

DISMINUCIÓN DEL DESGASTE DE HERRAMIENTAS CORTANTES Y AHORRO ENERGÉTICO COMO EFECTO DE LA CALIDAD DEL FILO DE SIERRAS DE CINTAS

Jhonattan J. Trejo F.*,
Pablo M. Ninin J.*, Franz M. Rosso*, François C. Ninin J.*

RESUMEN

Se estudió el efecto del tratamiento que mejora la calidad de afilado en sierras de cinta para el procesamiento primario de pino pátula, preparando las cintas "A" y "B", con idénticas magnitudes inherentes a la geometría del diente. La cinta "A" FUE perfilada y afilada utilizando piedra abrasiva de granulometría 60. La cinta "B", luego del perfilado tradicional, fue afilada con piedra abrasiva matriz resínóide de granulometría 120, eliminando las rebabas producto del perfilado, dejando un acabado de calidad con notable reducción de la rugosidad en las caras de corte del diente. El desgaste y deterioro del filo fue notablemente mayor para la cinta "A" que el observado en la cinta "B", para un mismo tiempo efectivo de corte (4 horas). El consumo energético, medido con un amperímetro digital de tenaza, durante el corte, evidenció que la cinta "A" generaba mayor solicitud de corriente que la cinta "B", la cual se incrementaba, expresando, de manera indirecta, el aumento progresivo del desgaste y deterioro de los filos. Se demuestra que un afilado de calidad reduce el esfuerzo de corte, permite acceder a un mayor espesor de viruta y además de permitir incrementos de la vida útil de los filos.

Palabras claves: aserrado de maderas, desgaste, consumo energético, esfuerzo de corte.

*Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales - ULA (LNPF-ULA). e-mail: treiojhon@gmail.com; ninin@ula.ve

**DECREASE OF THE WEAR OF CUTTING TOOLS AND
ENERGETIC SAVING AS AN EFFECT OF THE QUALITY
OF THE BLADE SAW EDGE**

Jhonattan J. Trejo F.*,
Pablo M. Ninin J.*, Franz M. Rosso*, François C. Ninin J.*

ABSTRACT

The treatment effect that improves the band saws sharpening quality for the primary processing of Patula pine, preparing the blades "A" and "B", with identical magnitudes of variables inherent in the geometry of the tooth was studied. The blade "A" was shaped and sharpened by using a number 60 abrasive stone grain. The blade "B" after traditionally shaped, was sharpened with a number 120 resin grain abrasive stone matrix, eliminating the fins product of the shaping, leaving quality finishing with notable reduction of the roughness on the tooth cutting faces. The wear and deterioration of the edge was notably bigger for the blade "A" than the observed on the blade "B", for the same effective cutting time (4 hours). The energy consumption measured up with a Digital amperemeter of pliers, precision of 1 Amper, during the cutting, showed the blade "A" was demanding more current than the blade "B", which was increasing in proportion to the work done, indirectly demonstrating an edges progressive wear and deterioration increase. This demonstrates that quality sharpening reduces the cutting force, it allows to concent a bigger chip thickness and besides it allows to lengthen the cutting face lifespan.

Key words: timber sawing, Wear, Energy consumption, cutting force.

*Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales - ULA (LNPF-ULA). e-mail: treiojhon@gmail.com; ninin@ula.ve

INTRODUCCIÓN

El aserrado es una forma de transformación primaria de la troza o rola (corte primario de la madera). Su finalidad es dar a la madera una escuadría determinada, que no es más que la expresión numérica en las cuales se expresan las piezas aserradas, como son el espesor, ancho y largo; mediante la utilización de sierras de diversos tipos (JUNAC, 1989).

En el proceso de aserrado de la madera, intervienen variables inherentes a la materia prima (resistencia de la madera al corte), la herramienta cortante (geometría) y las condiciones del corte (desarrollo del proceso productivo), que deben ser controladas y optimizadas, en búsqueda de las 5 metas del procesamiento de la madera, las cuales tenemos a continuación:

- Limitar las pérdidas de materia prima.
- Obtener calidad de superficies y precisión de los cortes.
- Obtener eficiencia en la operación.
- Limitar del desgaste de las herramientas.
- Limitar el consumo de energía.

La madera es un material fibroso, conformado por elementos de carácter heterogéneo a lo largo y ancho de toda su constitución, lo cual implica que para que se realice el corte de la madera, los filos y las caras de los elementos cortantes deban vencer la resistencia que ofrece la madera a ser seccionada.

