

Tipos de mantenimiento en cuatro aserraderos en el proceso de transformación primaria de madera aserrada

Types of maintenance in four sawmills in the process of primary transformation of sawn wood

Handry M. Rodas-Purizaga¹; Luis A. Gil-Ramirez¹; Harry O. Amari-Larreategui¹; Marco A. Rojas-Delgado¹; Jose E. Torres Chilcon

1 Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional de Jaén. Carr. Jaen San Ignacio Sec. Yanayacu KM. 24, Cajamarca, Jaén, Perú.

* Autor correspondiente: handry_rodas@unj.edu.pe (H. Rodas).

ID ORCI de los autores:

H. M. Rodas-Purizaga: <https://orcid.org/0000-0003-0698-8876>

L. A. Gil-Ramirez: <https://orcid.org/0000-0002-7323-0566>

H. O. Amari-Larreategui: <https://orcid.org/0000-0001-6090-9847>

M. A. Rojas-Delgado: <https://orcid.org/0000-0003-2468-653X>

J. E. Torres Chilcon: <https://orcid.org/0000-0001-9040-6343>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo clasificar el tipo de mantenimiento y describir el tipo de maquinarias en cuatro aserraderos en la ciudad de Jaén, la evaluación se realizó mediante la metodología de recopilación de información de observación directa mediante el instrumento de ficha de recolección de datos, a su vez se identificó el tipo de maquinaria usada en los trabajos de aserrío de primera transformación, siendo las características técnicas de cada maquinaria conformado usualmente por una desbrozadora, sierra cinta, sierra circular de mesa y una cepilladora. Se clasificó el tipo de aserradero según su producción diaria, siendo el aserradero el parral, santa rosa y casa blanca en categoría de pequeño y el aserradero la unión de muy pequeño; también se elaboraron diagramas de procesos según la clasificación dando como resultado dos diagramas de procesos; y la clasificación del mantenimiento en los aserraderos estudiados es de tipo preventivo y correctivo; también se determinó que es orientado a los negocios para los aserraderos la Unión, Santa Rosa y Casa Blanca y para el aserradero el parral se clasifica en orientado a los negocios – seguidores.

Palabras clave: maquinaria; aserradero; aserrío; mantenimiento.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the type of maintenance and the types of machinery in four sawmills in the city of Jaén, the evaluation was carried out through the methodology of direct observation information collection through the data collection sheet instrument, In turn, the type of machinery used in the first transformation sawmill work was identified, with the technical characteristics of each machinery usually consisting of a brushcutter, band saw, circular table saw and a planer. The type of sawmill was classified according to its daily production, being the sawmill the parral, Santa Rosa and Casa Blanca in the category of small and the sawmill the union of very small; process diagrams were also elaborated according to the classification, resulting in two process diagrams; and the classification of maintenance in the studied sawmills is preventive and corrective; It was also determined that it is business-oriented for the La Unión, Santa Rosa and Casa Blanca sawmills and for the El Parral sawmill it is classified as oriented to business-followers.

Keywords: machinery; sawmill; sawmill; maintenance.

Recibido: 15-03-2023.

Aceptado: 28-05-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Mantenimiento según ISO 14224:2006 es una *“combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluidas las acciones de supervisión, con la intención de retener un ítem, o restaurarlo a un estado en el que pueda realizar una función requerida.”*

De la transformación de la materia prima proveniente de la recolección de madera forestal se obtiene madera aserrada, la cual puede ser el producto final o bien sometido a nuevas transformaciones en remanufacturado obteniendo un producto de mayor valor agregado. Ambos procesos generan materiales de calidad que son distribuidos a los distintos clientes que posee la empresa (Brito & Bobadilla, 2015).

El mantenimiento productivo forestal maderable es una parte importante de la cadena productiva, nos ayuda a optimizar los procesos productivos de los productos de primera y segunda transformación de la madera, en el cual se garantiza que los equipos trabajen a su mayor capacidad y sin inconvenientes de fallas en el sistema en el momento de su ciclo operativo; por lo cual es la labor del área de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la de mantener en buenas condiciones las maquinarias, herramientas y los equipos de trabajo (Molina, 2006).

Como menciona Alavedra (2016), en todo sistema de producción, siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas el sistema se mantiene operativo y su rendimiento de producción es alto. El mantenimiento entendido como un servicio, tiene funciones básicas que pueden resumirse en: reparar, mantener, preservar, mejorar y proyectar las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos o componentes con los cuales cuenta la empresa para su sistema de producción (Brito & Bobadilla, 2015).

