

TÉCNICAS Y PRÁCTICAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL COEFICIENTE DE ASERRÍO

Diego Ernesto Lira González
David García Cántora
Walter Daniel Maza Ochoa



MANUAL OPERATIVO

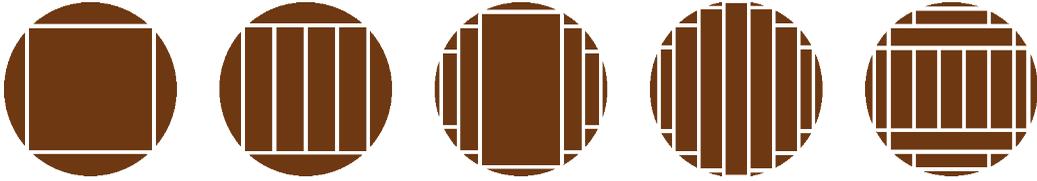


KFW



PROINFOR
Programa de Inversión Forestal





Documento elaborado por:

Diego Ernesto Lira González
David García Cintora
Walter Daniel Maza Ochoa

Diseño Gráfico y Editorial:

Marco Antonio García García
Mitzi Guadalupe Aguilar Villa

Revisión editorial

GFA Consulting Group GmbH y FIRA

Créditos de las fotografías:

CC2México
Diego Ernesto Lira González
Walter Daniel Maza Ochoa

Primera edición Mayo, 2023

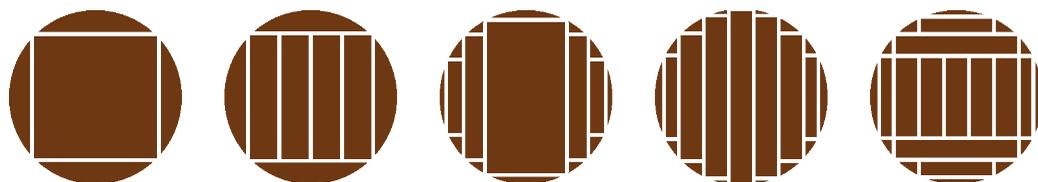
Publicación

Este documento se produjo en el marco de la operación del PROINFOR, programa financiado por el Gobierno Alemán a través del Banco de Desarrollo Alemán KfW y ejecutado por FIRA. Su distribución es gratuita.

Este documento se financió con recursos de la Bolsa de Consultorías Cortas y Servicios del PROINFOR implementado por GFA Consulting Group GmbH en coordinación con FIRA (instancia ejecutora).

Este documento puede ser consultado electrónicamente en www.fira.gob.mx

No está permitida la impresión o reproducción total o parcial por cualquier otro medio de este documento sin la autorización de la instancia ejecutora, FIRA.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Presentación	1
Introducción	3
Objetivos	5

Capítulo 1.

Introducción y definiciones del coeficiente de aserrío.....	7
¿Qué es el Coeficiente de Aserrío?.....	7
Definición	7
Cálculo del Coeficiente de Aserrío.....	8
Variantes del Coeficiente de Aserrío.....	8

Capítulo 2.

Principales resultados de estudios de coeficientes de aserrío en los aserraderos de México.....	13
El Coeficiente de Aserrío General	13
Estudios en México.....	14

Capítulo 3.

Técnicas de cubicación de productos forestales maderables	19
¿Qué es la cubicación?	19
Unidades de Medición Forestal	19

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Equipo de Medición	20
Cubicación de trozas	21
Cubicación de madera escuadrada	24
Cubicación de residuos de aserrío	26
Reglas Madereras.....	27

Capítulo 4.

Técnicas de estimación del coeficiente de aserrío.....	33
Caracterización del aserradero.....	34
Técnica de medición directa	37
Técnica por diagrama de corte	42
Técnica por diagrama de corte	47
Técnica de regresión lineal.....	50
Técnica de reglas madereras	52
Método para determinar el coeficiente de aserrío oficial	54
Cálculo simplificado del tamaño de muestra.....	57
Redacción del informe de coeficiente de aserrío	59

Capítulo 5.

Factores que influyen en la variación del coeficiente de aserrío	63
Medición de materias primas y productos maderables.....	63
Distribución y clasificación de productos y programas de Producción	72
Mercados madereros y condiciones comerciales	75
Experiencia y formación del personal.....	76
Mantenimiento y calibración de equipos	81
Tecnologías y modificaciones empleadas en el proceso de producción	83
Técnicas y equipos de afilado	86
Técnicas de control de calidad	86
Técnicas de control documental.....	88
Técnicas de control contable y financiero	89
Tecnología y prácticas de secado de madera	91

Capítulo 6.

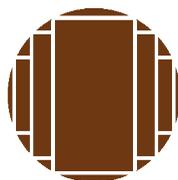
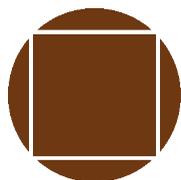
Técnicas y prácticas para el mejoramiento del coeficiente de aserrío	97
Materias primas.....	97
Mantenimiento de equipos.....	101
Calibración y monitoreo de equipos	103
Equipos complementarios	108
Técnicas y procedimientos de asierre	111
Técnicas de afilado	121
Técnicas y procedimientos de asierre	123
Condiciones laborales.....	125
Costos de producción	126
Condiciones comerciales.....	128
Desarrollo de mercados.....	129
Secado de madera.....	131
Manejo de materiales.....	132
Lista de verificación para mejora del coeficiente de aserrío	133

Capítulo 7.

Mantenimiento y calibración de equipos para aserrío.....	135
Equipo de manipulación de trocería en patios y vehículos.....	135
Bandas y equipos acarreo de trocería.....	136
Volteadores de trocería.....	137
Mantenimiento y afilado de sierras.....	138
Calibración y escuadrado de carro porta trozas o bancada.....	142
Calibración de torre principal o cabezal de corte	145
Mantenimiento de rodillos o bandas de transporte de transporte de materiales	151
Mantenimiento y calibración de desorilladoras y Cabeceadores.....	152
Mantenimiento y calibración de reaserradoras	152
Mantenimiento de equipos de impregnación y tratamiento químico.....	153
Mantenimiento y calibración de estufas de secado.....	154
Control y calibración de secuelas de secado	155
Importancia del mantenimiento preventivo respecto al correctivo	156

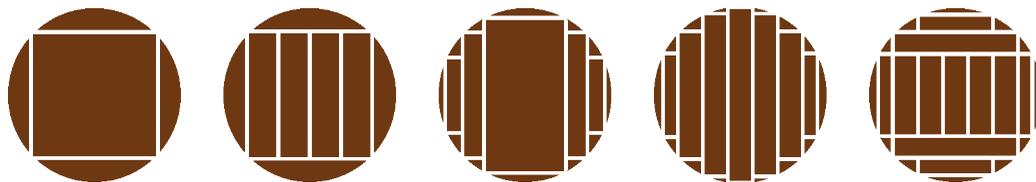
Capítulo 8.

Mejores prácticas seguridad industrial e identificación de riesgos laborales en aserraderos	157
Identificación de riesgos laborales.....	157
Equipo de protección personal	158
Señalización de riesgos y medidas de mitigación.....	158
Equipo para mitigación y atención de incidentes y accidentes.....	160
Normatividad aplicable en México.....	162
Conclusiones	164
Recomendaciones finales	165
Fuentes consultadas	166
Anexos	172



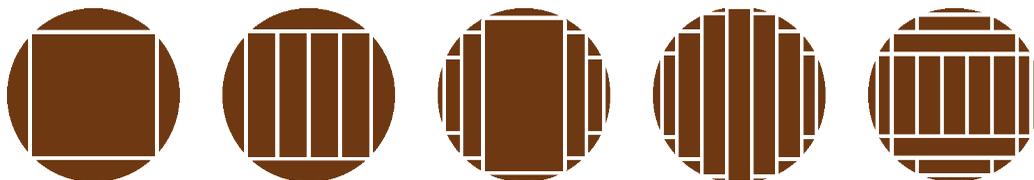
ÍNDICE DE CUADROS

1. Concentrado de piezas obtenidas en el Ejemplo 1.	11
2. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío de Pino en México.	15
3. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío por especie en México. .	15
4. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío en México.	16
5. Factores de apilamiento para productos maderables.	24
6. Pares de variables para modelos de regresión lineal empleados en coeficientes de aserrío.	52
7. Tamaño de muestra simplificado para estudios de coeficiente de aserrío.	61
8. Efecto del ahusamiento en el coeficiente de aserrío.	68
9. Efecto de la calidad de trocería en el coeficiente de aserrío.	70
10. Efecto de la calidad de trocería en el coeficiente de aserrío por clase de calidad de madera aserrada.	70
11. Efecto del coeficiente de aserrío y el nivel de producción en la rentabilidad del aserradero del Ejemplo 6.	96
12. Muestra de control de calidad de espesor.	104



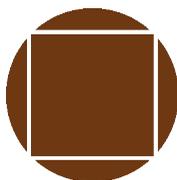
ÍNDICE DE FÓRMULAS

1. Definición del coeficiente de aserrío	8
2. Fórmula de Newton	22
3. Fórmula de Huber	22
4. Fórmula de Smalian	22
5. Fórmula de Romahn y Ramírez	22
6. Fórmula de Lira y Macias	22
7. Fórmula Simplificada	22
8. Fórmula de coeficiente de apilado	23
9. Estimación de pies tabla	25
10. Estimación de pies tabla	26
11. Cubicación de montañas de residuos	27
12. Coeficiente de aserrío documental	49
13. Modelo de regresión lineal simple con ordenada al origen.....	52
14. Coeficiente de aserrío oficial	56
15. Tamaño de muestra simple aleatorio sin reemplazo.....	59
16. Desviación estándar con rango conocido	59
17. Cálculo de dimensión óptima.....	107
18. Cálculo del contrapeso	150



ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Modelo de regresión lineal simple con ordenada al origen para la estimación del coeficiente de aserrío.	53
2. Comportamiento del coeficiente de aserrío en trozas de 8' estimado con las principales reglas madereras.	54
3. Gráfico de control de calidad de promedios.	104
4. Gráfico de control de calidad de rangos.	105

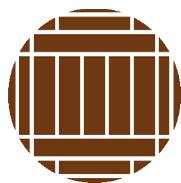
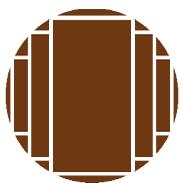
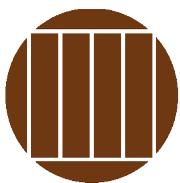
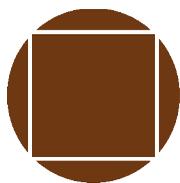


ÍNDICE DE FIGURAS

1. Diagrama de corte empleado por el aserradero del Ejemplo 1	11
2. Resultados del ejemplo de las variaciones por criterios del coeficiente de aserrío.....	12
3. Dimensiones del pie tabla.....	20
4. Calibrador digital y flexómetro para medición para madera	21
5. Diagrama de medición sugerido para trocería	23
6. Diagrama de medición con coeficiente de apilamiento.....	24
7. Criterios de medición de puntos simple.....	26
8. Criterios de medición de puntos múltiples.....	26
9. Montaña de materiales	28
10. Reglas madereras y su uso para cubicación	29
11. Identificación, medición y registro de trocería	39
12. Identificación y separación de tablas	41
13. Medición y registro de tablas	41
14. Elaboración de diagramas de corte	44
15. Identificación de lotes	46
16. Porcentaje del volumen del refuerzo en cada dimensión	65
17. Efecto del diámetro en el coeficiente de aserrío	65
18. Deformaciones, torceduras y ahusamiento en el aserrío	66
19. Cono de defectos.....	71
20. Calidades de trocería (buena y mala)	72
21. Obtención de diversas medidas en el aserrío	75
22. Técnicas y diagramas de aserrío típicos	78

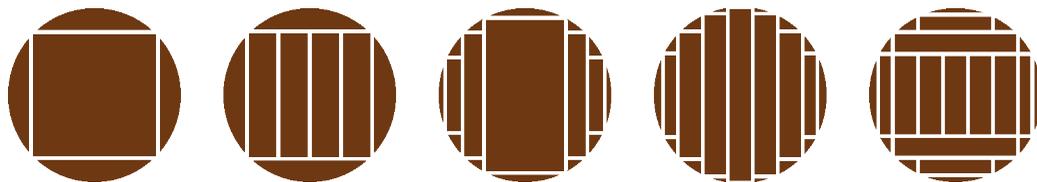
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

23. Diagramas de corte considerando ahusamiento y técnica de centrado	79
24. Personal incentivado a cargar en jornada extendida	81
25. Mantenimiento correctivo del aserradero	82
26. Volteador hidráulico y guía láser	84
27. Equipos automatizados de afilado de sierras banda	87
28. Corrección de estibado	92
29. Manejo de trocería clasificada por diámetro	99
30. Cambio de sierras y limpieza de equipos	102
31. Dimensiones de la madera aserrada y sus refuerzos	106
32. Tabletera y reaserradora	109
33. Armadora de tarimas y tarimas armadas	109
34. Técnicas de aserrío	114
35. Técnicas de centrado	115
36. Sistemas de centrado y volteos hidráulicos	117
37. Cara de apertura e impacto de un mal del primer corte	118
38. Ejemplos de diagramas de corte, con y sin ahusamiento	120
39. Modelos matemáticos para obtener el máximo cuadrado	120
40. Inspección de correcto rolado en sierra y volante	122
41. Afilado manual y mecánico de sierras	123
42. Señalización y equipo de protección personal de seguridad	124
43. Problemas de variación de corte y rallado en las tablas	130
44. Revisión y engrasado de bandas transportadoras de trocería	137
45. Revisión y engrasado de volteadores y centradores	138
46. Inspección de calibre de sierra con galga	140
47. Lubricación en la afiladora e identificaciones de inicio	141
48. Inspección de rolado	141
49. Inspección de sierras circulares y daños	142
50. Martillo cabeza de perro y de cabeza invertida para mantenimiento de sierras circulares	142
51. Inspección y alineación de bancadas	144
52. Inspección y alineación de carros porta trozas	145
53. Mediciones en el carro porta trozas	146
54. Inspección de volantes con plomada y nivel láser	148
55. Criterios de alineación de volantes	149
56. Inspección y alineación de tensores	150
57. Contrapeso correcto y distancias	150
58. Contrapeso en posiciones incorrectas	151
59. Inspección y alineación de canteador y reaserradora	153
60. Equipos de extinción de incendios en borde perimetral	159



ÍNDICE DE ANEXOS

1. Reglas maderera	173
2. Tabla de cubicación de trocería	176
3. Tabla de cubicación de tablas nominales de 8' en pies tabla.....	178
4. Formato para registro de trocería para estudios de coeficiente de aserrío	179
5. Formato para registro de madera aserrada para estudios de coeficiente de aserrío..	180
6. Clasificación de trocería de acuerdo con la NMX-C-359-1988.....	181
7. Clasificación de madera de acuerdo con la NMX-C-239-ONNCCE-2014.....	183
8. Clasificación de madera de acuerdo con la NHLA de 2015.....	184
9. Lista de verificación para mejora del coeficiente de aserrío	185
10. Diagnóstico de mantenimiento para aserraderos	187
11. Lista de verificación de cumplimiento de normatividad laboral	189



PRESENTACIÓN

Actualmente en México la operación de las empresas forestales comunitarias (EFC) presenta grandes retos para alcanzar el estatus de industrias prósperas y sustentables. En el apartado de sustentabilidad, las EFC garantizan el buen manejo de sus bosques a través de la aplicación de los principios legales, técnicos, ambientales y sociales de la certificación internacional FSC; sin embargo, en lo relacionado a los procesos de transformación de sus materias primas forestales, cabe señalar que en la gran mayoría de los aserraderos se han identificado varias oportunidades para incorporar mejores prácticas de asierre que podrían incrementar sus niveles de eficiencia y rentabilidad.