Las máquinas de sierras de cinta o sierras principales

Reducida a sus partes esenciales una máquina de sierra de cinta, se compone de dos (2) volantes (entre 1200 – 2400 mm diámetro) situados en un mismo plano, sobre los cuales se monta una hoja de sierra cuyos extremos están soldados (9000 mm longitud y entre 200 – 420 mm ancho), de tal forma que constituye una cinta sin fin, como mejor se aprecia en las figuras 1 y 2. Su aplicación está referida a cortes rectos y de gran altura, presentan una alimentación mecánica de la madera

Las láminas de sierras de cinta

Las láminas que conforman la cinta de la sierra, para cumplir satisfactoriamente las altas exigencias del proceso de aserrío, deben ser manufacturadas de un acero que reúna propiedades específicas, para que logren conservar su rectitud

y tensión a pesar de los grandes esfuerzos y cambios de temperatura que tienen lugar durante el aserrado, así como también deberá resistir esfuerzos accidentales provenientes de desvíos y permitir realizar soldaduras y reparación de picaduras.

La lámina consta de un cuerpo y una dentadura. El cuerpo de la lámina sirve de soporte a la dentadura y ambos deben recibir una preparación adecuada para poder realizar un trabajo eficiente.

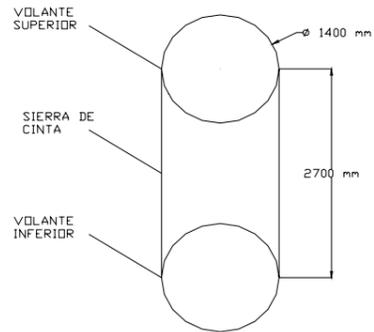


Figura 1: vista frontal sierra de cinta (principales elementos)

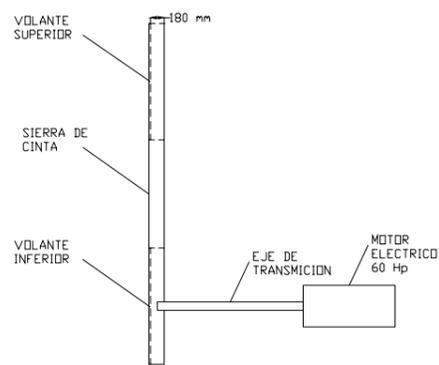


Figura 2. Perfil sierra de cinta (principales elementos)

Los parámetros más importantes que se deben señalar al especificar una sierra de cinta son: ancho (mm), espesor (mm), longitud (mm) y las características técnicas de su dentadura que se encuentra conformada por: paso (mm), altura del diente (mm), capacidad de garganta (mm³), ángulos de corte (α) (grados), ángulo libre (γ) (grados) y ángulo de hierro (β) (grados), sus valores de traba (λ) (mm), sus ángulos de rectificación tanto frontal (RF) como lateral (RL) (grados) y el tipo de perfil de la dentadura, como se aprecia en la figura 3.

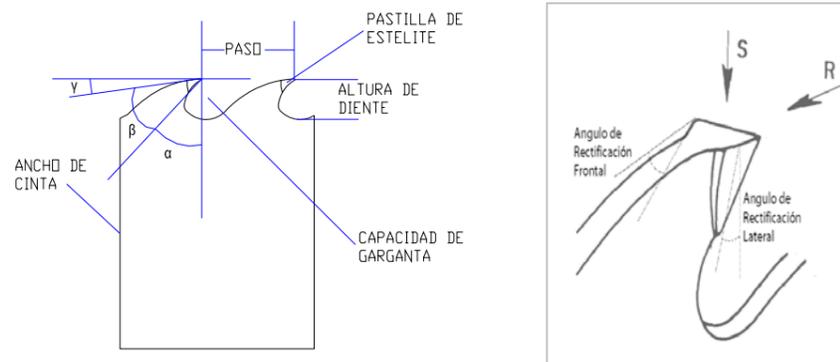


Figura 3. Variables inherentes a la geometría de diente y terminología de una cinta

El desgaste de las herramientas cortantes

El desgaste puede definirse como la remoción progresiva de material de una superficie en movimiento relativo respecto del agente que provoca dicha remoción. Entre los tipos de desgaste que se presentan en el mecanizado a alta velocidad tenemos, por abrasión, por dureza, por difusión y por adhesión.

Desgaste por abrasión

Es producto de las fricciones que ocasionan los esfuerzos de corte y a su vez por la resistencia que ofrece la materia prima a ser cortada. Esta primera etapa, eventualmente, es incrementada como consecuencia del efecto abrasivo de las sustancias minerales (como el óxido de silicio, SiO) dentro de la madera o por los cuerpos extraños como residuos de arena adherida a las caras de la rola.

