye el transporte, almacenamiento, clasificación, limpieza y reducción de volumen para su posterior reciclado o aprovechamiento energético.

Según (Sabater, 2012) la recuperación de la madera conlleva a un aprovechamiento más profundo de la materia prima, contribuyendo de manera favorable con el medio ambiente.

Según el mismo autor esta actividad contribuye al respeto del medio ambiente porque:

- Disminuye el porcentaje de madera virgen empleada en la fabricación de tableros de partículas.
- La madera es un residuo voluminoso, por lo que con su recuperación se minimiza de manera notable la ocupación de vertederos.
- Se puede emplear como fuente renovable de energía
- Aumenta la concientización ecológica de la sociedad y su satisfacción porque sus residuos se gestionan adecuadamente.

### **2.10.3 DEPÓSITO O ALMACENAMIENTO CONTROLADO**

También conocida como vertido, implica la evacuación controlada de residuos en un emplazamiento adecuado. Aunque es el método más común para la mayoría de países subdesarrollados como disposición final de sus residuos, ocupa el nivel menos deseable en la jerarquía de acciones (Aguado, citado por Suarez 2010).

Cabe resaltar que las dos primeras acciones dentro de esta jerarquía del control de residuos hacen referencia a las estrategias de prevención. Además dichas acciones se encuentran dentro del concepto de minimización.

## **2.11 MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS**

La concepción del término de minimización de residuos surge junto a la evolución de la gestión de los mismos. En un principio, las soluciones que se planteaban al problema de la generación de residuos, consistían simplemente al vertimiento descontrolado, dispersión y dilución de los residuos al medio ambiente. Dicha estrategia se basaba en una supuesta capacidad indefinida del entorno para asimilar cualquier contaminante (Castells, 2000).

## **2.12 MARCO LEGAL**

### **2.12.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE**

El 13 de Octubre del 2005 mediante Ley N° 28611 se establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sustentable del país.

### **2.12.2 LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El 20 de Julio del 2000 mediante Ley N° 27314 se establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades a la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambiental, protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

## **TITULO I DISPOSICIONES GENERALES**

Artículo 1.- Objeto.

Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades a la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambiental, protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

## TITULO II GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS SOLIDOS

### Capítulo II autoridades sectoriales

#### Artículo 6.- Competencia de las autoridades sectoriales

La gestión y el manejo de los residuos sólidos se originan industrial, agropecuario, agroindustrial, o de instalaciones especiales, que se realicen dentro del ámbito de las áreas.

## TITULO III MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

### Capítulo I Disposiciones generales del manejo

#### Artículo 16.- Residuos del ámbito no municipal

El generador, empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal será responsable para su manejo, sanitario y ambientalmente adecuado, de acuerdo a lo establecido en la presente ley, sus reglamentos y las normas técnicas correspondientes.

## TITULO V INFORMACION SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

#### Artículo 37.1.- Declaración y manifiesto de manejo

Los generadores de residuos sólidos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal remitirán anualmente a la autoridad de su Sector una Declaración de Manejo de Residuos Sólidos en la que detallaran el volumen de generación y las características del manejo efectuado, así como el plan de manejo de los residuos sólidos que estiman que van a ejecutar en el siguiente periodo.

## TITULO VII INSTRUMENTOS ECONOMICOS

#### Artículo 43.- Establecimiento de incentivos

Las autoridades sectoriales y municipales establecerán condiciones favorables que directa o indirectamente generen un beneficio económico, a favor de aquellas personas o entidades que desarrollan acciones de minimización, segregación de materiales en la fuente para su

reaprovechamiento, o de inversión en la tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo de los residuos sólidos en los sectores económicos y actividades vinculadas con su generación.

#### Artículo 45.- Recuperación de envases y embalajes

En aquellos casos en que sea técnicamente y económicamente factible, el Estado, a través de sus órganos competentes, promoverá la creación de mercados de subproductos y que los fabricantes nacionales y distribuidores de productos importados establezcan mecanismo que involucren la participación de los consumidores en la recuperación de envases y embalajes re aprovechables o peligrosos, así como de materiales re aprovechables en general, los que pueden incluir incentivos económicos u otras modalidades.

#### **2.12.3 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS D.S. N° 057-2004-PCM**

Se reglamenta la ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, a fin de asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana.

## **III. MATERIALES Y METÓDOS**

### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN**

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa MADERERAS LECIC S.A. ubicada en la calle Separadora Industrial 424, distrito de Ate Vitarte, Lima.

El rubro de la empresa es la producción de pisos de madera machihembrados, parquetón, socalos y pasos de escaleras. El proceso que se investigó en el presente trabajo fue la elaboración de pisos de madera machihembrada.

Cuenta aproximadamente con 15 empleados, entre operativos y administrativos. Es líder en la fabricación de pisos de madera machihembrada en la Región Lima, abasteciendo principalmente al mercado nacional y exportando principalmente a China.

La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

### **3.2 MATERIA PRIMA**

Residuos sólidos generados en la elaboración de pisos de madera machihembrada de dimensiones promedio de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m y 23.0mm x 13.7cm x 30.1m.

### **3.3 EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **3.3.1 EQUIPOS**

- Balanza analítica de 0,1mg de precisión
- Balanza Romana de 100 kg
- Computadora portátil
- Cámara fotográfica digital
- Impresora Hp deskjet 2050

- Equipos de protección personal (mascarillas, protectores auditivos, cascos, guantes, lentes de protección)
- Cinta métrica metálica de 5 m
- Cilindros de plástico industrial de 100 L
- Tamices de N° 10 (2,000 mm), 20 (0,850 mm), 40(0,425 mm), 60(0,250 mm).

### **3.3.2 MATERIALES**

- Sacos de polietileno de 0,6 x 1 m
- Bolsas plásticas de 0,6 x 1 m
- Lupa de metal de 10x
- Etiquetas codificadoras
- Libretas de campo
- Memoria usb 4 GB.
- Útiles de escritorio
- Otros

### **3.4 METODOLOGÍA**

La presente investigación se realizó en tres fases: De campo, laboratorio y gabinete.

#### **3.4.1 FASE DE CAMPO**

La entrevista se realizó en las instalaciones de la empresa maderera LECIC S.A.C. Se contó con la participación del Jefe de producción, administradora y proponentes.

La propuesta de manejo de residuos madereros, fue presentada al jefe de producción y administración de la empresa con la finalidad de informar la metodología planteada y contar

con el apoyo y recursos necesarios en información del área administrativa, así como en el desarrollo de los procesos por parte del Jefe de producción.

En la entrevista, también se señalaron los beneficios que se generarían para la empresa al culminar el presente trabajo, se destaca lo siguiente:

- Masa y volumen de residuos generados por la empresa.
- Usos alternativos que se pueden dar a los residuos generados en el proceso de transformación.

Al término de la entrevista se realizó la visita guiada de la planta de producción de pisos de madera, como una primera aproximación para identificar los procesos que generan mayor cantidad de residuos, tipos de residuos y datos para el desarrollo del trabajo.

#### **a. Visitas programadas a la Empresa Madereras LECIC S.A**

Se llevó a cabo durante el horario de trabajo, y con el apoyo del jefe de producción, para poder observar cada actividad u operación en la producción de pisos de madera. Se identificaron los tipos de residuos, periodicidad en su generación, información concerniente a la capacidad de producción, procedencia de la madera y destino del producto.

#### **b. Análisis del proceso de obtención de pisos de madera**

Se realizó mediante un mapeo del proceso, en él se identificaron las diferentes operaciones, así como las entradas de materia prima e insumos; salidas del producto terminado y/o subproductos y los residuos generados durante el proceso.

#### **c. Recolección y transporte de los residuos sólidos**

Consistió en el recojo de muestras de los residuos generados en el tiempo programado para esta actividad, durante 9 días consecutivos. Tomando como referencia lo indicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS), se contó con equipos de protección personal como mascarillas, guantes y ropa apropiada.

#### **d. Caracterización de los residuos sólidos**

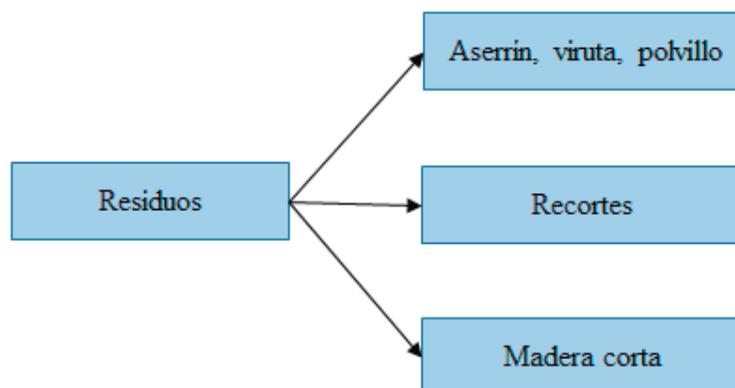
Se caracterizó por cantidad, tipo y tamaño de los residuos maderables durante 9 días.

##### **d.1. Cantidad**

Se midieron 378 tablas; 319 de dimensiones promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 59 de dimensiones promedio de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m.

##### **d.2. Clasificación**

En la Fig. 2 se presenta los residuos identificados en el proceso de elaboración de pisos de madera.



**Figura 2: Identificación de tipo de residuos sólidos maderables**

##### **d.3 Granulometría del aserrín /viruta**

Se tomaron dos muestras de aserrín en la operación de cepillado, canteado y moldurado, colocándolas en bolsas plásticas y trasladadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Agrícola.

#### **3.4.2 FASE DE LABORATORIO**

Se determinó la densidad aparente de los residuos generados en cada operación para la obtención de pisos de madera. Asimismo se determinó el coeficiente de apilado de los recortes

de madera en la operación de canteado y la granulometría del aserrín. Se utilizó el método sugerido por (Bustamante, 2010).

La densidad aparente fue analizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Agrícola.

### **a. Densidad aparente de los residuos**

#### **a.1 Densidad aparente del aserrín**

Se recolectaron dos muestras de aserrín, las cuales fueron colocadas en un recipiente de volumen y peso conocido. De forma suave, se golpeó el recipiente hasta que el volumen de aserrín se uniformice. Seguidamente se pesó el recipiente con la muestra de aserrín.