Las maquinarias a lo largo de su vida útil proporcionan datos que ayudan a la toma de decisiones de los grupos particularmente involucrados con ellos, como son los departamentos de mantenimiento y producción quienes establecen su comunicación a través de las máquinas (García, 2006).

Eurofins (2020), menciona que, dependiendo del trabajo a realizar, se pueden distinguir tres tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo, el cual refiere cada uno de ellos a lo siguiente:

El mantenimiento preventivo se ocupa de las tareas de mantenimiento que tienen como objetivo la minimización de riesgos, tanto para los operarios como a la maquinaria y gracias a estas tareas se previenen fallas, errores o averías en el funcionamiento de los equipos y de las herramientas.

El mantenimiento correctivo, consiste en reparar la avería o falla, una vez que se ha producido lo cual pone el equipo usualmente en una parada operacional, donde los costos económicos se incrementan y aumentan los tiempos operativos y de producción.

El mantenimiento predictivo se realiza mediante la recopilación y la interpretación de datos estadísticos que estos a su vez permiten anticipar o detectar cuando se va a dar un fallo en las maquinarias o equipos mediante valores anómalos y mediante esto se puede dar un reemplazo de algún componente antes de que se produzca la avería.

La poca información sobre las actividades y la producción de madera aserrada en el distrito de Jaén es una limitante para la realización de estudios más especializados en el área de desarrollo productivo forestal, a su vez esto está implícitamente relacionado con sus maquinarias y los mantenimientos que se dan en los sistemas de producción dentro de los aserraderos; por tanto este estudio se ocupó de saber cuáles son los tipos de mantenimiento a las maquinarias utilizadas en la industria del aserrío en los distintos aserraderos instalados en la ciudad de Jaén, por ser un tema desconocido en la localidad y ayudar a tener el conocimiento para que las operaciones en los aserraderos aumenten su eficiencia y productividad. También nos da referencias de las maquinarias usadas, su antigüedad, el tipo de mantenimiento que es utilizado en los aserraderos de categoría pequeño dentro del casco urbano de la ciudad de Jaén.

MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra fueron 4 aserraderos ubicados en la zona industrial de la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú (Figura 1), según el plano catastral de la ciudad de Jaén (MPJ, 2020) y coordenadas UTM (Tabla 1).

Se elaboró una ficha de recolección de datos para la identificación de maquinaria y tipo de mantenimiento que se realiza en cada aserradero (Figura 2).

Tabla 1
Coordenadas de los aserraderos

Aserradero	Coordenadas UTM (WGS84)	
	Este	Norte
Casa Blanca	743982	9368908
Santa Rosa	743796	9368637
El Parral	743927	9368486
La Unión	744223	9368358



Figura 1. Ubicación geográfica de los Aserraderos estudiados; Casa blanca (Urbanización El Chaupe), Santa Rosa (Urbanización Santa Emilia), La unión (Urbanización El Bosque), y El parral (Urbanización Los Parques).

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA DEL ASERRADERO UNIÓN				
REALIZADO POR:	Estudiantes de la UNJ		Fecha de adquisición.	09 de julio del 2022
MÁQUINA-EQUIPO	Garlopa	UBICACIÓN	Via de evitamiento con Mariano Melgar	
FABRICANTE	MALQUI SAC	SECCIÓN	Maquinaria	
MODELO	MB503	ANTIGUEDAD	7 años	
MARCA	HECHIZA			
CARACTERISTICAS FISICAS				
Garlopa de 17", guía para cepillado en ángulo, motor trifásico.				
FUNCIÓN				
Es utilizado para cepillar y hacer rebajes al igual como funciones de escuadrar.				
FECHA DE MANTENIMIENTO				
Cambio de aceite	Limpieza de la garlopa	Mantenimiento del motor	Afilado de la garlopa	Estado de conservación
Cada mes	Cada semana	De mes a mes Imedio	Cada 15 días	Regular



Imagen de la Garlopa

Figura 2. Ficha técnica de identificación de maquinaria y tipo de mantenimiento.