Asimismo cabe destacar que las EFC se encargan de controlar en su mayoría todos los eslabones de la cadena de valor de la madera; desde el manejo del bosque hasta la transformación de la trocería en sus aserraderos y finalmente la venta de la madera aserrada en los mercados, por lo que un considerable incremento en la rentabilidad de sus aserraderos impactará directa y positivamente en sus economías comunitarias.

Este Manual de Coeficiente de Asierre, enfocado principalmente a las EFC, contiene una serie de elementos técnicos, de sencilla aplicación, que servirán de referencia para que las industrias madereras incrementen su coeficiente de aserrío en un ejercicio de mejora continua. Sin duda, a partir de la aplicación de este manual, las EFC también podrán modificar algunas áreas de sus aserraderos, esto en la medida que incorporen innovaciones tecnológicas; tales como componentes automatizados, semiautomatizados o con sierras de menores anchos y grosores, que minimicen la pérdida de madera en los diferentes tipos de corte (radial, transversal y tangencial, entre otros).

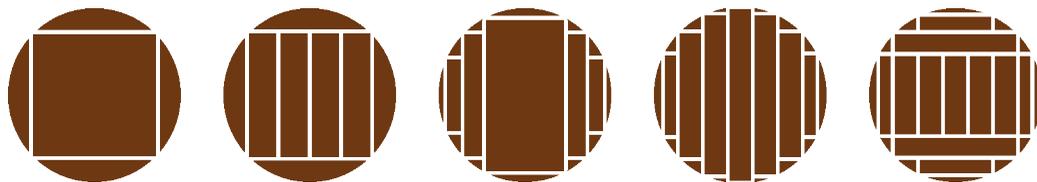
Otra problemática en el manejo de los aserraderos de las EFC es la rotación frecuente de los administradores de los aserraderos y la escasez de personal especializado. En ese sentido, se requiere que el personal que administre y opere los aserraderos sea permanente para asegurar que las prácticas de este manual perduren en la operación de sus industrias a mediano y largo plazo. Para garantizar la continuidad de los cuadros técnicos-administrativos de sus industrias, las asambleas ejidales y comunales deberán tomar cartas en este aspecto.

Se espera que la mayoría de las prácticas de este manual sean aplicadas por las industrias madereras con la expectativa de que incrementen su rentabilidad en el corto plazo.

Atentamente,

JM Barrera, coordinador nacional del PROINFOR*

**El PROINFOR es un programa innovador del sector forestal mexicano que promueve, acompaña y facilita la creación de una plataforma financiera a nivel de empresa comunitaria con el fin de respaldar sus proyectos de inversión forestal a través de créditos refaccionarios y de avío, fondeados por FIRA (Banco de México) y que, a su vez, son reembolsados por KfW (Banco de Desarrollo Alemán) en un esquema institucional operado a través de NAFIN.*



INTRODUCCIÓN

El sector forestal se encuentra inmerso en un entorno desafiante y altamente regulado, lo cual representa desafíos significativos para las empresas de la industria de la transformación maderable. En este contexto, la productividad se convierte en un factor clave para lograr ventajas competitivas y garantizar la sostenibilidad y ganancias de las empresas madereras.

Dentro de la industria del aserrío, en México como en todo el mundo, se lleva a cabo la transformación de los recursos forestales maderables en productos primarios con valor agregado, en este proceso, el coeficiente de aserrío adquiere un papel fundamental como indicador de rendimiento.

El coeficiente de aserrío, también conocido como coeficiente de transformación forestal, desempeña un papel fundamental en esta industria. Este indicador mide la eficacia y productividad en la transformación de la madera en rollo en productos primarios o terminados. Su importancia comprende desde el cumplimiento normativo hasta la estimación de costos de producción, así como el control y la planificación de materias primas.

Con el objetivo de mejorar la competitividad en el sector forestal, se ha desarrollado el presente manual especializado que proporciona una guía paso a paso sobre el coeficiente de aserrío, abordando temas como su definición, los métodos de cálculo, las variantes existentes y las técnicas de cubicación de productos forestales maderables.

El manual comienza analizando los diferentes tipos de coeficientes de aserrío, destacando sus definiciones y resaltando la importancia de cada variante. Posteriormente, se abordan las técnicas de cubicación, alineando las metodologías de cuantificación de la madera y presentando las mejores prácticas para llevar a cabo estos estudios de manera efectiva.

En los siguientes capítulos se profundiza en la determinación del tamaño de muestra y se brindan métodos y recomendaciones para estimar con precisión el tamaño adecuado que respalde los resultados obtenidos. El manual también aborda la

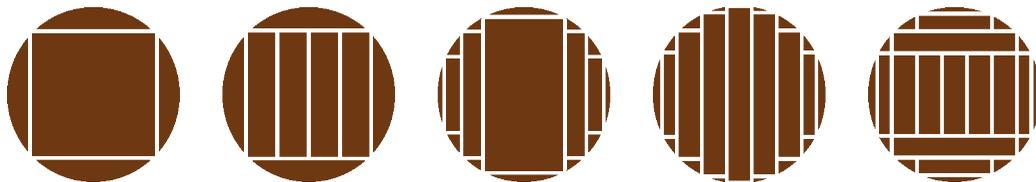
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

importancia de la recopilación de información, ofreciendo pautas clave para evitar posibles errores en la custodia de los materiales utilizados en el proceso de aserrío.

El enfoque principal del manual es capacitar a los productores de madera aserrada en prácticas responsables y óptimas en el uso de los recursos forestales maderables. Se busca establecer un sistema de monitoreo y control de los factores determinantes del aprovechamiento de los recursos, garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente y mejorar la competitividad y sostenibilidad de las operaciones en la industria del aserrío.

Entre las prácticas recomendadas para mejorar el coeficiente de aserrío se encuentran la gestión eficiente de las materias primas, el mantenimiento y calibración adecuado de equipos, el uso de tecnologías modernas, técnicas de afilado, control de calidad, secado de madera y prácticas de seguridad industrial. Las cuales contribuyen a optimizar el rendimiento, minimizar el desperdicio y mejorar la eficiencia en el proceso de aserrío.

Uno de los apartados del manual está dedicado al mantenimiento y calibración de los equipos utilizados en el aserrío; ya que son fundamentales para garantizar un rendimiento óptimo y una precisión adecuada en el proceso. Finalmente, el último capítulo está dedicado a las prácticas de seguridad industrial y la identificación de riesgos laborales, ya que son cruciales para mantener un entorno de trabajo seguro y proteger la integridad de los trabajadores.



OBJETIVOS

Objetivo general

El principal objetivo al finalizar el curso y la lectura del manual es que los involucrados en la producción de madera aserrada, desarrollen nuevas prácticas y estrategias empleando los principios, métodos y recomendaciones para medir, cuantificar, optimizar y mejorar el coeficiente de aserrío, para aumentar la productividad, rentabilidad y el aprovechamiento integral de la madera en el aserradero.

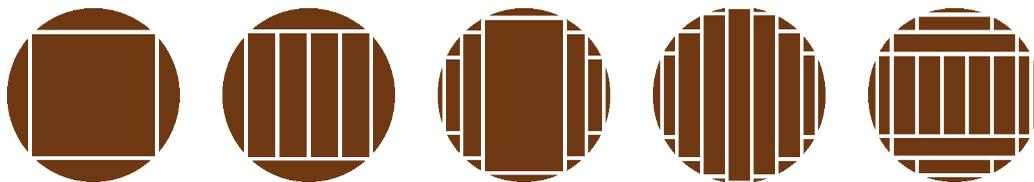
Objetivos específicos

De forma específica se han planteado los siguientes objetivos particulares para alcanzar el objetivo general:

1. Identificar y comprender las diversas definiciones del coeficiente de aserrío, mediante la caracterización de los criterios de medición considerados para su cálculo; para emplear los resultados de forma adecuada y desarrollar estrategias de mejora y control en el aserradero.
2. Conocer la variación de las magnitudes y resultados de los estudios de coeficiente de aserrío en México, y así entender que es un indicador volátil y distinto al comúnmente aceptado de 50%.
3. Cubicar de forma precisa la madera en rollo, madera aserrada y desperdicios durante el desarrollo de estudios de coeficientes de aserrío, mediante la aplicación de métodos y criterios adecuados para la obtención de resultados precisos y confiables.
4. Determinar y cuantificar el coeficiente de aserrío de forma correcta y precisa, empleando la metodología que se adecue a las necesidades de control operativo, administrativo, contable y/o regulatorio en el aserradero.
5. Conocer y comprender el origen de la variación e impacto del coeficiente de aserrío, mediante el análisis de las principales variables que influyen en su desempeño para analizar cuáles son las estrategias más prometedoras a seguir para mejorar en el aserradero.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

6. Evaluar y emplear las técnicas y prácticas para mejorar el coeficiente de aserrío mediante el cambio de prácticas tradiciones de operación, comercialización, administración y/o mantenimiento para mejorar el desempeño operativo y la rentabilidad del aserradero.
7. Entender y aplicar mejores prácticas de mantenimiento y calibración de equipo para aserrío, con el propósito de obtener un producto de mejor calidad y aumentar el coeficiente de aserrío.
8. Entender y aplicar mejores prácticas de seguridad industrial en el aserradero, para generar un espacio de trabajo más seguro y confiable para los colaboradores, y así evitar accidentes y lesiones.



INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES DEL COEFICIENTE DE ASERRÍO

¿Qué es el Coeficiente de Aserrío?

El coeficiente de aserrío (CA) o coeficiente de transformación de un aserradero es una medida que se utiliza en la industria de la madera para evaluar la cantidad de madera utilizable que se puede obtener del tronco de un árbol.

Esta medida es muy importante para las empresas madereras, ya que les permite monitorear y maximizar la eficiencia en la producción de madera y minimizar los residuos.

Definición

El coeficiente de aserrío se define como la relación entre el volumen de la madera aserrada y el volumen del tronco original.

En otras palabras, se trata de la cantidad de madera utilizable que se obtiene después de haber procesado el tronco mediante el aserrado.

Un coeficiente de aserrío alto indica que se ha obtenido una gran cantidad de madera útil del tronco, mientras que un coeficiente de aserrío bajo indica que se ha desperdiciado una gran cantidad de madera o que el tronco no era adecuado para el aserrado.

Este coeficiente puede variar dependiendo del tipo de árbol, la calidad de la madera y el método de aserrado empleado.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento vigente, reconoce el término de Coeficiente de Transformación Forestal, sin distinguir la industria de transformación específica.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Existen diversos tipos de Coeficientes de Transformación Forestal (CTF); sin embargo, en la práctica diaria, existen variaciones específicas dentro de cada industria forestal, y en el caso concreto de la industria del aserrío al CTF se le conoce como coeficiente de aserrío o asierre.

Cálculo del Coeficiente de Aserrío

El coeficiente de aserrío parece estar definido de forma clara y precisa, pero la realidad es que presenta diversas variaciones, dependiendo principalmente de los criterios y consideraciones empleados para su estimación.

De forma general el CA se estima relacionando la cantidad de madera aserrada y la cantidad de madera en rollo empleada (Fórmula 1).

Normalmente el volumen de madera aserrada es obtenido en pies tabla (pt), mientras que la madera en rollo empleada en este caso está en metros cúbicos rollo (m^3r), y para poder emplear de forma adecuada el coeficiente existen dos formas de plantearlo.

En el primer caso se emplea una unidad mixta, donde se establecerán los pies tabla (pt) para la madera aserrada y metros cúbicos rollo (m^3r) para la trocería, quedando las unidades de forma directa del CA en pt/m^3r .

Y para el segundo caso, se emplean las medidas de las tablas en metros cúbicos (m^3), sólo que para diferenciarlas se definirá al metro cúbico tabla (m^3t), como su equivalente en medidas del sistema internacional, para expresar el CA en unidades relativas o porcentajes de transformación respecto a la cantidad de madera en rollo empleada. Este último criterio es el que más se emplea en la industria de aserrío, y es comúnmente expresado en porcentaje.

Fórmula 1. Definición del coeficiente de aserrío.

$$\text{Coeficiente de aserrío (CA)} = \frac{\text{Madera aserrada obtenida}}{\text{Madera en rollo empleada}}$$

Variantes del Coeficiente de Aserrío

En la industria de aserrío como en cualquier otra, se encuentran variantes de los conceptos, y el CA no es la excepción, pues dependiendo de las variables de interés de análisis, este concepto ha acuñado algunas variedades generalizadas.

Coeficiente de Aserrío Sin Recuperación (CA-SR)

El CA-SR es el CA más empleado en aserraderos con controles de producción medianamente establecidos y el más empleado en los cálculos de estimación de CA para aspectos legales y operativos; el cual considera los productos escuadrados obtenidos,

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

tanto de largas dimensiones como de cortas dimensiones y omitiendo otro tipo de productos como: bastones, cuadrado y otros productos menores.

Coeficiente de Aserrío Con Recuperación (CA-CR)

El CA-CR es el CA que debería emplearse, tanto para control de producción, como en los cálculos de estimación de CA para aspectos legales; sin embargo, es poco empleado, por considerar a algunas piezas como productos, si no como desperdicios aprovechados o recuperados, considerados sin valor.

Para calcularlo se deben considerar los productos escuadrados obtenidos, tanto de largas dimensiones como de cortas dimensiones, así como los productos secundarios y pedacería empleable para cualquier otro proceso, como cuadrados, tiras, tacones y otros, es decir, hay que considerar todos los productos maderables escuadrados obtenidos.

Hay que mencionar que el CA-CR es el más completo de todos y se sugiere emplearlo en los todos los aserraderos.

Coeficiente de Aserrío con Medida Comercial (CA_c)

El CA_c, también conocido como Coeficiente de Aserrío Nominal (CA_N), se calcula empleando medidas y volúmenes comerciales, omitiendo los refuerzos y volúmenes de madera que excedan de las medias comerciales.

Coeficiente de Aserrío con medida Real (CA_r)

El CA_r es conocido como Coeficiente de Aserrío Real, y se calcula empleando medidas y volúmenes reales, los cuales incluyen los refuerzos entregados en los productos comerciales, aun cuando estos no alcancen o excedan los estándares o medidas establecidas.