Para ello se emplearon las siguientes fórmulas:

$$m_{AS} = m_{AS-REC} - m_{REC} \quad \text{[Fórmula 1]}$$

$$Da_{AS} = \frac{m_{AS}}{v_{AS}} \quad \text{[Fórmula 2]}$$

$$Da_{AS-X} = \frac{\Sigma Da_{AS}}{2} \quad \text{[Fórmula 3]}$$

Dónde:

mas : Masa de la muestra de aserrín (g)

mAS-REC : Masa de la muestra de aserrín y el recipiente (g)

mREC : Masa del recipiente (g)

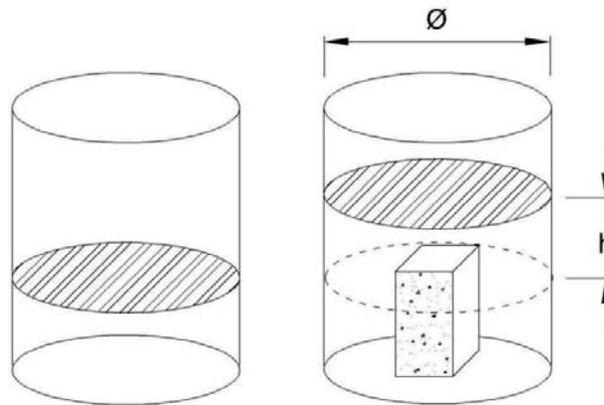
DaAS : Densidad aparente del aserrín (g/cm<sup>3</sup>)

vAS : Volumen ocupado por el aserrín en el recipiente (cm<sup>3</sup>)

Da AS -X : Densidad aparente promedio del aserrín (g/cm<sup>3</sup>)

## a.2 Densidad aparente de los recortes de madera

Se determinó la masa los recortes de madera pesando dos muestras y el volumen de las mismas, se halló por el método de desplazamiento de agua. Este consistió en usar un recipiente de volumen conocido, el cual contuvo un volumen de agua conocido. El volumen de los recortes fue igual el volumen de agua desplazada al introducir las mismas. Tal como se puede observar en la figura 3.



**Figura 3: Determinación del volumen del residuo por el método de desplazamiento de agua**

De la figura 3 se determinó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de residuo} = \text{volumen del agua desplazada} = V_{re} = \frac{\pi h \varnothing^2}{4} \quad [\text{Fórmula 4}]$$

Dónde:

h : Altura resultante del volumen de agua desplazado (m)

Ø : Diámetro del cilindro (m)

V<sub>re</sub> : Volumen de los recortes de madera (cm<sup>3</sup>)

Finalmente la densidad aparente de los recortes de madera se halló utilizando las siguientes relaciones:

$$Da_{m-R} = \frac{m_{m-R}}{V_{re}} \quad \text{[Fórmula 5]}$$

$$Da_R = \frac{\Sigma Da_{m-R}}{2} \quad \text{[Fórmula 6]}$$

Dónde:

$Da_{m-R}$  : Densidad aparente de cada muestra de recortes madera (kg/m<sup>3</sup>)

$m_{m-R}$  : Masa de la muestra los recortes madera (kg)

$V_{re}$  : Volumen de la muestra de los recortes de madera (m<sup>3</sup>)

$Da_R$  : Densidad aparente promedio de los recortes de madera (kg/m<sup>3</sup>)

#### **b. Coeficiente de apilado**

Tiene como finalidad determinar el volumen real de residuos de una pila de recortes de madera.

Para ello fue necesario hallar el volumen real, empleando la siguiente fórmula:

$$v_{REAL} = \frac{m_R}{Da_R} \quad \text{[Fórmula 7]}$$

Dónde:

$m_R$  : Masa de la muestra de recortes de madera ( kg)

$V_{REAL}$  : Volumen real en una pila de recortes de madera (m<sup>3</sup>)

$Da_R$  : Densidad aparente de los recortes de madera (kg/m<sup>3</sup>)

Seguidamente, se procedió a determinar el coeficiente de apilado empleando la siguiente relación:

$$Ca_R = \frac{v_{REAL}}{v_{APILADO}} \quad \text{[Fórmula 8]}$$

Dónde:

CaR : Coeficiente de apilado de los recortes de madera

v REAL : Volumen real de recortes de madera (m3)

v APILADO : Volumen apilado de recortes de madera (m3)

### c. Granulometría del aserrín

Las 2 muestras recolectadas en la fase de campo fueron homogenizadas para luego ser pesadas y colocadas en una batería de 4 tamices; N° 10 (2,000 mm), 20 (0,850 mm), 40 (0,425 mm) y 60 (0,250 mm) por periodos de aproximadamente 20 minutos, hasta que las partículas dejaron de caer; seguidamente se pesó la fracción retenidas en cada tamiz. El porcentaje de retención en cada tamiz se halló mediante la siguiente fórmula:

$$T_{as} = \frac{mp - as}{mas} \times 100 \quad \text{[Fórmula 9]}$$

Dónde:

Tas : Porcentaje de aserrín retenidas por el tamiz N° 10, 20,40, 60.

mp – as : Masa de las partículas de aserrín retenidas por el tamiz (g).

mas: : Masa de la muestra de aserrín (g).

Luego se procedió a la determinación del volumen de cada fracción retenida en cada tamiz, con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{[Fórmula 10]}$$

Dónde:

V : Volumen (m<sup>3</sup>)

m : Masa (kg)

p : Densidad (m<sup>3</sup>/kg)

### 3.4.3 FASE DE GABINETE

Se realizó el procesamiento, cálculo y análisis de los datos y de los valores finales para determinar la cantidad de residuos sólidos que genera la empresa y el rendimiento.

#### a. Volumen

Se realizó un seguimiento de los volúmenes de entradas y salidas de las tablas a lo largo de todo el proceso hasta la realización del producto, según la siguiente fórmula:

$$V1 = (Vo - Vf)N \quad \text{[Fórmula 11]}$$

Dónde:

V1 : Volumen parcial de los residuos en una operación del proceso (m<sup>3</sup>)

Vo : Volumen inicial de una tabla de madera (m<sup>3</sup>)

Vf : Volumen final de una tabla de madera (m<sup>3</sup>)

N : Numero de tablas

La sumatoria de los volúmenes parciales de cada operación fue la cantidad total de residuo generada a lo largo del proceso.

$$Vt = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 \quad \text{[Fórmula 12]}$$

Dónde:

Vt : Volumen total de residuos (m3)

V1 : Volumen parcial del sierra radial/garlopa (m3)

V2 : Volumen parcial de la cepilladora (m3)

V3 : Volumen parcial de la canteadora (m3)

V4 : Volumen parcial de la moldurera (m3)

V5 : Volumen parcial de la retestadora (m3)

#### **b. Rendimiento**

Se calculó el rendimiento del proceso en base a la siguiente formula:

$$R = \frac{Vf}{Vo} 100 \quad \text{[Fórmula 13]}$$

Dónde:

R : Rendimiento (%)

Vf : Volumen final (m3)

Vo : Volumen inicial (m3)

Con los datos obtenidos en las distintas fases, se procedió a elaborar la propuesta Plan de Manejo de Residuos Sólidos para la empresa maderera. Para ello, se consideró adicionar los siguientes ítems:

#### **Identificación de impactos generados por residuos sólidos madereros**

En el proceso de fabricación de pisos de madera machihembrada se identificaron los impactos en las siguientes etapas según el mapeo de procesos.

- Ingresos de materias primas e insumos.

- Salidas o emisiones como resultado del proceso.
- Situaciones potenciales que podrían ocasionar impactos al ambiente.

Luego se procedió a realizar un diagrama de flujo y a su respectiva evaluación. Para ello se empleó la metodología adaptada por (Rojas 2011), tomada de la Guía Metodológica para la Evaluación de Impactos Ambientales – CONESA 2005, para determinar el grado de significancia de los impactos ambientales encontrados. En la tabla 2, se presenta la matriz de evaluación de impactos ambientales.

**Tabla 2: Matriz de evaluación de impactos ambientales**

Proceso	Actividad	Aspecto ambientales	Impactos ambientales	Grado de significancia del aspecto			Valoración cualitativa del impacto	
				MG	RV	PR	IM	CL

FUENTE: ROJAS N, CERNA M, 2011.

Dónde:

MG : Magnitud del impacto ambiental.

RV : Reversibilidad.

PR : Periodicidad.

IM : Importancia del efecto.

CL : Clasificación del impacto ambiental

Como se observa en la matriz de impactos ambientales, existen cuatro criterios de evaluación: magnitud del impacto ambiental (MG), reversibilidad (RV), periodicidad (PR). Para determinar la importancia del efecto (IM), cada criterio fue calificado con valores que van en el rango del 1 al 3, en función al impacto que se generó en la empresa. Es a partir de la sumatoria del valor cualitativo asignado, donde resulta la clasificación del impacto ambiental (CL). En la tabla 2 se presentan los criterios de significancia cualitativa aplicados a los aspectos ambientales.

**Tabla 3: Criterios de significancia cualitativa de los aspectos ambientales**

Denominación o significancia del criterio	Valor	Clasificación	Impactos
Magnitud del impacto ambiental (MG). Se refiere al área de influencia del impacto	1	Baja	Impacto negativo, no es percibido por la comunidad
	2	Media	Impacto negativo, afecta únicamente al área de la empresa, es percibido como grave por las partes interesadas
	3	Alta	Impacto negativo, se manifiesta fuera de la empresa, es percibido como algo grave.
Reversibilidad (RV) Posibilidad de regresar a las condiciones iniciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible a corto, mediano o largo plazo. Es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales.	1	Baja	Impacto negativo, hay alguna afectación mínima al ambiente o a la persona; el impacto no tiene evidencias de ocurrencia, la comunidad no se considera afectada por el impacto real o potencia.
	2	Media	Impacto negativo, afecta a afectaría reversiblemente al ambiente o al personal; la frecuencia de ocurrencia del impacto es menor o la tendencia no esta definida.
	3	Alta	Impacto negativo, daños graves o irreversibles al ambiente o al personal, el impacto es frecuente o existe una tendencia definida a desarrollarse.
Periodicidad (PR). Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto	1	Baja	Impacto negativo, el efecto se manifiesta de forma impredecible
	2	Media	Impacto negativo, el efecto se manifiesta de forma cíclica o recurrente
	3	Alta	Impacto negativo, el efecto se manifiesta constante en el tiempo.
<b>VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO</b>			
Importancia del efecto (IM) Se obtienen a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados	$IM=+(MG+RV+PR)$		
Clasificación del impacto (CL)	NS	No significativo	Si el valor es menor e igual a 4
	MO	Moderado	Si el valor es mayor a 4 e igual menor a 6
	SG	Significativo	Si el valor es mayor a 6 o menor igual a 9

FUENTE: ROJAS N, CERNA M, 2011.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa en su estructura organizativa presenta 2 áreas: Administrativa y Producción. En el área administrativa se encuentran los departamentos de contabilidad, logística, recursos humanos y ventas; en el área de producción donde se realiza el proceso de transformación de tablas a pisos machihembrados, está dividida en zona 1, que se encarga de la habilitación de las tablas, y zona 2, de las operaciones de machihembrado, empaquetado y almacenado hasta su posterior comercialización. Como se puede observar en la Figura 4.