El método de observación directa y el llenado de cada ítem que requería la ficha nos ayudo a identificar los distintos tipos de maquinaria que se utilizan actualmente en los aserraderos para el procesamiento industrial de madera aserrada en Jaén. La clasificación del aserradero se hizo mediante la metodología usada por Hederström (1977), quien clasifica a los aserraderos de la siguiente manera:

- Aserradero muy pequeño: produce de 0,24 – 1,65 m³/turno/8horas.
- Aserradero pequeño: produce de 1,88 – 4,24 m³/turno/8horas.
- Aserradero mediano: produce de 4,48 – 8,02 m³/turno/8horas.
- Aserradero grande: produce de 8,25 – 13,92 m³/turno/8horas.
- Aserradero muy grande - cantidades mayores de 14,15 m³/turno/8 horas.

Dentro del método de observación directa se identificaron los siguientes aspectos de la maquinaria, como olor y presencia de gases contaminantes, como CO₂ e hidrocarburos (gasolina y aceites), también el aspecto visual. Se tomó

en cuenta si existe presencia de aceite residual en los motores de la maquinaria y en sus componentes, ruido del sistema cuando está en funcionamiento.

Se aprovecho la experiencia de los operadores de maquinarias en el mantenimiento para arribar a las principales conclusiones.

Para la clasificación de los aserraderos se utilizó la metodología impuesta por Alsyouf & Cardoso de Morais (2004), quienes concuerdan en congregar en tres grupos las estrategias utilizadas para seleccionar el mantenimiento en una empresa. Al primer grupo se le llama "orientado a los negocios" ya que está basado en tratar de alcanzar ventajas competitivas enfocándose en aspectos claves de la organización; el segundo grupo denominado "los verdes" porque se orientan principalmente en aspectos relativos a la salud y seguridad del medio ambiente y finalmente el tercer grupo es llamado "los seguidores" ya que solamente trabajan acorde a las recomendaciones de los fabricantes del equipamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio del mantenimiento refiere al tiempo justificado, Guallpa (2019) lo denomina "*como el tiempo invertido en mantenimiento u otra actividad para resolver imprevistos propios de trabajo*". Para el estudio del mantenimiento industrial en la maquinaria para el aserrío de madera fue importante primero la clasificación de los aserraderos estudiados según su volumen de producción de madera aserrada. La clasificación de los aserraderos estudiados nos arroja un volumen promedio para pequeño de 1,58 m³ por día de trabajo (Tabla 2), es decir, 47,4 m³ promedio mensual y 568,8 m³ anuales lo cual es afirmado por la clasificación que tiene la dirección de información y control forestal y de fauna silvestre (Mori, 2019), donde clasifica a los aserraderos que utilizan como maquinaria principal la sierra cinta en pequeño ya que su producción es menor a los 1000 m³ al año; también cabe indicar que los aserraderos estudiados tienen como su principal maquinaria en la producción primaria de madera aserrada la sierra cinta.

En cuanto a las maquinarias identificadas la mayoría son mecánicas y carecen de un control sistemático de sus componentes como lo

menciona lo afirmado por Dounce (2014) que los sistemas cerrados, son herméticos; por lo tanto no tienen una comunicación con el sistema general de maquinaria de lo que sucede en su interior; ya pueda ser por falla de temperatura, presión, entre otros, que no estén funcionando adecuadamente, por lo que sus indicadores no se visualizan y muestran un aparente buen funcionamiento, por lo que siempre será necesario hacer una labor de supervisión exhaustiva en este tipo de sistemas mecánicos.

Se identificaron las maquinarias usadas en cada aserradero, algunas maquinarias son elaboradas por un fabricante de acuerdo a las instrucciones y demandas del cliente; a estas se les considero como "hechizas", teniendo en cuenta que en la elaboración de estas máquinas se consideró su mantenimiento, ya que gracias a esto cuenta con una rapidez en el diagnóstico de fallas y son corregidas en un tiempo breve, para ello se siguen las características con componentes estándar para cada maquinaria según su modelo, así como los conectores que unen a los diferentes subsistemas no puedan intercambiarse por error, con sus respectivos soportes, asas, apoyos y sujetadores (Dounce, 2014).

Tabla 2

Clasificación del tamaño de aserradero

Aserradero	m ³ /turno/8 horas	Volumen Promedio	Tamaño del aserradero
Casa Blanca	2,31		Pequeño
Santa Rosa	2,61	1,58	Pequeño
El Parral	2,35		Pequeño
La Unión	1,58	2,42	Muy pequeño

También se identificaron los procesos del aserrío en cada aserradero determinando los siguientes procesos operativos:

- Aserrado
- Dimensionado

- Escuadrado
- Pulido o cepillado

Determinándose las maquinarias utilizadas en el proceso del aserrío por aserradero (Tabla 3).

