

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA ACTUAL EN
LA PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA, EN EL
ASERRADERO EL ALMENDRO S.A., CARTAGO, COSTA
RICA.

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL GRADO LICENCIATURA

KENNY ROBERTS UREÑA

CARTAGO, COSTA RICA

2017



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA ACTUAL EN
LA PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA, EN EL
ASERRADERO EL ALMENDRO S.A., CARTAGO, COSTA
RICA.

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL GRADO LICENCIATURA

KENNY ROBERTS UREÑA

CARTAGO, COSTA RICA

2017

Análisis del rendimiento y eficiencia actual en la producción de madera aserrada, en el aserradero El Almendro S.A., Cartago, Costa Rica.

Kenny Roberts Ureña*

RESUMEN

En Costa Rica la industria de aserrío ha disminuido en los últimos años hasta en un 20%, lo que implica que las empresas existentes deben mejorar la calidad de servicio y rendimiento para mantenerse estables. La empresa El Almendro S.A no cuenta con estudios sobre la distribución de planta, flujo de producción, de tiempos y movimientos o de rendimiento de la madera aserrada, por lo que el objetivo de este trabajo es determinar la distribución de planta, flujo de producción, tiempos y movimientos y el rendimiento en la línea de producción de madera aserrada. El rendimiento se determinó con relación al volumen de la troza y el volumen obtenido de madera aserrada.

Se encontró una distribución de planta la cual está organizada de manera lógica con respecto al flujo de la madera. En el flujo de producción se pudo determinar que existe un gran material almacenado, principalmente por la gran producción de material al salir de los tres aserraderos principales, provocando embotellamiento de la materia prima.

En el estudio de tiempos y movimientos se obtuvo un 84%,88%,87%,84% y 83% de trabajo productivo correspondientes al aserradero 1(AS01), aserradero 2 (AS02), aserradero pequeño (AS03), re aserradora (RA01) y despuntadora (DP01), respectivamente. Además, se calculó el factor de recuperación de madera aserrada (FRM) para las especies de *Eucalyptus spp* y *Cordia alliodora*, obteniendo un 50,32% y 52.66% respectivamente. Resultando que las características que más influyen en el rendimiento del proceso son la presencia de nudos para *Eucalyptus spp* y la torcedura en *C. alliodora*.

Palabras clave: aserrío, trabajo productivo, rendimiento, flujo de producción, tiempos y movimientos, Costa Rica.

Analysis of the performance and real efficiency in the production of sawn wood, in sawmill El Almendro S.A., Cartago, Costa Rica.

ABSTRACT.

In Costa Rica the sawmill industry has decrease in recent years near to 20%, which implies that existing companies must improve their quality, service and performance to remain stable. The industry El Almendro S.A. doesn't have any studies of plant distribution, production flow, timing and movements or of the performance of the sawn wood. So, the objective of this project is to determinate the plant distribution, production flow, times and movements and the performance in the lumber production line. The yield was determined in relation to the volume of the log and the volume of lumber obtained. A plant layout was detailed which is logically distributed with respect to the wood flow. In the production flow it was possible to determine the existence of a large stock, mainly due to the high production of material when leaving the three main sawmills.

In the study of times and movements, 84%, 88%, 87%, 84% and 83% of productive work corresponding to the sawmill 1 (AS01), sawmill 2 (AS02), small sawmill (AS03), secondary sawmill (RA01) and clearcutter (DP01) respectively. A sawn timber recovery factor was established for the species of *Eucalyptus spp* and *Cordia alliodora*, 50.32% and 52.66%, respectively. As a result, the characteristics that most influence the performance of the process are the presence of knots for *Eucalyptus spp* and the twist in *C. alliodora*.

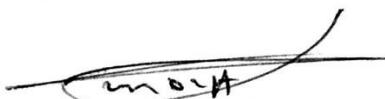
Keywords: sawing, productive work, yield, production flow, times and movements, Costa Rica.

Roberts Ureña, K. Análisis del rendimiento y eficiencia actual en la producción de madera aserrada, en el aserradero El Almendro S.A., Cartago, Costa Rica. Tesis de Licenciatura.

Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 45 p.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Roger Moya Roque, Dr. Freddy Muñoz Acosta y Sr. Luis Roberto Navarro Campos, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.



Roger Moya Roque Ph. D.

Tutor de tesis



Freddy Muñoz Acosta Dr.

Profesor lector



Luis Roberto Navarro Campos Sr.

Grupo Empresarial El Almendro S.A.



Kenny Roberts Ureña

Estudiante autor



Lic. Dorian Carvajal Vanegas.
Coordinador Trabajo de Graduación

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a mi familia y amigos por todo el apoyo brindado durante el proceso de realización del proyecto.

Al profesor Roger Moya Roque, quien muy atentamente ha colaborado y apoyado en la realización del proyecto.

Se agradece a la empresa El Almendro S.A., por abrir sus puertas para que se desarrollen estudios académicos de este tipo, y a los trabajadores por la colaboración y apoyo brindado durante el estudio.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
INTRODUCCIÓN	10
1. METODOLOGÍA	13
1.1 Descripción del área de estudio	13
1.2 Establecimiento del flujo de producción	13
1.3 Estudio de tiempos y movimientos	14
1.4 Análisis de datos de estudio de tiempos y movimientos	16
1.5 Rendimiento	16
1.6 Análisis de resultados de rendimiento	18
2. RESULTADOS	20
2.1 Flujo de producción	20
2.1.1 Distribución de planta	20
3.1.2 Diagrama de flujo de la madera del aserradero El Almendro S.A.	22
2.2 Tiempos y Movimientos	26

2.2.1	Pre muestreo.....	26
2.2.2	Distribución de tiempos.....	27
2.3	Rendimiento.....	30
2.3.1	Cantidad de trozas a evaluar.....	30
2.3.2	Características de las trozas evaluadas.....	31
2.3.3	Determinación del rendimiento y coeficiente de aserrío.....	33
2.3.4	Análisis de Regresión.....	35
2.3.5	Análisis de correlación.....	36
3.	DISCUSIÓN.....	39
4.	CONCLUSIONES.....	42
5.	RECOMENDACIONES.....	43
6.	REFERENCIAS.....	44
	ANEXOS.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de calidad de troza según características visuales.....	17
Cuadro 2. Funciones de los trabajadores en cada una de las maquinas del proceso del Aserradero El Almendro S.A.....	25
Cuadro 3. Estadísticos para determinar el número de observaciones.	26
Cuadro 4. Productividad en la producción del proceso de aserrío primario en el aserradero El Almendro S.A.....	29
Cuadro 5. Estadísticos para determinar el número de trozas a evaluar por especie.	30
Cuadro 6. Porcentaje de calidad según características evaluadas en eucalipto y laurel.	32
Cuadro 7. Rendimiento por etapa de aserrío.	34
Cuadro 8. Análisis de correlación entre variables de calidad y rendimiento en eucalipto.....	36
Cuadro 9. Análisis de correlación entre variables de calidad y rendimiento en laurel.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de planta en el aserradero El Almendro S.A.....	20
Figura 2. Flujo producción de proceso de aserrío en el aserradero El Almendro S.A.	22
Figura 3. Distribución de tiempo trabajado por máquina en el aserradero El Almendro S.A.	27
Figura 4. Distribución de tiempos por máquina en el aserradero El Almendro S.A.	28
Figura 5. Distribución por clase diamétricas de trozas evaluadas en el aserradero El Almendro S.A.	31
Figura 6. Distribución de las calidades en las trozas evaluadas en el aserradero El Almendro S.A.	32
Figura 7. Rendimiento en aserrío primario según calidad de trozas en el aserradero El Almendro S.A.	34
Figura 8. Regresión en aserrío primario para laurel y eucalipto en el aserradero El Almendro S.A.	35
Figura 9. Desechos generados en cada etapa del proceso en el aserradero El Almendro S.A.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario para la toma de datos del estudio de tiempos y movimientos.	47
Anexo 2. Formulario de toma de datos para estudio de rendimiento.	47
Anexo 3. Porcentaje de tiempo trabajado y no trabajado por tipo de movimiento y máquina.....	48

INTRODUCCIÓN

La industria forestal en Costa Rica tuvo gran auge desde los años cuarenta del siglo pasado cuando la expansión agrícola experimentó un aumento. Esta expansión dio como resultado que una gran cantidad de los bosques fueran deforestados, llegando a una tasa de deforestación de hasta 60 000 ha/año, entre los años 1960 y 1980 (Serrano-Montero & Moya-Roque, 2012). Entre los años 1971 y 1980, se dio un aumento en el número de aserraderos de un 60% alcanzando un total de 204 aserraderos en 1980 (Flores, 1985).

Dentro de los principales retos de la industria forestal es organizarse de la mejor manera para lograr mantenerse estable en un mercado. Una organización lógica de los procesos que se dan en una industria debe estar estructurada de la mejor manera para lograr el objetivo de producir madera aserrada de buena calidad a un costo mínimo razonable.

Aldás-Ledesma (2014), señala la importancia de estudios de rendimiento en las empresas dedicadas a la producción de madera aserrada es de vital importancia para conocer si la empresa está siendo lo suficientemente productiva, además de identificar cuáles pueden ser los factores que afectan este rendimiento, menciona que la industria de transformación de la madera que no se ocupa en mejorar los rendimientos y minimizar costos de producción, asume un serio riesgo de perder competitividad, inclusive puede llegar a paralizar sus actividades por ineficiencia.

El flujo de producción de un aserradero es la base para optimizar el proceso ya que se debe de incluir todas las operaciones, inspecciones, transportes, demoras, almacenamientos (Corzo, 2006).