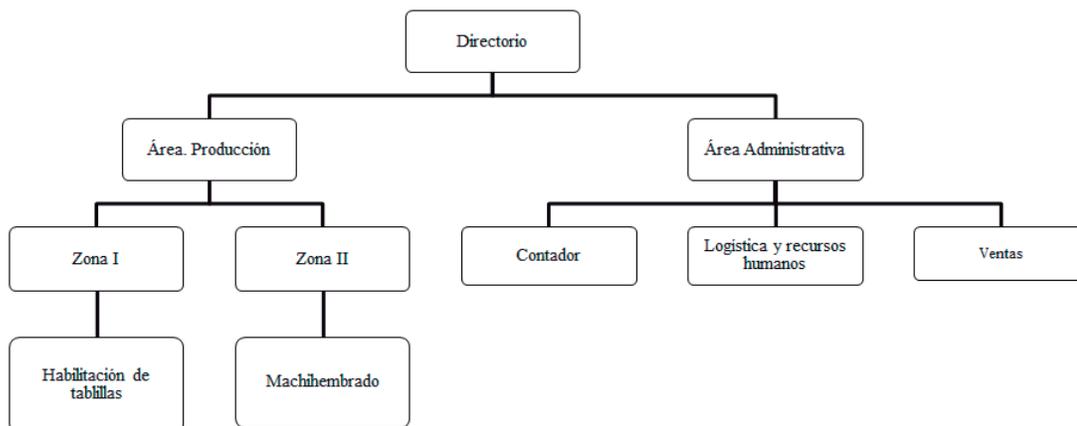


Figura 4: Organigrama de la empresa

#### 4.1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

La producción se inicia con la llegada de madera seca en forma de tablas de dimensiones promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 26.9mm x 13.9cm x 3.1m, provenientes del horno de secado. Estas pasan por las diferentes operaciones, las cuales son:

##### Clasificación

Las tablas son clasificadas de acuerdo al largo y agrupadas en lotes de 300 a 400 tablas, para luego ser transportados a la máquina cepilladora.

Antes del cepillado como lo señala el diagrama de flujo en la Figura 5. Esta el garlopeado y dimensionado.

### **Dimensionado o garlopeado**

Las tablas que presentan torceduras leves son derivadas a la máquina garlopeadora, mediante esta operación se trata de escuadrar la tabilla, eligiéndose la mejor cara o canto para que sea escuadrada con un ángulo de 90°; las de torcedura moderada son llevadas a la sierra radial para que sean dimensionadas, siendo retiradas las partes torcidas.

Las tablas resultantes de estas operaciones son integradas al proceso productivo, iniciado por la operación de cepillado.

Los residuos que se generan son: Madera corta, aserrín y polvillo. Estos son transportados por los trabajadores hacia los costales de rafia acondicionados cercanos a las máquinas.

### **Canteado**

El canteado es el corte longitudinal que se le da a la madera, en el cual se escuadra el borde de las tablas, con la finalidad de eliminar los cantos o defectos que se presenten en los extremos laterales, la empresa secciona las tablas con la finalidad de dar un ancho comercial.

Los residuos originados son: recortes, aserrín y polvillo. Los recortes son transportados hacia los costales de rafia y el resto es barrido y dispuesto en los mismos costales.

### **Cepillado**

Esta operación tiene la finalidad de dar una superficie alisada a cada uno de las tablas, la operación se inicia cuando el operario realiza una evaluación del nivel de torcedura que presenta cada una de las tablas antes de ser ingresadas a la máquina, retirando del lote aquellas tablas que presentan torceduras y trasladándolas a la máquina garlopeadora o sierra radial.

Los residuos que se generan en esta operación son: viruta, aserrín y polvillo, los cuales son aspirados por las mangas instaladas en la máquina.

### **Moldurado**

Es la operación que da formación al machihembrado de cada una de las tablas, en las cuales se realiza el corte a nivel de los cantos (largo de las tablas).

Los residuos originados son: aserrín y polvillo, que son transportados por las mangas aspiradoras.

### **Retestado**

Es la operación final en el proceso de machihembrado, en el cual se realiza el corte a nivel de las cabezas en cada una de las tablas.

Los residuos generados son: aserrín y polvillo, siendo transportados por las mangas aspiradoras.

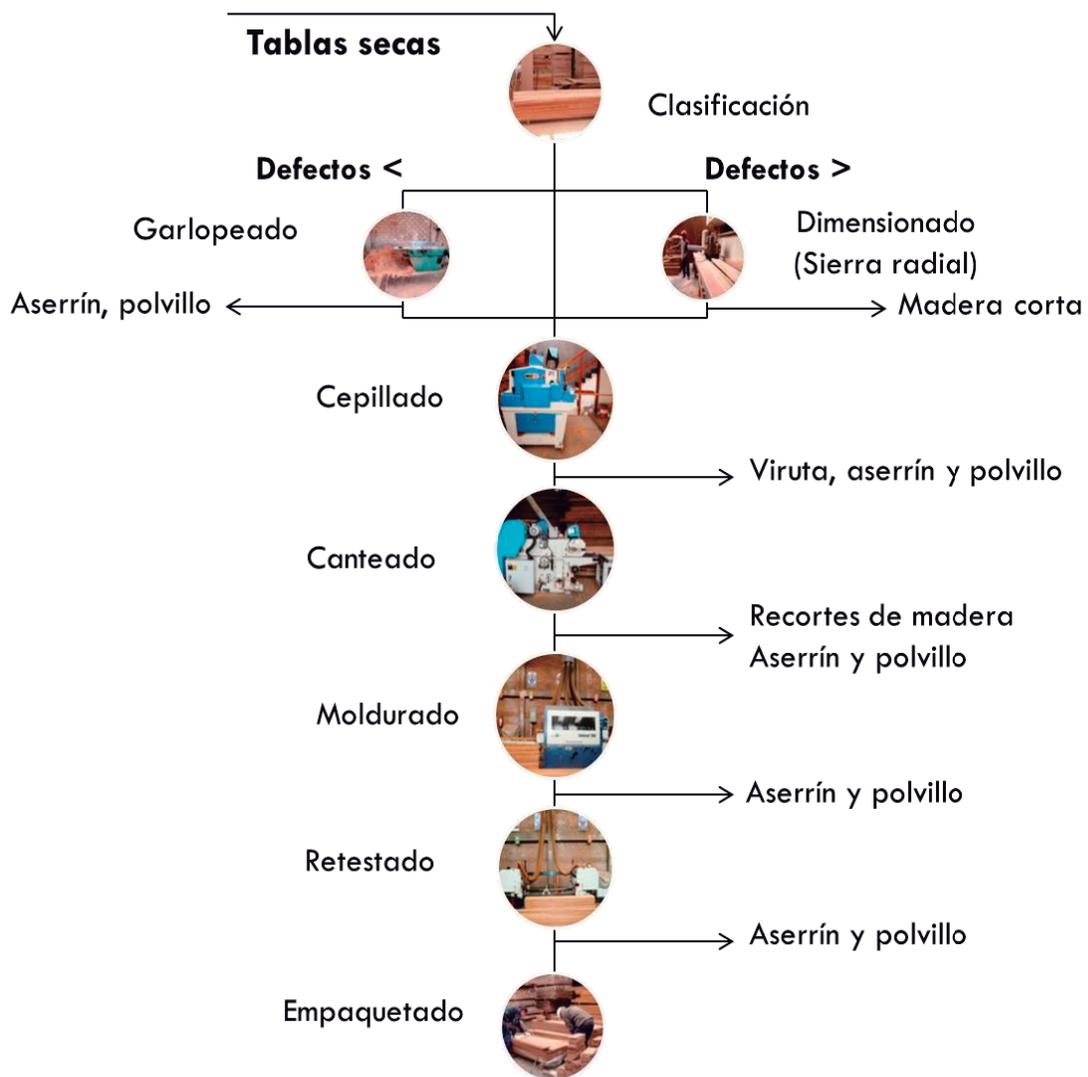
### **Empaquetado y almacenado**

Las tablas son trasladadas a un área acondicionada, donde son empaquetadas de acuerdo al pedido del cliente y almacenadas hasta su comercialización y/o exportación.

### **Inspección final**

Finalmente el jefe de producción realiza la inspección de los lotes empaquetados, los registra, los marca y ordena de acuerdo a la prioridad de entrega.

En la figura 5 se presenta el diagrama de operaciones del proceso.



**Figura 5: Diagrama de flujo de las operaciones**

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS MADERABLES

### 4.2.1 RENDIMIENTO TOTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En la tabla 4 se presentan los valores del rendimiento de pisos machihembrados y los residuos generados en el proceso, se puede observar que las tablas de dimensiones promedio 26.9mm x 13.9cm x 3.1m presentaron rendimiento de 56,4 por ciento, con 3,8 por ciento más que las tablas de dimensiones promedio 23.0mm x 13.7cm x 3.1m.

Las tablas que presentaron mayor cantidad de residuos fueron las de dimensiones promedio 23.0mm x 13.7cm x 3.1m, con 47,4 por ciento y 1253.0 Kg de masa por muestra evaluada. Asimismo las tablas de dimensiones promedio 26.9mm x 13.9cm x 3.1m, obtuvieron 43,6 por ciento de residuos y 250,6 Kg de masa.

La diferencia de residuos generados es debido a que las tablas de dimensiones promedio 23.0mm x 13.7cm x 3.1m presentaron mayor variedad de espesores antes de iniciar el proceso, sin embargo las tablas de dimensiones promedio 26.9mm x 13.9cm x 3.1m, presentaron mayor homogeneidad en los espesores, y por tanto un menor corte en el proceso de cepillado.

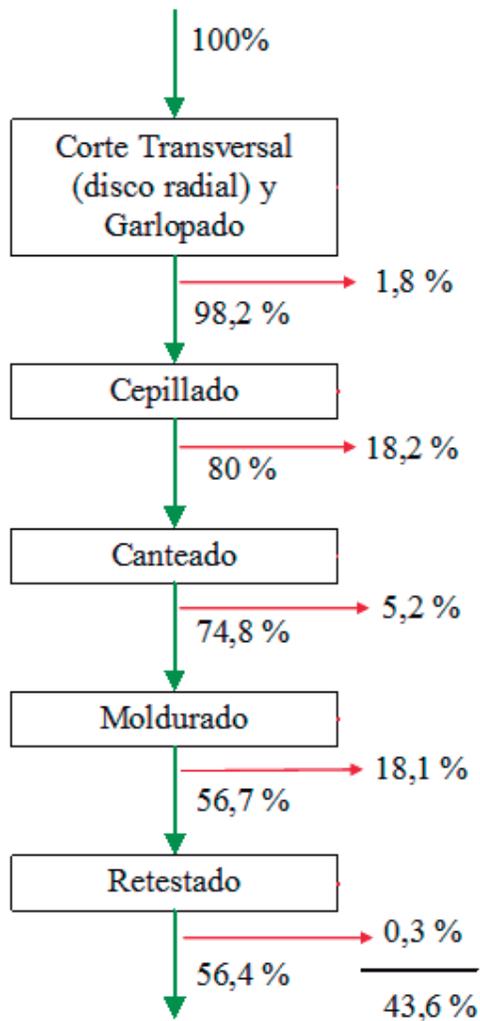
En cuanto a la diferencia de valores en masa y volumen de ambas tablas se debe a la cantidad de muestra evaluada, así mismo para las tablas con dimensiones promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m, se dispuso de 319 unidades mientras que las dimensiones promedio de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m con 59 unidades, razón por la cual se puede observar la mayor masa y volumen de la primera. Esto debido a que durante el periodo de evaluación, la empresa contaba con ese stock de materia prima siendo el siguiente lote de producción de ambas dimensiones programado para un periodo dos meses posteriores a la evaluación.