Por lo tanto, se puede afirmar lo expuesto por Ninin L. 1986, que el desgaste por abrasión es una función del número de pasadas que debe efectuar un filo para producir una superficie determinada; también una función inversa del espesor de viruta con que se corta la madera. Teniendo que el **espesor de viruta** es la cantidad linear teórica de madera tomada por cada diente en la dirección de avance de la misma; y de ello se tiene que (Ninin L. 1986):

$$D \approx f(N) \approx f\left(\frac{1}{EV}\right) \quad (1)$$

Donde:

D: desgaste de los filos.

EV: espesor de viruta.

N: número de pasadas del filo en el volumen de madera.

Desgaste por dureza

Este tipo de desgaste es producto de la dureza de la materia prima ante la mayor o menor fragilidad de la herramienta, caracterizado por un proceso destructivo de los filos. Esto trae como consecuencia la formación de un perfil más robusto y de allí en adelante un proceso predominante, un desgaste por abrasión.

El afilado de las herramientas cortantes debe ser realizado de forma minuciosa, ya que una inadecuada práctica de esta operación ocasiona un proceso de desgaste acelerado por la presencia de áreas debilitadas (rebabas y surcos generadas durante el perfilado del diente), que ocasiona la remoción de partes del filo por efecto de la fricción durante el proceso de corte. Esto genera incrementos en los costos de reafilado de los elementos cortantes y una notable disminución de la vida útil de las herramientas.

Desgaste por difusión

Viene dado por el incremento de la temperatura, lo que produce una difusión de las redes cristalinas de la pieza y la herramienta, debilitando la superficie de la herramienta.

Desgaste por adhesión

Viene dado cuando, por altas temperaturas, el material de corte y la herramienta experimentan soldaduras localizadas, debido a que las estructuras metalográficas similares así lo permiten, y al separarse, parte de la herramienta se desprende.

En el proceso de mecanizado de maderas, el desgaste por difusión y por adhesión no ejerce acciones, ya que la madera no presenta estructuras cristalinas y, como es un material heterogéneo, estructural y químicamente diferente a la herramienta, no existen las soldaduras localizadas, por lo tanto, el desgaste por abrasión y por dureza son los procesos que limitan la vida útil de la herramienta de corte; dejando el desgaste por difusión y por adhesión exclusivamente al mecanizado de metales a alta velocidad.

Frecuentemente las maderas tropicales son duras y abrasivas, por lo que su procesamiento o corte se hace dificultoso, ya que desgastan rápidamente los filos de las herramientas cortantes. Para controlar este proceso, se utilizan materiales de refuerzos en los dientes de las herramientas, los cuales junto con técnicas de aserrío adecuadas y preparación óptima de las mismas, disminuyen considerablemente la velocidad del proceso de desgaste (Muñoz, 1986).

El principal material utilizado como refuerzo de la dentadura de sierras de cintas, que reviste interés especial para el aserrío de maderas, son las fundiciones con estelites sobre las aristas de los dientes a través de soldaduras autógenas. Los estelites, son aleaciones que datan desde 1922, y están compuestos esencialmente de cobalto (*Co*) 42 – 65%, cromo (*Cr*) 25 – 35%, wolfranio (tungsteno) (*W*) 5 – 19%, hierro (*Fe*) 1 – 2%, carbono (*C*) 1 – 2%, silicio (*Si*) 1 – 2% (Sales, 1990). Existen 12 grados de estelites, entre los cuales el grado 1 y el grado 12 son los que hasta el presente tienen un interés especial para la industria del aserrío. Donde el grado 1 es más duro que el grado 12, pero también es más frágil al impacto y presenta un punto de fusión un tanto más elevado.

Con el uso del estelite, la duración de los filos puede ser hasta diez o más veces que con el acero sin refuerzo (Ninin 1986). Siendo interesante resaltar, el hecho de que el estelite no es más duro que el acero de las sierras, es decir, entre 50-60 grados Rockwell para el estelite y entre 60-65 grados Rockwell para los aceros rápidos de la cinta. Su utilidad radica en el hecho de que a altas temperaturas (alrededor de 800 °C) su dureza es prácticamente la misma que a la temperatura ambiental (Sales, 1990). Sin embargo, las altas temperaturas de

corte generadas al nivel de los filos justifica el aporte de materiales de refuerzo resistentes a altas temperaturas.

Efectos del desgaste

Como el desgaste es una acción progresiva que deteriora los filos de las herramientas cortantes, ocasiona un incremento en el esfuerzo de corte, ya que pierde la capacidad para seccionar las fibras.

La herramienta desgastada se encuentra sometida a esfuerzos compresivos en su parte externa del corte, por ello se ve forzada a alabear lateralmente, produciendo desvíos de la línea de corte y, por ende, variaciones en el espesor a lo largo de la misma pieza aserrada, fácilmente comprobables con un vernier digital sobre las piezas aserradas. A su vez, estos esfuerzos producen mayores fricciones que incrementan la temperatura haciendo más violento el proceso y un aumento en el consumo energético.