Corzo (2006), establece como función principal del diagrama de flujo de operaciones dar a conocer a detalle todas las actividades donde se pueda optimizar la producción, además de clasificar las principales ventajas de conocer el flujo de proceso como: conocer y solucionar las deficiencias del proceso, distribuir de manera óptima la maquinaria, equipo y área de trabajo, conocer la secuencia lógica de actividades dentro del proceso de aserrío.

La eficiencia puede ser cuantificada mediante dos indicadores los cuales son el rendimiento o factor de recuperación de la madera (FRM) el cual es el volumen de madera aserrada obtenida con respecto al volumen de la troza y la productividad que es representada por el volumen de madera que se obtienen en un determinado tiempo de trabajo. (Coronel de Renolfi, Díaz, Cardona y Ruiz, 2012)

El rendimiento del proceso de aserrío se puede ver afectado por diferentes variables del proceso como: diámetro, calidad, forma de la troza, calidad y dimensiones de productos finales, características del operario, mantenimiento de equipo, tomando en cuenta estas variables se pueden enfocar estudios para determinar cuál variable afecta significativamente el rendimiento y proponer mejoras. (Aldás Ledesma, 2014)

El estudio de tiempos y movimientos determina si el recurso humano dentro de la empresa está afectando el rendimiento de la misma, el estudio de cada una de las operaciones analiza el proceso utilizado, con el fin de implementar mejoras en la eficiencia y el rendimiento; el propósito de estos estudios es poder proponer mejores métodos para realizar una operación, además de conocer el tiempo demandado por el operario para realizar una tarea específica (Chávez & Guillén, 1997).

En Costa Rica se han realizado estudios para determinar tiempos y movimientos y rendimiento en el proceso de aserrío, como el realizado por Quirós (2005), en el cual determinó un tiempo trabajado de 59% y un rendimiento para especies como *Gmelina arborea*, *Acacia mangium* y *Terminalia ivorensis*, siendo el proceso de aserrío y recanteo los mayores generadores de residuos en promedio de un 51%.

El aserradero El Almendro S.A cuenta con una planta de procesamiento de madera, donde se encuentra toda la maquinaria necesaria para realizar la transformación de la madera en troza a madera dimensionada, además de un equipo de trabajadores capacitado para el cumplimiento de las diferentes funciones dentro del proceso. El aserradero no cuenta con estudios previos sobre distribución de planta, flujo de producción, ni de rendimiento por lo que no se conoce cuál es el funcionamiento que se está teniendo en la actualidad y si es el óptimo. Por lo que el objetivo de este estudio es establecer la distribución de planta, flujo de producción, tiempos y

movimientos del proceso y finalmente cuantificar el factor de recuperación de la madera aserrada (FRM) y productividad del aserradero.

1. METODOLOGÍA

1.1 Descripción del área de estudio

El aserradero El Almendro S.A está ubicado en Dulce Nombre de Cartago, Costa Rica en las coordenadas 9°51'10,3"N 83°53'41,5"O. La empresa inicio operaciones en 1986, y contemplan las operaciones de extracción de madera, procesamiento y comercializando de la madera aserrada y en troza. Mas recientemente se tiene el proceso de venta de diferentes materiales de construcción. En el año 2009 se adquiere la planta de procesamiento de madera la cual sigue un sistema lógico de actividades para la formación de madera aserrada. Las instalaciones cuentan con tres aserraderos principales capaces de producir aproximadamente 75 m³ (35 mil PMT*) diarios. Además, la planta cuenta con un área de alistado donde se realizan machihembrados y moldurados para hacer un mayor aprovechamiento de la madera.

*1 m³ = 362 PMT troza= 462 PMT aserrada (Pulgada Maderera Tica)

1.2 Establecimiento del flujo de producción

Se enlistaron cada uno de los procesos por los que pasa la madera, desde el patio de acopio hasta el producto terminado (sierras principales, sierras secundarias, despuntadoras). Así mismo se estableció la ubicación de la maquinaria dentro de la planta y el tipo de operación que lleva a cabo la máquina y esto fue representado en la distribución de la planta del aserradero.

Seguidamente se construyó el diagrama de proceso en el cual se indican cada una de las estaciones de trabajo desde el patio de acopio hasta la madera alistada, así como las descripciones de las condiciones de trabajo en cada una de las actividades. Esto se realizará con el objetivo de identificar ineficiencias en el proceso de aserrío que puedan estar afectando la productividad del aserradero. El estudio fue complementado con una descripción de la(s) función (es) de los trabajadores en cada una de las etapas presentes en el proceso de aserrío.

1.3 Estudio de tiempos y movimientos

Los tiempos y movimientos fueron evaluados en cada una de las etapas del aserrío primario, con el fin de conocer el tiempo que se requiere para realizar las diferentes tareas.

En el caso del estudio de tiempos primeramente se divide en dos tiempos: tiempo trabajado y tiempo no trabajado. Además, fue identificado en el tiempo trabajado, el tiempo productivo y el no productivo. En cuanto al tiempo no trabajado se estableció el tiempo no trabajado justificado y tiempo no trabajado injustificado.

Los tiempos tomados en cada una de las operaciones estarán caracterizados por:

Tiempo total: Tiempo total que se tarda en una determinada labor.

Tiempo programado: número de horas de la jornada (9 horas).

Tiempo trabajado productivo: Tiempo en que realmente se está trabajando y produciendo. Se detallan movimientos como: aserrando, alimentando máquina.

Tiempo trabajado no productivo: Tiempo en que se está trabajando, pero no se está produciendo. Se caracteriza por movimientos como: retroceso carro, volteos, carga, recarga para volver a aserrar, limpiar troza, cambio de cinta, verificar medida.

Tiempo no trabajado justificado: Tiempo que no se trabaja, pero se está haciendo actividades necesarias para el aserradero como: espera por movimientos productivos, mantenimiento, baño.

Tiempo no trabajado injustificados: Tiempo no trabajado por acciones innecesarias como: hablando, detenido por causas innecesarias o injustificadas.

Es importante recalcar que, para llevar a cabo el estudio de tiempos y movimientos, se debió realizar un estudio previo de muestreo, en el cual se hacen observaciones sistemáticas cada cierto tiempo con el fin de determinar el número de observaciones mínimas a realizar en el estudio final de tiempos y movimientos. El número de observaciones será calculado utilizando la fórmula de Chávez & Guillén (1997):

$$N = \frac{Z^2 * Q}{E^2 * D}$$

Donde:

N: número de observaciones.

Z: Desviación normal según nivel de confianza.

D: Porcentaje de tiempo programado en que ocurren atrasos, expresado en decimal.

Q: (1-D) Porcentaje de tiempo programado en que no ocurren atrasos, expresado en decimal.

E: Error de muestro, expresado en decimal.

El pre-muestreo se realizó en una jornada de trabajo de cada puesto de trabajo, para conocer las actividades y donde estarán enfocadas las observaciones, validando los formularios de toma de datos además de clasificar los tiempos según los movimientos que se dan en el proceso.

En la evaluación de cada labor se registró la hora de inicio y final del estudio, los intervalos de tiempo fueron de dos minutos, donde se anotó la operación que está ejecutando, según el proceso que se esté evaluando.

Al mismo tiempo de la evaluación de los tiempos y movimientos, se registró la cantidad de trozas que se procesaron, donde se identifican las siguientes variables: especie, número y dimensiones de la troza.

Para el estudio de tiempos y movimientos se utilizó un formato de campo (anexo 1), donde se registró la hora de inicio y final de evaluación, numero de trozas procesadas, especie, y cada uno de los movimientos realizados por los trabajadores para facilitar y no olvidar datos que se deban de tomar.

1.4 Análisis de datos de estudio de tiempos y movimientos

Una vez obtenidos los datos se procedió a un análisis de datos en el software Microsoft Excel donde se obtuvieron los tiempos antes especificados, además de otros datos de interés que fueron calculados como: tiempo total de estudio, tiempo trabajado, total de observaciones, horas de observación, jornadas muestreadas, volumen aserrado, trozas procesada por hora trabajada, m³ por hora trabajada, entre otras que se puedan determinar de importancia para el aserradero El Almendro S.A.

1.5 Rendimiento

Para el estudio de rendimiento se realizó una evaluación de las especies de *Eucalyptus spp* (eucalipto) y *Cordia alliodora* (laurel) las cuales eran las que se estaban procesando durante la realización del estudio.

El rendimiento se determinó por la cantidad de materia prima que ingresa a cada etapa de aserrío dividido entre la cantidad producida, multiplicado por cien. De esta manera se obtiene el porcentaje de rendimiento o factor de recuperación de maderas aserrada (FRM), además de desecho generado en cada proceso de aserrío el cual es la diferencia del volumen que ingresa y el volumen de la madera aserrada.

Para el estudio de rendimiento se utilizó un formato de campo para la toma de datos uniforme (anexo 2). En la cual se especifica la especie que se está evaluando, la calidad de troza, las dimensiones y así calcular el volumen de troza.

Las trozas fueron clasificadas en diferentes calidades según la metodología propuesta por LABONAC mencionado por Chávez (1997) las características que se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de calidad de troza según características visuales.

Calidad	Características.
1	Sin nudos. Cilíndrica. Recta. Sin irregularidades. Sin ataques por plagas o enfermedades.
2	Pocos nudos. Semicilíndrica. Con torceduras mínimas. Pocas irregularidades. Ataque sanitario mínimo.
3	Muchos nudos. Alta conicidad. Alta Irregularidad. Torcida. Con irregularidades (huecos, zanjas) Ataques de plagas y/o pudriciones.