Coeficiente de Aserrío Con Corteza (CA_{cc})

El CA_{cc} considera el volumen de la corteza de la troza en la cubicación del tronco, siendo este el criterio legal y operativo más adecuado, debido a que la madera que se extrae de los bosques es considerada con este volumen.

Coeficiente de Aserrío Sin Corteza (CA_{sc})

El CA_{sc} no considera el volumen de la corteza de la troza en la cubicación del tronco, siendo un criterio operativo ampliamente usado para la recepción y control de volúmenes de madera en rollo, o bien cuándo se descortezada la trocería, lo que puede generar

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

problemas de control de inventarios.

Como se observa, en estas últimas variantes, tienen un subíndice en los CA, pues estos afectan a las demás variaciones, pues es sólo un criterio de medición y cálculo que debe aclararse al momento de presentar resultados.

Cabe señalar que, para fines legales y regulatorios, el CA que debe ser tomado en cuenta es el $CA-CR_{CC-R}$ (%), pues este indicador relaciona el volumen total obtenido de productos con su medida real de transformación en el aserradero, y que es precisamente lo que se regula en estos centros de transformación, además de considerar el volumen con corteza, que se documenta para su recepción.

El criterio de medida comercial del CA es empleado de forma operativa y contable, ya que se pueden cuantificar de forma rápida la productividad y los costos en los aserraderos, pero se debe tener especial cuidado al momento de llenar documentación de control, pues se pueden omitir volúmenes que pueden causar problemas de control de existencias en el largo plazo.

Ejemplo 1. Variantes del CA.

Considere un aserradero que recibe madera en rollo en medida de 8' con largo real de 2.55 m con diámetro sin corteza de 30 cm y con corteza de 35 cm, la cual pasa a un proceso de aserrío tradicional para obtener el diagrama de corte de la Figura 1 y productos de 8' de largo comercial, donde se consideran: 1/4" de refuerzo para el espesor y ancho y de 3" para el largo; sin embargo, las piezas menores a 3/4" se consideran medida pegada, es decir, a medidas reales.

Para esta troza se ha calculado el CA empleando diversos criterios y los resultados se presentan en la Figura 2 con el objetivo de saber cuál es el que se debe reportar a contabilidad y cuál a la autoridad regulatoria forestal.

Al analizar los criterios empleados, lo primero que se aprecia es la amplia variación en estos, pues se encuentran entre 37.5% y 78.3%, utilizando los mismos datos para su cálculo, haciendo evidente que el uso de los criterios puede hacer que se tenga una variación importante, por lo que se debe tener cuidado de saber cuáles fueron los criterios para su cálculo al momento de utilizar los resultados de un Coeficiente de Aserrío (CA).

Para los fines que se buscan en este ejercicio se debe emplear el CA para contabilidad y estimación de costos directos el $CA-CR_{CC-C}$ con valor de 42.0% o 178.0 pt/m³r, ya que relaciona el volumen en rollo documental empleado con las tablas obtenidas en medidas comerciales.

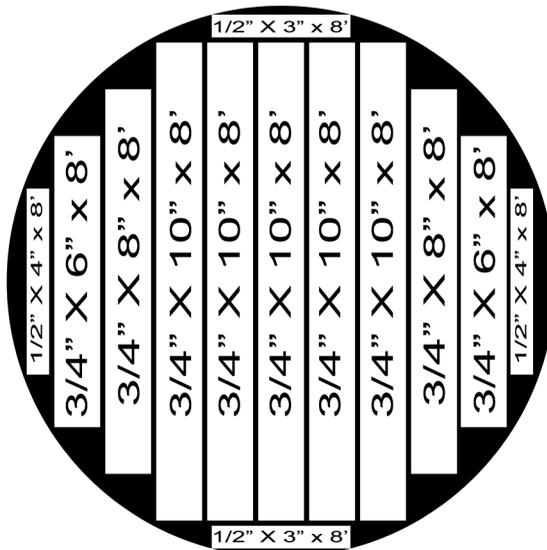
Hay que tener precaución, si el aserradero no es constante en la recuperación de materiales, pues en ese caso se debe emplear para contabilidad y estimación de costos el $CA-SR_{CC-C}$ con valor de 37.5% o 159.0 pt/m³r.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En aquellos casos donde se compre y se documente la madera sin corteza se podrán emplear los valores indicados sin corteza.

Para fines legales y regulatorios se tendrá que emplear siempre el $CA-CR_{CC-R}$ con valores de 57.6%, presentándose en porcentaje de forma regular.

Figura 1. Diagrama de corte empleado por el aserradero del Ejemplo 1.

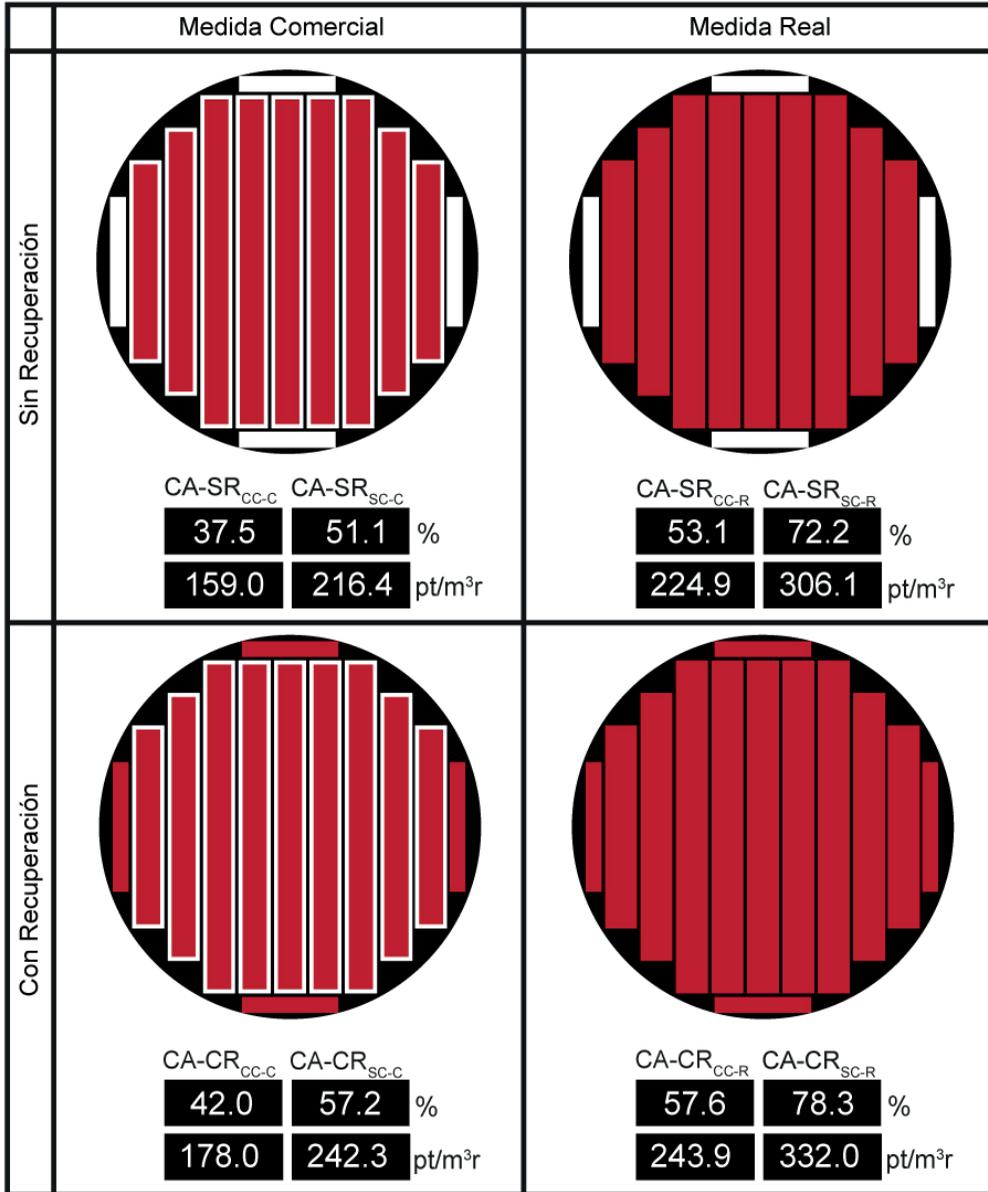


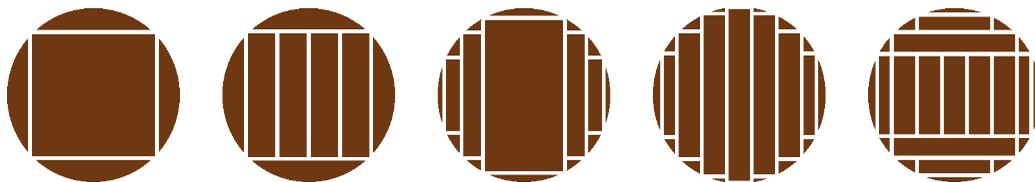
Cuadro 1. Concentrado de piezas obtenidas en el Ejemplo 1.

Gruoso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Cubicación unitaria (pt)	Cantidad de piezas	Subtotal nominal (pt)	Subtotal real (m ³)
3/4	10	8	5.00	5	25.00	0.059
3/4	8	8	4.00	2	8.00	0.019
3/4	6	8	3.00	2	6.00	0.014
1/2	4	8	1.33	2	2.67	0.006
1/2	3	8	1.00	2	2.00	0.005
Total				13	43.67	0.103

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Figura 2. Resultados del ejemplo de las variaciones por criterios del coeficiente de aserrío.





PRINCIPALES RESULTADOS DE ESTUDIOS DE COEFICIENTES DE ASERRÍO EN LOS ASERRADEROS DE MÉXICO

El Coeficiente de Aserrío General

La Ley de Desarrollo Forestal Sustentable en su artículo 92 Bis, señala que se tienen que presentar dos informes semestrales donde se indiquen las entradas y salidas de madera en un centro de almacenamiento y transformación de materias primas forestales para mantener vigente la autorización; donde además se debe indicar el coeficiente de transformación obtenido.

Por otra parte, el Reglamento de la misma Ley en su artículo 114, menciona que para la obtención de reembarques se tiene que presentar el coeficiente de transformación obtenido.

En la práctica cuando no se ha medido el coeficiente de transformación, la autoridad asume que se tiene un coeficiente de transformación del 50% sobre volúmenes, y con este emite la documentación que ampara la legal procedencia y transporte de madera proveniente de un aserradero.

Asumiendo de forma general para todo México, que el coeficiente de transformación es del 50% para los aserraderos.

Estudios en México

Diversas instituciones en México, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), así como Universidades y profesionistas han llevado a cabo estudios para cuantificar el coeficiente de aserrío en aserraderos de diferentes regiones del país; donde incluyeron muestras con diversas especies de madera, métodos de producción y productos obtenidos.

La presente revisión proporciona una visión general sobre las magnitudes actuales del coeficiente de aserrío para tener una referencia de mediciones directas para la toma de decisiones en la industria forestal maderable en México.

La mayoría de los estudios se han enfocado en el aserrío de las especies de pino (*Pinus*) y encino (*Quercus*), que son las más abundantes en los bosques de clima templado de México.

Uno de los principales hallazgos que se tienen al revisar los antecedentes es que el coeficiente de aserrío del pino (*Pinus*), la especie de mayor importancia comercial en México, tiene un promedio nominal de 45.79% y real de 57.24%, lo cual difiere en ambos casos del general del 50%, con rangos de variación que van desde el 40% hasta el 80%.

En los 8 estados, donde se identificaron estudios, se tiene una variación en el promedio real desde los 53.8% hasta los 66.8%, lo cual es superior al general en todos los casos. El nominal no es un resultado que se presente comúnmente en los estudios y en los reportes generales oscila entre el 40.2% y 62.1%, con un promedio de 45.8% considerando los volúmenes con corteza.

Además, para el caso del encino (*Quercus*), se tiene un promedio real de 47.66%, el cual es mucho más bajo que el pino.

Para otras especies, que no son coníferas, el coeficiente de aserrío real es menor al 50%, mientras que el oyamel (*Abies*), tiene un comportamiento similar al pino.

Con lo anterior se puede prever que, si no se ha actualizado el coeficiente de transformación en el aserradero mediante una medición directa, se tendrán problemas para embarcar madera aserrada por falta de documentación (reembarques forestales), ya que la variación promedio del 7.24% que se acumula en los patios de madera aserrada, por la diferencia entre el promedio reportado y el general, puede ocasionar problemas documentales, e incluso problemas regulatorios, por no poder justificar el excedente de madera de forma documentada.

Aun cuando se emplee el coeficiente de aserrío nominal o comercial para justificar los volúmenes embarcados, el promedio se encuentra 4.21% debajo del general, por lo que hará falta madera y esto también puede ocasionar problemas regulatorios ante una inspección por parte de la autoridad.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Por lo anterior se recomienda realizar una medición y reporte ante la autoridad del coeficiente de aserrío para evitar sanciones y problemas documentales, así como operativos y de control.

Cuadro 2. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío de Pino en México.

Espece (Género)	CA Nominal _{cc}	CA Real _{cc}
Aile (<i>Alnus</i> spp)	42.7%	42.7%
Encino (<i>Quercus</i> spp)	N.R.	47.7%
Oyamel (<i>Abies</i> spp)	N.R.	62.0%
Palo de Rosa (<i>Tabebuia</i> spp)	N.R.	34.0%
Parota (<i>Enterolobium</i> spp)	N.R.	49.3%
Pino (<i>Pinus</i> spp)	45.8%	57.2%
Promedio general	45.7%	55.7%

N.R. = No reportado

Cuadro 3. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío por especie en México.

Estado	CA Nominal _{cc}	CA Real _{cc}
Chiapas	N.R.	66.80%
Durango	43.60%	55.40%
Hidalgo	N.R.	61.70%
Estado de México	N.R.	64.70%
Michoacán	N.R.	62.80%
Oaxaca	44.60%	53.60%
Puebla	50.10%	55.80%
Veracruz	44.10%	59.80%
Promedio general	45.80%	57.20%

N.R. = No reportado

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuadro 4. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío en México.

Autor	Entidad	Especie	Criterio de estimación	CA Nominal		CA Real	
				CC	SC	CC	SC
Acevedo, 2020	Puebla	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Cortas dimensiones	47.69%	51.22%	48.06%	51.62%
			Aserradero tradicional	40.45%	43.45%	44.91%	48.23%
			Aserradero automatizado	53.07%	55.07%	57.29%	59.45%
Baca et al., 2001	México	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	N.R.	N.R.	61.10%	69.45%
			Aserradero 2	N.R.	N.R.	61.20%	69.77%
Contreras, 2007	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	50.81%	N.R.	67.71%	N.R.
Enriquez, 2018	Michoacán	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	62.80%	N.R.
Fuentes-López, 2018	Puebla	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Antes de capacitación	45.99%	N.R.	57.13%	N.R.
			Después de capacitación	48.98%	N.R.	62.97%	N.R.
Galindo, 2011	Oaxaca	Encino (<i>Quercus</i> spp)	Sierra bimetálica (2mm)	N.R.	N.R.	43.00%	N.R.
			Sierra tradicional (3mm)	N.R.	N.R.	38.98%	N.R.
García, 2016	México	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	61.17%	N.R.
		Oyamel (<i>Abies</i> spp)	General	N.R.	N.R.	61.98%	N.R.
Haro et al., 2015	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	51.22%	N.R.
Lira et al., 2022	Puebla	Aile (<i>Alnus</i> spp)	Cortas dimensiones	42.74%	N.R.	42.74%	N.R.
Lira et al., 2022	Puebla	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero automatizado	62.06%	N.R.	66.09%	N.R.
Lira et al., 2022	Puebla	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero automatizado	54.58%	N.R.	57.36%	N.R.
Lira et al., 2022	Puebla	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero tradicional	47.81%	N.R.	52.94%	N.R.
Loza et al., 2008	México	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Con recuperación	N.R.	N.R.	80.00%	N.R.
			Sin recuperación	N.R.	N.R.	60.00%	N.R.