Para efectos de aserrió, las maderas han sido clasificadas por Ninin, 1986; en 6 (seis) grupos llamados energéticos, que corresponde a la resistencia que ofrece la madera al corte. Está relacionada con su dureza, resistencia al cizallamiento longitudinal y tenacidad, pero principalmente con su dureza y consecuentemente su densidad, siendo esta última la variable de entrada a los grupos energéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon dos (2) cintas (herramienta cortante utilizada), ambas con características geométricas idénticas (*Cinta A* y *Cinta B*). Las especificaciones de las sierra de cinta utilizadas fueron: ancho (200 mm), espesor (1,45 mm), longitud (9000 mm) y las características técnicas de su dentadura que se encuentra conformada por: paso (50 mm), altura del diente (17 – 18 mm), capacidad de garganta (504 mm³), ángulos de corte (α) (30°), ángulo libre (γ) (10°) y ángulo de hierro (β) (50°), sus valores de traba (λ) (0,8 mm), sus ángulos de rectificación tanto frontal (7°) como lateral (6°) y el perfil de la dentadura (pico de loro), como se aprecia en la figura 3.

La cinta A, representa al afilado de tipo convencional y ampliamente utilizado en el país, y no es más que recorrer la dentadura con la piedra del esmeril de la afiladora de sierras de cintas, la cual es alimentada eléctricamente a través de un

motor bifásico (220v) de 0,47 kw sólo para el giro del esmeril y de 3400 rpm encargada de eliminar de los fondos de gargantas (fondos de los dientes) las microfisuras, y corregir el filo de la arista cortante (arista del diente), como se aprecia en la figura 4.

La piedra abrasiva de la afiladora de sierras, está conformada principalmente por óxido de aluminio blanco, con una liga cerámica vitrificada y una granulometría estandarizada en la industria del país, de grano 60.

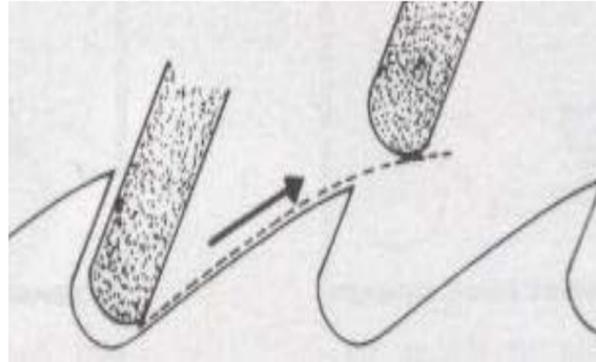


Figura 4. Recorrido del esmeril por cada diente durante el proceso de afilado

Esta piedra abrasiva, al realizar su acción sobre el metal de la cinta, deja una superficie bastante rayada perpendicularmente al eje de la cinta.

Vale resaltar que luego de que el esmeril hace su trayectoria sobre el diente, deja una cantidad considerable de rebabas, las cuales afectarán de forma considerable la capacidad de seccionamiento de la madera de acuerdo con lo expuesto en efectos del desgaste y sus tipos.

Lo correspondiente a la cinta B, representa un afilado con acabado final de calidad. Este tratamiento consiste en hacer pasar una piedra para acabado final (matriz resinóide) de granulometría mayor (120), como un paso posterior al perfilado tradicional. Esto con el fin de borrar las marcas que deja el esmeril de la afiladora de cintas y eliminar los residuos de metal en forma de rebaba presentes en los dientes luego de un afilado convencional utilizando la tradicional piedra de granulometría 60.

Vale destacar que esta técnica no es utilizada en la industria del aserrío del país, por lo tanto, las piedras del esmeril de la afiladora de sierras de cintas que más se comercializan son las de granulometría 60, quedando ausentes del mercado las piedras abrasivas granulometría 120 con matriz resinóides.

Luego de que se preparan las cintas, se verifica el correcto afilado de cada una de las variables inherentes a la geometría de la herramienta, utilizando como instrumento de medición un vernier digital con precisión de 0,001 mm y un medidor de trabas con precisión de 0,01 mm; con una intensidad de muestreo del 20% de los dientes que conforman la cinta. Se selecciona al azar en sectores de la herramienta en cuestión.

Los resultados permitieron confirmar el control de la calidad geométrica de las herramientas, puesto que el coeficiente de variación CV (%) arrojó valores inferiores al 10%, en donde tenemos que el CV (%) de la muestra (n = 40 dientes) fue de 6,28%, para el ángulo de corte de 6,44%, para el ángulo libre de 6,73%, para el ángulo de hierro de 6,59%, para la traba izquierda de 7,12% y para la traba derecha de 7,08%.