**Tabla 4: Resultados del total de residuos generados**

<b>Dimensiones promedio de las tablas evaluadas</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Residuos generados (%)</b>	<b>Masa total de residuos (Kg)</b>	<b>Volumen total de residuos (m3)</b>
23.0mm x 13.7cm x 3.1m	52,6	47,4	1253,0	1,4
26.9mm x 13.9cm x 3.1m	56,4	43,6	250,6	0,3

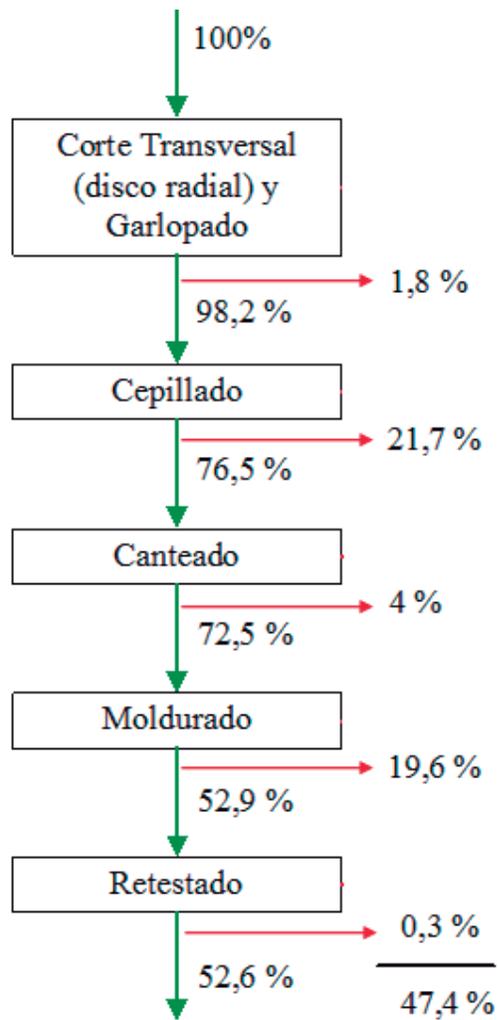
#### **4.2.2 RENDIMIENTO DE RESIDUOS POR OPERACIÓN**

En la figura 6 se presenta los rendimientos y la cantidad de residuos generados en cada una de las operaciones del proceso. La operación que generó mayor cantidad de residuos fue el cepillado con 18,2 por ciento, seguido por el moldurado con 18,1por ciento. Esto es debido a que en el cepillado se consume en promedio 0,5 cm de espesor y en el moldurado 1,5 cm de ancho en cada tabla.

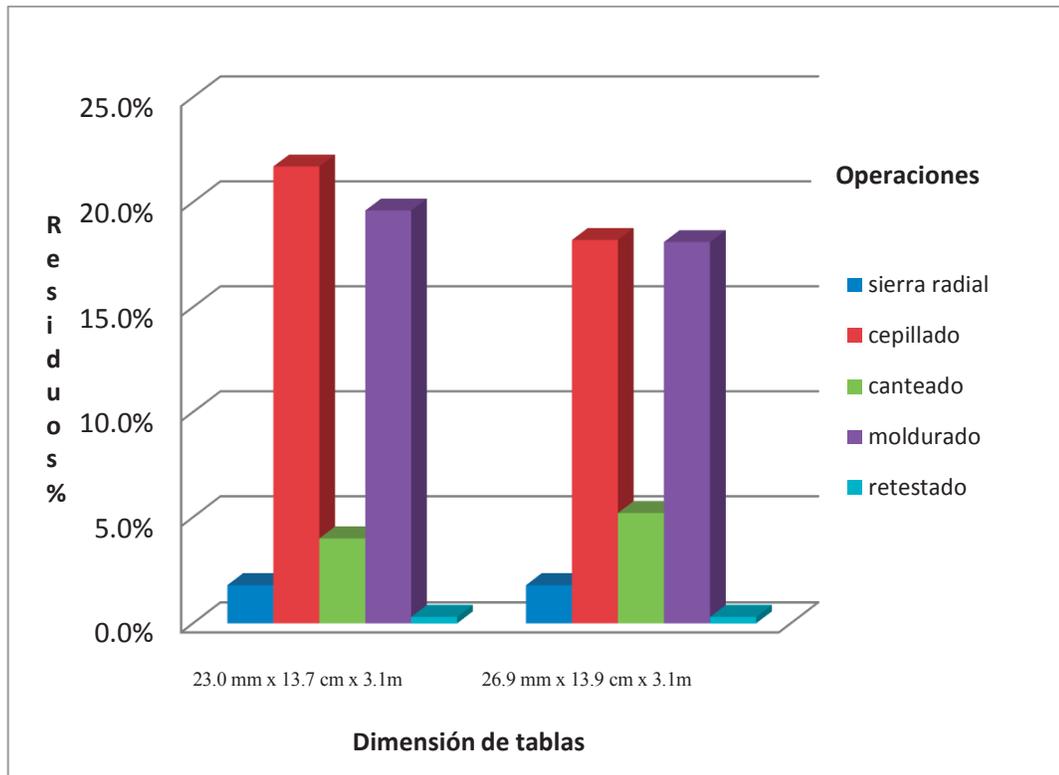


**Figura 6: Rendimiento y porcentaje de residuos sólidos generados en la fabricación de pisos machihembrados de 1''x5''x10'**

En la figura 7 se observa que la mayor cantidad de residuos proviene de la operación de cepillado con 21.7 por ciento y en segundo lugar el moldurado con 19.6 por ciento. Esto es debido a que el cepillado consume en promedio 0.5 cm de espesor y el moldurado 1.5 en el ancho de cada tabla.



**Figura 7: Rendimiento y porcentaje de residuos sólidos generados en la fabricación de pisos machihembrados de 3/4''x5''x10'**



**Figura 8: Porcentajes de residuos sólidos por operaciones generados por tablas de dimensiones promedio 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 26.9mm x 13.9cm x 3.1m**

En la figura 8 se presenta los porcentajes de residuos generados en cada una de las operaciones del proceso para ambas dimensiones de tablas. Las operaciones que generaron mayor cantidad de residuos fueron las realizadas con las tablas de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m, superando a las de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m en una diferencia de 3.5 por ciento en la operación de cepillado y 1.5 por ciento en el moldurado.

Cabe señalar que a pesar de que las tablas son adquiridas de aserraderos donde la materia prima proviene de bosques heterogéneos y sin ningún manejo (presentando diferentes tamaños de diámetros y alturas). La empresa cuenta con un adecuado control de calidad en la selección de las tablas, pues adquieren la materia prima con dimensiones en lo posible, homogéneas.

### 4.2.3 DENSIDAD APARENTE

#### a. Densidad aparente del aserrín y viruta

Con el volumen y masa se determinó la densidad aparente en las operaciones donde se generaron mayor cantidad de residuos, estos son mostrados en la tabla 5.

Los residuos viruta, aserrín y polvillo originados en la operación de cepillado obtuvieron densidad aparente, de 0,12 g/cm<sup>3</sup> en comparación a los residuos generados en el canteado y moldurado de 0,33 y 0,29 g/m<sup>3</sup> respectivamente. Por lo que se puede inferir que los residuos generados en la operación de canteado ocupan un menor volumen en el área de disposición de residuos internos de la empresa.

**Tabla 5: Densidad aparente de viruta y aserrín**

Operación	Muestra	Tipo de residuo	Masa (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	
					Por muestra	promedio
Cepillado	1	Viruta. aserrín y polvillo	9,77	80	0,12	0,12
	2	Viruta. aserrín y polvillo	8,67	80	0,11	
Canteado	1	Aserrín y polvillo	26,44	80	0,33	0,33
	2	Aserrín y polvillo	25,60	80	0,32	
Moldurado	1	Aserrín y polvillo	22,64	80	0,28	0,29
	2	Aserrín y polvillo	23,80	80	0,29	

#### b. Densidad aparente de los recortes de madera

En la tabla 6 se pudo observar que la densidad aparente de los recortes de madera proveniente de la operación de canteado es 0,82 g/cm<sup>3</sup>. Comparando la densidad aparente con los del aserrín y polvillo de la tabla 6 se puede inferir que los residuos (recortes de madera) provenientes de la operación de canteado son los que ocupan un menor volumen.

**Tabla 6: Densidades aparente de recorte de madera**

Operación	Muestra	Tipo de residuo	Masa (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	
					Por muestra	promedio
Canteado	1	Recorte de madera	960	1200	0,80	0,81
	2	Recorte de madera	1001	1208	0,83	

#### 4.2.4 COEFICIENTE DE APILADO

El coeficiente de apilado (CP) determina el volumen real en una determinada pila de madera, en la tabla 7 se observa que el Coeficiente de apilado presentó un valor de 0,021, aplicado solo a los recortes provenientes de la operación de canteado debido a que fueron los únicos residuos a los cuales se pudo medir un volumen exacto. El bajo valor corresponde a los pocos espacios que había entre las maderas. Con referencia a los rangos que este valor debe de tener, no se encontró literatura correspondiente al rango de oscilación para piezas de maderas cortas, como es en el caso del canteado, solo los valores teóricos para leñas que oscilan en 0,55 y 0,75. Asimismo, existen diferentes factores de determinan estos valores, como son el diámetro de la madera, longitud, rectitud, nudos y acomodo del operario.

Para los demás residuos; aserrín, viruta y polvillo, su medición se vió limitada ya que eran transportados por las mangas aspiradoras a un ambiente reservado (cuarto de disposición interna).

Los residuos provenientes de la operación de dimensionado (sierra radial) y garlopeado; como son madera corta, aserrín y polvillo, no fueron evaluados porque las cantidades generadas fueron mínimas en el proceso. Los datos aproximados de los residuos generados en estas operaciones fueron proporcionados por la empresa.