N.R. = No reportado; SC = Sin corteza; CC = Con corteza.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuadro 4. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío en México (continuación).

Autor	Entidad	Especie	Criterio de estimación	CA Nominal		CA Real	
				CC	SC	CC	SC
Moreno-López, s/f	Veracruz	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	44.10%	45.98%	59.81%	62.36%
Najera, 2010	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	N.R.	N.R.	54.84%	63.14%
			Aserradero 2	N.R.	N.R.	54.04%	59.43%
			Aserradero 3	N.R.	N.R.	48.95%	53.82%
			Aserradero 4	N.R.	N.R.	51.83%	57.21%
			Aserradero 5	N.R.	N.R.	59.90%	66.08%
Najera et al., 2012	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	N.R.	N.R.	56.22%	61.70%
			Aserradero 2	N.R.	N.R.	56.56%	61.60%
Najera-Luna et al., 2011	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	52.17%	57.50%
Ortiz et al., 2010	Oaxaca	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	44.18%	48.27%
Ortiz et al., 2015	Oaxaca	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	44.18%	48.27%
Pérez, 2016	Chiapas	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Con recuperación	N.R.	N.R.	68.50%	N.R.
			Sin recuperación	N.R.	N.R.	65.00%	N.R.
Rodríguez, 2007	Durango	Encino (<i>Quercus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	48.20%	57.90%
Rueda et al., 2010	Jalisco	Palo de rosa (<i>Tabebuia</i> spp)	General	N.R.	N.R.	34.00%	N.R.
		Parota (<i>Enterolobium</i> spp)	General	N.R.	N.R.	49.27%	N.R.
Santiago, s/f	Oaxaca	Pino (<i>Pinus</i> spp)	General	N.R.	N.R.	40.00%	42.59%
Torres, 2019	Hidalgo	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	N.R.	N.R.	55.00%	50.00%
			Aserradero 2	N.R.	N.R.	65.00%	55.00%
			Aserradero 3	N.R.	N.R.	65.00%	55.00%
Zavala, 1981	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	43.56%	N.R.	56.10%	N.R.
			Aserradero 2	43.74%	N.R.	55.10%	N.R.
			Aserradero 3	41.87%	N.R.	52.23%	N.R.
			Aserradero 4	44.87%	N.R.	53.25%	N.R.
			Aserradero 5	41.54%	N.R.	51.85%	N.R.
			Aserradero 6	43.12%	N.R.	51.36%	N.R.

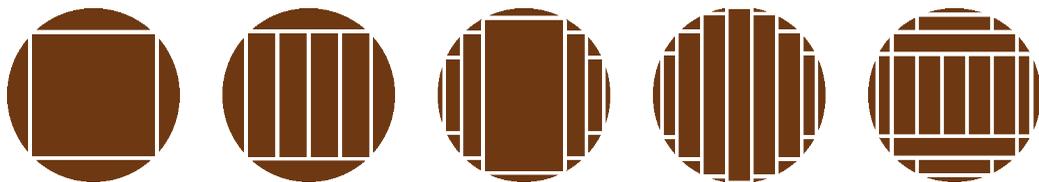
N.R. = No reportado; SC = Sin corteza; CC = Con corteza.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuadro 4. Resultados de los estudios de coeficiente de aserrío en México (continuación).

Autor	Entidad	Especie	Criterio de estimación	CA Nominal		CA Real	
				CC	SC	CC	SC
Zavala, 1996	Durango	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero A Sierra 6"	43.56%	N.R.	61.63%	N.R.
			Aserradero B Sierra 6"	43.74%	N.R.	59.10%	N.R.
			Aserradero A Sierra 8"	41.74%	N.R.	56.40%	N.R.
			Aserradero B Sierra 8"	44.18%	N.R.	57.35%	N.R.
			Aserradero A Sierra 10"	41.54%	N.R.	55.60%	N.R.
			Aserradero B Sierra 10"	43.12%	N.R.	54.96%	N.R.
Zavala, 2003	N.R.	Encino (<i>Quercus</i> spp)	Sistema tradicional	N.R.	N.R.	55.83%	N.R.
			Sistema radial	N.R.	N.R.	52.31%	N.R.
Zavala y Hernández, 2000	Oaxaca	Pino (<i>Pinus</i> spp)	Aserradero 1	40.20%	N.R.	56.11%	N.R.
			Aserradero 2	42.82%	N.R.	61.59%	N.R.
			Aserradero 3	50.54%	N.R.	65.15%	N.R.
			Aserradero 4	44.77%	N.R.	64.06%	N.R.

N.R. = No reportado; SC = Sin corteza; CC = Con corteza.



TÉCNICAS DE CUBICACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES MADERABLES

¿Qué es la cubicación?

La cubicación o medición del volumen de madera es el proceso por el que se determinan las dimensiones y espacio que ocupa una o varias piezas de madera, ya sea que aún esté en el árbol o ya se encuentre transformada en productos de uso final como los muebles. Esta actividad es fundamental en la industria maderera, ya que permite conocer con precisión la cantidad de madera que se ha producido y comercializado.

Se realiza empleando métodos específicos que dependen del tipo de producto y del proceso de fabricación. Por ejemplo, la cubicación de tabloncillos y tablas se basa en la medición del largo, ancho y espesor de las piezas, mientras que la cubicación de árboles se basa en la medición del diámetro y altura de estos.

Es esencial para la valoración económica de la madera y la gestión de los recursos forestales, ya que permite conocer la cantidad de madera disponible para la gestión sostenible de los recursos del bosque, ayudando en la planificación, transformación, logística, transporte, almacenamiento, y comercialización de la madera.

Unidades de Medición Forestal

Las unidades de medición forestal utilizadas en la cubicación de productos forestales maderables son las siguientes:

- Árboles, troncos, ramas, residuos y astillas.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- La unidad de medida más utilizada es el metro cúbico rollo (m^3r) del Sistema Internacional de Medidas. También se pueden utilizar unidades sistema inglés o real como el pie cúbico (ft^3) para algunos países, aunque en México generalmente no se emplea.
- Tablas, tablones, tableros, vigas y otras piezas de madera escuadradas.

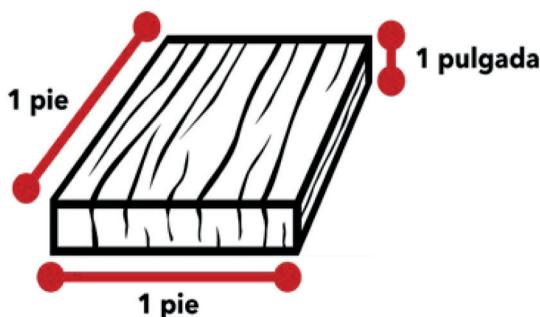
Algunas piezas se cubican empleando unidades como el metro cúbico (m^3), el metro lineal (m) o el metro cuadrado (m^2), dependiendo de la forma y dimensión del producto, por ejemplo, en el caso de duelas o tablero enlistonados, contrachapados es común emplear metros cuadrados (m^2), mientras que para molduras y algunas duelas se emplean metros lineales (m).

La madera aserrada en general es ampliamente cubicada en pies tabla (fb o pt), y empleando medidas nominales o comerciales, sin embargo, por aspectos regulatorios se debe cubicar en metros cúbicos (m^3).

El pie tabla es una unidad de medida que se deriva del sistema métrico real o inglés y equivale a una pieza de dimensiones de 1 ft x 1 ft x 1 in (30.48 cm x 30.48 cm x 2.54 cm), es decir, 1 m^3 = 423.776 pt.

En general, las unidades de medición más utilizadas para productos maderables en México son el metro cúbico (m^3), ya que permiten obtener una medida estandarizada del volumen de madera y facilitan la valoración económica de los productos forestales; sin embargo, es ampliamente usado el pie tabla (pt) para transacciones comerciales y controles operativos de madera aserrada.

Figura 3. Dimensiones del pie tabla.



Equipo de Medición

A diferencia de la medición de árboles, donde se emplean herramientas especializadas, costosas y difíciles de conseguir, para la medición de madera con fines de cuantificación del coeficiente de aserrío sólo se emplean en general dos herramientas de medición: el flexómetro y el calibrador; este último puede ser analógico o digital, aunque se recomienda más el segundo por la facilidad de su uso.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Se puede llegar a emplear las reglas madereras o bien los estadales para la cuantificación de madera en rollo o tablas, cuando se tienen estas prácticas o uso de unidades particulares. Otras herramientas muy útiles son la calculadora y los crayones, para identificar y realizar los cálculos para la obtención del volumen, así como las tablas de apoyo y bolígrafos para su registro.

Figura 4. Calibrador digital y flexómetro para medición para madera.



Cubicación de trozas

Existen diversos métodos para la cubicación de trozas, pero el más usado es el de Smalian, que utiliza la fórmula matemática del paralelepípedo para calcular el volumen.

Existen otros métodos de cubicación, como el método de Huber, Newton y el simplificado; que tienen pequeños ajustes y variaciones en sus resultados, además hay modificaciones a estas fórmulas como las que han planteado Romahn & Ramírez, así como Lira & Macías.

Debido a la dificultad de medir los diámetros y/o superficies centrales en la trocería, no se recomienda emplear las fórmulas de Newton y Huber. En general se recomienda emplear cualquier fórmula donde se puedan cuantificar los diámetros de los extremos de la troza, teniendo especial cuidado cuando se trata de centros de transformación operativos de emplear la misma fórmula de cubicación y métodos de medición con los que se recibe la trocería, con el fin de homologar criterios. La fórmula más empleada para estudios de coeficientes de aserrío es la Smalian y la Simplificada.

Para la cuantificación del volumen de las trozas en los aserraderos que van a ser objeto de estudios de coeficiente de aserrío, se recomienda realizar una medición de dos diámetros en forma de cruz en cada una de dos las cabezas, para cuantificar el diámetro con y sin corteza como se presenta en la Figura 5.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Además de medir uno o dos largos, así como registrar el largo de la medida comercial o nominal con la que se cubica o reciben las piezas. Hay que tener un especial cuidado en poder cuantificar de forma homologada el volumen documentado que se va a emplear para el estudio, ya que este es el que más valor tiene al momento de presentar resultados.

Para la medición se recomienda emplear flexómetros de por lo menos 5 m de largo para facilitar la toma de datos, y registrando con una precisión en mm, e indicando en la metodología que se puede tener un error de ± 1 mm en cuanto a medición se refiere.

Fórmula 2. Fórmula de Newton.

$$V = \frac{L \cdot (S_0 + 4 \cdot S_m + S_1)}{6}$$

Fórmula 3. Fórmula de Huber.

$$V = L \cdot S_m$$

Fórmula 4. Fórmula de Smalian.

$$V = \frac{L \cdot (S_0 + S_1)}{2}$$

Fórmula 5. Fórmula de Romahn y Ramírez.

$$V = \frac{L \cdot \pi \cdot (D_0 + D_1)}{4}$$

Fórmula 6. Fórmula de Lira y Macías.

$$V = \frac{L \cdot \pi \cdot (D_0 \cdot D_1)}{4}$$

Fórmula 7. Fórmula Simplificada.

$$V = 0.7854 \cdot L \cdot D^2$$

Donde:

V = Volumen de trocería m^3 .

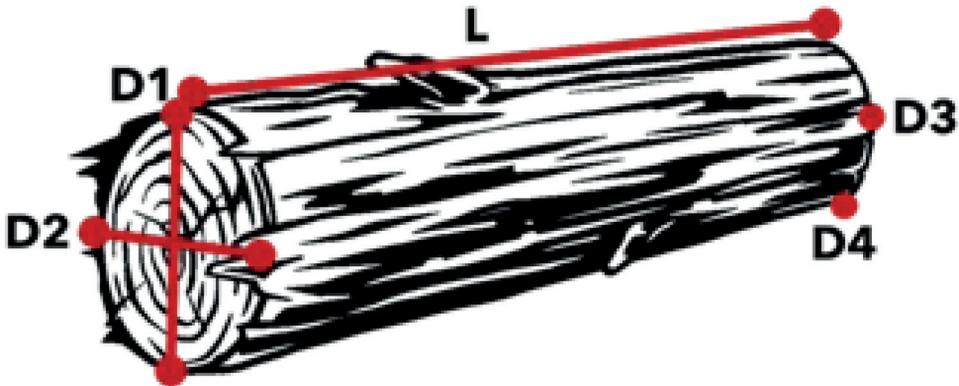
L = Largo de la trocería en m.

D = Diámetro de la trocería en m.

S = Superficie de la sección transversal de la troza en m^2 .

π = Coeficiente de circunferencia $\text{Pi} = 3.1416$.

Figura 5. Diagrama de medición sugerido para trocería.



Para facilitar la cubicación de trocería se emplean tablas de cubicación de troncos, donde se busca el diámetro y el largo, para encontrar el volumen. Cuando se tiene las dos medidas de diámetro en la cabeza de la troza, de forma práctica para promediar el diámetro y buscarlo en las tablas se dobla el flexómetro para hacerlo coincidir con las dos medidas, y la parte que queda en el doblez será el promedio. Cuando no se tienen las tablas de cubicación es común emplear la fórmula simplificada y una calculadora.

Siempre que se realice la cubicación de trocería se recomienda realizar un registro formal mediante el uso de un formato para este fin.

En algunas ocasiones, y en especial en madera de cortas dimensiones o diámetros delgados (Figura 6) el proceso de cubicación es mediante volúmenes aparentes y aplicando factor de apilamiento (Cuadro 5), que es un multiplicador que estima y retira el espacio o huecos en una estiba de madera para obtener el volumen que contiene (Fórmula 8).

Fórmula 8. Fórmula de coeficiente de apilado.

$$V = L \cdot H \cdot A \cdot F$$

Donde:

V = Volumen de trocería m³.

L = Largo de la estiba en m.

H = Altura de la estiba en m.

A = Ancho de la estiba en m.

F = Factor de apilamiento.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Figura 6. Diagrama de medición con coeficiente de apilamiento.



Cuadro 5. Factores de apilamiento para productos maderables.