Tabla 3

Tipos de maquinarias usadas en los aserraderos

Aserradero	Maquinaria	Marca	modelo
Casa Blanca	Cierra radial	Hechiza	16pulg SR-16F 4.0HP 3F 220/380V 60Hzp/madera
	Cierra Desgrosadora	Merelle	Cepilladora 380 v K5410VFP2544
	Cierra circular	Holzmann	_400V
	Cepilladora de un solo lado	Hechiza	HBS 251
	Garlopa	Hechiza	W0105 220V / 4400 RPM
El parral	Sierra ingletadora	Bosch	Gcm 12 Gdl 1800W Láser
	Cierra cinta	World	No indicaba
	Cepilladora	Roblex	20" planer
La Unión	Cierra cinta	HRT2	MEZ-ZSE-P RAHA
	Garlopa	Malqui SAC. (hechiza)	MB 503
	Cierra circular	Hechiza	No indicaba
	Desbrozadora	LOGOSOL (Hechiza)	SH230
Santa Rosa	Afiladora de sierra cinta	VOLLMER	40/2C 1
	Sierra cinta	BRENDA	TURYL (V-500)
	Sierra circular de mesa	Hechiza	W0105
	Maquina Regruesadora	STETON	S630
	Cepilladora eléctrica	Hechiza	MB120

Los aserraderos completamente funcionales en las ciudades utilizan generalmente máquinas de sierra circular, máquina de cierra cinta y maquinas cepilladoras como lo afirma en su estudio Ajayeoba et al. (2021). Ante este contexto, los aserraderos de cinta deben recabar información sobre la variabilidad de los parámetros de corte. A fin de fijar las bases para el aserrado por grupos de dureza con especies patrones (Gualpa, 2019). El estudio descubrió que los factores fundamentales que contribuyen a los altos niveles de ruido en los aserraderos son el mantenimiento deficiente de las máquinas, el uso de máquinas viejas y obsoletas, una estrategia de limpieza deficiente, el espacio limitado, la negligencia de los trabajadores, la falta de EPP y la falta de capacitación en seguridad ocupacional (Ajayeoba et al., 2021). La intelectualización de las operaciones de clasificación no solo minimiza los residuos de madera, sino que también permite el mantenimiento de los equipos. Sensores láser y un microcontrolador, ayudan a los operadores a detectar defectos de descortezado y realizar el seguimiento del desgaste de la herramienta de corte (Kunickaya, 2021).

Para el proceso de aserrado se identificaron dos tipos de procesos productivos según la clasificación de aserradero, teniendo en cuenta

que para el aserradero muy pequeño conformado por el Aserradero la Unión y de pequeño por los tres aserraderos El Parral, Santa Rosa y casa Blanca se identificaron más maquinarias usadas y por tanto un proceso productivo más; en estos aserraderos estudiados se identificó un proceso de producción simple a diferencia de los procesos de producción con manufactura más avanzada que nos muestra Wolcott (2016), donde elabora un diagrama de procesos más eficaz partiendo de que existe más inspecciones en cada proceso y existe también todo un proceso y maquinaria para el tratamiento de los residuos.

En las Figura 3 y 4 se muestran diagrama de procesos de dos tipos de aserraderos, partiendo de la descarga de materia prima hasta la disposición en patio del producto final considerando solo hasta la primera transformación (madera aserrada), puesto que la maderera El Parral cuenta con un espacio de segunda transformación de productos de la madera el cual no se consideró en esta investigación. El diagrama representa la fiabilidad lineal en serie de las maquinarias ya que se debe tener en cuenta la secuencialidad del modelo de producción y el servicio de aserrado con el que cuenta, dando la disposición de que si cualquiera de los equipos deja de funcionar afecta el proceso productivo (Dounce, 2014).