En el estudio se realizó un pre muestreo de 30 trozas, las cuales fueron dimensionadas y calificadas según las características del cuadro 1, para estimar el total final de trozas a estudiar se utilizó la fórmula propuesta por Infante y Zarate (1990), para así garantizar que el estudio es estadísticamente válido:

$$N = \frac{t^2 * CV^2}{E^2}$$

Donde:

N= Número de trozas necesarias para estimar el rendimiento de madera aserrada.

t= Valor tabular de t-Student a 95% de confiabilidad.

CV= Coeficiente de variación (%).

E= Error de muestreo deseado (%).

Para el total de trozas evaluadas se calculó el volumen mediante la fórmula Smalian:

$$V = \frac{\pi}{4} * \frac{d^2 + D^2}{2} * L$$

Dónde:

V= Volumen de la sección

d= Diámetro inferior de la sección

D= Diámetro superior de la sección

L= Largo de la sección

Las trozas seleccionadas al azar fueron pintadas en sus extremos para identificar los tablones una vez que se ha realizado el proceso de aserrío primario, luego serán medidas al entrar y salir del re aserrío y despunte para así determinar el coeficiente de aserrío de la especie que se esté procesando. Una vez que se obtiene las tablas al final del proceso serán medidos el largo, ancho y espesor para determinar el volumen.

Para determinar el factor de recuperación de madera que se ha obtenido de las trozas estudiadas se aplicara la siguiente formula:

$$FRM = \frac{\text{Volumen de madera aserrada (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de troza (m}^3\text{)}} * 100$$

1.6 Análisis de resultados de rendimiento

Se calculó el factor de recuperación de maderas aserrada para cada una de las especies estudiadas según el factor obtenido en cada una de las etapas de aserrío, donde se utilizará como relación un metro cubico de madera que entra a cada etapa de aserrío.

Se realiza un análisis de regresión donde se relacionan las variables de volumen de troza con volumen de tablas para así determinar cuál modelo es más representativo y si existe relación entre las variables, para así poder calcular cual será el volumen obtenido en tablas dependiendo del volumen de las trozas en el proceso primario de aserrío.

Se aplica un análisis de correlación en el cual se determinará la relación de las diferentes variables observadas en las trozas, para así poder determinar si el proceso de aserrío se ve afectado por alguna de las variables evaluadas, como puede ser presencia de nudos, torcedura, conicidad de la troza, entre otras.

Los desechos generados en cada una de las etapas de proceso corresponden a la diferencia entre el volumen de madera que ingresa a la máquina y el volumen que se obtiene luego del proceso.

2. RESULTADOS

2.1 Flujo de producción

2.1.1 Distribución de planta

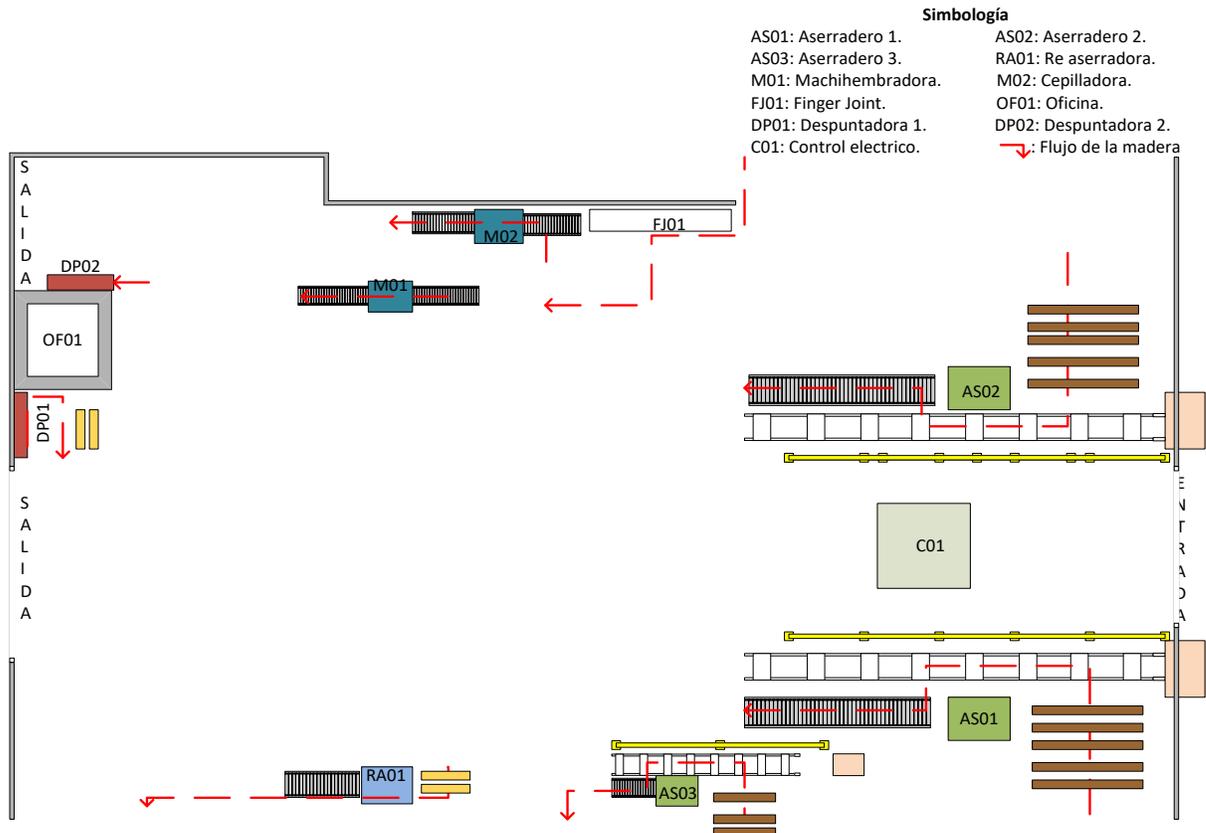


Figura 1. Distribución de planta en el aserradero El Almendro S.A.

El Almendro S.A. tiene una distribución planta ordenada, se observa un proceso lógico de actividades desde el ingreso de materia prima hasta llegar al producto terminado (Figura 1). En una primera etapa la madera es dimensionada en dos aserraderos tipo cinta verticales marca SALEM (AS01, AS02) ambos para el procesamiento de trozas con diámetros mayores (≤ 100 cm). Así mismo se cuenta con otro aserradero vertical de cinta para diámetros menores (≤ 60 cm), marca COOPER (AS03). Luego de estas máquinas las tablas pasan a un re aserradora marca SALEM (RA01) donde se obtienen tablas dimensionadas a partir de tablas o tablones producidos en los aserraderos. Seguidamente se cuenta con dos

máquinas despuntadoras marca DEWALT, la cual se encarga de realizar el saneamiento de las tablas ya sea eliminando nudos y pudriciones.

Para la segunda etapa de producción se produce madera elaborada o alistada como moldurados machihembrados. En esta parte se generan tablas a partir de tecnología finger joint para lo cual se tiene una maquina encargada de realizar el corte y la pega del sistema finger joint (FJ01). Las tablas que se generan en esta sección son de primera calidad. En esta área se realiza el despunte, el machihembrado y molduradora con máquinas marca SCHROEDER.