Producto	Equivalencia a m ³ o factor de apilado
Trocería para celulósico 8 – 15 cm sin corteza	0.70 m ³
Trocería para celulósico 8 – 15 cm con corteza	0.65 m ³
Trocería para aserrío 15 – 30 cm	0.75 m ³
Trocería para aserrío >30 cm	0.80 m ³
Leña, Raja y Brazuelo	0.75 m ³
Aserrín fino (<5mm)	0.33 m ³
Virutas	0.20 m ³
Corteza	0.30 m ³
Astillas medias con granulometría G50	0.33 m ³
Astillas con granulometría finas G30	0.40 m ³
Astilla para celulosa	0.50 m ³

Cubicación de madera es cuadrada

En el caso de la cubicación de las tablas estas se pueden cubicar en metros cúbicos (m³) o bien en pies tabla (pt o fb). Cuando se emplean estas últimas medidas es necesario cuantificarlo mediante el uso de la Fórmula 9.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuando se requiere pasar de pies tabla a m^3 se emplea un factor de equivalencia aproximado de 424 pt/ m^3 .

Para la medición de los coeficientes de aserrío nominales normalmente no se realiza una medición directa en las tablas, se limita a cuantificar el número de piezas nominales o comerciales y registrando el refuerzo que se le otorga a la pieza, para estimar su volumen real (nominal + refuerzo).

En los casos donde se requiere tener una mayor precisión y se desea conocer la variación de corte, se emplea una medida de la tabla en cada una de sus magnitudes, tal como se muestra en la Figura 7.

Cuando se trata de estudios formales o científicos de coeficiente de aserrío es normal emplear la medición de 11 puntos, cuidando de ubicar la dirección de corte en la tabla tal como se muestra en la Figura 8, lo anterior para poder identificar situaciones anormales y poder asociarlas a los procesos.

Independientemente de la forma de medición o cubicación que se tenga de las tablas, es aconsejable que se registre el ancho y el largo en centímetros (cm) con precisión de ± 0.1 cm, es decir, se deben cuantificar los milímetros en la medición, para lo cual normalmente se emplea un flexómetro.

Para la medición del espesor se puede tener una precisión en la medición de ± 0.1 mm, en este caso emplearemos un vernier o calibrador digital, documentando al menos un decimal.

Para la cubicación de estas piezas se puede emplear alternativamente la Fórmula 10 para estimar el volumen directamente en m^3 .

En el caso de las medidas nominales estas se registrarán en pulgadas (in) para el ancho y el espesor, empleando fracciones, y pies (ft) en el caso del largo, empleando estas mismas unidades para sus respectivos refuerzos.

Fórmula 9. Estimación de pies tabla.

$$VN = \frac{G \cdot A \cdot L}{12}$$

Donde:

VN = Volumen nominal o comercial de la tabla en Pies Tabla (pt).

L = Largo de la tabla en pies.

A = Ancho de la tabla en pulgadas.

G = Grosor o Espesor de la tabla en pulgadas.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Fórmula 10. Estimación de pies tabla.

$$VN = \frac{G \cdot A \cdot L}{100,000}$$

Donde:

VR = Volumen real de la tabla en m³.

L = Largo de la tabla en m.

A = Ancho de la tabla en cm.

G = Grosor o Espesor de la tabla en mm.

Figura 7. Criterios de medición de puntos sencillos.

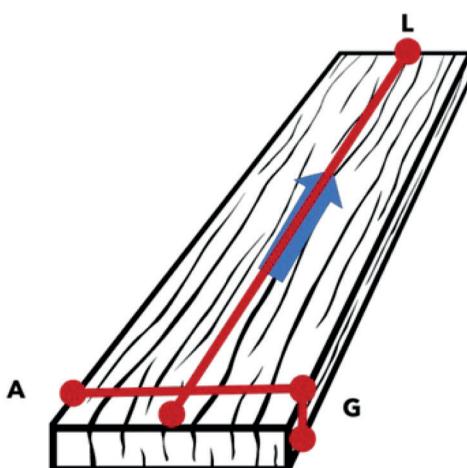
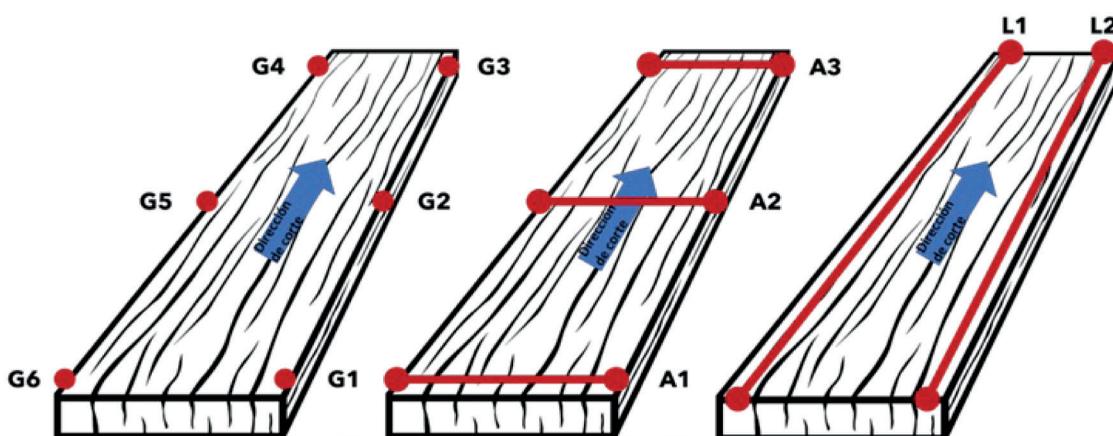


Figura 8. Criterios de medición de puntos múltiples.



Cubicación de residuos de aserrío

En algunos estudios de coeficiente de aserrío se busca cuantificar de forma precisa la generación de residuos, como son: aserrín, tiras, costeras y recortes.

Sin embargo, debido a la forma irregular de estas piezas, su cuantificación resulta complicada, incluso cuando se utilizan coeficientes de apilamiento o de forma. Por lo tanto, para llevar a cabo un estudio de este tipo, se puede medir el volumen de algunas piezas de madera mediante tablas y pesarlas para obtener la densidad básica de la madera. Luego, midiendo el peso de los residuos, se puede obtener su volumen; este método es fácil de aplicar cuando se trata de medir todo tipo de residuos en general.

El problema persiste en la medición del aserrín, ya que normalmente se acumula entre los cortes de las diferentes trozas en las fosas de las torres principales o extractores. Si se necesita cuantificar con precisión la cantidad de aserrín generado, será necesario realizar el estudio en condiciones controladas, esto significa que cada vez que se corte una troza, se deberá realizar una limpieza general de la maquinaria para poder juntar y cuantificar el aserrín generado en cada trozo.

Por lo tanto, se recomienda cuantificar el aserrín mediante la diferencia de volúmenes. Esta situación puede ampliarse incluso para la cuantificación de tiras, costeras y recortes como desperdicios generales, lo que facilita la cuantificación de estos materiales debido a la complejidad en el control de las condiciones dentro del aserradero para la realización de los estudios.

En aquellos casos donde se requiera medir los residuos se pueden emplear los factores de apilamiento de la Fórmula 8 y considerando los valores del Cuadro 5 para ciertos materiales específicos.

Cuando se tienen montañas de materiales como el de la Figura 9, como en el caso del aserrín y astillas, se procede a medir el perímetro de la montaña o la circunferencia (C) y la altura (H), y se aplica el factor de apilamiento (F) del Cuadro 5 dependiendo del material en cuestión y empleado la Fórmula 11.

Fórmula 11. Cubicación de montañas de residuos.

$$V = \frac{C^2 \cdot H \cdot F}{12 \cdot \pi}$$

Donde:

V = Volumen de la montaña de residuos en m³.

H = Altura de la montaña en m.

F = Factor de apilamiento.

π = Coeficiente de circunferencia Pi = 3.1416.

Figura 9. Montaña de materiales.



Reglas Madereras

Las reglas madereras son un conjunto de normas o estándares utilizados en la cubicación de trocería para estimar el volumen de madera aserrada a obtener de forma directa, mediante la medición directa del diámetro en el extremo de menor dimensión de la troza en pulgadas (in) y brindando un resultado en pies tabla (pt o bf).

Existen diversas reglas madereras en el mundo, sin embargo, las comúnmente empleadas en

México y América del Norte son:

- Regla Doyle.
- Regla Scribner.
- Regla Scribner Decimal C.
- Regla Internacional.
- Regla Internacional $\frac{1}{4}$.

En las reglas Internacional $\frac{1}{4}$ y Scribner Decimal C, los resultados obtenidos en sus mediciones están redondeados a múltiplos de 5 y 10 pt respectivamente. Además de que la medición de las reglas siempre redondea al x.5 hacia abajo, castigando así la cubicación obtenida (Figura 10).

Las reglas madereras emplean principios y fórmulas de cubicación para estimar la cantidad de madera aserrada por obtener; sin embargo, no son precisas, ya que fueron creadas

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

décadas atrás y no han sido actualizadas a los nuevos desarrollos tecnológicos; además de que parten de la premisa de que sólo se obtendrán tablas de un espesor específico. No obstante, son ampliamente usadas para realizar transacciones comerciales, pero deben tener la precaución de no ser usadas para el control de producción o volúmenes, debido a que son estáticas y los procesos de aserrío son dinámicos.

Estas reglas reciben este nombre ya que se pueden adquirir y usar en forma de regla graduada.

En el Anexo 1 se presentan las principales reglas madereras para cuantificación de volúmenes de trocería de diferentes largos.

Figura 10. Reglas madereras y su uso para cubicación.



Ejemplo 2. Cubicación de trocería.

Calcular el volumen de una troza de pino empleando las seis fórmulas que tiene 33 y 35 cm de diámetro en uno de sus extremos, en el otro extremo tiene 30 y 32 cm; y en la zona central tiene 31 y 33 cm, con un largo de 2.55 m.

Secciones transversales

$$S_0 = 3.1416 \times 0.34 \times 0.34 / 4 = 0.0908$$

$$S_1 = 3.1416 \times 0.31 \times 0.31 / 4 = 0.0755$$

$$S_m = 3.1416 \times 0.32 \times 0.32 / 4 = 0.0804$$

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Volumen Newton

$$2.55 \times (0.0908 + 4 \times 0.0804 + 0.0755) / 6 = 0.207 \text{ m}^3\text{r}$$

Volumen Huber

$$2.55 \times 0.0804 = 0.205 \text{ m}^3\text{r}$$

Volumen Smalian

$$2.55 \times (0.0908 + 0.0755) / 2 = 0.212 \text{ m}^3\text{r}$$

Volumen Romahn y Ramírez

$$2.55 \times 3.1416 \times (0.34 + 0.31) / 16 = 0.211 \text{ m}^3\text{r}$$

Volumen Lira y Macias

$$2.55 \times 3.1416 \times 0.34 \times 0.31 / 4 = 0.211 \text{ m}^3\text{r}$$

Volumen Simplificada

$$\text{Lado 1} = 0.7854 \times 2.55 \times 0.31^2 = 0.192 \text{ m}^3\text{r}$$

$$\text{Lado 2} = 0.7854 \times 2.55 \times 0.34^2 = 0.232 \text{ m}^3\text{r}$$

$$\text{Promedio} = (0.192 + 0.232) / 2 = 0.212 \text{ m}^3\text{r}$$

Se puede apreciar que la variación de volumen entre las diferentes fórmulas no cambia de forma significativa; sin embargo, se debe de especificar en el procedimiento de cálculo y cual fórmula se empleó.

Ejemplo 3. Cubicación de madera aserrada.

Una tabla que tiene medidas reales de 1" X 9 1/2" X 11 1/2', sin tener acuerdo de venta de medida especial, ¿qué volumen nominal y real tiene si se considera un refuerzo estándar?.

Primero hay que ajustar las medidas nominales, las cuales quedan de 3/4" X 8" X 10', de estas se obtiene la cantidad de pies tabla.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Volumen nominal en pies tabla

$$0.75" \times 8" \times 10" / 12 = 5 \text{ pt}$$

Volumen nominal en metros cúbicos

$$19.05 \text{ mm} \times 20.32 \text{ cm} \times 3.05 \text{ m} / 100,000 = 0.0118 \text{ m}^3$$

Volumen real en pies tabla

$$1" \times 9.5" \times 11.5' / 12 = 9.1 \text{ pt}$$

Volumen real en metros cúbicos

$$25.4 \text{ mm} \times 29.21 \text{ cm} \times 3.51 \text{ m} / 100,000 = 0.0260 \text{ m}^3$$

Se observa que al considerar las medidas comerciales o nominales se reduce de forma significativa el volumen respecto a la medición real, por lo que siempre se debe calcular y reportar ambos valores.

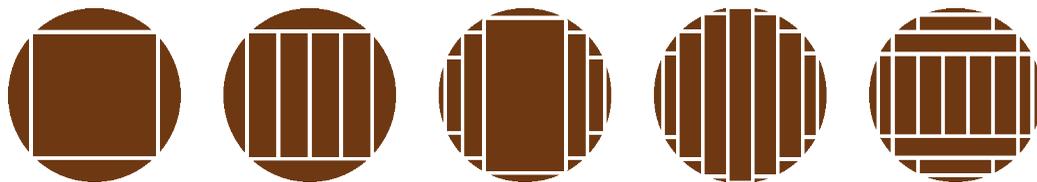
Ejemplo 4. Cubicación de montaña de aserrín

Una estiba de aserrín en un patio de almacenamiento alcanzó la altura de 5 m y una circunferencia de 30 m ¿qué volumen se ha acumulado ahí?

Volumen de la montaña de aserrín

$$5 \times 30 \times 30 \times 0.33 / 12 / 3.1416 = 39.391 \text{ m}^3$$

Para este ejemplo se consideró un coeficiente de apilado de 0.33, este puede cambiar si se trata de otro tipo de producto o residuo.



TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ASERRÍO

Parece sencillo calcular y obtener el indicador de productividad llamado “coeficiente de aserrío” o “coeficiente de transformación”, pero en realidad tiene sus complicaciones operativas dependiendo de los criterios empujados para su estimación, así como la técnica utilizada para su medición.

Existen varios métodos o técnicas para cuantificar el coeficiente de aserrío, los más empleados de forma práctica y operativa son:

- Técnica de medición directa.
- Técnica por diagrama de corte.
- Técnica de lotes.
- Técnica documental.
- Técnica de regresión lineal.
- Técnica de reglas madereras.
- Método oficial.

La medición directa es tal vez la técnica más difundida y enseñada en las universidades y capacitaciones en esta temática; sin embargo, las autoridades regulatorias, certificadoras y los asesores profesionales emplean el método documental para realizar las auditorías e inspecciones de los controles volumétricos dentro del aserradero y su rendimiento (coeficiente de aserrío).

En términos generales, las técnicas de estimación del coeficiente de aserrío utilizadas en la industria maderera son métodos para determinar la cantidad de madera aprovechable y la cantidad de residuos que se generan durante el proceso de aserrío.