Las máquinas de los cuatro aserraderos evaluados, tienen un tiempo de antigüedad de aproximadamente 20 años, a excepción de la sierra circular del “Aserradero el Parral”, los cuales no han presentado algún tipo de problema durante todo el tiempo que han estado funcionando, un estudio realizado en la ciudad de Ghana por Appiah-Kubi y su equipo de investigación manifiestan que un gran porcentaje de los aserraderos evaluados cuenta con máquinas adquiridas hace un poco más de 10 años las cuales no han presentado mayores inconvenientes en el proceso de producción

(Appiah-Kubi et al., 2011). Estas coincidencias en ambas investigaciones se deben en que ambos estudios, los aserraderos, cuentan con un mantenimiento preventivo y correctivo, lo cual ayuda a minimizar las paradas de producción por problemas de la maquinaria, así también se cuenta con un personal calificado para realizar los diferentes tipos de mantenimientos, aparte de ello los aserraderos evaluados en el país de Ghana, cuentan con un departamento de mantenimiento y tienen una mayor accesibilidad al mercado local para la compra de diferentes repuestos (Appiah-Kubi et al., 2011).

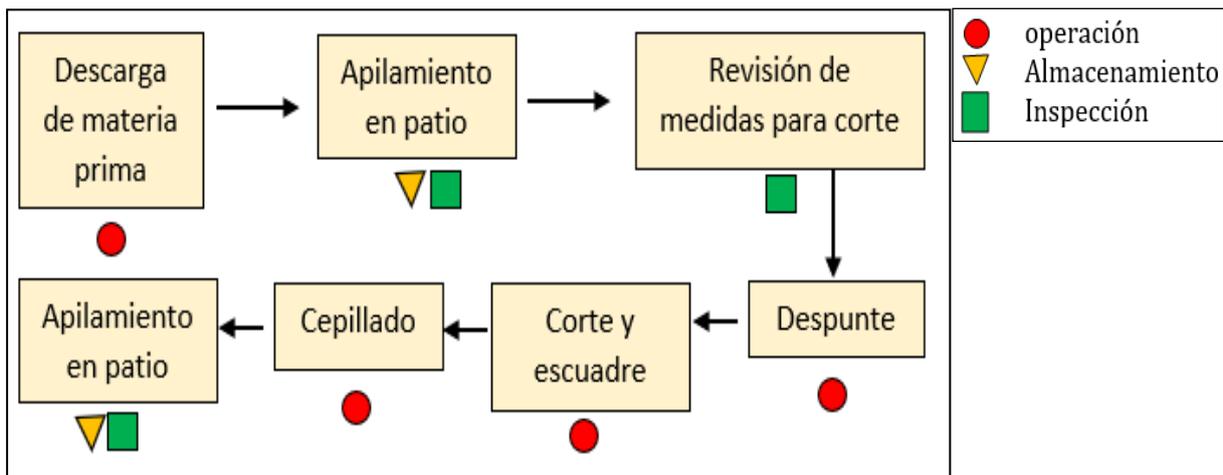


Figura 3. Diagrama de procesos para aserradero muy pequeño.

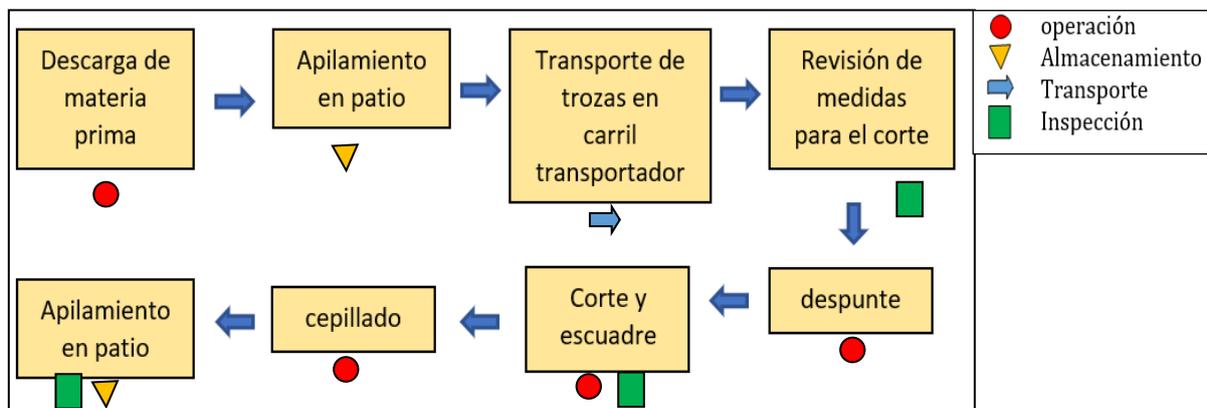


Figura 4. Diagrama de procesos para aserradero pequeño.