Para constatar el efecto del tratamiento sobre el deterioro de la herramienta, se procedió a realizar moldes con Silicona Exaflex para impresiones odontológicas (al 95% de precisión) como material de cuerpo pesado, para luego realizar un vaciado en yeso piedra de los dientes en estudio.

Se procedió a llevar un registro del tiempo efectivo de corte para ambos casos, que no es más que el tiempo exacto de cada diente haciendo contacto sobre la madera al realizar el corte. Ya que bien se sabe, que durante el proceso de aserrío, existen tiempos de avance y retroceso de la materia prima, y tiempos de corte efectivo (contacto de la sierra con la madera).

Se registró el consumo energético del proceso, mediante la medición de la intensidad de corriente consumida del motor de la sierra principal en el momento del corte, mediante la utilización de un Amperímetro digital de tenaza con precisión de 1 Amper, para demostrar la influencia de este tratamiento sobre un costo fijo de la producción, que no es más que la intensidad de corriente consumida para el procesamiento de la madera.

Vale destacar lo expresado por Ninin 1986, que cuando se analizan datos referentes al consumo energético del proceso, es muy importante diferenciar la energía consumida y la energía útil para el corte. Por lo tanto, cuando el motor de la sierra es independiente de la alimentación, tenemos lo siguiente:

$$Ec - Eg = Eu \quad (2)$$

Donde:

Eu = energía útil para el corte.

Ec = energía consumida.

Eg = energía necesaria para mantener el movimiento (giro).

Por ello, tenemos que la intensidad de corriente medida en determinadas condiciones de corte permite calcular la potencia promedio en watt o vatio.

Para evaluar la confiabilidad de la toma de datos referentes al consumo de potencia, se realizaron mediciones de la intensidad de corriente necesaria para el movimiento (giro), a diversas horas del día, observando un patrón de dispersión muy bajo. Esto se debe a que el consumo en potencia activa se mantiene estable en la planta de aserrado del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF).

Para mantener un patrón similar a lo largo del procesamiento y hacer más significativo el estudio al congelar algunas variables, se procedió a cortar la materia prima estandarizando las alturas de corte de 300 mm, lo que corresponde a 6 dientes cortando en un mismo instante para ambas situaciones.

Debido a que las cintas se encuentran sometidas a esfuerzos de tensión de montaje constante por la maquinaria, aparte de los esfuerzos de cortes, los turnos de trabajo de cada cinta están limitados a 4 horas/cinta. Para luego diagnosticarlas en la sala de afilado, efectuar control de aplanado y tensión, hacer limpiezas de gargantas (zonas de mayor concentración de esfuerzos) y limitar la posibilidad de generarse microfisuras, con la salvedad de evitar tocar el filo de cada diente.

RESULTADOS

Comparando ambos tratamientos luego de 4 horas de tiempo efectivo de corte, correspondiente a 12 horas de trabajo sin afilar, es decir, 3 turnos de trabajo consecutivos (4 horas/turno/cinta en tensión de montaje), se observa el

desgaste encontrado en la pastilla de estelíte, fácilmente visible al comparar las aristas y las caras de corte de los dientes en las impresiones realizadas en yeso, antes y después de realizar su trabajo.

Como se puede apreciar en la figura 5 y 6, la visual a la cara de corte del diente, de la pieza **Ac-1** corresponde al diente antes de comenzar su trabajo. Se observó un filo bastante irregular producto del exceso de rebabas ocasionado por un afilado burdo, producto de la marca resultante por la aplicación de la piedra con granulometría 60. Mientras que el caso **Ac`-1**, es el mismo diente impreso luego de su respectivo trabajo (4horas efectivas de corte y sin afilar).

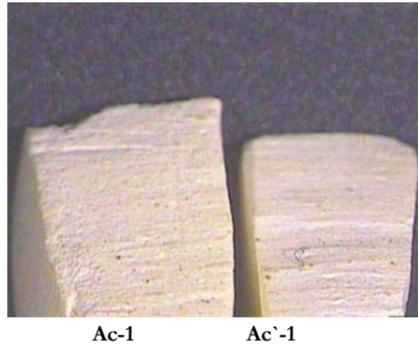


Figura 5. Microfotografía digitalizada de la cara de corte de los dientes correspondiente al afilado de tipo convencional

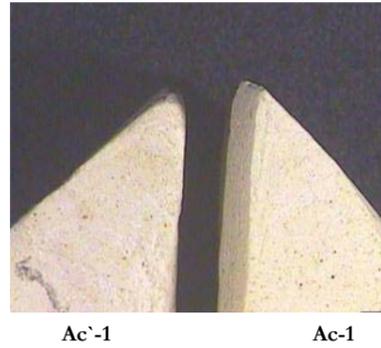


Figura 6. Microfotografía digitalizada de la arista de los dientes correspondiente al afilado de tipo convencional

En la figura 7 se observa, que el diente **Bo**, es antes de realizar su respectivo trabajo y el **Bo`**, es luego de sus 4 horas efectivas de corte, que corresponde al trabajo consecutivo y sin afilar de la cinta con acabado final.