Estas técnicas se basan en la medición o recopilación de información sobre los troncos que se procesan, así como sobre el proceso de aserrío en sí mismo.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Una vez obtenidos los volúmenes y cuantificados los coeficientes de aserrío objetivo se procederá a realizar el informe pertinente de acuerdo con los requerimientos y especificaciones para los fines que se están estimando.

Caracterización del aserradero

Antes de comenzar cualquier medición dentro de un aserradero para cuantificar el coeficiente de aserrío, se tiene que evaluar o caracterizar las condiciones del aserradero donde se realizará el estudio. Esta evaluación puede incluir diferentes aspectos, como la capacidad productiva, los procesos de aserrado, equipos y maquinarias utilizados, la calidad de la madera producida, la gestión de residuos, entre otros.

La caracterización del aserradero puede realizarse mediante diferentes métodos, como la observación directa, la recopilación de datos y la medición de variables específicas. Por ejemplo, se pueden medir los tiempos de producción, la cantidad de madera producida y los residuos generados, analizar la calidad de la madera producida mediante pruebas de resistencia o determinar la eficiencia de los equipos utilizados.

Con la información obtenida de la observación directa, la recopilación de datos y la medición de variables específicas, el especialista en evaluación de aserraderos puede llevar a cabo un análisis detallado. Esto puede incluir identificar cuellos de botella en el proceso de producción, ineficiencias en el equipo utilizado y áreas que requieren mejoras en la gestión de residuos, entre otros.

Normalmente la caracterización de los aserraderos con fines de medición del coeficiente de aserrío se realiza siguiendo un guion o formulario.

A continuación, se presenta uno de los guiones que pueden apoyar para este fin y las variables a considerar para su llenado dependerá del objetivo del estudio.

Datos Generales

- Nombre del aserradero.
- Ubicación (Estado, municipio y poblado).
- Coordenadas (Latitud, longitud y altitud).
- Tenencia (Privado, social, público, etc.).
- Superficie de terreno.
- Capacidad de producción.
- Empleados administrativos.
- Empleados operativos.
- Fecha de visita.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Materias primas

- Especies.
- Diámetro promedio, mínimos y máximos.
- Largos promedio y común.
- Características de la trocería (clasificación, certificación o criterios de recepción).
- Fuente de la trocería (región, fuente de abasto, etc.).
- Distancia de abasto.
- Capacidad de almacenamiento.
- Volumen de almacenamiento de largo plazo o para temporada de lluvias.
- Volumen de almacenamiento operativo de corto plazo o general.
- Costos de trocería.

Productos y clientes

- Tipo de productos obtenidos.
- Espesores promedio, mínimos y máximos.
- Anchos promedio, mínimos y máximos.
- Largos promedio y común.
- Características de la madera aserrada (clasificación, certificación o criterios de recepción).
- Categorías de clasificación para venta.
- Refuerzos.
- Condiciones comerciales.
- Principales clientes.
- Distancia de abasto.
- Capacidad de abasto.
- Precios de la madera aserrada.

Equipamiento principal

Enlistar cada uno de los equipos presentes y la cantidad de estos, indicando la marca, modelo, capacidad, tamaño de motor, velocidad y/o alimentación.

- Troceador.
- Movimiento de trocería.
- Descortezador.
- Posicionamiento de trocería.
- Aserradero.
- Desorillador.
- Cabeceador.
- Reaserrador.
- Tratamiento químico.
- Secado al aire libre.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Estufa de secado.
- Manejo de materiales.
- Astillador.
- Recuperación.
- Armado.

Adicionalmente se recomienda incluir la distribución de los equipos mediante un plano.

Vehículos

- Vehículos de carga.
- Vehículos de transporte.
- Montacargas.
- Equipo de afilado de sierras.
- Sierras

Coeficiente de aserrío

- Fecha de cálculo.
- Responsable de la evaluación.
- % de madera aserrada de largas dimensiones.
- % de madera aserrada de cortas dimensiones.
- % de recuperación.
- % de refuerzo.
- % de tiras.
- % de costeras.
- % aserrín.
- % de astillas.

Métodos de producción

- Control de inventarios de trocería.
- Clasificación de trocería.
- Asierre.
- Clasificación de madera aserrada.
- Estibado.
- Tratamiento químico.
- Secado al aire libre.
- Secuela de secado en estufa.
- Secuela de tratamiento térmico.
- Control y medición de humedad en la madera.
- Control de calidad.
- Disposición y manejo de residuos.
- Control de cadena de custodia.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Monitoreo y medición del coeficiente de aserrío.
- Etiquetado.
- Carga de productos terminados.
- Incentivos al personal.
- Tiempos y movimientos de producción.
- Mantenimiento y calibración de equipos.
- Seguridad personal e industrial.

El guion anterior es una guía de la información que se requiere recabar, aunque no toda es indispensable, y en ocasiones por diversas situaciones es complicado obtenerla, entre más información se registre, las propuestas de mejora serán de mayor eficiencia al momento de su ejecución.

Técnica de medición directa

La medición directa del coeficiente de aserrío en planta consiste en la cuantificación del volumen obtenido de madera aserrada y el volumen empleado de trocería, por lo que se deben de medir estos materiales de forma precisa para lograrlo.

Criterios de medición

En general existen 3 tipos de criterios medición directa para la estimación de los coeficientes de aserrío:

- Cuantificación Nominal.
- Cuantificación Real o Simple.
- Cuantificación Formal o Científica.

Todo va a depender del uso que le vamos a dar al CA y la precisión que buscamos al momento de su cuantificación.

Criterio nominal

En esta técnica lo que vamos a realizar es un conteo de las piezas que van saliendo de la producción de madera aserrada indicando cuáles son sus medidas nominales de ancho, espesor y largo, así como sus respectivos refuerzos de cada una de las piezas.

Una de las características principales de este método es que no se requiere medir directamente las tablas sino simplemente asumir que su clasificación comercial por parte del personal del aserradero es correcta.

Esta técnica tiene la implicación de que si hay tablas que pueden ser clasificadas en una categoría diferente no se va a poder registrar debido a que no se tienen los fundamentos de la medición para poder hacer la reclasificación o las sugerencias de reclasificación.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Una de las ventajas que tiene este método es su velocidad de cuantificación, ya que incluso se pueden ir registrando los datos al momento que van saliendo del proceso productivo sin interferir en este.

Este criterio se recomienda utilizarlo para monitoreos permanentes con fines de control de calidad en los aserraderos, ya que tiene buen nivel de precisión y su implementación no interfiere en el proceso productivo, además de brindar resultados de forma rápida que ayudan en la toma de decisiones.

Es pertinente mencionar que este método de medición es aceptado para el reporte oficial del coeficiente de transformación, reduciendo significativamente los costos y tiempos de los estudios.

Criterio real o simple

Normalmente se utiliza la cuantificación real o simple, es cuando requerimos saber cuál es la variación de corte que tiene un aserradero, sin embargo, no nos interesa una gran precisión, ni el origen o fuente de esta variación, por lo que las medidas no son tan exigentes al momento de realizar estos estudios, limitándose a solamente medir un espesor, un largo y un ancho en cada tabla aserrada para estos fines. Es común emplear para este método el diagrama de medición de 3 puntos (Figura 7).

Este criterio tiene la ventaja de que tiene una velocidad intermedia, no obstante, a pesar de que son pocas mediciones la cantidad de tiempo requerida para poder estimar el coeficiente en cada trozo oscila entre los 3 y 5 minutos, sin incluir los tiempos de procesamiento de materias primas y captura de datos. Aunque los beneficios en la obtención de información son mayores se debe de evaluar la conveniencia en cuanto a costos.

Criterio Formal o Científico

Este último criterio es tal vez el más preciso, en cuanto a la cuantificación directa se refiere y emplea el diagrama de 11 puntos de medición en cada tabla de acuerdo con lo indicado en la (Figura 8), buscando como primer objetivo identificar cuáles son las fuentes de variación de corte y la magnitud de variación dentro de las tablas, para de esta forma tomar decisiones respecto a la calibración y ajustes de los equipos dentro del aserradero.

Este tipo de estimación tiene un alto nivel de formalidad, por lo que es mayormente empleado cuando se está trabajando en la elaboración de estudios con fines científicos; es decir, cuando se pretende publicar un artículo o nota científica; sin embargo, cuando se emplea este tipo de medición es necesario reportar todo en volúmenes reales y no sólo nominales o documentales.

Su principal inconveniente es la gran demanda de tiempo que requiere para la toma de medidas, ya que cada tabla consume en medirla entre 40 y 90 segundos, situación que se

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

repite también en la captura de los datos obtenidos, generando así un alto costo para la realización de estos estudios cuando se utiliza este método, por lo que se debe justificar de forma adecuada su uso.

Independientemente de cuál criterio de medición directa se emplee se tienen que medir todas las tablas obtenidas en cada troza.

Procedimiento de estimación

Para poder realizar la medición de coeficiente de aserrío mediante la estimación directa se deben seguir los siguientes pasos y recomendaciones.

1. Selección de la trocería. Se hará una selección aleatoria de la trocería que se empleará para el estudio, procurando que esta tenga las características que se emplean comúnmente en el proceso de aserrío, las cuales serán identificadas con un número consecutivo en las dos cabezas de la troza con aerosol o crayones industriales (Figura 11).

2. Registro y cubicación de la trocería. A cada troza seleccionada y marcada se le medirán en forma de cruz dos diámetros con corteza y dos más sin corteza, y se medirá el largo real con una o dos medidas. Todas estas mediciones serán concentradas y registradas en un formato como el que se presenta en el Anexo 4, además se registrarán el diámetro y largo con el que se cubicó. Una vez que se tenga el registro completo de todas las trozas se procederá a realizar la comunicación correspondiente empleando alguna de las fórmulas de cubicación de trocería.

Figura 11. Identificación, medición y registro de trocería.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

3. Preparación del aserradero. Una vez que han sido registradas las medidas de las trozas seleccionadas se procederá a realizar una limpieza general de todo el aserradero y para retirar todos los residuos generados durante las operaciones previas; es decir se retirarán todas las tiras, costeras y aserrín de la fosa y se dispondrá de lugares para la concentración de los materiales que se obtendrán durante el estudio.

4. Asierre de la trocería. Cuando está listo el aserradero se comenzará el proceso de asierre de todas estas y los residuos como tiras y costeras serán dispuestos en estibas independientes para su cubicación posterior; de igual modo el aserrín que se produzca será concentrado en un área específica para ser cuantificado de igual manera.

5. Identificación de las tablas aserradas. Conforme van saliendo las trozas del proceso de aserrío serán marcadas con el número de troza en ambas caras de la tabla con un crayón industrial para poder tener una trazabilidad completa a lo largo del proceso de producción y dibujando una flecha con la dirección en la que se realizó el corte de espesor. Es recomendable marcar en dos ubicaciones de la tabla el número de la troza, ya que esta puede ser dividida en su largo y se puede perder la trazabilidad (Figura 12).

6. Procesamiento de las tablas. Las tablas marcadas continuarán el proceso de producción hacia las áreas siguientes como son: desarrollado y canteado, así como a las tableteras y reaserradoras, cuidando en estas dos últimas que las piezas salientes sean nuevamente marcadas para garantizar su trazabilidad. Para evitar problemas se pueden ir haciendo estibas con las tablas obtenidas de cada troza, no obstante esto puede ocasionar problemas de reducción de espacio y dificultad de maniobras.

7. Resguardo de la madera. Una vez que han sido terminadas de procesar las piezas de madera estas serán concentradas en una estiba, donde se pueden ir clasificando por medidas comerciales para posteriormente hacer el registro y medición de las tablas obtenidas de cada troza.

8. Medición y registro de las tablas. En las estibas donde se concentró toda la madera se comenzará a realizar la medición de las tablas obtenidas de acuerdo con los criterios establecidos, los cuales se registrarán en un formato como el del Anexo 5, donde se identificará el número de traza del cual proviene (Figura 13).

9. Concentración y cubicación de residuos. Al finalizar el procesamiento de todas las trozas se realizará la cuantificación de los residuos mediante la cubicación de las estibas donde se encuentren estos y mediante el uso de coeficientes de apilamiento y volumen es aparentes. Para el caso de la estimación de corteza, esta se puede realizar mediante la diferencia de cubicaciones de diámetros de las trozas.

10. Cálculo del coeficiente de aserrío. Cuando se realizaron todas las medidas y se concentraron los datos se procederá a la captura de la información en hojas de cálculo; a fin de determinar la estimación de volúmenes y coeficientes de aserrío, para cada una de las trozas medidas y se realizará la estimación de los indicadores estadísticos tales como: promedio, desviación estándar, varianza, intervalos de confianza y error.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

11. Disposición de materiales. Al finalizar las mediciones, las estibas pueden ser puestas a disposición y ubicación final.

12. Redacción del informe. Como última actividad se redactará el reporte final de acuerdo con el guion preestablecido, donde se deberán indicar los resultados mediante el uso de gráficos y tablas.

Figura 12. Identificación y separación de tablas.



Figura 13. Medición y registro de tablas.



Tamaño de muestra

El tamaño de muestra debe ser representativo del proceso, y se emplea un tamaño calculado para el muestreo simple aleatorio sin reposición, que emplea la Fórmula 15, definiendo valores de confiabilidad del 95% y asumiendo un 5% de error.

En México en general, se emplean muestras de 100 trozas, tratando de seguir los lineamientos oficiales, aunque se pueden emplear de 50 a 200 trozas e incluso más, siempre que tengan el nivel de representatividad requerido, teniendo cuidado de no emplear menos de 30 trozas.

Para obtener la varianza muestral y el tamaño definitivo de la muestra es recomendable realizar un muestreo de 30 trozas para definir estos parámetros.

En los casos donde la producción emplea separación de trocería por categorías diamétricas o largos, es necesario utilizar una mezcla ponderada en las proporciones en que se procesan, o bien realizar estudios por cada tipo de trocería como lotes independientes.

Las trozas deben tener las características aplicadas en el proceso y no se deben escoger, si no marcar de forma aleatoria, salvo en aquellos casos donde se busca evaluar alguna característica especial de la trocería como: ahusamiento, clasificación de calidad, curvatura o especie.

Consideraciones adicionales

Esta técnica de estimación es la más precisa, no obstante, el grado de precisión dependerá de los objetivos que se busquen y de los criterios empleados.

Para fines oficiales y regulatorios con el criterio nominal puede ser suficiente para obtener información del desempeño del aserradero, cuidando que el tamaño de muestra sea representativo, tanto en confiabilidad como en error.

Para evaluaciones formales o científicas, además del criterio nominal se debe emplear el real o simple, o incluso el criterio formal, esto dependerá de los objetivos que se persigan y del presupuesto que se disponga, ya que este método es el más costoso de todos.

Cabe señalar que este es uno de los más empleados con fines regulatorios, aun cuando el oficial requiere la técnica de lotes.

Técnica por diagrama de corte

El diagrama de corte es una representación gráfica de cómo se cortará la madera y muestra la disposición de las piezas de madera en relación con la troza o pieza de madera a aserrar, así como las dimensiones de las piezas resultantes.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La técnica del diagrama de corte es una herramienta utilizada en los aserraderos para maximizar el rendimiento de la madera aserrada, al minimizar los residuos y obtener la mayor cantidad posible de piezas de madera de alta calidad; sin embargo, también nos brinda información sobre el rendimiento que tendrá la troza si se sigue la estrategia planteada de corte.