Respecto a las máquinas evaluadas en los cuatro aserraderos (Figuras 5 a 8), la sierra cinta y la sierra circular son dos de las maquinarias más empleadas para el proceso de aserrado de la madera, estas maquinarias se emplean en su conjunto con el fin de mejorar el rendimiento de la producción de la madera, esto se afirma en una investigación realizada por Gualpa y su grupo de investigación, en donde se evaluaron dos

aserraderos con diferentes procesos de transformación de la madera, el primer aserradero solo emplea una sierra circular y el segundo emplea sierra circular más sierra de cinta, al finalizar el estudio se evidencia un rendimiento de 27,74% para el primer aserradero y un 48,84% para el segundo aserradero concluyendo así, la eficiencia del trabajo conjunto de estas dos máquinas antes mencionadas (Gualpa et al., 2011).



Figura 5. A) Cepilladora. B) Carrete transportador y sierra cinta. C) Sierra circular automática (maquinas utilizadas en el aserradero El Parral).



Figura 6. A) Sierra Cinta (tableadora) B) Garlopa o cepilladora. C) Carrete transportador y Sierra radial. D) Sierra circular de mesa (maquinas usadas en el aserradero Casa Blanca).



Figura 7. A) Cepilladora de mesa. B) Desbrozadora. C) Sierra circular de mesa (maquinas usadas en el aserradero La Unión).

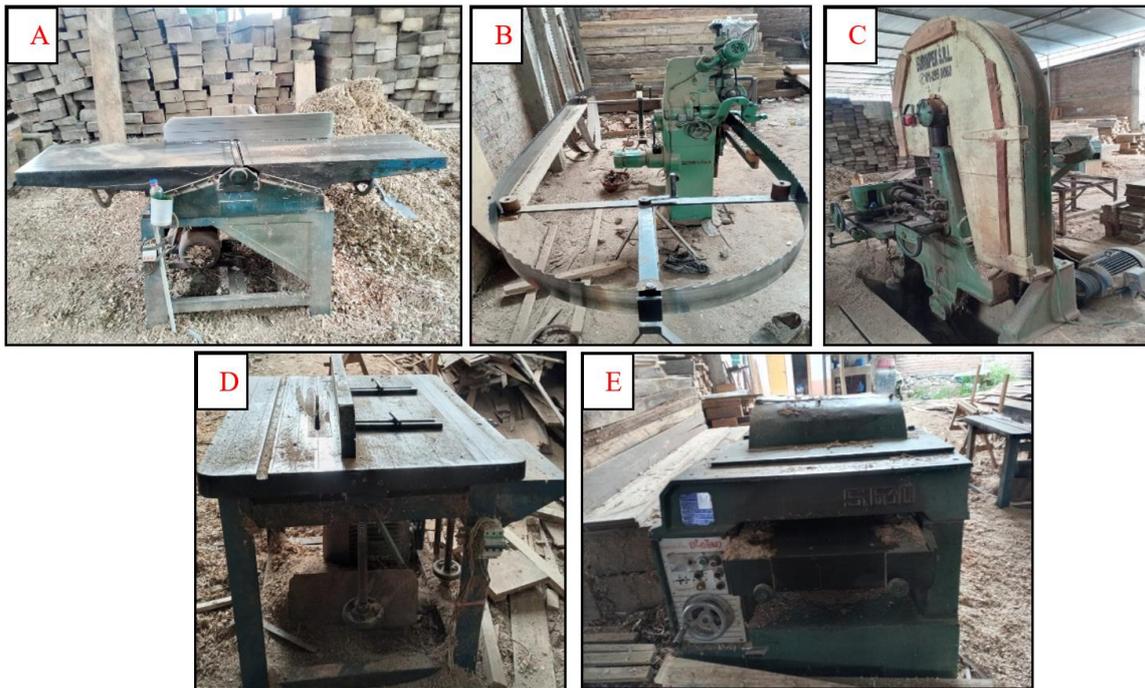


Figura 8. A) Cepilladora eléctrica industrial. B) Máquina afiladora de Sierra cinta, C) Sierra cinta. D) Sierra circular de mesa. E) Máquina Regruesadora (maquinas usadas en el aserradero Santa Rosa).