3.1.2 Diagrama de flujo de la madera del aserradero El Almendro S.A.

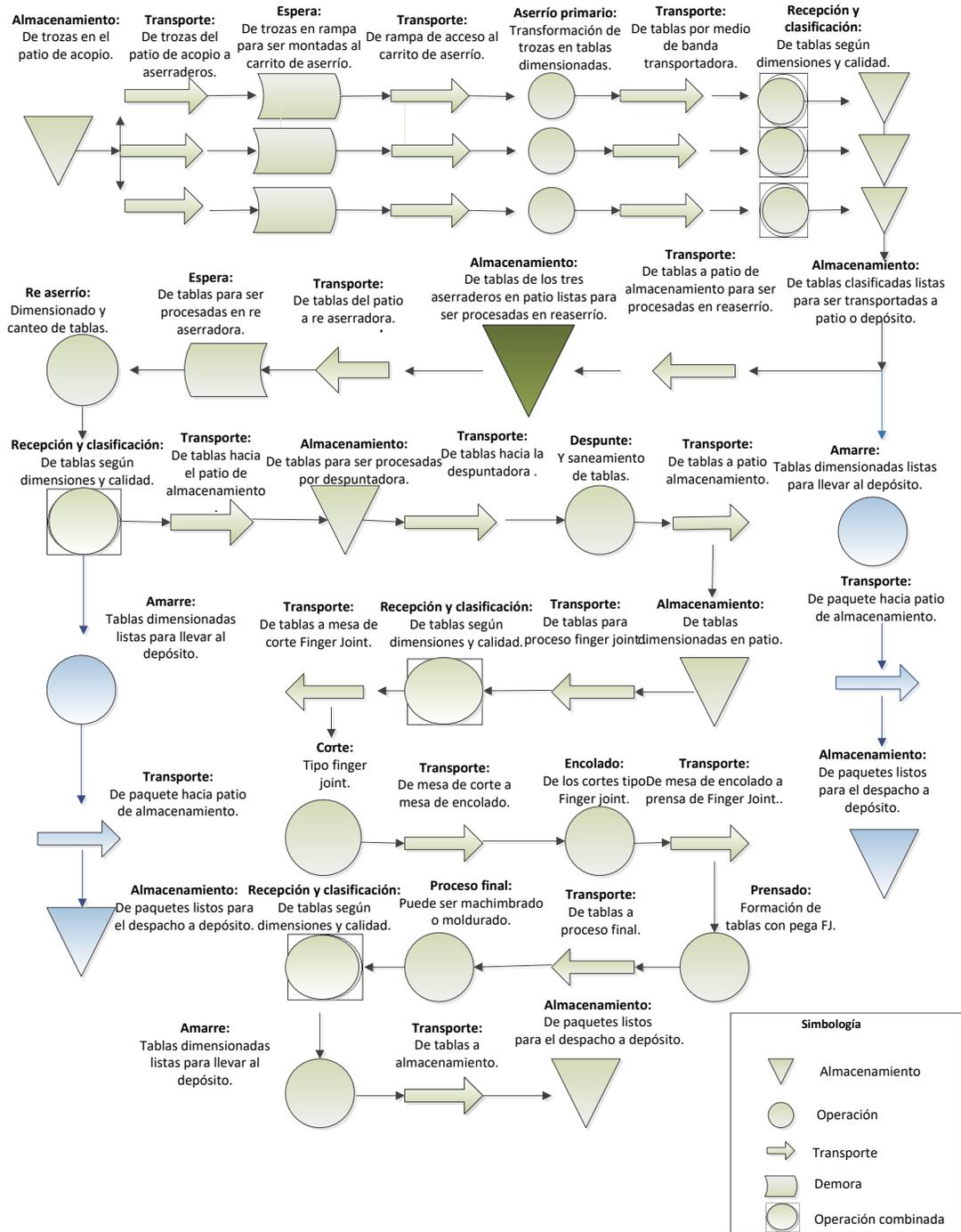


Figura 2. Flujo producción de proceso de aserrío en el aserradero El Almendro S.A.

El aserradero cuenta con un patio de aproximadamente 1,7 ha donde se almacenan todas las trozas que son recibidas en su mayoría provenientes de plantaciones forestales. Luego son transportadas a los diferentes aserraderos con la ayuda de un cargador articulado con una horquilla incorporada, la cual facilita el movimiento y transporte de las trozas. El material aserrado en los aserraderos primarios es transportado por medio de una banda transportadora y recibido por un operario que se encarga de clasificarlo según su tamaño y calidad. La madera obtenida en cada uno de los aserraderos una parte es llevada al depósito y otra continua en el proceso, la madera es almacenada en pilas. La pila que sigue en el proceso es transportada por medio de un montacarga al patio, donde la madera es almacenada en espera de ser procesada en la re-aserradora. Seguidamente, el montacarga se encarga de transportar las tablas del patio nuevamente al interior del aserradero para ser procesada por la re-aserradora. En esta máquina las tablas con costillas son redimensionados en anchos comerciales y éstas son clasificadas por medio de un operario en madera lista para ser llevada al depósito y otra parte continua el proceso. La madera que continua el proceso es llevada al patio y almacenada hasta ser procesada por la despuntadora, donde se realiza un saneamiento de las tablas se quitan nudos, pudriciones y costillas. Las tablas cortas (cabrería) son llevadas al patio y en espera de ser procesadas en la etapa se finger joint.

Una vez que son transportadas al área de finger joint se realiza la operación de corte y pega de las tablas, las cuales son almacenadas en espera de ser pasadas a la machihembradora o molduradora según la demanda. Luego las tablas con finger joint son cepilladas y/o molduradas, luego estas son clasificadas y amarradas en paquetes listas para ser llevadas al depósito (Figura 2).

3.1.3 Descripción de las funciones de los operarios

Durante la evaluación en el aserradero se encontraban laborando 27 trabajadores capacitados para cumplir las diferentes funciones dentro de la planta de aserrío.

La planeación de cada una de las funciones que realiza cada operario es de gran importancia para el buen funcionamiento del aserradero (Cuadro 2). El AS01 es un aserradero semiautomático donde las dimensiones se dan desde el mando de

control, y el trabajador encargado de manejar el malacate (winch) del carro de aserrío es el encargado de dar las dimensiones. En el AS03 al igual que en el AS02 las dimensiones son dadas de manera manual por un trabajador el cual viaja sobre el carro de aserrío y con una palanca mueve la troza por el gramil de las escuadras del carro hacia la cinta del aserradero. En el proceso de re aserrío pueden estar laborando de tres a seis trabajadores, ya que la maquina cuenta con la anchura y potencia ideal para ser alimentada por dos trabajadores lo que implica que por cada trabajador que alimenta hay dos trabajadores que clasifican a la salida de la máquina. Normalmente en el área de despunte solo hay un trabajador el cual se encarga de dar dimensiones y calidad a las tablas para ser utilizadas en finger joint. En la máquina de FJ01 un trabajador se encarga de acomodar las tablas y realizar el corte de este tipo de tecnología, seguidamente otro trabajador se encarga de encolar los cortes con el uso de una brocha y un último trabajador se encarga de la máquina que por medio de presión forma las tablas. En la M01 un trabajador se encarga de alimentar la maquina al igual que en la M02 y otro trabajador se encarga de recibir, clasificar y amarrar los paquetes de tablas listas para ser transportadas al depósito.

Cuadro 2. Funciones de los trabajadores en cada una de las maquinas del proceso del Aserradero El Almendro S.A.

Maquina	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4
AS01	Dar dimensiones de corte. Maniobrar el aserradero	Recibir y acomodar en banda transportadora	Recibir y clasificar la madera aserrada	
AS02	Maniobrar el aserradero	Dar dimensiones de corte.	Recibir y acomodar en banda transportadora	Recibir y clasificar la madera aserrada
AS03	Maniobrar el aserradero	Da dimensiones de corte	Recibir y clasificar la madera	
RA01	Alimentar la re aserradora con tablas.	Recibir y clasificar las tablas obtenidas	Recibir y clasificar las tablas obtenidas	
DP01	Dimensionar tablas de buena calidad.			
FJ01	Clasificar y hacer corte Finger joint	Poner goma en los cortes Finger joint	Armar las tablas en maquina ensambladora.	
M01	Alimentar la maquina	Clasificar y amarrar madera lista		

2.2.2 Distribución de tiempos

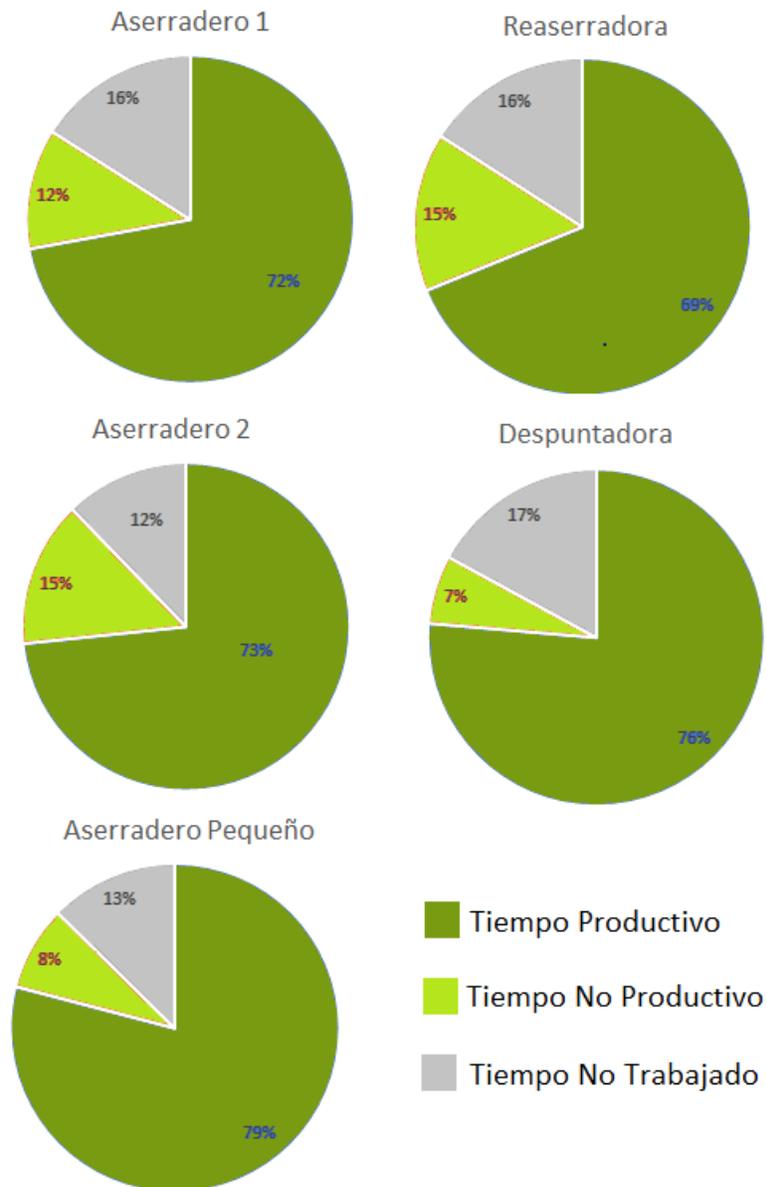


Figura 3. Distribución de tiempo trabajado por máquina en el aserradero El Almendro S.A.

El tiempo trabajado es la suma del productivo y el no productivo donde no se tiene gran variación entre las maquinas evaluadas (Figura 3), el tiempo trabajado en todas las maquinas es en promedio de un 85,2%. Con estos valores se puede traducir en que la planta de aserrío El Almendro S.A. cuenta con el personal capacitado para

tener un rendimiento de trabajo alto, los tiempos no trabajados se dan por distracciones entre los trabajadores como hablar entre ellos. Pero en el caso de la re aserradora se dan tiempos no trabajados por la espera de materia prima ya que el cargador está en el transporte de la misma del patio a la máquina, aun así el tiempo productivo representa 6,21 horas de trabajo por jornada. Los tiempos trabajados no productivos que más predominan en el proceso de aserrío primario son: volteos de troza, carga de trozas realizado por al menos dos operarios con ayuda de “palancas de gancho” se ayudan a realizar las tareas. Además de retroceso del carro porta trozas presenta un porcentaje importante de estos movimientos.