Se debe tener la precaución de considerar el ahusamiento (pérdida o diferencia de diámetros entre las cabezas de la troza) y las curvaturas de las trozas, ya que lo anterior puede disminuir el rendimiento esperado.

Procedimiento de estimación

1. Definición de las medidas y características. Para llevar a cabo la técnica del diagrama de corte en un aserradero, se deben definir los siguientes criterios:

- Dimensiones de la troza (diámetro y largo)
- Características de la troza (ahusamiento, curvaturas, etc.)
- Producto requerido (grueso, ancho y largo)
- Equipo de aserrío (calibre de la sierra o ancho de corte)
- Proceso o método de asierre.

2. Cubicación de la troza. Con las medidas de los diámetros definidos, la forma y el largo, se procede a cubicar la troza para obtener el volumen, con y sin corteza.

3. Trazado del perfil de la troza. Se comienza a dibujar una circunferencia u óvalo con las dimensiones definidas y al interior se dibuja otra figura similar, pero con las diferencias dimensionales para considerar el ahusamiento.

4. Trazo de las piezas a obtener. Se procede a dibujar las tablas con sus medidas, considerando los refuerzos y buscando la mejor distribución, además la técnica y tecnología de aserrado, como las sierras gemelas, múltiples, reaserradoras u otras. Asimismo se debe agregar una separación entre tablas del ancho del corte de la sierra, especialmente cuando se dan las medidas de grueso.

En el caso que las tablas no alcancen a cubrir el círculo interior se puede considerar una medida de largo de la tabla diferente (Figura 14).

5. Cubicación de las tablas. Una vez distribuidas las tablas que lograron entrar en el diagrama se procede a cubicar, contar y sumar el volumen que se obtuvo, tal como se presentó el Cuadro 1, del Ejercicio 1.

6. Estimación del coeficiente de aserrío. Se divide el volumen obtenido de las tablas entre el volumen de la troza para calcular el coeficiente de aserrío y empleando los criterios considerados para la estimación de sus respectivos volúmenes.

Figura 14. Elaboración de diagramas de corte.



Tamaño de muestra

Debido a que esta técnica no es un proceso de medición directa, no es posible plantear un esquema de muestreo, ya que los resultados son hipotéticos; no obstante, en aquellos casos donde el diagrama de corte es tomado de un proceso productivo y conjuntamente se están midiendo las dimensiones de la troza y las tablas obtenidas, se puede plantear entonces un tamaño de muestra con los criterios del muestreo estadístico aleatorio sin reemplazo, como práctica común se pueden emplear 100 trozas; sin embargo la muestra puede variar, por lo que se recomienda que no sea menor a 30 trozas, siempre que tenga la representatividad requerida, es decir, que cuente con los niveles de confiabilidad y error aceptables, que normalmente se encuentran en el 95% y 5% respectivamente.

Consideraciones adicionales

En algunos casos, donde se emplean trozas o pedazos de madera de forma irregular se puede emplear este método para planear la mejor estrategia de corte.

Hay que tener la precaución de que este método es hipotético, aunque si se hace a partir de una troza cortada puede dar aproximaciones muy cercanas, sin embargo, sus resultados no son válidos para fines regulatorios u operativos.

En algunos casos y en especial en aquellos donde se busca optimizar la cantidad de madera se pueden emplear métodos matemáticos, plantillas, aplicaciones móviles o programas de cómputo para obtener mejores resultados; aunque lo más fácil y práctico es emplear papel o pizarrones para su elaboración. El uso de papel milimétrico o de

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

cuadrícula ayuda al correcto trazado.

Además esta técnica puede complementar las mediciones directas nominales para entender más los procesos de cierre y así plantear posibles métodos y prácticas de mejora.

Técnica de lotes

La técnica de lotes de estimación del coeficiente de aserrío es un procedimiento relativamente sencillo y puede o no requerir de mediciones directas, dependiendo de los objetivos que se busquen, aunque normalmente se emplea el criterio nominal.

La ventaja de esta técnica es que permite obtener un promedio del coeficiente de aserrío de manera sencilla y rápida, sin ser tan intrusiva al proceso de producción, por lo que requiere de poco tiempo para su estimación. Su limitante es que no brinda información sobre aspectos operativos y/o técnicos.

Esta técnica se plantea en el procedimiento oficial en México para la estimación del coeficiente de aserrío formal que se tiene que reportar; a pesar de que por costumbre se ha modificado de manera informal y sin documentación de soporte para ser requerido mediante la técnica de medición directa.

Procedimiento de estimación

1. Limpieza. Previo a la medición y selección de materiales objetivo del estudio es necesario retirar cualquier material que no será parte de las mediciones, como: aserrín, tiras, costeras, tablas, astillas entre otros, con el objetivo de evitar contaminación de la muestra, es decir, se debe iniciar por limpiar el aserradero y dejarlo libre de materiales.

2. Medición de trocería. Una vez que está listo el aserradero se procede a medir la trocería objetivo. Normalmente se miden las trozas y se marcan de forma individual para registrar el volumen con el que cuenta cada una mediante un número consecutivo. Para llevar a cabo el registro del consumo de madera en rollo se puede anotar el volumen o el diámetro en la cabeza de la troza .

3. Separación de madera. La madera aserrada obtenida del consumo de madera en rollo se deberá separar en estibas independientes de la producción general del aserradero; por tipo de producto para poder ser contado y cubicado previamente antes de pasar a las estibas definitivas o a la comercialización. De igual modo se concentrarán las tiras, costeras y aserrín, así como otros subproductos y desperdicios, ya sea en estibas o pilas identificadas.

4. Medición de madera aserrada. La madera obtenida será contada en todas las estibas que fueron separadas; indicando las dimensiones nominales de espesor, ancho y largo, de la misma manera que la cantidad de cada tipo de pieza.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Se puede clasificar la madera y registrar la categoría de calidad, si es de importancia. Para facilitar el conteo de madera se pueden emplear formatos, separadores o etiquetas (Figura 15).

5. Cuantificación de residuos. Es común cuantificar la cantidad de tiras, costeras y aserrín y otros subproductos y desperdicios, siempre que se inicie el proceso de producción con el aserradero limpio y sean separados y concentrados para su cubicación al finalizar el estudio.

6. Cálculo del coeficiente de aserrío. Una vez obtenida la cantidad de madera se procede a estimar el coeficiente de aserrío mediante la siguiente fórmula.

7. Disposición final. Al finalizar las mediciones, las estibas pueden ser puestas dispuestas.

Figura 15. Identificación de lotes.



Tamaño de muestra

El tamaño de los lotes puede variar según el tipo de madera, las necesidades y capacidad productiva del aserradero. Por lo general, se utilizan lotes de 50 a 200 trozas, se recomienda no emplear menos de 30 trozas; lo más aconsejable es emplear 100 trozas, mismo que refuerza la metodología oficial y mayormente usada, buscando además que estas trozas no tengan una selección previa por calidad, dimensiones u otro criterio, sino simplemente las que se usan en el proceso.

Cuando se realiza separación de trocería por categorías diamétricas o largos, es necesario emplear una mezcla balanceada en las proporciones en que se procesan, o bien realizar estudios por cada tipo de trocería como lote independiente.

Cuando se va separar la medición de cada troza e identificar el rendimiento individual,

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

se puede calcular el tamaño de la muestra con el método de muestreo simple aleatorio definiendo el nivel de confianza al 95% y error aceptado del 5% como mínimo.

Consideraciones adicionales

Esta técnica puede apoyar al método de medición directa siempre que se puedan marcar con crayones industriales de forma clara la procedencia de la troza de cada pieza de madera aserrada, para su posterior medición, mediante el resguardo y la separación, hasta la conclusión de la medición, ayudando así a reducir los tiempos del estudio.

En algunos aserraderos esta técnica es empleada para el registro y control de la producción diaria, debido a su facilidad y poco tiempo de medición, además de que no afecta los procesos productivos si se establece un orden adecuado o se tiene un proceso de registro de materiales o bahías de medición.

Técnica por diagrama de corte

La técnica documental es una herramienta empleada por profesionistas y auditores para estimar el coeficiente de aserrío con los registros de entrada y salida de madera de un aserradero, complementando tanto las existencias de trocería y madera aserrada.

Esta técnica se puede contrastar con los resultados obtenidos en una medición por lotes o directa, siempre que esta última incluya los intervalos de confianza, ya que tienden a fluctuar, al ser el promedio neto de un aserradero en un momento determinado.

El principal problema de emplear esta técnica es que se requiere tener la información documental de entradas y salidas debidamente registradas en una hoja de cálculo y se necesita un inventario que debe ser llenado al momento de realizar el corte documental, tanto de trocería como madera aserrada en todo el aserradero bajo estudio; es decir, también se debe considerar la madera que se está procesando o que aún no completa este proceso. Por lo anterior, es necesario realizarla cuando el aserradero ha dejado de operar o cuando se encuentra en labores de mantenimiento.

Esta técnica puede ayudar a controlar de forma regular el desempeño y bien empleada puede ser una herramienta de control diario del coeficiente de aserrío, que ayudará a mejorar el desempeño general. Aunque su principal limitante es que no expresa nada relacionado con los problemas operativos y/o técnicos.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Procedimiento de estimación

1. Definir el periodo de evaluación. Previo a realizar cualquier cálculo, medición o revisión es necesario definir cuál será el intervalo o periodo de tiempo que se analizará.

2. Preparación del aserradero. Una vez que se inicia la evaluación se detienen las operaciones de producción y se procede a estibar todos los materiales para su cuantificación. Lo materiales que quedan sin terminar de procesar o en procesos intermedios, también deberán ser separados para su cuantificación.

3. Concentración documental. Se concentrará toda la documentación de entrada y salida de madera en el aserradero, incluyendo las remisiones, reembargues, facturas y otros documentos de soporte como boletas o recibos internos de control para el periodo en cuestión de estudio. Se debe procurar no duplicar u obviar información.

En el caso donde se reciba madera durante el estudio, esta será marcada e identificada y se definirá si formará o no parte del estudio. Si se deben de enviar pedidos vendidos, se recomienda completar el embarque y considerar solo el documento.

4. Cuantificación de entradas y salidas. Una vez concentrada la información se capturará en una hoja de cálculo, separando entradas y salidas, para poder sumar el total de ambos. Se aconseja revisar por medio de un tercero la calidad de captura de la información para evitar errores.

5. Definición de los inventarios iniciales. Se tomará como válido el último inventario de madera en rollo y aserrada con que se cuente, o bien el que se defina para el estudio, en el caso donde se analiza la historia total del aserradero se asumirán valores de cero para los inventarios iniciales.

6. Medición del inventario de trocería. Se procede a cuantificar de forma directa la cantidad de madera en rollo que se encuentra en el aserradero, ya sea cubicando troza por troza, o bien empleando un coeficiente de apilamiento.

Lo anterior con apoyo de los reportes de consumo por estibas o bien de las marcas que algunos aserraderos colocan para control de volúmenes o inventarios.

7. Medición del inventario de madera aserrada. Se procede a cuantificar de forma directa la cantidad de madera aserrada que está en el aserradero, normalmente se emplea el criterio nominal o comercial, con o sin refuerzo, mediante conteo de piezas por estibas y sumando las existencias totales.

Se pueden validar las tarjetas, marcas o etiquetas de lotes para la cuantificación de la madera, siempre revisando que las estibas contengan lo que se indica en ellas, tanto en características como en cantidad.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

8. Cálculo del coeficiente de aserrío. Para estimar el coeficiente de aserrío con esta técnica es necesario cuantificar el consumo de madera en rollo y la producción de madera aserrada, a través de la Fórmula 12.

9. Disposición final. Al finalizar las mediciones, las estibas pueden ser puestas a disposición y retomar las actividades cotidianas.

Fórmula 12. Coeficiente de aserrío documental.

$$CA = \frac{B + C - A}{X + Y - Z}$$

Donde:

CA = Coeficiente de aserrío.

A = Inventario de madera aserrada al inicio del periodo.

B = Ventas o envíos de madera aserrada durante el periodo.

C = Inventario de madera aserrada al final del periodo.

X = Inventario del trocería al inicio del periodo.

Y = Ingreso de trocería durante el periodo.

Z = Inventario del trocería al final del periodo.

B + C - A = Producción de madera durante el periodo.

X + Y - Z = Consumo de trocería durante el periodo.

Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra puede ser variables y está definida por un tiempo de observación y no por un volumen de madera, normalmente en procesos de auditoria se busca el historial completo del aserradero, es decir, desde que iniciaron operaciones; sin embargo, en empresas con varios años de operación esto resulta complicado, por lo que se definen periodos más cortos.

Lo más frecuente para fines de auditoría es un periodo muestral de 6 a 24 meses, siendo el más utilizado el de 12 meses, siempre que se cuente con la información de los inventarios de existencias, ya que este último es el criterio que define el periodo para poder realizar los cálculos.

En los aserraderos que tienen un proceso de control permanente del coeficiente de aserrío, es común que empleen esta técnica o la de lotes, para la estimación con periodos diarios o semanales, realizando además una medición adicional de forma mensual para controlar las existencias y el desempeño operativo.

Debido a la forma de cálculo no se puede utilizar un método estadístico para definir el tamaño de muestra o presentar niveles de confiabilidad o error.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Consideraciones adicionales

Cuando los auditores emplean esta técnica la contrastan con los resultados del coeficiente de aserrío medido de forma directa, buscando que los intervalos de confianza superior e inferior no sean rebasados para verificar el correcto desempeño del aserradero.

Lo común en los estudios de medición directa es contar con un intervalo de confianza al 95% y un error aceptado del 5%, eso quiere decir, que si un aserradero tiene un promedio de coeficiente de aserrío de 55% su intervalo será de $\pm 2.75\%$, es decir, se espera con una certeza del 95% que el promedio medido se encuentre entre 52.25% y 57.75%. Si se encuentra fuera de estos límites, puede que el aserradero aún se encuentre en los resultados esperados, en el caso de que no se desvíe demasiado de los límites, por lo que se aconseja emplear una confiabilidad del 99.7% para auditar aserraderos, debido a la alta variabilidad de los procesos, y si se rebasan estos límites, seguramente el desempeño del aserradero ha cambiado y es necesario actualizar el estudio.

Cuando se aleja demasiado de los límites antes mencionados se puede pensar en problemas de registro documental, es decir, pueden existir errores en el registro de entradas y salidas; normalmente debido a la falta registros, en especial en las salidas, cuando se realizan ventas directas al menudeo, donde los registros no son tan formales.

Otra fuente de incongruencia usual de la información es un inventario deficiente de las existencias, donde normalmente no se considera la madera en procesos intermedios o la madera de calidades de rechazo.

Y eventualmente se debe a las discrepancias en los criterios de cubicación, en especial en aquellos aserraderos donde se controla la madera sin corteza.