Clasificación del mantenimiento

La clasificación de los aserraderos según las características que cada uno de ellos operan; se basan en las estrategias de producción, ya que estos aserraderos producen productos de madera aserrada muy similar en la mayoría de los casos para la industria de construcción y carpintería, y estos se clasificaron en base a las características expuestas de cada uno de ellos (Tabla 5). Como lo expresa Peter et al. (2023), el mantenimiento preventivo o predictivo ha permitido a las industrias predecir en que tiempo requieren un mantenimiento sus máquinas, lo que minimiza el tiempo de desidia y aumenta la eficiencia operativa; es por el cual los aserraderos estudiados no suelen tener fallas a pesar del tiempo operativo de la maquinas y su uso diario.

De acuerdos a nuestros resultados se afirma que el mantenimiento en los aserraderos se encuentra en la denominada Industria 1.0, que encaja básicamente en la mecanización; muy lejos de la industria que está a la van guardia de los procesos industriales actualmente (Industria 4.0 o industria inteligente) donde los procesos de mantenimiento se desarrollan mediante

grandes datos, internet, redes y sistemas ciber físicos (Wojciechowska & Winiarska, 2023).

El tipo de mantenimiento identificado en los aserraderos se basa en el mantenimiento orientado a los negocios donde el factor economico es muy valorado esto para reducir los gastos económicos o también llamado mantenimientos de grupos donde la dependencia económica y estructural es medido por los costos asumidos y el mantenimiento correctivo o también llamado mantenimiento de grupo estocástica que se cuantifica por intensidad de falla (Junkai et al., 2023).

El grupo de mantenimiento donde se encuentra incluido el aserradero el parral recurre básicamente “seguidores”, indica lo que la mayoría de industria primaria realiza en sus maquinarias aplicando el manual del fabricante y/o basándose en la experiencia propia o de otros, la cual nos menciona García (2018), que debe pasar por dos fases la primera será basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta y la segunda fase basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.

Tabla 5
Clasificación del mantenimiento de los cuatro aserraderos

Aserradero	Tipo de mantenimiento	Grupo de mantenimiento
Casa Blanca	Preventivo - correctivo	Orientado a los negocios
Santa Rosa	Preventivo - correctivo	Orientado a los negocios
El Parral	Preventivo - correctivo	Orientado a los negocios-Seguidores
La Unión	Preventivo - correctivo	Orientado a los negocios

CONCLUSIONES

El aserradero La Unión se encuentra en la clasificación de muy pequeño con un volumen de producción diario de 1,58 m³/turno/8 horas y los aserraderos Santa Rosa, El Parral y Casa Blanca se encuentran en la clasificación de pequeños produciendo un volumen promedio de 2,42 m³/turno/8 horas.

Los procesos de aserrado en los aserraderos estudiados son simples y se identificaron para la categoría de muy pequeño siete procesos que empieza desde la descarga de materia prima hasta el apilamiento en patio; y para la categoría de pequeño se identificaron ocho procesos agregando el transporte de material en un carril transportador de trozas.

La maderera El Parral cuenta con tres máquinas para el proceso de aserrío siendo estas la cepilladora, carrete transportador y sierra cinta y cierra circular automática; para el aserradero casa blanca se identificaron cuatro maquinarias siendo estas cierra cinta, cepilladora, carrete transportador y sierra radial y cierra circular de mesa; para el aserradero santa rosa cuenta con

cinco maquinarias las cuales son cepilladora eléctrica industrial, maquina afiladora de sierra cinta, sierra cinta, sierra circular de mesa y maquina regruesadora y para el aserradero la unión cuenta con tres maquinarias cepilladora de mesa, desbrozadora y cierra circular de mesa.

El mantenimiento en los aserraderos se da de forma preventiva, en la mayoría de los casos semanalmente los sábados, y también se da de manera correctiva cuando existe algún desgaste de alguna pieza o accesorio.

La clasificación del mantenimiento se da en su mayoría para el aserradero casa Blanca, La Unión y Santa Rosa orientado a los negocios es decir obedece a la necesidad de producción y el manual de la maquinaria.

El aserradero La Unión se encuentra en la clasificación de muy pequeño produciendo un volumen aproximando de entre 1,58 m³/turno/8 horas y los aserraderos Santa Rosa, El Parral y Casa Blanca se encuentran en la clasificación de pequeños produciendo un volumen aproximando de entre 2,42 m³/turno/8 horas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la tenacidad y voluntad de poderme desarrollar información académica e investigativa para futuros proyectos que se sirvan para el desarrollo en el ámbito forestal productivo.