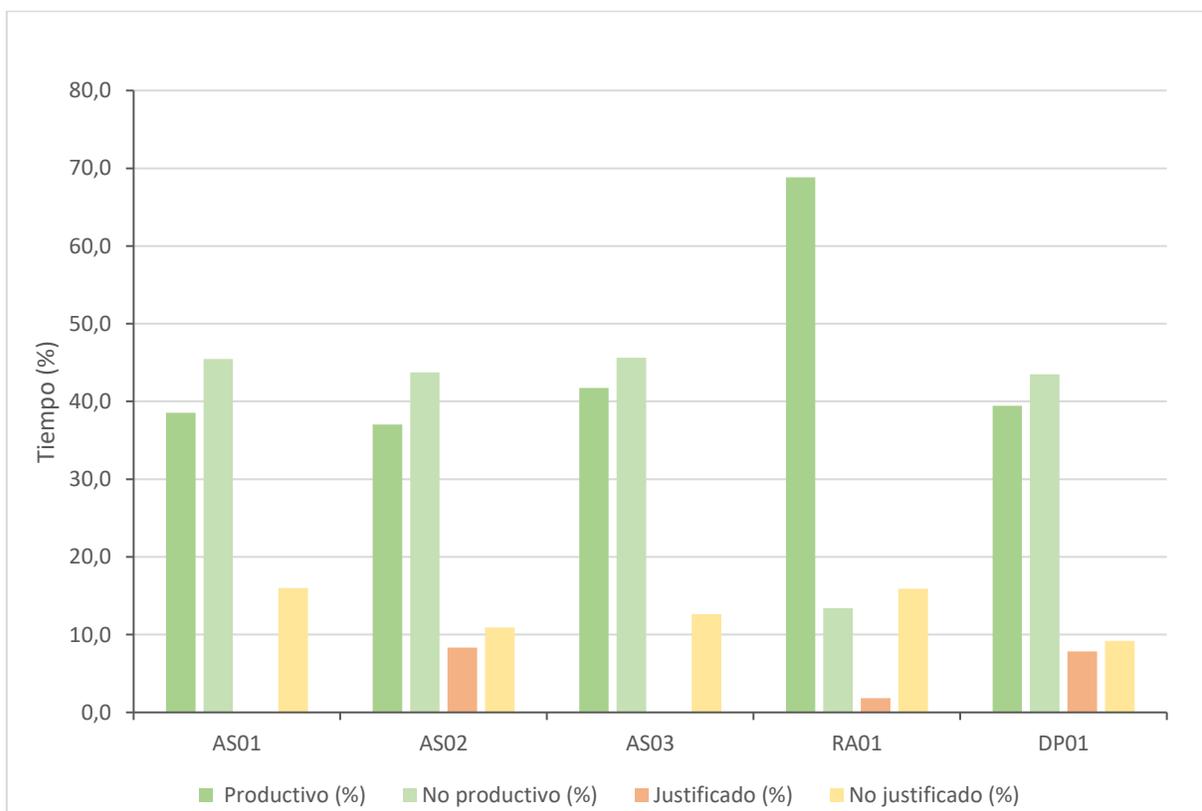


Figura 4. Distribución de tiempos por máquina en el aserradero El Almendro S.A.

En la figura 4, se determina que la maquina con mayor tiempo productivo es la RAO1 con un 68,8 % lo que equivale a 6,22 horas de una jornada de trabajo, siendo el alimentar la re aserradora el movimiento que más predomina en una jornada de

trabajo, y como consecuencia tiene a los trabajadores que clasifican la madera a un ritmo similar de trabajo.

Las demás maquinas presentan un comportamiento similar con respecto a los movimientos trabajados productivos y no productivos, sumando entre ambos un alto nivel de movimientos trabajados entre 83% y 87% en movimientos como aserrando, retroceso, volteo de troza.

La máquina que mayor tiempo no trabajo presenta es AS02, y se da por la suma de movimientos no trabajados justificados como mantenimiento del malacate (winch), y no justificados como hablar o espera de materia prima, la suma de estos movimientos no trabajados corresponde a un 19,2 % y equivale a 1,72 horas de una jornada de trabajo.

Durante el estudio de tiempos y movimientos en cada aserradero se determinó el número de trozas que ingresaron, así como la especie y las dimensiones de las mismas, para así poder determinar la productividad en el proceso de aserrío primario. En el AS01 y AS02 se aserró *Eucalyptus spp* (eucalipto), mientras que en el AS03 se procesó *Cordia alliodora* (laurel).

Cuadro 4. Productividad en la producción del proceso de aserrío primario en el aserradero El Almendro S.A.

Rendimiento en aserrío	AS01	AS02	AS03
Horas de estudio	34,60	34,60	34,60
Días de evaluación	4,00	4,00	4,00
Horas programadas	9,00	9,00	9,00
Horas Trabajadas	29,06	30,36	30,23
Cantidad de trozas procesadas	155,00	143,00	140,00
Diámetro promedio de trozas (cm)	42,60	41,20	37,80
Volumen aserrado (m ³)	65,60	68,89	35,96

Trozas procesadas/ hora trabajada	5,33	4,71	4,63
m ³ de madera/hora trabajada	2,26	2,27	1,19

En el cuadro 4, se puede observar la cantidad de trozas aserradas durante el estudio en cada uno de los aserraderos, siendo el AS01 el que mayor cantidad de trozas consumió, pero con un volumen similar al AS02. Se observa como el AS03 tiene capacidad de procesar menos materia prima que los aserraderos grandes consumiendo 1.19 m³ de madera por cada hora trabajada y los aserraderos de mayor tamaño consumen 2.27 m³ de madera por cada hora de trabajo. En promedio las trozas procesadas por hora de trabajo son similares para los tres aserraderos aproximadamente 5 trozas/hora.

2.3 Rendimiento

2.3.1 Cantidad de trozas a evaluar

Al realizar el pre muestreo de las trozas y realizar los cálculos se obtiene que para que el estudio sea estadísticamente válido se deben muestrear al menos 39 trozas de eucalipto y 42 trozas de laurel (Cuadro 5). Las trozas presentan un coeficiente de variación en el volumen relativamente bajo, lo cual provoca que el estudio sea de pocas trozas en ambas especies.

Cuadro 5. Estadísticos para determinar el número de trozas a evaluar por especie.

Variables	eucalipto	laurel
Premuestreo	30	30
Valor t student al 95% (Z)	1,69	1,69
Coeficiente de variación (CV%)	36,69	37,20
Error de muestreo	0,10	0,10
Numero de trozas	39	42

2.3.2 Características de las trozas evaluadas

Tanto las trozas de eucalipto como las de laurel presentan una distribución homogénea en las clases diamétricas (Figura 5) siendo estas de diámetros similares, dando como resultado poca variación no mayor a 37,2% en el volumen.

La mayoría de las trozas se encuentran entre las clases diamétricas de 30-45 cm de diámetro.

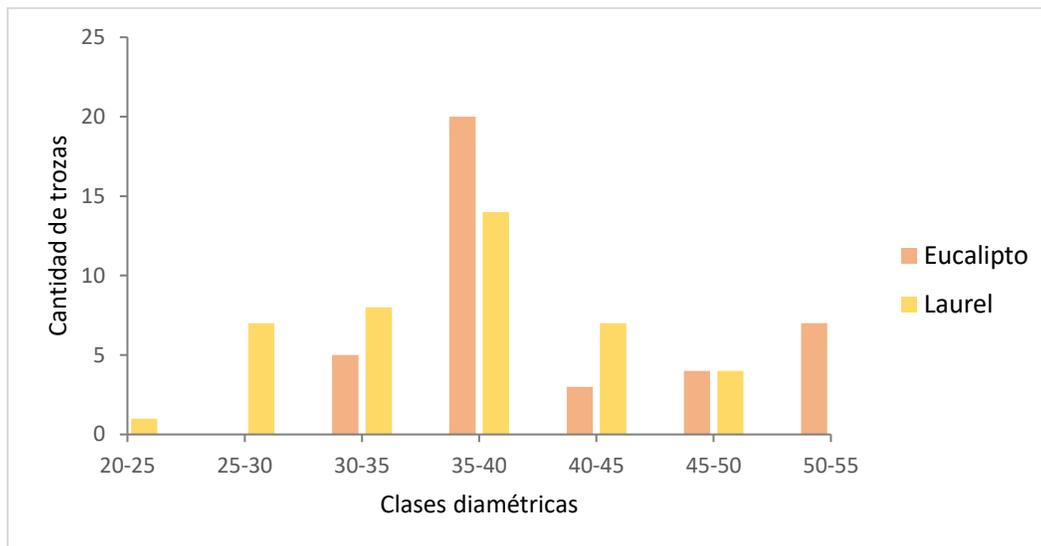


Figura 5. Distribución por clase diamétricas de trozas evaluadas en el aserradero El Almendro S.A.

Con respecto a la calidad de las trozas, se puede observar en la figura 6, cómo un 31% de las trozas en ambas especies son calidad 1 y hay una alta cantidad de trozas calidad 2 esto por la rigidez de los criterios evaluados, ya que con al menos una de las características evaluadas sea catalogada como incidencia 2, como consecuencia la troza es calificada como calidad 2.