**Tabla 7: Coeficiente de apilado (CP) de los residuos originados en la operación de canteado**

<b>Operación</b>	<b><math>m_R</math> (g)</b>	<b><math>Da_R</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>VREAL (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>V apilado (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>CP</b>
Canteado	980.5	0,81	1204.5	57700	0,021

Dónde:

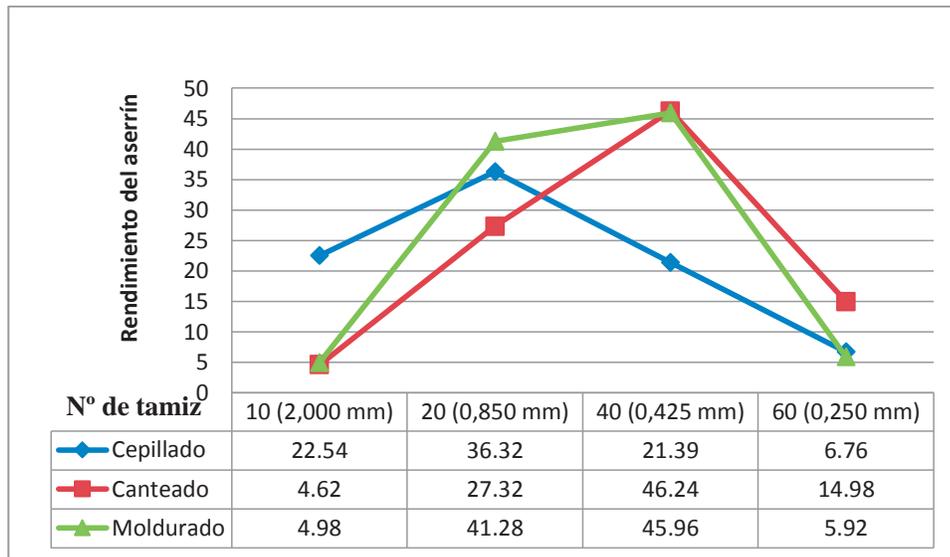
$m_R$  : Masa de la muestra de los recortes de madera ( kg)

VREAL : Volumen real en una pila de recortes de madera (m3)

$Da_R$  : Densidad aparente de los recortes de madera (kg/m3)

#### **4.2.5 GRANULOMETRÍA DEL ASERRÍN**

La granulometría se realiza con la finalidad de determinar las cantidades de aserrín retenidos por un determinado N° de tamiz en cada una de las operaciones donde se generen mayor cantidad de residuos, cada N° de tamiz está relacionado a determinadas dimensiones de partículas, tamiz N° 10 (2,000 mm), N° 20 (0,850 mm), N°40 (0,425 mm) y N° 60 (0,250 mm), indicando así posiblemente el uso posterior en la formación de otros productos tales como briquetas, tableros, etc.



**Figura 9: Porcentajes de residuos de aserrín por operaciones y tamaño de partículas**

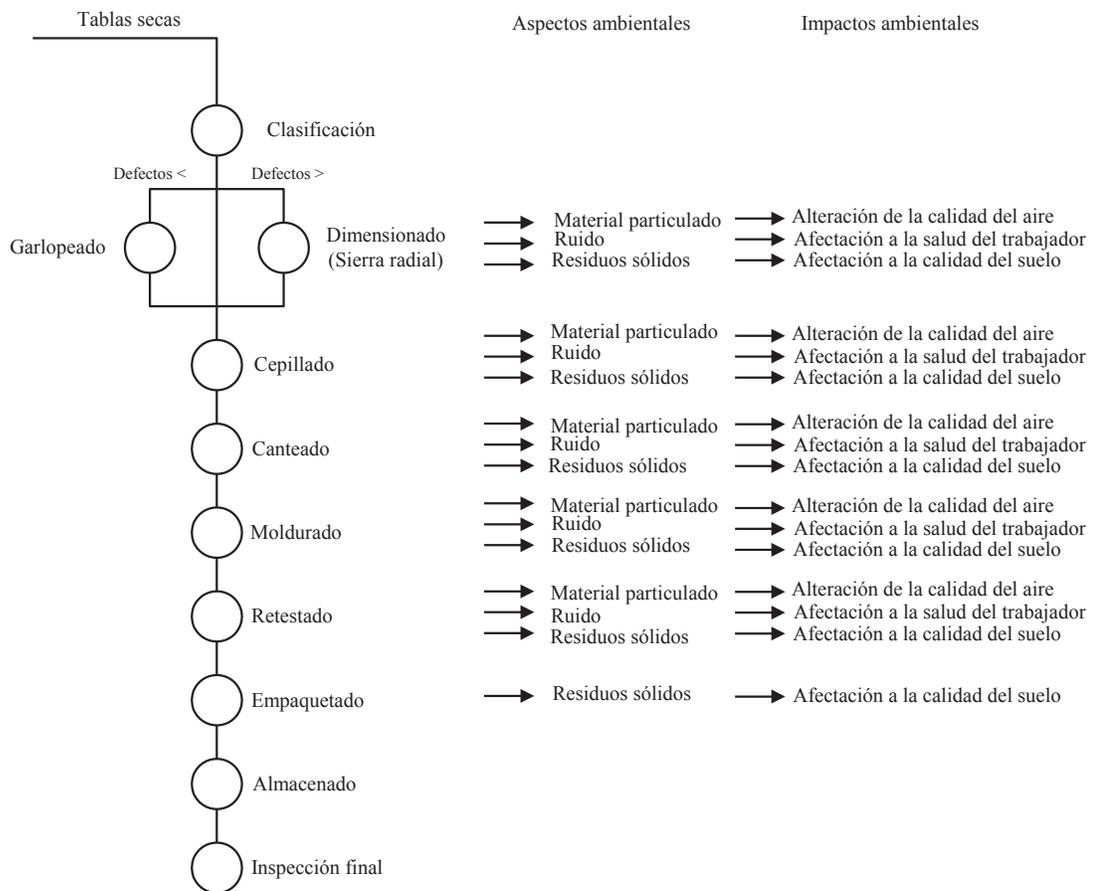
La figura 9, muestra el rendimiento de residuos de aserrín por operación y tamaño de partículas, obtenidas mediante tamices de 10, 20, 40, y 60, con tamaños de partículas de 2,000 mm, 0,850 mm, 0,425 mm, 0,250 mm respectivamente.

En la operación de cepillado, generadora de la mayor cantidad de residuos, el mayor rendimiento lo obtuvo las partículas retenidas en el tamiz N° 20 con 36,3 por ciento, correspondiente a un tamaño de partículas de 0,850 mm, seguidas por 10, 40 y 60. En el canteado el mayor valor corresponde a las partículas retenidas en el tamiz N° 40, con 46.2 por ciento y tamaño de partículas de 0,425 mm, seguido de los tamices N° 20, 60 y 10. Asimismo en la etapa del moldurado el mayor valor le corresponde a las partículas retenidas en el tamiz N°40, con un tamaño de partículas de 0,425 mm, seguido de lo retenido en los tamices 20, 60 y 10.

Podríamos inferir que los mayores rendimientos se dieron en las operaciones de moldurado y canteado con las partículas de 0,425 mm retenidas en el tamiz N° 40. Las mismas que podrían tener un uso potencial como aglomerados en tableros de partículas. Debiéndose antes examinar si cumplen con los rangos de densidades requeridos para estos fines, pues al ser maderas de densidades altas, podrían presentar problemas en el proceso de aglomeración.

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS MADEREROS

En la figura 10 se presenta la relación de impactos ambientales que se originaron durante el proceso de obtención de pisos de madera machihembrada. Se puede observar que en todas las etapas de elaboración del producto, con excepción del empaquetado, se producen los mismos residuos; material particulado, ruido y residuos sólidos maderables. Afectando con un impacto negativo a la calidad del aire, suelo y trabajadores.



**Figura 10: Identificación de aspectos e impactos ambientales en línea de producción de pisos machihembrados**

#### **4.3.1 MATRIZ DE IMPORTANCIA**

En base a la identificación de los impactos ambientales en la empresa maderera se procedió a la evaluación de cada uno de estos empleando la matriz que se muestran en el anexo 1.

#### **4.3.2 GRADO DE IMPORTANCIA**

Como se puede observar en la tabla 8, el grado de importancia para cada una de las operaciones de producción de pisos de madera machihembrada, en los impactos sobre suelo y energía fue no significativo (NS), pudiendo ser mitigados o corregidos.

Sin embargo, el único criterio significativo (SG) se obtuvo en la afectación de la salud del trabajador, siendo el ruido y el material particulado los principales factores que conducen a este resultado.

El material particulado obtuvo una valoración moderada (MO), impactando la calidad del aire y como consecuencia también a la salud del trabajador. Si bien este, por ser un residuo maderable no es tan tóxico, presentan un riesgo para los pulmones y reducen la visibilidad del operario. Del mismo modo, la contaminación acústica o ruido, si bien no se acumula, se traslada o mantiene en el tiempo y puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas.

Asimismo el aserrín fue clasificado como un residuo no peligroso, debido a que no cumple con las características establecidas en el anexo 6 de Reglamento de la Ley N°27314, Ley General de residuos sólidos, a pesar de tener un poder calorífico superior promedio de 4751 cal/g y cuya acumulación proporciona una fuente de combustible.

De la misma forma la ONU, en su clasificación de materiales y residuos peligrosos, da una designación a los sólidos inflamables, en la cual el aserrín no cumple con las características para pertenecer a dicha designación. Además según la UNECE (La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa), nombra al aserrín como un residuo proveniente de la transformación de la madera, considerándolo peligroso solo si este contiene sustancias (madera preservada) que puedan ser consideradas peligrosas dentro de su composición.

**Tabla 8: Evaluación de los impactos ambientales identificados en el proceso de elaboración de pisos de madera machihembrada**

Proceso	Operación	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Grado de significancia			Valoración cualitativa del impacto	
				PR	RV	MG	IM	CL
Pisos de madera machihembrada	Garlopado	*Material particulado	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
		*Ruido	Contaminación del aire	3	1	2	6	MO
		*Residuos sólidos	Contaminación de suelo	2	1	1	4	NO
		*Consumo de electricidad	Agotamiento de energía	2	1	1	4	NO
	Corte Transversal (Disco radial)	*Ruido	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
		*Residuos sólidos	Contaminación de suelo	2	1	1	4	NS
		*Consumo de electricidad	Agotamiento de energía	2	1	1	4	NS
	Cepillado	*Material particulado	Contaminación del aire	3	1	2	6	MO
		*Ruido	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
		*Residuos sólidos	Contaminación de suelo	2	1	1	4	NS
		*Consumo de electricidad	Agotamiento de energía	2	1	1	4	NS
	Canteado	*Material particulado	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
		*Ruido	Contaminación del aire	3	1	1	5	MO
		*Residuos sólidos	Contaminación de suelo	2	1	1	4	NS
		*Consumo de electricidad	Agotamiento de energía	2	1	1	4	NS
	Moldurado	*Material particulado	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
		*Ruido	Contaminación del aire	3	1	2	6	MO
		*Residuos sólidos	Contaminación de suelo	2	1	1	4	NS
		*Consumo de electricidad	Agotamiento de energía	2	1	1	4	NS
	Retestado	*Material particulado	Afectación a la salud del trabajador	3	2	2	7	SG
*Ruido		Contaminación del aire	3	1	2	6	MO	
*Residuos sólidos		Contaminación de suelo	2	1	1	4	NS	
*Consumo de electricidad		Agotamiento de energía	2	1	1	4	NS	

PR: Periodicidad, RV: Reversibilidad, MG: Magnitud del impacto ambiental, IM: Importancia del efecto, CL: Clasificación del impacto, NS: No significativo, MO: Moderado, SG: Significativo.