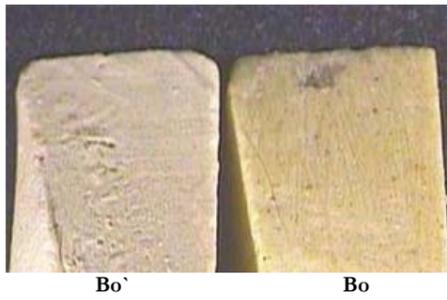


Figura 7. **Microfotografía digitalizada de la cara de corte de los dientes correspondiente al afilado de tipo óptimo**

Esto evidencia la importancia del acabado final en lo referente a la limitación y/o disminución del desgaste y deterioro de las herramientas cortantes sumadas a las consecuencias que esto trae sobre el proceso productivo.

Por otra parte, se pudo evidenciar un detalle de importancia. De un total de 198 dientes de la cinta destinada al afilado tradicional y luego de 4 horas efectivas de corte, que corresponde a 12 horas de trabajo consecutivo sin afilar, se encontró que 19 dientes, es decir, el 10% de la totalidad de los dientes, presentaron un desgaste bastante llamativo semejante a la fractura del filo; concentrado en la parte central de la pastilla de estelíte, hacia la línea que conforma el filo del diente en diversos sectores de la cinta y sin patrón determinado, como se aprecia en la figura 8.

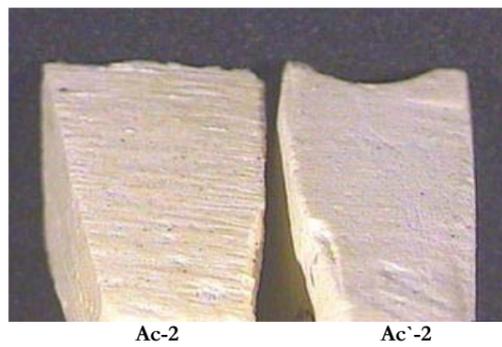
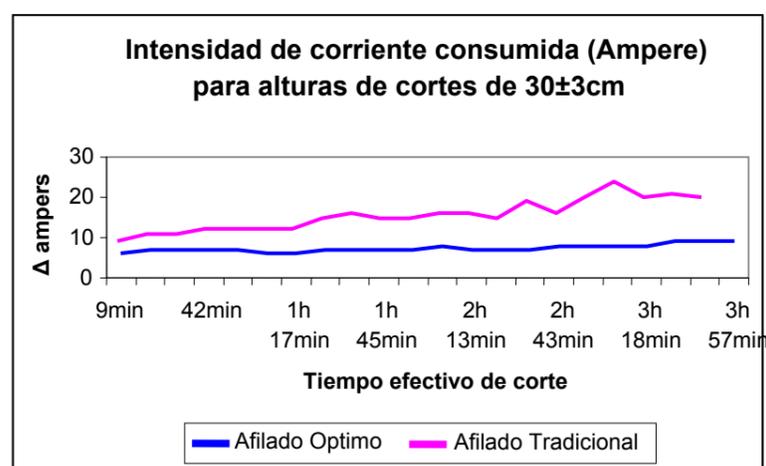


Figura 8. **Microfotografía digitalizada de la cara de corte de los dientes correspondiente al afilado de tipo convencional**

Lo que demuestra que el paso de la piedra del esmeril de la afiladora (granulometría 60) deja una superficie bastante rugosa desde el filo del diente, por la cara de corte hasta el filo del diente, por la cara libre, sin dejar a un lado el fondo de las gargantas donde se concentran los mayores esfuerzos en el corte de la madera. Esta textura rugosa se puede considerar como el posible inicio de fisuras en el metal, que luego de los esfuerzos a los que está sujeta la cinta en el procesamiento, sumado a una tensión de montaje, corre el riesgo de convertirse en picaduras y rupturas de cintas.