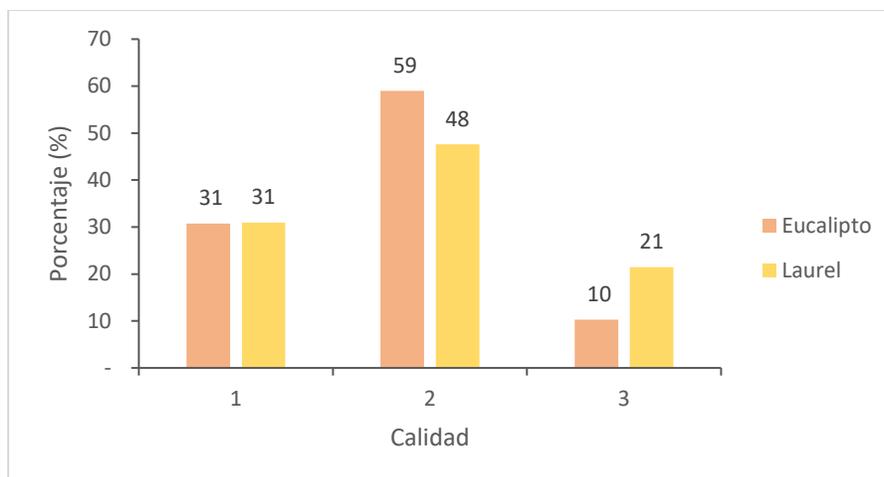


Figura 6. Distribución de las calidades en las trozas evaluadas en el aserradero El Almendro S.A.

En el cuadro 6, se determinó la influencia de cada una de las características evaluadas para determinar calidad, y se presenta el porcentaje según la cantidad de trozas encontradas en las calidades, de las especies de eucalypto y laurel.

Cuadro 6. Porcentaje de calidad según características evaluadas en *Eucalyptus spp* y *Cordia alliodora*.

Características/ Calidad	eucalypto			laurel		
	1	2	3	1	2	3
Nudos	74,36	25,64	0,00	71,43	28,57	0,00
Torcedura	58,97	33,33	7,69	52,38	28,57	19,05
Conicidad	82,05	17,95	0,00	76,19	19,05	4,76
Irregularidad	79,49	15,38	5,13	83,33	16,67	0,00
Sanidad	100,00	0,00	0,00	97,62	2,38	0,00

En las características evaluadas para determinar un nivel de calidad de las trozas se observó que la torcedura es la que más afecta la calidad de las trozas con un 33,33% calidad 2 y un 7,69% de calidad 3.

En ambas especies las características de conicidad e irregularidad fueron calificadas en alto porcentaje como calidad 1, estas características fueron las que menos afectación tuvieron sobre las trozas evaluadas durante el estudio.

En laurel se observaron pocas trozas con algún impacto de sanidad en un grado pequeño, ya que no fue calificado como calidad 3.

Un 100% de las trozas evaluadas de eucalipto, no se encontró ningún tipo de afectación con respecto a sanidad como pudriciones o afectaciones de plagas y/o enfermedades (Cuadro 6).

En laurel resultó que dos características fueron las que mayor incidencia tuvieron para calificar las trozas como calidad 2, las cuales fueron nudos y torcedura con un 28,7% cada una en las trozas afectadas con estos atributos.

2.3.3 Determinación del rendimiento y factor de recuperación de madera aserrada

En rendimiento fue evaluado en cada una de las etapas de proceso (Cuadro 7), el menor rendimiento se da en la primera etapa de aserrío ya que se deben corregir las imperfecciones de las trozas y esto genera gran cantidad de desechos, además de las costillas las cuales son también clasificadas como desecho. En el despunte es donde se presenta mayor rendimiento ya que muchas tablas solamente se les eliminan un nudo o un despunte pequeño.

Cuadro 7. Rendimiento por etapa de aserrío.

Etapa	eucalipto (%)	laurel (%)
Aserrío	72,13	71,15
Re aserrío	75,54	84,84
Despunte	92,35	87,23

Al relacionar cada uno de estos rendimientos obtenidos en cada una de las etapas del proceso se calcula el FRM en los cuales se obtiene un **50,22%** y **52,66%** para las especies de eucalipto y laurel respectivamente.

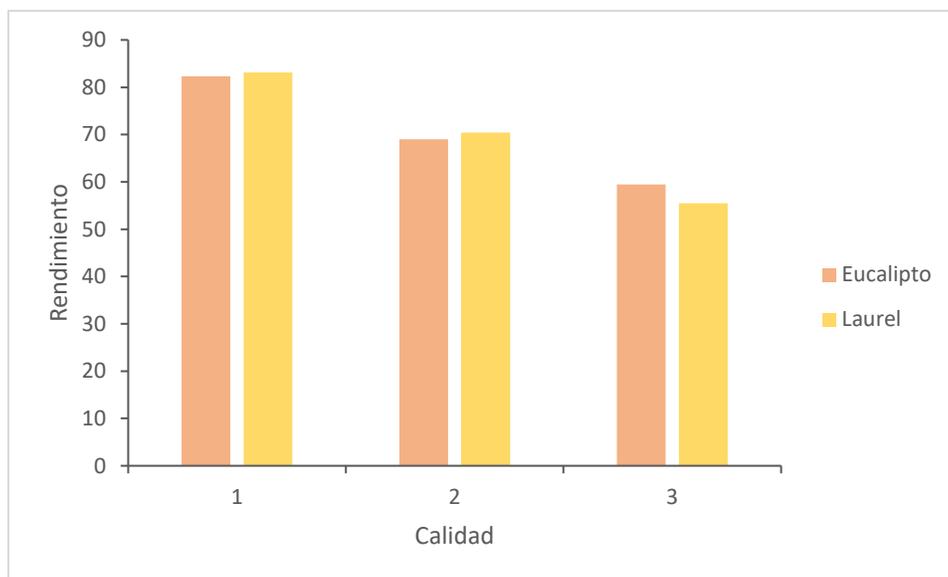


Figura 7. Rendimiento en aserrío primario según calidad de trozas en el aserradero El Almendro S.A.

El rendimiento obtenido en el aserrío primario se relaciona con la calidad de las trozas (Figura 7). Se demuestra que las trozas con calidad 1 en ambas especies tienen un mayor rendimiento que las trozas con una calidad 2 y estas tienen un mayor rendimiento que las trozas calidad 3, esto se debe a que cuando una troza

tiene alguna clase de defecto esta se corrige generando mayor cantidad de desechos.

2.3.4 Análisis de Regresión

Se realizó una regresión para cada una de las especies (Figura 8), con el fin de conocer la ecuación ideal para calcular el volumen de madera aserrada que se obtiene después del proceso de aserrío primario con respecto al volumen de las trozas, en este caso el modelo que más se ajusta y mayor representatividad de los datos tienen la especie de eucalipto es: volumen madera aserrada = $0.5903 \cdot (\text{volumen troza}) + 0.0571$, el cual el 86% de los datos están representados con ese modelo.

En el caso de laurel también se realizó una regresión y se determinó que el mejor modelo es: volumen madera aserrada = $0.7425 \cdot (\text{volumen troza}) - 0.008$ el cual tiene una representatividad de los datos de 83%.

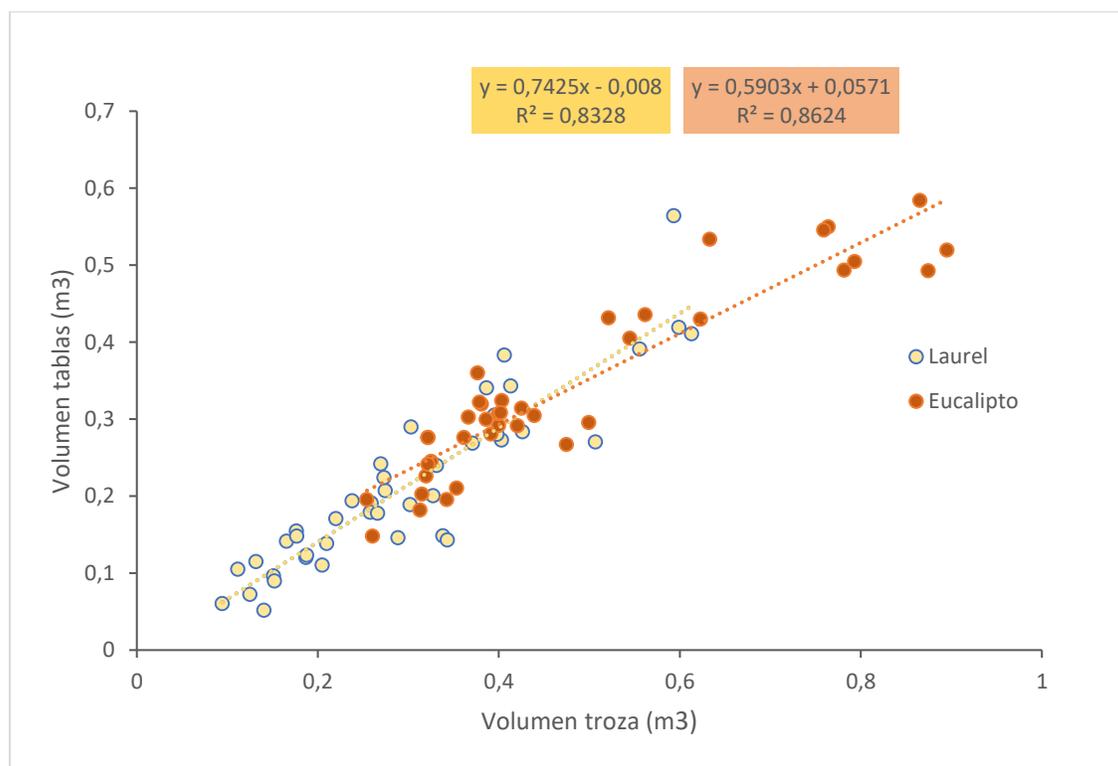


Figura 8. Regresión en aserrío primario para laurel y eucalipto en el aserradero El Almendro S.A.