#### **4.4 PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA EMPRESA MADERERAS LECIC S.A**

##### **4.4.1 RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS**

La mayor generación de residuos maderables son producidos en la operación de cepillado, con 4905 m<sup>3</sup>/mes (18,2 por ciento) de aserrín y viruta en la producción de pisos de dimensiones promedio 26.9mm x 13.9cm x 3.1m y 3300,4 m<sup>3</sup>/mes (21,7 por ciento) en las de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m le sigue el moldurado con un 4878.0 m<sup>3</sup>/mes (18,1 por ciento) en los pisos de dimensiones promedio de 26.9mm x 13.9cm x 3.1.m y 2981,0 m<sup>3</sup>/mes (19,6 por ciento) en los

pisos de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m. Siendo esta última dimensión la que genera mayor cantidad de merma como se puede apreciar en la tabla 9.

**Tabla 9: Resumen de residuos generados en la empresa maderera**

Operación	Residuo	Tipo	Residuo total (m3/mes)		Residuo (%)	
			¾''x5''x10'	1''x5''x10'	¾''x5''x10'	1''x5''x10'
Dimensionado (Sierra radial) y Garlopeado	Madera corta	No peligroso	0,45	0,25	1,8	1,8
	Aserrín					
Cepillado	Viruta, aserrín y polvillo	No peligroso	4,56	3,07	21,7	18,2
Canteado	Recorte de madera	No peligroso	1,30	0,57	4,0	5,2
	Aserrín					
Moldurado	aserrín	No peligroso	4,53	2,77	19,6	18,1
Retestado	aserrín	No peligroso	0,08	0,04	0,3	0,3

#### 4.4.2 RESIDUOS SÓLIDOS MADERABLES

El manejo de los residuos sólidos maderables dentro de la empresa está a cargo de los mismos trabajadores, estos son los encargados de recolectar los desechos como: recortes de madera y madera corta, disponiéndolos en bolsas grandes de rafia, los cuales se encuentran ubicados cercanos a las máquinas.

Los residuos sólidos generados en las operaciones de cepillado, canteado, moldurado y retestado, son recepcionadas por unas mangas aspiradoras que depositan el aserrín y polvillo en un espacio localizado en el piso superior de la empresa. Periódicamente es trasladado por un camión que transporta el residuo hacia otras instalaciones de la empresa localizada en Chosica, donde se encuentra situado el horno de secado, para ser empleado como fuente de energía.

##### a. Aspectos favorables del manejo de los residuos

- La empresa cuenta con una adecuada segregación de residuos maderables.
- La empresa comercializa algunos residuos como piezas de madera.

- La empresa reusa sus residuos para el proceso de secado de madera.
- La empresa dispone internamente sus residuos en lugares adecuados. Asimismo se controla la limpieza de las áreas productivas.
- La empresa cuenta con mangas aspiradoras especialmente acoplada a las máquinas, las cuales aspiran el aserrín y el polvillo resultantes de los procesos generadores de mayor cantidad de mermas.
- La empresa cuenta con extintores en el área de trabajo y donde se disponen los residuos.

**b. Aspectos por mejorar en la empresa**

- Actualmente la empresa no presenta un plan de manejo de residuos sólidos al Ministerio de la Producción. Documento que deberían cumplir todas las empresas por Ley.
- Implementación de medidas de minimización de residuos en la empresa.
- Implementación de protocolos de prevención de seguridad.
- No cuenta con una adecuada comercialización de residuos de madera corta, recortes de madera y aserrín.

**4.4.3 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MADERABLES**

El manejo de residuos maderables enfatiza las pautas que se debe seguir en cuanto a la segregación, almacenamiento interno, recolección, transporte interno, comercialización o reaprovechamiento, tratamiento y disposición final.

**a. Segregación y almacenamiento**

La segregación implica la separación de un tipo de residuo específico considerando sus características físicas y/o químicas.

Las máquinas de cepillado, canteado, moldurado y retestado contienen mangas aspiradoras las cuales disponen el aserrín y el polvillo en un almacén localizado en el piso superior de la empresa. Esta tecnología evita que los residuos queden vertidos en el suelo y/o suspendidos en el ambiente perjudicando la salud del trabajador. Cabe señalar que la operación de canteado genera residuos (recorte de madera), los cuales son dispuestos en los costales de rafia cercana a la máquina.

Las máquinas de garlopa y sierra radial no cuentan con mangas aspiradoras, los residuos generados tales como madera corta, aserrín y polvillo son dispuestos por los trabajadores en bolsas de rafia, las cuales no se encuentran cerca a la fuente generadora de residuos. Asimismo los trabajadores realizan este proceso empleando eventualmente guantes.

### **Propuesta**

Colocar los costales de rafia en lugares cercanos a la fuente generadora de residuos sin que impidan el desarrollo laboral adecuado, almacenado en un área destinada para el almacenamiento final, de esta manera se estará facilitando el transporte hasta su utilización final.

La empresa deberá tener un adecuado control operacional referente al uso de implementos de protección personal, como guantes, mascarilla y zapatos apropiados.

#### **b. Recolección de transporte interno**

La recolección se realiza en bolsas de rafia diariamente al término de las actividades de la empresa, con excepción de la operación de garlopeado, donde los residuos se mantienen en el lugar de origen, hasta que consideren necesario su recolección. Estos residuos son transportados por el pato mecánico hacia un área donde no interfiera con las actividades.

El aserrín y el polvillo son recolectados por las mangas aspiradoras en las operaciones de cepillado, canteado, moldurado y retestado y transferidos hacia un lugar de almacenamiento ubicado en el segundo piso de la planta.

## **Propuesta**

Los trabajadores deberán recoger diariamente todos los residuos generados en cada proceso. Asimismo deberán establecer rutas que no interfieran con las actividades de la empresa ni puedan originar riesgos en la salud del trabajador. Estos residuos serán transportados a un lugar accesible de recolección por el camión recolector.

Se propone la implementación de mangas aspiradoras en la operación de garlopeado.

### **c. Comercialización y/o reaprovechamiento**

Todos los residuos, con excepción del aserrín son comercializados a externos.

El aserrín es aprovechado como combustible en el proceso de horneado; necesario para el secado de la madera que posteriormente será convertida en pisos machihembrados.

## **Propuesta**

Se propone identificar en el mercado los potenciales compradores de residuos maderables, piezas de madera, con la finalidad de mejorar los ingresos producto de su comercialización.

Se propone la iniciativa de generar una bolsa de residuos (centro de información cuyo propósito es fomentar la transacción y posibilitar la valorización de los residuos que pueden ser aprovechados por quienes lo requieran como materia prima o insumo). Esto podría ser a través de la página web de la empresa.

### **d. Tratamiento**

Los residuos generados por la empresa no requieren de tratamiento, ya que aparte de no ser peligrosos son aprovechados y comercializados.

### **e. Disposición final**

El aserrín es vertido de forma manual al camión recolector contratado cada vez que el contenedor de aserrín se encuentre lleno. Estos residuos son trasladados hacia la planta donde se realiza el proceso de secado anteriormente mencionado.

A su vez, las bolsas de rafia que contienen las tablas son comercializadas a externos que ofrecen el precio de compra.

### Propuesta

Se propone mejorar el diseño del almacén actual donde son vertidos los residuos de viruta, aserrín y polvillo, con la finalidad que puedan caer por gravedad hacia el camión recolector, evitándose el trabajo manual de los trabajadores. Asimismo, la labor de evacuación del aserrín deberá ser realizada con los equipos de protección personal.

A continuación en la tabla 10 se aprecia el actual Plan de manejo de Residuos Sólidos que viene manejando la empresa maderera LECIC S.A.

**Tabla 10: Plan de manejo de residuos sólidos de la empresa**

Residuo	Tipo	Operación	Manejo	Destino	Frecuencia	Transporte
Madera corta y recortes de madera	No peligroso	* Dimensionado (sierra radial)	Comercialización	Venta	Mensual	Por los compradores
Aserrín y polvillo	No peligroso (Polvillo, perjudicial para la salud)	*Canteado	Reutilización	Horno de secado	Quincenal	A cargo del empresario (Camión recolector)
		*Cepillado				
		*Canteado				
		*Garlopeado				
		*Moldurado				
*Restestado						

#### 4.4.4 BUENAS PRÁCTICAS

Después de analizar la generación de residuos en la empresa maderera, se han identificado posibilidades de buenas prácticas, con la finalidad de mejorar el desempeño industrial y en consecuencia ambiental de la empresa, haciendo de esta manera más eficaz el Plan de Manejo de residuos. Las posibilidades de producción más limpia son las siguientes:

##### a. Mejorar la gestión y las prácticas de operación

Dimensionado o garlopeado

Las tablas con defectos de secado deberán ser evaluadas tratando siempre de dar el máximo aprovechamiento a cada una de ellas.

#### **b. Mejorar el diseño de productos.**

##### Cepillado

A pesar que esta operación es la mayor generadora de residuos, se propone continuar con la misma actividad productiva, pues la empresa a pesar que adquiere madera de bosques no manejables adquiere tablas con dimensiones relativamente homogéneas.

##### Canteado

La generación de residuos en esta operación del proceso es mínima. Por lo que se sugiere continuar con la misma actividad productiva

##### Moldurado

Se propone una evaluación en el redimensionamiento del corte de las tablas.

##### Retestado

La generación de residuos en esta operación es mínima por lo que se sugiere continuar con la misma actividad productiva.

#### **c. Mejorar la mantención y la limpieza.**

Se continuará con la segregación de residuos por tamaños para su reutilización y/o comercialización.

Será necesario mantener el área de trabajo limpia para dar una mejor calidad en la salud del trabajador, además de contribuir a mejorar el ambiente laboral y visual.