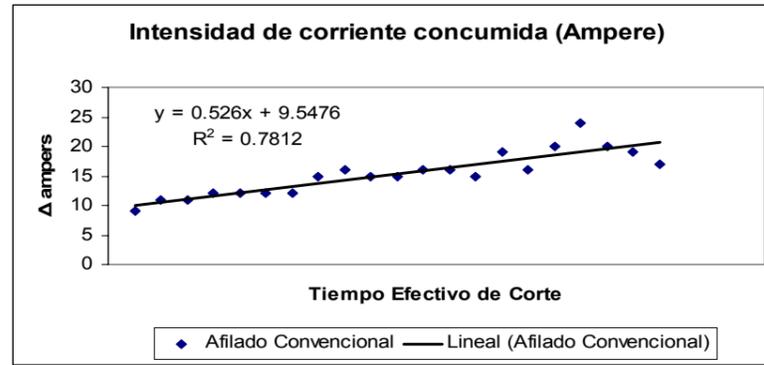
En este caso, estas fracturas se presentan en la arista que conforma el filo, precisamente en donde comienza la incisión del diente sobre la madera, lo cual es producto de la fragilidad de los dientes (desgaste por dureza); como consecuencia de las profundas grietas y/o fisuras del metal por el paso del esmeril de granulometría 60. Esto afectará el futuro desempeño de la herramienta en el proceso, su vida útil y los costos de reparación por insumos consumidos y horas-hombre/cinta reparada.

Al evaluar el consumo energético del proceso en ambos tratamientos, se observa, cómo para el caso del afilado de calidad, se encuentra siempre distribuido de forma inferior al consumo energético del afilado convencional, como se aprecia en la gráfica 1, encontrando valores picos de corriente consumida muy elevados aproximadamente al último tercio del tiempo total de trabajo.

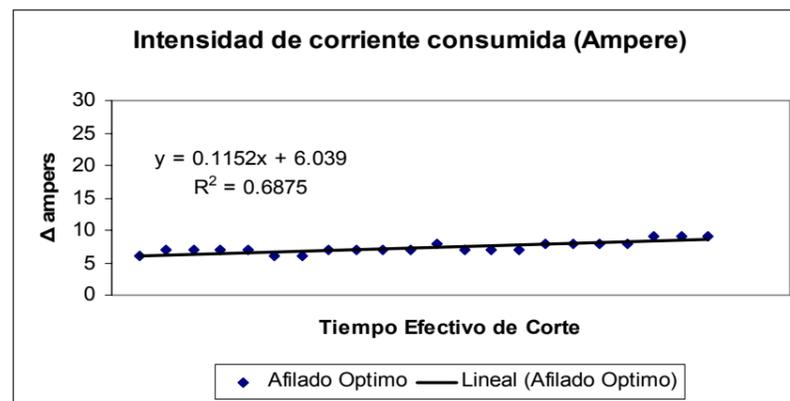


Gráfica 1. Intensidad de corriente consumida

Para evaluar la intensidad de corriente consumida para ambos casos, se utilizó el diagrama de dispersión; para así obtener la recta de regresión de mínimos cuadrados con su respectiva ecuación de la recta de Y (variación del consumo de amperes) como variable dependiente sobre X (tiempo efectivo de corte) variable independiente.



Gráfica 2. Ecuación de la recta (afilado convencional)



Gráfica 3. Ecuación de la recta (afilado óptimo)

Se aprecia que en las gráficas 2 y 3, ambas rectas formadas por cada tratamiento, demuestran que existe una correlación positiva o directa, por lo tanto, ambos tratamientos presentan una correlación lineal perfecta entre X-Y,

lo cual evidencia que el consumo energético se hace cada vez mayor por efecto del desgaste.

Por ello y para el caso del afilado de tipo convencional, encontramos una ecuación de la recta formada por $Y = 0.526x + 9.5476$, con un mínimo de solicitud de variación de amperaje de 10.

Para el caso del afilado con acabado final de calidad, una ecuación de la recta formada por $Y = 0.1152x + 6.039$, con un mínimo de solicitud de variación de amperaje de 6.

Como se puede apreciar, la pendiente de la recta del afilado convencional (**0.526**) es mayor que para el caso del afilado con acabado final (**0.115**), lo que demuestra que para un incremento de X (tiempo efectivo de corte) será mayor el incremento de Y (variación de la intensidad de corriente consumida) en el afilado convencional que en el afilado con acabado final de calidad.

A su vez, al observar el valor de la variación del consumo energético para ambos casos en el momento de inicio del trabajo, es decir, cuando ambas herramientas se encuentran afiladas, se puede apreciar cómo para el caso del afilado con acabado final comienza siendo menor (6 ampere) que para el caso del afilado convencional (10 ampere), lo que demuestra una superioridad desde el mismo comienzo del trabajo.

CONCLUSIÓN

El desgaste de los dientes de las sierras de cintas producto del procesamiento primario de la madera, será menos acelerado al disminuir la rugosidad del metal que conforma los dientes, empleando la piedra abrasiva de matriz resinóide de granulometría 120, luego de un afilado convencional con la piedra abrasiva de granulometría 60.

Esto conlleva a una reducción en el deterioro de las herramientas cortantes, producto de la disminución del esfuerzo de corte y la fragilidad de los dientes; por ende, una notable reducción en las operaciones de reparación y el mantenimiento rutinario de la sierra de cintas.