2.3.5 Análisis de correlación

En el análisis de correlación se conoce cuál es la relación de una variable con otra, en el caso de eucalipto se puede observar como la variable de presencia de nudos es la que mayor correlación tiene con la variable rendimiento, con lo que se puede definir que es una de las variables que más influyen en el rendimiento primario de aserrío en eucalipto, también se puede observar como la calidad influye en el rendimiento en un 75% por lo que se debe prestar atención que las trozas que ingresen al aserradero sean de buena calidad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de correlación entre variables de calidad y rendimiento en *Eucalyptus spp.*

	<i>Rendimiento</i>	<i>Nudos</i>	<i>Torcedura</i>	<i>Conicidad</i>	<i>Irregularidad</i>	<i>Calidad</i>
Rendimiento	1,00					
Nudos	0,61	1,00				
Torcedura	0,05	0,29	1,00			
Conicidad	0,24	0,03	0,36	1,00		
Irregularidad	0,37	0,06	0,36	0,64	1,00	
Calidad	0,75	0,49	0,39	0,38	0,47	1,00

Para la especie de laurel se realizó el mismo procedimiento de correlación entre las variables de calidad con el rendimiento y se obtuvo que la variable que más correlación tienen con el rendimiento es la torcedura, además que la calidad de las trozas tiene un 68% de correlación con el rendimiento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de correlación entre variables de calidad y rendimiento en *Cordia alliodora*.

	<i>Rendimiento</i>	<i>Nudos</i>	<i>Torcedura</i>	<i>Conicidad</i>	<i>Irregularidad</i>	<i>Calidad</i>
<i>Rendimiento</i>	1,00					
<i>Nudos</i>	0,21	1,00				
<i>Torcedura</i>	0,61	0,07	1,00			
<i>Conicidad</i>	0,47	0,06	0,34	1,00		
<i>Irregularidad</i>	0,20	0,00	0,19	0,23	1,00	
<i>Calidad</i>	0,68	0,23	0,80	0,49	0,33	1,00

3.3.5 Análisis de desechos

Los desechos que se producen en cada etapa son diferentes tanto en cantidad como en cualidades, los desechos generados en la etapa de aserrío consisten en su mayoría en costillas y tablas dañadas, en el proceso de re aserrío los desechos son pequeñas piezas con pocas costillas y las que tienen un largo adecuado son clasificadas para ser llevadas a despunte donde se les elimina la parte de costilla, (Figura 9). En el despunte los desechos son pocos y normalmente son nudos o puntas dañadas. En total durante el proceso de evaluación se obtuvo un total de desechos de 37,50 % en eucalipto y un 38,41% en laurel.

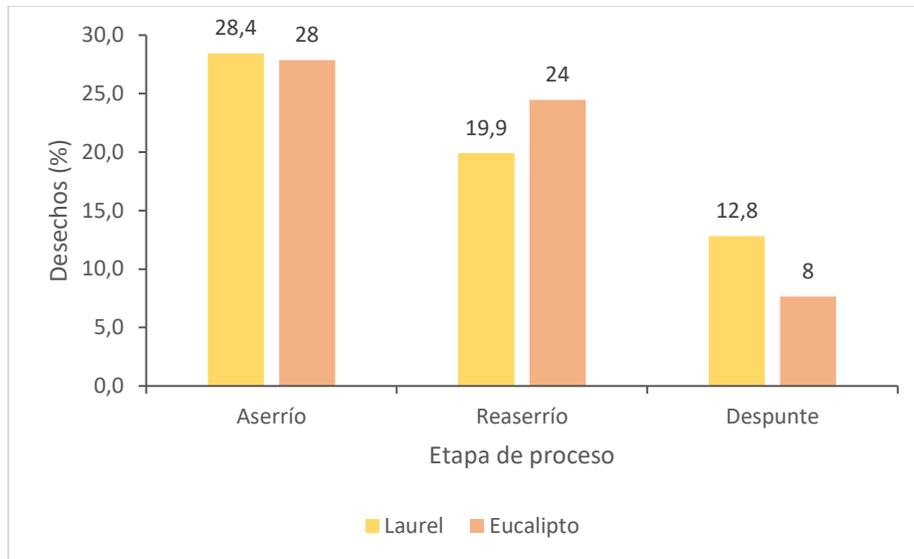


Figura 9. Desechos generados en cada etapa del proceso en el aserradero El Almendro S.A.

3. DISCUSIÓN

El diseño de planta y la distribución de la maquinaria está bien ubicada dentro del área productiva del aserradero, es uno de los aspectos importantes para que el proceso resulte eficiente (Keil ,2008). En el aserradero El Almendro S.A. la distribución de las maquinas se observa que están adecuadamente ordenadas y con el área suficiente para que cada trabajador realice sus tareas.

Con respecto a los tiempos y movimientos calculados en el aserradero El Almendro S.A. se obtiene que el tiempo efectivo de corte es 38,6%, 37,0% y 41,7% para el AS01, AS02 y AS03 respectivamente (anexo 3). Estos resultados de rendimientos son similares a los tiempos de corte calculados por Coronel de Renolfi, (2012), en su estudio de tiempos, rendimientos y costos en Argentina, los cuales encontraron un 37,0% de tiempos efectivo de corte.

Nájera et al. (2012), en su estudio de rendimiento de madera aserrada en dos aserraderos privados en México, determinó un tiempo trabajado de 80,20% contemplando movimientos como avances y retroceso del carro. En el aserradero El Almendro S.A. se obtuvieron valores mayores en tiempos trabajados (productivo + no productivo) que variaron entre 83% y 87% en todas las maquinas evaluadas. El estudio realizado por Ccahuana (2007), utilizando la misma metodología de muestreo en intervalos de dos minutos, en un aserradero de cinta vertical obtuvo un tiempo trabajado de 79%, tiempo ligeramente menor al obtenido en el aserradero El Almendro S.A.

El aserradero El Almendro S.A. presenta un valor promedio de 4,89 trozas procesadas por hora Ccahuana (2007), en su estudio con un aserradero de cinta vertical, se procesó 1.68 trozas por hora trabajada de *Switenia macrophylla* con la mayoría de trozas con diámetros entre 60 a 119 cm, determinó una productividad de $2.18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; en el aserradero El Almendro S.A. fue de $2,26 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ y $2.27 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ en los AS01 y AS02, respectivamente, siendo estos valores muy similares.

Coronel de Renolfi et al (2012), calculó mediante el estudio de 40 trozas de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) una productividad total de 232 pie^2 por hora de trabajo,

equivalente a $0,54 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; en El Almendro S.A es de $1,19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ en el AS03, siendo este $0,65 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ mayor.

La productividad obtenida por García, Morales y Valencia (1999) en aserradero pequeño fue de $2,87 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ y en aserradero mediano fue de $3,49 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ mayor a la encontrada en el aserradero El Almendro S.A., esto se puede dar por la cantidad de volumen que ingresa al aserradero es menor a la que puede producir.

Ccahuana (2007), en su estudio calificó la distribución de la calidad de trozas como aceptable al evaluar 40 trozas de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) determinó valores de un 46.9% de trozas calidad 1, 35,6% de calidad 2 y un 17,3% de calidad 3. En El Almendro S.A. se obtuvo también una distribución buena de calidad de trozas, un 31% calidad 1, 53% calidad 2 y un 15,5% calidad 3. Zavala y Hernández (2000) obtuvieron un 41% de trozas de buena calidad, 28% de clase media y un 31% de trozas de mala calidad, teniendo gran porcentaje de trozas malas con relación a los estudios mencionados.

En el aserradero El Almendro S.A. se obtuvo un factor de recuperación de madera (FRM) de 50,22% para eucalipto y un 52,66% para laurel con corteza, Espinoza y Moya (2011) obtuvieron un FRM en Melina de 45,88% en madera aserrada, utilizando trozas de 31,23 cm de diámetro promedio. Nájera et al. (2012) calculó un 56% lo cual es alto para estudios relacionados. Ortiz, Martínez, Vázquez y Juárez (2016) calculó un 44,18% para el género de Pinos en México. Scanavaca y García (2003), obtuvieron un FRM de 42,54% para la especie de *Eucalyptus urophylla* en su estudio en Brasil, siendo la obtenida en este estudio para este generó un 8% mayor. Ccahuana (2007), calculó un factor de 45,06% para Caoba en un aserradero cinta vertical similar al utilizado en el estudio en El Almendro S.A. Sanabria (1993), realizó un estudio en laurel y obtuvo un 42,54% de coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera en un aserradero de cinta marca Wood Mizer. Con todos los estudios mencionados se puede decir que el factor de recuperación de madera se encuentra alrededor del 50% independientemente de metodología utilizada, las diferencias se pueden dar por la calidad de las trozas, el tamaño de la muestra, maquinaria utilizada, entre otros.

El modelo de regresión lineal es el utilizado por varios autores, Ccahuana (2007) obtuvo un modelo lineal con un 86% de coeficiente de correlación, Ortiz et al. (2016) determinó también un modelo lineal con un coeficiente de correlación del 84,8%. En el estudio en el aserradero El Almendro S.A. se encontraron modelos lineales que tienen un coeficiente de correlación similar, con alta explicación de los datos según el modelo escogido.