## V. CONCLUSIONES

- La empresa maderera mantiene políticas internas que le han permitido llevar sus operaciones de forma ordenada y continua; sin embargo no cuenta con un sistema de gestión ambiental para el manejo de sus residuos. Teniendo algunas deficiencias en la ubicación y recolección de los residuos mediante técnicas y rutas apropiadas para su disposición final.
- Se identificaron como residuos originados en el proceso de obtención de pisos de madera machihembrada los siguientes: Aserrín, viruta, polvillo y recortes de madera. Se obtuvo una merma de 47,4 por ciento en las tablas con dimensiones iniciales promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 43,6 por ciento en las de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m
- El cepillado fue la operación que generó la mayor cantidad de residuos para ambas dimensiones de tablas; aserrín, viruta y polvillo siendo 21.7 por ciento para las tablas de dimensiones iniciales promedio de 23.0mm x 13.7cm x 3.1m y 18,2 por ciento para las de 26.9mm x 13.9cm x 3.1m
- Se identificaron como aspectos ambientales significativos el incremento de ruido y la generación de material particulado con un impacto negativo a la afectación a la salud del trabajador.
- La empresa aún no ha identificado compradores potenciales de residuos maderables, así como la implementación de una bolsa de residuos a través de la página web de la empresa, que les permita mayores ingresos.
- La empresa cuenta con un adecuado control de calidad en la selección de las tablas a pesar que estas provienen de aserraderos donde la materia prima es extraída de bosques naturales no manejados.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Mejorar las medidas de control operacional en el uso de los equipos de protección personal para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.
- Al ser el ruido y el material particulado aspectos ambientales significativos, realizar los exámenes de salud ocupacional correspondientes según la Ley de salud y seguridad en el trabajo N° 29783.
- Continuar con el control de calidad desde la adquisición de las dimensiones de las tablas y defectos que estas puedan tener, de tal modo que se reduzca la generación de residuos y aumente el rendimiento del producto.
- Establecer indicadores de desempeño los cuales reflejen que el plan de manejo de residuos se cumpla según lo acordado.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AROSTEGUI, A. 1961. Estructura anatómica y propiedades físico – mecánicas de dos maderas del Perú Ceiba pentandra y Guarea trichilioides. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. Costa rica. 58 p.
- AROSTEGUI, A. 1969. Maderas con posibilidades de uso en la fabricación de parquet. UNALM. Lima Perú. 7 p.
- ÁLVAREZ, E., DIAS, S., ALESSANDRINI, M., 2001. Utilización racional de los residuos forestales. Revista UNASYLVA 52(206): p 48-52
- BUSTAMANTE. N. 2010. Guía de prácticas del curso de aserrado de la madera. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- CASTELLS, X., 2000. Reciclaje de residuos industriales. Madrid, Díaz de Santos. 15 p.
- CAMPOS, I., 2000. Saneamiento ambiental. Costa Rica, San José. 128 p.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente). 2009. Saneamiento Básico (en línea). Consultado 20 diciembre. 20012. Disponible en [www.cepis.org.pe](http://www.cepis.org.pe)
- CHAVESTA, M. 2005. Maderas para pisos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Industrias Forestales. Lima Perú. 176 p.
- DECRETO SUPREMO D.S. N° 057-2004-PCM. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS. 24 julio. 2004.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Utilización racional de los residuos forestales (en línea). Consultado 17 agosto. 2012. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/y1237s/y1237s10.htm>
- GONZALEZ G., GONZALEZ I., 1999. Algunos residuos forestales y madereros en la alimentación del ganado. Revista Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales. no.1:352-370.

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana). 2009. Diagnóstico de la actividad productiva. 5 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2011. Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2011 (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 noviembre. 2012. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/BiblioINEIPub/BancoPub/Est/Lib0978/Libro.pdf>
- LEY N° 27314 LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS. 20 julio. 2000.
- LEY N° 28611 LEY GENERAL DEL AMBIENTE. 13 octubre. 2005.
- MARTIENZ J., MALLO M., LUCAS R., ALVAREZ J., SALVARREY A., GRISTO P. 2005. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Fundamentos. Montevideo, GTZ. 163 p.
- NTP 251.150.2004 NORMA TECNICA PERUANA. Pisos de madera. Terminología y definiciones Comisión de reglamentos Técnicos y Comerciales. INDECOPI. Lima Perú. Primera edición. 17 p.
- NTP 251.046.1980 NORMA TECNICA PERUANA. Parquet definiciones. INDECOPI. Lima Perú. 4 p.
- ISO 14001 (International Organization for Standardization). 2004. Sistema de gestión ambiental. Comité técnico ISO/TC 207.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2008. Clasificación de sustancias químicas peligrosas en 9 clases diferentes/sólidos inflamables (en línea). Consultado 30 junio. 2014. Disponible en [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358011/ContLinea/leccion\\_24\\_componentes\\_tcnico\\_operativos\\_para\\_la\\_gestin\\_integral\\_respel.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358011/ContLinea/leccion_24_componentes_tcnico_operativos_para_la_gestin_integral_respel.html)
- OROZCO C., PEREZ A., GONZALES M., RODRIGUEZ F., ALFAYATE J., 2005. Contaminación Ambiental; una visión desde la Química. Madrid, Paraninfo.
- PONCE, L., VASQUEZ, F., 2010. Caracterización y clasificación de los residuos de madera de tornillo cedrelinga cateniformis ducke y cedro cedrela odorata L. obtenidos de la fabricación de mobiliario escolar. Tesis Ing. For. Perú, UNALM, 14 p.

- RAE (Real Academia Española). 2009. Diccionario de la Lengua Española (en línea). España. Consultado 30 noviembre. 2012. Disponible en <http://lema.rae.es/drae/?val=dimension>
- ROJAS, N., CERNA, M., 2011. Propuesta de producción más limpia para una empresa de pisos de madera, ubicada en la ciudad de Pucallpa – Ucayali. Tesis Ing. For. Perú, UNALM, p. 35-36
- SABATER, J., DE PAULA, F., CARVAJAL, C., DEL CASTILLO, B., REGUERA, A., 2002. Guía sobre la recuperación de residuos de madera: valorizar madera alargar su ciclo de vida. Confederación Española de Empresarios de la Madera. Madrid. 16 p.
- SUAREZ, D., 2010. Propuesta de gestión de residuos sólidos industriales en packaging productos del Perú. Tesis Ing. Amb. Perú, UNALM. 23 p.
- TCHOBANOGLIOUS G., THEISEN H., VIGIL S. 1994. Gestión integral de los residuos sólidos, Trad. Por Tejero J., Gil J., Szanto M. Madrid, McGraw-Hill, Volumen I.
- UNECE (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa). Residuos Sólidos (en línea). Consultado 30 de junio 2104. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/BiblioINEIPub/BancoPub/Est/Lib0978/Libro.pdf>

# ANEXO 1

## UBICACIÓN DE LA EMPRESA



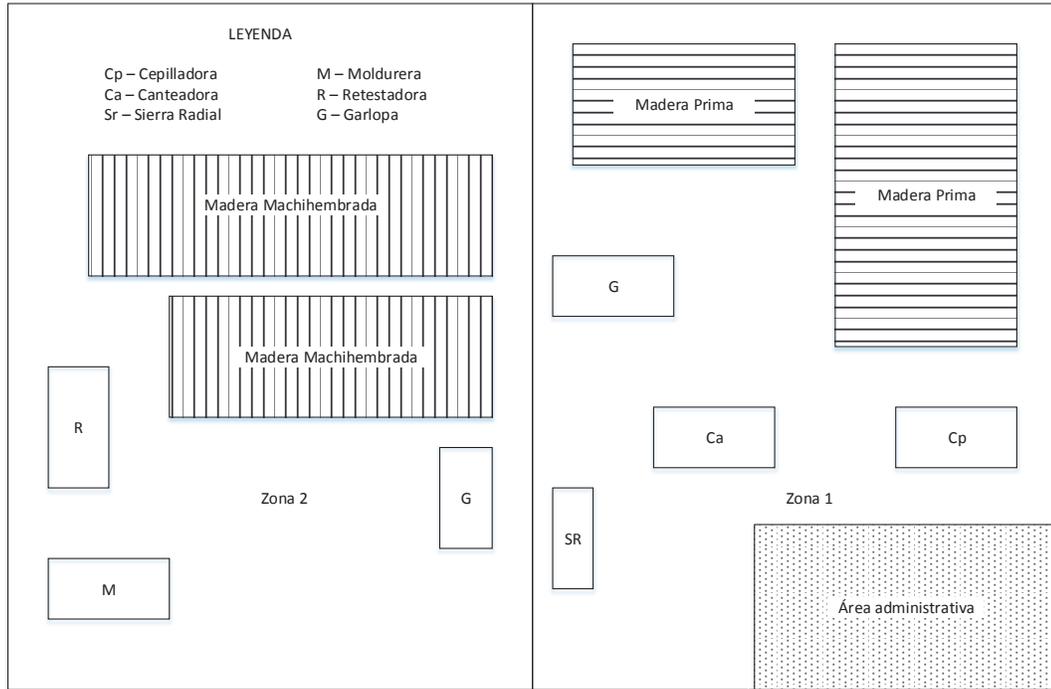
## **ANEXO 2**

### **ENTREVISTA PARA EL JEFE DE PRODUCCIÓN**

<b>1. ¿Qué tipo de residuos se generan en la empresa maderera?</b>
<b>2. ¿Qué tipo de residuo se genera en mayor cantidad?</b>
<b>3. ¿Qué procesos generan dichos residuos?</b>
<b>4. ¿Qué hacen con los residuos originados?</b>
<b>5. ¿Existe segregación de los residuos?</b>
<b>6. ¿Cuentan con un área de almacenamiento para sus residuos?</b>
<b>7. ¿Considera que el manejo de los residuos es adecuado?</b>
<b>8. ¿Considera importante capacitar al personal sobre el manejo de sus residuos?</b>

# ANEXO 3

## PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA



## ANEXO 4

### DIMENSIONES INICIALES DE LAS TABLAS EVALUADAS PARA PISOS MACHIHEMBRADOS DE 3/4"X5'X10' Y 1"X5'X10'

Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4"x 5'x 10'			
Nº de tabla	Espesor ( e ) mm	Ancho ( a ) cm	Largo ( l ) m
1	20	13.1	3.09
2	25	13.2	3.08
3	21	14.7	3.08
4	26	14.4	3.08
5	22	13.1	3.08
6	20	13.7	3.08
7	26	13.7	3.09
8	21	13.5	3.08
9	26	13.7	3.07
10	25	14.1	3.07
11	26	13.4	3.08
12	22	13.7	3.07
13	27	14.3	3.08
14	21	13.5	3.08
15	20	13.4	3.08
16	26	13.4	3.09
17	22	13.1	3.06
18	26	13.9	3.08
19	21	13.5	3.06
20	20	13.9	3.08
21	21	13.9	3.08
22	22	13.4	3.08
23	23	13.8	3.08
24	26	13.7	3.08
25	23	13.9	3.09
26	24	13.3	3.09
27	25	14	3.07
28	27	13.1	3.08
29	25	13.3	3.08
30	21	13.2	3.09