A la Universidad Nacional De Jaén y a los dueños o administradores de los aserraderos asentados en la ciudad de Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajayeoba, A. Olanipekun, A. Raheem, W. Ojo, & O. Soji-Adekunle, A. (2021). Assessment of noise exposure of sawmill workers in Southwest, Nigeria. *Sound and Vibration*, 55(1), 69-85.
- Alsyouf, I. (2004). Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Filosofía. Universidad de Vaxjo, Suecia.
- Alcalá Ochoa, C. (2015). Estudio operacional descriptivo y comparativo de maquinaria principal, utilizada en tres aserraderos del municipio de Morelia.
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., & Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería industrial*, 34, 11-26.
- Brito, B., & Alfredo, J. (2015). Modelo de indicadores de mantenimiento y confiabilidad en complejo industrial aserradero y remanufactura. Memoria (Ingeniero Civil en Mecánica) -- Universidad del Bío-Bío. Concepción. Chile.
- Calderon, R., & Sosa, H. (2014). Principios generales de mantenimiento. Material didáctico de diplomado aserraderos. México: FITECMA, UMSNH.
- Cardoso de Morais, V. (2004). Metodología de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de Manutenção preventiva. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería Biomédica. Universidad de Campiñas. Brasil.
- Eurofins (2020). ¿Qué diferentes tipos de mantenimiento existen en una empresa?. Envira ingenieros asesores. <https://www.eurofins-environment.es/es/diferentes-tipo-de-mantenimiento-existen-empresa/>
- García S. (2018). Plan de mantenimiento basado en instrucciones de los fabricantes. Renovetec Maite Trijueque -EME DESIGN. Descargado de: <http://www.renovetec.com/597-planes-de-mantenimiento/112-planes-de-mantenimiento/302-plan-de-mantenimiento-basado-en-instrucciones-de-los-fabricantes>
- Gualpa, M., Suatunce, J., & Canchignia H. (2019). Tiempos y rendimiento en el proceso de aserrado de *Eucalyptus globulus* Labill, con sierra circular y de cinta. *Enfoque UTE*, 10(2), 126-143.
- Molina, J. (2006). Mantenimiento y seguridad industrial. *IMU: Ingeniería municipal*, 214, 20-23.
- Meléndez, M., & Valenzuela, M. (2017). Parámetros básicos de aserrado con sierra cinta para la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth Hooker f. ex Schuman). *Revista Forestal del Perú*, 32(1), 37-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v32i1.1035>
- Mori, I. (2019). Estudio de la variabilidad del espesor de madera aserrada en aserraderos de Pucallpa--Ucayali, Perú. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Académico de Industrias Forestales. Perú.
- Torres, L. (2005). Mantenimiento. Su implementación y gestión, Segunda edición. Madrid: Universitas. 350p.
- Junkai, S., Zezhou, S., Chuanhai, C., Chuliang, Y., Tongtong, J., & Yuan, Z. (2023). Group maintenance strategy of CNC machine tools considering three kinds of maintenance dependence and its optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 124(11-12), 3749-3760.

- Kunickaya, O., Burmistrova, O., Hertz, E., Ivanov, V., Nazarova, I., Baranova, T., Egipko, S., Tomashevskaya, E., Tatarinova, Z., & Krivoshapkina, O. (2021). Russian sawmill modernization (a case study). Part 1: optimizing processes of low-grade timber debarking and wood chipping. *International Wood Products Journal*, 12(2), 107-115.
- Peter, K., Patrik, S., Michal, V., & Ján, L. (2023). Optimizing Aviation Maintenance through Algorithmic Approach of Real-Life Data. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(6), 3824.
- Rocha, W. (2006). Elaboración de una tabla para la clasificación de madera en trozas de dos especies forestales de Pucallpa. Tesis Pregrado, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Perú.
- Wojciechowska, S., & Winiarska, K. (2023). Maintenance Performance in the Age of Industry 4.0: A Bibliometric Performance Analysis and a Systematic Literature Review. *Sensors*, 23(3), 1409.
- Wolcott, D. (2016). Diagrama del Proceso de Producción del Aserradero. Santiago: Durango. Catarina. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/hernandez_m_r/apendiceB.pdf