En las trozas de laurel evaluadas en El Almendro S.A. se observa como la torcedura es una de las variables que más afecta el rendimiento, Zavala y Hernández (2000) afirman que las trozas torcidas generan menor cantidad de madera que las trozas rectas con mismo diámetro y largo. Se debe prestar atención y evitar la llegada de trozas torcidas ya que baja el nivel de productividad y el rendimiento del aserradero. Con respecto a las trozas de eucalipto se encontró que la presencia de nudos es las características que más afecta el rendimiento, esto se da por que el nudo provoca deformación en la troza y se tienen que realizar más pasadas por el aserradero, lo que genera mayor cantidad de desechos en estas trozas.

Nájera et al. (2012), concluyó que el rendimiento de la madera aserrada no se ve afectada por el diámetro; al igual que lo resultado en este estudio, con lo que se puede concluir que el diámetro no es primordial para obtener un mayor volumen de tablas aserradas.

Coronel de Renolfi et al. (2012), calculó un total de 41,7% de desechos generados en el proceso de aserrío de Algarrobo blanco con diámetros similares a los de este estudio donde se obtuvo un 3.7% menor en promedio de residuos.

4. CONCLUSIONES

El aserradero El Almendro S.A. cuenta con una distribución de planta buena y lógica, con el área adecuada para que cada trabajador realice su trabajo de buena manera.

El flujo de producción se ve afectado por la cantidad de almacenamientos, provocados por la existencia de tres aserraderos principales y solo hay una máquina para el proceso de re aserrío de las tablas obtenidas en los aserraderos, esto produce espera del material para ser procesado.

La eficiencia fue determinada mediante dos indicadores los cuales fueron el estudio de tiempos y movimiento en el cual se obtuvo un promedio de 85% de tiempo trabajado, y el factor de recuperación de la madera donde se obtuvo un factor de recuperación de madera de 50,22% y 52,66 para las especies de eucalipto y laurel, respectivamente.

Todas la maquinas evaluadas obtuvieron un tiempo trabajado promedio de 85%. Se calculó una productividad de 2,26 m³h⁻¹, 2,27 m³h⁻¹ y de 1,19 m³h⁻¹ en los aserraderos 1, 2 y el pequeño respectivamente.

En las trozas evaluadas las características de calidad que más correlación tuvieron con el rendimiento son presencia de nudos para eucalipto y torcedura para laurel.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa El Almendro S.A., en llevar una base datos en conjunto de las entradas de trozas y salida de material por día y por especie, para así poder calcular más frecuentemente el flujo de madera en el aserradero y el rendimiento.

Para no tener tanto material aserrado en patio, que se pueda dañar se recomienda llevar un mejor orden y procesamiento para así evitar el desperdicio o pérdida de material por estar más tiempo de lo indicado a la intemperie. Tener un buen control de inventario para evitar que la madera se dañe en el patio del aserradero.

El aserradero El Almendro S.A. cuenta con personal bien capacitado para realizar las funciones de buena manera, mantener el orden y aseo en las estaciones de trabajo, por lo que se recomienda seguir en una constante capacitación tanto a nuevos trabajadores como a los viejos.

Durante la realización del estudio solo se observó el procesamiento de solo dos trozas de diámetros mayores, y pocas trozas grandes en el patio, por lo que, si se tienen el equipo para procesar volúmenes grandes, se podría buscar la compra de material de características según la maquinaria instalada, para no subutilizar las máquinas.

Durante el estudio se observó que el cargador marca Hyster, tiene problemas de movilidad cuando llueve, se puede mejorar el suelo agregando lastre y/o cemento para mejorar la movilidad de esta máquina tanto dentro como fuera del aserradero.

6. REFERENCIAS

- Aldás Ledesma, G. F. (2014). *Rendimiento en el proceso de transformación de madera rolliza a madera escuadrada de pino (Pinus radiata D. Don), con dos tipos de aserradero, en la ciudad de Riobamba, Ecuador*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chávez, A., & Guillén, V. (1997). Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Manual práctico. Santa Cruz, Bolivia. *Documento técnico*, 62, 1997.
- Ccahuana, W. (2007). Estudio de rendimiento y tiempos en el proceso de aserrío de trozas de *Swietenia macrophylla* king con un aserradero de cinta vertical, en la provincia de Tahuamanu (Doctoral dissertation, Tesis de ingeniero. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Facultad de Ciencias Forestales y Medio Ambiente. Carrera Profesional de Ingeniería Forestal).
- Coronel de Renolfi, M., Díaz, F., Cardona, G., & Ruiz, A. (2012). Tiempos, rendimientos y costos del aserrado de Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 20(1), 15-28.
- Corzo, A. O. S. (2006). *Estudio y propuesta del mejoramiento de operación del proceso productivo de una aserradero*. (Ingeniero industrial), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Espinoza-Durán, J., & Moya, R. (2013). Aprovechamiento e industrialización de dos plantaciones de *Gmelina arborea* de 15 años de edad en diferentes condiciones de pendiente. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 237-248.

- Flores, J. 1985. Diagnóstico del sector industrial forestal. San José, Costa Rica, Editorial UNED. 113 p
- García, J. D., Morales, L., & Valencia, S. (1999). Coeficientes de aserrío para cuatro aserraderos banda en el Sur de Jalisco. *Foresta-AN*. Nota técnica, (5).
- Infante G. y G. P. Zarate (1990): métodos estadísticos 2ª edición. Trillas. México, DF, 643 pp.
- KEIL, G. D. (2008). *Sistema de aserrado*. Universidad Nacional de La Plata. Argentina, pag 8.
- Nájera Luna, J. A., Adame Villanueva, G. H., Méndez González, J., Vargas Larreta, B., Cruz Cobos, F., Hernández, F. J., & Aguirre Calderón, C. G. (2012). Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. *Investigación y Ciencia*, 20(55).
- Ortiz B, R., Martinez, S., Vázquez R, D. & Juárez, W. (2016). Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género *Pinus* en la región Sierra Sur, Oaxaca, México. *Colombia Forestal*, 19(1), 79-93.
- Quirós Rodolfo, O. C., Marianela Gómez. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proeniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*, Costa Rica, 29(9).
- Sanabria Cascante, J. C., & Serrano Montero, R. (1993). Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial de las trozas del primer raleo de una plantación de laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavón Oken). *Tecnología en Marcha (Costa Rica)*., 12(2), 37-42.

Scanavaca, L. & García, N. J. (2003). Rendimiento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, 63, 32-43.

Serrano-Montero, J. R., & Moya-Roque, R. (2012). Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 8(21), 1-12.

Zavala Zavala, D., & Hernández Cortés, R. (2000). Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Madera y bosques*, 6(2).

ANEXOS

Anexo 1. Formulario para la toma de datos del estudio de tiempos y movimientos.

Estudio de tiempos y movimientos en el aserradero El Almendro S.A

Actividad a evaluar:

Trabajador:

Nombre del evaluador:

Hora de inicio:

Fecha:

Hora Final:

Nº trozas:

Especie:

Movimiento realizado	Observación

Anexo 2. Formulario de toma de datos para estudio de rendimiento.

Estudio de rendimiento en el aserradero El Almendro S.A		
Nombre del evaluador:	Hora de inicio:	Color:
Fecha:	Hora Final:	
Características de la troza/calidad:	D:	d: l:

# tabla	Largo	Ancho	Grosor	Cantidad
---------	-------	-------	--------	----------

Anexo 3. Porcentaje de tiempo trabajado y no trabajado por tipo de movimiento y máquina.

N° Observaciones	1038			
Maquina	Aserradero 1			
	Tiempo Trabajado		Tiempo No Trabajado	
Movimiento	Productivo (%)	No productivo (%)	Justificado (%)	No justificado (%)
Aserrando	38,6			
Retroceso carrito		11,1		
Volteo de troza		5,8		
Carga de troza		14,1		
Recarga (para reaserrio)		2,5		
Limpiar troza		3,9		
Cambio cinta		2,4		
Verificando medida		5,6		
Detenido				16,0
Total %	38,6	45,5		16,0
Maquina	Aserradero 2			
	Tiempo Trabajado		Tiempo No Trabajado	
Movimiento	Productivo (%)	No productivo (%)	Justificado (%)	No justificado (%)
Aserrando	37,0			
Retroceso carrito		12,2		
Volteo de troza		12,8		
Carga de troza		8,1		
Recarga (para reaserrio)		3,2		
Limpiar troza		3,1		
Limpia area de trabajo		2,5		
Cambio cinta		1,9		
Espera (volteos, ordenando)			7,0	

Mantenimiento (winch, rama, etc)			1,3	
Hablando				10,9
Total %	37,0	43,7	8,3	10,9
Maquina	Aserradero Pequeño			
	Tiempo Trabajado		Tiempo No Trabajado	
	Productivo (%)	No productivo (%)	Justificado (%)	No justificado (%)
Aserrando	41,7			
Retroceso carrito		6,5		
Volteo de troza		15,5		
Carga de troza		14,7		
Recarga (para reaserrio)		0,6		
Limpiar troza		2,8		
Cambio cinta		0,9		
Verificando medida		4,6		
Detenido				12,6
Total %	41,7	45,6	0,0	12,6
Maquina	Reaserradora			
	Tiempo Trabajado		Tiempo No Trabajado	
	Productivo (%)	No productivo (%)	Justificado (%)	No justificado (%)
Alimentando	68,8			
Cambio de discos		13,4		
Baño			1,8	
Hablando				15,9
Total %	68,8	13,4	1,8	15,9
Maquina	Despuntadora			
	Tiempo Trabajado		Tiempo No Trabajado	
	Productivo (%)	No productivo (%)	Justificado (%)	No justificado (%)

Aserrando	39,4			
Volteo de tabla		23,0		
Acomodo de tabla		13,9		
Amarre		6,6		
Habla				9,2
Espera			7,8	
Total %	39,4	43,5	7,8	9,2