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
31	23	13.7	3.08
32	25	13.5	3.07
33	26	13.3	3.08
34	20	13.3	3.08
35	24	13.3	3.08
36	21	13.5	3.09
37	20	13.3	3.09
38	23	13.1	3.08
39	21	13.2	3.08
40	23	14.1	3.07
41	21	13.9	3.08
42	23	14.8	3.08
43	22	14.5	3.08
44	23	14.2	3.08
45	22	13.5	3.08
46	26	13.5	3.07
47	24	13.7	3.08
48	25	14.9	3.09
49	25	13.2	3.08
50	21	14.4	3.08
51	23	13.3	3.08
52	21	13.1	3.07
53	20	13.1	3.08
54	26	14.1	3.09
55	23	14.9	3.08
56	21	14.2	3.09
57	26	14.9	3.08
58	20	13.3	3.08
59	26	14.5	3.09
60	21	13.3	3.06
61	25	14.2	3.09
62	24	13.3	3.08
63	22	14.2	3.08
64	26	14.7	3.08
65	24	14.6	3.08

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
66	21	15	3.08
67	21	13.8	3.07
68	21	13.9	3.09
69	20	13.3	3.08
70	22	13.3	3.07
71	23	13.2	3.08
72	26	13.6	3.08
73	21	13.5	3.08
74	25	13.5	3.08
75	23	13.7	3.09
76	22	14.3	3.08
77	27	13.2	3.08
78	23	13.3	3.06
79	20	13.3	3.08
80	26	13.6	3.09
81	22	13.8	3.08
82	26	13.4	3.08
83	21	13.3	3.09
84	21	14.4	3.08
85	20	13.6	3.08
86	20	13.4	3.08
87	23	13.1	3.08
88	25	13.5	3.08
89	20	14.1	3.09
90	24	13.6	3.09
91	23	13.9	3.08
92	20	13.1	3.08
93	26	13.8	3.08
94	22	13.4	3.08
95	21	13.3	3.08
96	23	13.9	3.08
97	26	13.1	3.09
98	24	13.8	3.06
99	21	13.5	3.07
100	25	13.1	3.08

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
101	23	13.5	3.09
102	26	13.9	3.07
103	20	14.1	3.08
104	26	13.9	3.08
105	21	13.7	3.08
106	26	14.3	3.08
107	20	13.6	3.08
108	27	13.7	3.07
109	26	13.2	3.08
110	23	14.7	3.09
111	26	13.3	3.08
112	26	13.1	3.08
113	22	13.7	3.07
114	21	14.1	3.08
115	20	13.4	3.08
116	25	13.7	3.07
117	21	14.3	3.08
118	26	13.7	3.07
119	26	13.2	3.09
120	20	14.7	3.07
121	23	14.4	3.08
122	22	14	3.09
123	23	14.2	3.06
124	26	13.1	3.07
125	20	13.2	3.08
126	25	13.7	3.07
127	23	13.1	3.07
128	20	14.6	3.08
129	26	14.2	3.07
130	21	13.3	3.08
131	24	14.1	3.07
132	21	14.9	3.07
133	21	14.1	3.08
134	20	13.2	3.09
135	22	13.9	3.08

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
136	27	14.8	3.08
137	24	14.5	3.08
138	23	14.2	3.08
139	23	13.5	3.09
140	23	14.9	3.08
141	20	13.7	3.07
142	26	13.1	3.08
143	25	14.1	3.07
144	20	13.2	3.08
145	23	13.5	3.07
146	27	13.9	3.09
147	21	14.8	3.08
148	21	14.5	3.09
149	25	14.2	3.08
150	21	14.6	3.09
151	20	14.9	3.09
152	24	13.7	3.08
153	25	13.2	3.09
154	25	13.6	3.08
155	22	13.5	3.08
156	23	14.1	3.08
157	26	13.2	3.09
158	23	14.1	3.09
159	21	14.6	3.08
160	26	13.1	3.07
161	24	13.8	3.09
162	22	13.9	3.08
163	26	13.1	3.08
164	23	14.6	3.09
165	22	14.1	3.08
166	24	14.9	3.09
167	26	14.2	3.08
168	22	14.2	3.09
169	23	14.7	3.07
170	20	14.6	3.06

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
171	22	15	3.08
172	23	13.8	3.08
173	23	13.9	3.08
174	24	13.1	3.08
175	25	13.1	3.09
176	27	14.1	3.09
177	21	14.9	3.08
178	27	14.2	3.07
179	20	13.2	3.09
180	20	14.9	3.07
181	26	13.3	3.09
182	24	14.5	3.08
183	20	13.3	3.08
184	27	14.2	3.08
185	26	13.3	3.08
186	26	13.1	3.06
187	20	13.3	3.06
188	20	14.5	3.09
189	21	13.3	3.08
190	23	14.2	3.08
191	20	13.9	3.08
192	21	13.1	3.08
193	24	13.1	3.09
194	23	13.1	3.08
195	26	13.1	3.08
196	27	14.7	3.07
197	25	13.5	3.08
198	26	15	3.09
199	26	13.8	3.08
200	26	13.1	3.08
201	26	13.1	3.08
202	25	13.7	3.09
203	21	13.2	3.09
204	25	13.6	3.09
205	20	13.5	3.08

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
206	25	13.3	3.09
207	20	13.2	3.08
208	23	13.9	3.08
209	21	13.1	3.09
210	21	13.7	3.08
211	25	14.3	3.08
212	26	14.1	3.08
213	23	13.1	3.07
214	22	13.7	3.09
215	20	13.5	3.07
216	22	13.1	3.07
217	25	13.1	3.08
218	26	14.1	3.09
219	21	13.4	3.07
220	21	13.7	3.09
221	20	14.3	3.07
222	23	13.7	3.07
223	21	14.3	3.08
224	20	13.6	3.08
225	22	13.7	3.09
226	27	13.2	3.08
227	26	13.1	3.09
228	20	14.1	3.09
229	23	13.3	3.08
230	23	13.7	3.07
231	20	13.5	3.07
232	24	13.1	3.08
233	26	13.5	3.08
234	21	13.1	3.08
235	22	13.7	3.07
236	24	13.1	3.07
237	20	14.7	3.08
238	20	13.7	3.09
239	26	14.3	3.08
240	21	13.1	3.09

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
241	26	13.5	3.08
242	21	14.6	3.07
243	20	14.3	3.07
244	23	13.6	3.09
245	20	13.1	3.07
246	23	13.5	3.08
247	26	14.1	3.07
248	20	13.2	3.07
249	20	14.5	3.09
250	24	14.2	3.09
251	23	14.6	3.09
252	25	13.1	3.08
253	27	13.1	3.09
254	24	13.5	3.08
255	22	13.3	3.08
256	20	13.7	3.09
257	26	13.6	3.09
258	23	13.7	3.06
259	23	13.5	3.06
260	20	13.9	3.07
261	23	14.3	3.09
262	24	13.6	3.09
263	21	13.7	3.09
264	21	14.5	3.09
265	25	14.2	3.08
266	21	13.1	3.09
267	20	13.2	3.07
268	26	13.7	3.08
269	23	13.3	3.09
270	23	13.1	3.08
271	20	14.6	3.09
272	24	13.3	3.09
273	20	13.1	3.06
274	25	13.7	3.06
275	20	13.5	3.09

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
276	22	13.5	3.08
277	20	13.1	3.07
278	26	13.7	3.09
279	22	14.2	3.09
280	21	13.9	3.06
281	20	13.6	3.09
282	25	13.7	3.09
283	21	14.1	3.09
284	26	14.6	3.08
285	25	13.1	3.08
286	21	13.6	3.08
287	26	13.7	3.09
288	26	14.1	3.09
289	20	13.9	3.09
290	20	14.1	3.07
291	23	13.9	3.08
292	26	13.1	3.09
293	22	13.3	3.08
294	23	13.1	3.08
295	25	13.1	3.09
296	23	13.1	3.09
297	22	13.3	3.09
298	23	13.9	3.09
279	21	13.1	3.08
300	20	14.5	3.06
301	26	13.9	3.09
302	23	13.9	3.09
303	22	13.9	3.09
304	26	14.2	3.09
305	20	13.9	3.09
306	21	13.9	3.09
307	23	13.9	3.08
308	23	13.1	3.08
309	24	13.9	3.09
310	21	13.3	3.09

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 3/4''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
311	23	13.1	3.08
312	20	13.1	3.08
313	24	13.1	3.08
314	25	13.1	3.09
315	21	13.1	3.09
316	22	13.1	3.09
317	20	13.9	3.09
318	24	14.1	3.09
319	25	13.3	3.08
Promedio	23	13.7	3.1

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 1''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
1	26.0	13.1	3.1
2	28.0	13.2	3.1
3	28.0	14.7	3.1
4	26.0	14.4	3.1
5	28.0	13.1	3.1
6	26.0	13.1	3.1
7	27.0	13.4	3.1
8	26.0	13.1	3.1
9	27.0	13.7	3.1
10	28.0	14.7	3.1
11	28.0	14.4	3.1
12	26.0	13.7	3.1
13	27.0	13.7	3.1
14	27.0	13.1	3.1
15	27.0	13.4	3.1
16	28.0	13.4	3.1
17	27.0	13.1	3.1
18	25.0	14.7	3.1
19	25.0	14.4	3.1
20	27.0	13.9	3.1
21	27.0	13.9	3.1
22	26.0	13.4	3.1
23	27.0	14.4	3.1
24	26.0	13.9	3.1
25	27.0	13.9	3.1

<b>Dimensiones iniciales de las tablas evaluadas para pisos machihembrados de 1''x 5''x 10'</b>			
<b>N° de tabla</b>	<b>Espesor ( e ) mm</b>	<b>Ancho ( a ) cm</b>	<b>Largo ( l ) m</b>
26	28.0	13.3	3.1
27	25.0	13.7	3.1
28	27.0	13.5	3.1
29	27.0	14.1	3.1
30	27.0	13.2	3.1
31	27.0	13.7	3.1
32	28.0	13.5	3.1
33	27.0	14.6	3.1
34	23.0	14.2	3.1
35	28.0	13.3	3.1
36	26.0	14.1	3.1
37	27.0	14.9	3.1
38	27.0	13.1	3.1
39	25.0	13.2	3.1
40	27.0	14.2	3.1
41	26.0	13.3	3.1
42	26.0	14.8	3.1
43	27.0	14.5	3.1
44	26.0	14.9	3.1
45	28.0	13.1	3.1
46	27.0	14.6	3.1
47	27.0	13.7	3.1
48	27.0	14.9	3.1
49	27.0	13.2	3.1
50	28.0	14.4	3.1
51	27.0	13.3	3.1
52	28.0	13.1	3.1
53	27.0	13.1	3.1
54	27.0	14.1	3.1
55	28.0	14.9	3.1
56	27.0	14.2	3.1
57	28.0	14.9	3.1
58	27.0	13.3	3.1
59	28.0	14.5	3.1
Promedio	26.9	13.9	3.1



# ANEXO 6

## FOTOGRAFÍAS



**Madereras Lecic S.A.C.**



**Sierra Radial**



**Garlopeadora**



**Canteadora**



**Lotes maderables**



**Residuos maderables**

Sierr