El consumo energético en el procesamiento primario de la madera con cintas, que presentan acabado final de calidad del afilado es mucho menor, debido a la disminución de la energía necesaria para el corte.

Esto demuestra la influencia que ejerce la calidad del afilado sobre el diagrama de fuerzas en el corte ortogonal (fuerzas cortantes), expuestas por Ninin, 1986; específicamente, en el componente δ (respectivamente) referido a la fuerza de fricción que actúa entre la viruta formada y la cara de corte del diente. Ya que este tratamiento (acabado final del afilado) garantiza una exactitud y precisión de la línea de corte de cada diente (arista cortante) y una disminución del coeficiente de fricción entre la herramienta empleada y la madera.

A su vez, haciendo referencia al concepto de **Maquinabilidad**, que es la capacidad que tiene una herramienta para mecanizar un determinado material y las interacciones de sus factores para hacer eficiente el proceso, este tratamiento demuestra una influencia directa sobre el **Desgaste de la herramienta de trabajo** y el **Consumo energético del proceso**.

Lo que conduce hacia la aplicación de un concepto novedoso y en plena evolución, **la ecoeficiencia**. Que puede resumirse en **“Producir más con menos”**, es decir, reducir los desechos, consumir menos energía y materias primas, lo que implica **para la empresa** reducir sus costos de producción y operación; **para el ambiente**, disminuir la contaminación y el deterioro (Taylhardt, 1998).

RECOMENDACIÓN

- i) Cuantificar la rugosidad del metal, a través de la utilización del rugosímetro, en ambos casos de afilado. Es decir, para la superficie de los dientes con el recorrido de la piedra abrasiva de granulometría 60 y la piedra abrasiva de matriz resinoide de granulometría 120, y así atribuirle valor de la variación de la rugosidad del metal respecto a la variación del consumo de intensidad de corriente consumida.
- ii) Cuantificar la cantidad de insumos consumidos y tiempos de operación de reparación y mantenimiento de herramientas cortantes para ambos casos de afilado.
- iii) Evaluar una metodología que permita cuantificar la rata de desgaste de las cintas en ambos tratamientos, y que tenga viabilidad de aplicación en la industria nacional del aserrío; ya que, los métodos actualmente utilizados son de tipo indirectos.
- iv) Divulgar los resultados obtenidos mediante talleres demostrativos en la industria del aserrío nacional y fabricantes de piedras abrasivas.

REFERENCIAS

1. Altuve, Z., Juan, A. y Trejo F., Jhonattan J. (2004). *Consideraciones de mantenimiento de la maquinaria del aserradero del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF-ULA)*. Mérida.
2. Instituto Forestal – Corporación de fomento de producción (1989). *Principios de organización y operación del aserradero*. Chile: Autor.
3. Junta del Acuerdo de Cartagena (1989). *Manual del Grupo Andino para aserrío y afilado de sierras de cintas y sierras circulares*. Lima: Autor.
4. Pérez B., Joseba, Alberdi, Goretti y López, Patxi (2004). *Herramientas para el mecanizado a alta velocidad*. Centro de Aplicaciones del Mecanizado de Alta Velocidad de Tekniker.
5. Muñoz R., Alfonso (1986). *Técnicas de preparación y reparación de herramientas cortantes*. Mérida, Venezuela.
6. Navarrete C., Carlos (1991). *Cartas de control: Técnica para el control de procesos de transformación mecánica en aserraderos* (Informe Técnico N° 124). Chile.
7. Ninin S., Luc (1986). *Manual de aserrado y afilado*. Mérida: Universidad de Los Andes.
8. Quezada F., Alonso y Roseberry L., Rosaire (1969). *Acondicionamiento y mantención de sierras buinchas* (Manual # 6.) Santiago de Chile.
9. Sales, Christian (1990). *La scie a ruban. Theorie et pratique du sciage des bois en grumes*. France: Centre Technique Forestier Tropical.
10. Spotts, M. F. (1999). *Elementos de máquina*. (7^{ma} Ed.). Naucalpan de Juárez.
11. Taylhardat, Adolfo R. (Abril–Julio, 1998). Ecoeficiencia: Moda o visión? *Revista Debates Iesa, Gerencia y Ambiente*, 3(4), 2-30.

12. Trejo F., Jhonattan J. (2005). *Efecto del acabado final del afilado de sierras de cintas sobre el procesamiento primario del pino pátula*. Mérida: Universidad de Los Andes.
13. Brown, Terence D. (1982). *Quality control in lumber manufactory*. Oregon.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a:
Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF-ULA),
por la cooperación económica y tecnológica
en la realización de esta investigación.