En una auditoría con fines regulatorios se puede suponer el ingreso de madera clandestina al proceso, mientras que, en las auditorías de certificación de cadena de custodia, se reflejará como una severa deficiencia de control, al presentarse incongruencias, generando la negativa de la certificación.

Cabe destacar que cuando no se tiene un estudio de coeficiente de aserrío con medición directa como lo plantea la Ley, se asume el coeficiente de aserrío general como magnitud de comparación con un valor del 50%, sin intervalos de confianza o límites, lo cual seguramente resultará en una multa y suspensión de actividades.

Técnica de regresión lineal

La técnica de estimación del coeficiente de aserrío mediante la regresión lineal, requiere para su estimación los datos obtenidos mediante una medición directa en cualquiera de sus criterios, de esta forma crear un modelo matemático que va a relacionar el volumen de las tablas obtenidas con el de la trocería empleada.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En algunas ocasiones estos modelos nos ayudan para la construcción de tablas o reglas madereras específicas para un aserradero ya que pueden relacionar el volumen de madera a obtener con alguna variable como el diámetro.

Los modelos más empleados de regresión lineal simple para la estimación del coeficiente de aserrío son: lineal con ordenada al origen y exponencial, correlacionando alguna de las siguientes variables:

- Volumen de la trocería vs volumen de tablas en m^3 .
- Diámetro de la trocería (cm) vs madera aserrada (pt).

Esta técnica de estimación del coeficiente de aserrío busca una métrica que explique el comportamiento aun cuando las variables se van afectando, es decir, considera cambios en el diámetro u otras variables para la estimación.

Procedimiento de estimación

Para la determinación del coeficiente de aserrío empleando la técnica regresión lineal simple se deben seguir los siguientes pasos.

1. Obtener la base de datos de la medición directa. A partir de los datos medidos y colectados a través de una medición directa se concentrarán en una hoja de cálculo, donde se introducirán los siguientes datos como variables independientes: diámetro y volumen de trocería, mientras que las variables de dependientes serán: volumen de tablas, en pies tabla (pt) o metros cúbicos (m^3).

2. Selección de variables. Se seleccionarán las variables dependientes e independientes de acuerdo con los pares de variables del Cuadro 6.

3. Selección del modelo de regresión. Se emplea el modelo de regresión lineal simple con ordenada al origen que se presenta en la Fórmula 13.

4. Cálculo del coeficiente de aserrío. Se procede a realizar el cálculo del estimador de regresión al origen, que nos proporcionará el valor del coeficiente de aserrío.

Para estimar el coeficiente de regresión se emplean hojas de cálculo como Microsoft Excel®, o programas estadísticos como SPSS®, SAS® entre otros, que además nos permiten obtener información sobre la calidad de estimación de R^2 , y que entre más cercano a 1 sea el valor calculado, indicará un mejor ajuste.

5. Graficado o tabulado de resultados. Una vez obtenido el modelo se puede construir una gráfica del modelo como el que se muestra en la en el Gráfico 1 o bien crear una tabla o regla con los resultados.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra que emplea esta técnica depende de los criterios definidos para la medición directa, y normalmente se determina mediante el método de muestreo simple aleatorio sin reemplazo para poblaciones infinitas.

Fórmula 13. Modelo de regresión lineal simple con ordenada al origen.

$$Y = \beta_1 \cdot X + \varepsilon$$

Donde:

Y = Variable dependiente.

X = Variable independiente.

β_1 = Coeficiente de regresión al origen (coeficiente de aserrío).

Cuadro 6. Pares de variables para modelos de regresión lineal empleados en coeficientes de aserrío.

Variable Independiente X	Variable dependiente Y
Volumen de Trozas Con o Sin Corteza (m ³ r)	Volumen de Tablas en Medida Real (pt o m ³)
Diámetro de Trozas Con o Sin Corteza (cm)	Volumen de Tablas en Medida Nominal (pt o m ³)
Volumen de Trozas Con o Sin Corteza (m ³ r)	Volumen de Tablas en Medida Nominal por troza (pt)

Consideraciones adicionales

Este método de estimación ayuda a determinar las relaciones directas entre la materia prima y la productividad, el cual ayuda a prever el rendimiento de forma sencilla, incluso puede evolucionar en una tabla de rendimientos o una regla maderera.

Se debe tener especial cuidado de mantener su vigencia mientras las condiciones de asierre continuen presentes, tales como: los tipos de productos, el calibre de la sierra, el método de aserrío, la clasificación de madera aserrada y las características de la trocería; pues en el momento que se vean afectadas las relaciones calculadas dejarán de tener vigencia.

Técnica de reglas madereras

La técnica de reglas madereras es una de las técnicas de estimación del coeficiente de aserrío que se utilizan en México y consiste en el uso de reglas o medidas estandarizadas para determinar la cantidad de madera aserrada y la cantidad de desperdicio generado durante el proceso de aserrío.

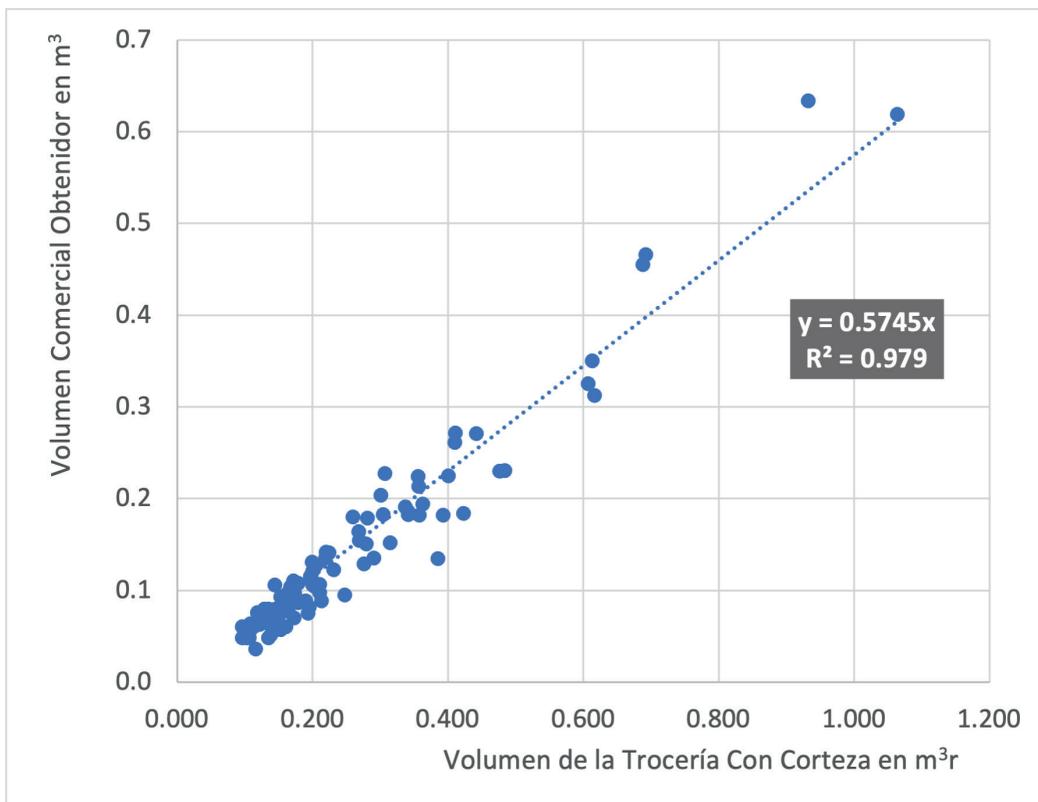
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Procedimiento de estimación

Para la determinación del coeficiente con las reglas madereras se siguen los siguientes pasos:

- 1. Seleccionar la regla maderera.** Se seleccionará la regla maderera que se considere más conveniente para la determinación y se verificará que la graduación corresponda con la medida del largo de la troza, en el Anexo 1 se encuentran los valores de las principales reglas madereras.
- 2. Medición de la troza.** Se medirá la troza a la que se le desea obtener el coeficiente de aserrío, para cuantificar su diámetro, en la cabeza de menor magnitud y redondeando al entero más cercano en pulgadas.
- 3. Obtención del coeficiente de aserrío.** Normalmente las reglas nos dan un valor estimado de la producción en pies tabla (pt) que se obtendrán de esta troza, el cual se considera un rendimiento directo, para estimar el coeficiente de aserradero en pt/m³r habrá que dividirlo entre el valor del volumen de la troza.

Gráfico 1. Modelo de regresión lineal simple con ordenada al origen para la estimación del coeficiente de aserrío.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Tamaño de muestra

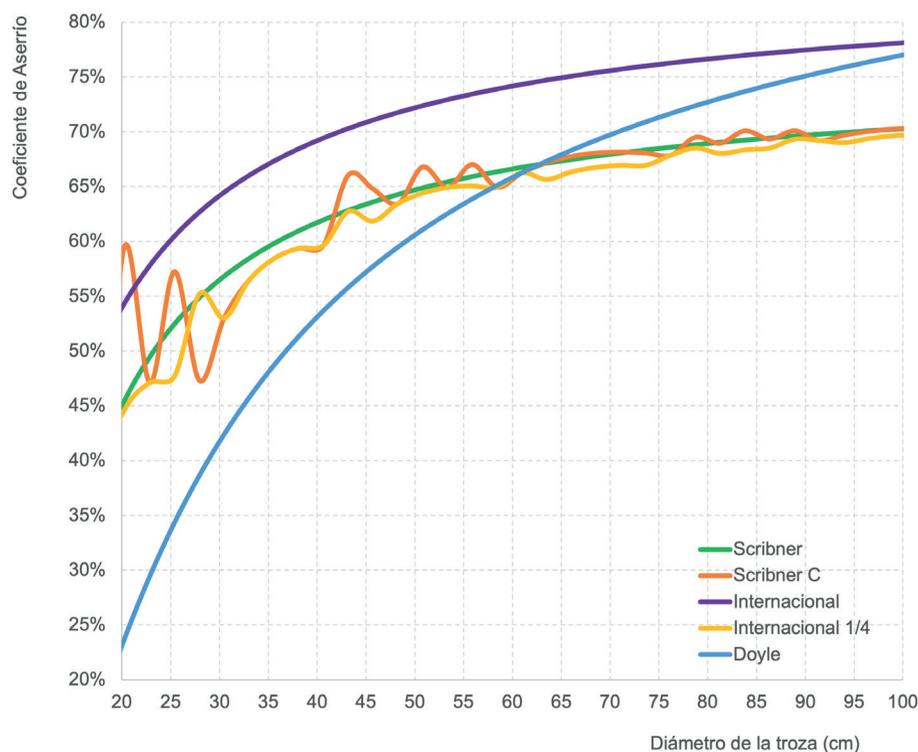
Para esta técnica en concreto la unidad muestral es la troza, ya que brinda resultados al momento de medirla, no se recomienda realizar ningún tratamiento estadístico, ya que se tendrán los mismos resultados que si se analiza la variabilidad de las materias primas.

Consideraciones adicionales

Se debe tener especial cuidado con esta técnica, debido a que emplea modelos matemáticos que posiblemente no corresponden a las premisas operativas presentes en el aserradero, y pueden ocasionar problemas en el control de inventarios y de producción si se emplean.

Esta técnica debe emplearse para proporcionar una idea de cómo se puede desempeñar el coeficiente de aserrío; sin embargo, no nos dará la medición real del proceso, lo anterior debido a que cada regla ya tiene preestablecido un coeficiente de aserrío estimado con las dimensiones de la troza, tal como se puede observar en el Gráfico 2, para trocería de 8'.

Gráfico 2. Comportamiento del coeficiente de aserrío en trozas de 8' estimado con las principales reglas madereras.



Método para determinar el coeficiente de aserrío oficial

Los estudios de coeficiente de aserrío en México se han venido realizando con una muestra representativa del proceso productivo de 100 trozas, de acuerdo con las disposiciones planteadas en las Circulares 2/76 emitida en 1978 y 304.1433 de 1987 y el Instructivo anexo emitido por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), las cuales no tienen vigencia toda vez que se contraponen a las disposiciones del Artículo 34 de la Ley General de Desarrollo Sustentable publicada en 2018 y reformada el 11 de abril de 2022 al no ser un instrumento de Política Nacional en Materia Forestal, por tanto es una disposición y no Normas Oficiales Mexicanas en Materia Forestal de carácter voluntario u obligatorio, soportado además, con el Artículo Transitorio Primero al oponerse o contra vengarle al Artículo antes mencionado 34.

Por otra parte en el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicado el 9 de diciembre de 2020 se hace mención del coeficiente de transformación como requisito para la solicitud y obtención de reembarques forestales, en su Artículo 113, sin mencionar metodologías o criterios de estimación.

Procedimiento de estimación

El procedimiento original planteado en los documentos de 1978 y 1987 establece los pasos siguientes para su determinación.

1. Seleccionar la trocería. Para iniciar el estudio se deberán seleccionar 100 trozas como mínimo con corteza con características representativas de la materia prima que se utiliza en la industria.

2. Cubicación de trocería. Estos trozos serán medidos y cubicados con el sistema métrico decimal, con y sin corteza, midiendo el diámetro en milímetros y por ambos lados de la troza. Y se medirá el largo en metros aproximados al centímetro. La fórmula recomendada para la cubicación es la de Huber.

3. Cuantificación de madera aserrada. Los productos resultantes del asierre se agruparán según sus dimensiones con el sistema métrico decimal, con la finalidad de realizar su medición y cubicación.

4. Estimación del coeficiente de aserrío. El coeficiente de aserrío se expresará en forma porcentual, del resultado de dividir el volumen aserrado entre el volumen del aserrado con o sin corteza, multiplicado por 100 (Fórmula 14).

5. Reporte del informe. Con los resultados obtenidos se elaborará el informe correspondiente, que considera el siguiente guion.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Tamaño de muestra

El tamaño de muestra requerido de forma oficial es de al menos 100 trozas que sean características del proceso de aserrío de la industria.

Fórmula 14. Coeficiente de aserrío oficial.

$$CA = \frac{VMA}{VTR} \times 100$$

Donde:

CA = Coeficiente de aserrío.

VMA = Volumen de madera aserrada.

VTR = Volumen total rollo.

Guion del informe

Datos generales

- Antecedentes.
- Localización.
- Permiso de instalación y funcionamiento.
- Descripción de la maquinaria.

Toma de datos

- Se selecciona menos 100 trozos con corteza con características representativas de la materia prima utilizada en cada industria.
- La cubicación del troza será con corteza en el sistema métrico decimal (100 trozas).
- Asierre de las trozas seleccionadas.

Resultados

- Cubicación de los productos resultantes del proceso de asierre.
- Cubicación de la madera comercial.
- Cubicación de la madera de cortas dimensiones.
- Cubicación de residuos de aserrío.

Cálculo del coeficiente de aserrío

- Coeficiente de madera aserrada (largas dimensiones).
- Coeficiente de madera aserrada (cortas dimensiones).

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Coeficiente para tiras.
- Coeficiente para costeras.
- Coeficiente para pedacería.
- Coeficiente para aserrín.

Consideraciones adicionales

Existe un procedimiento único, legal y fundamentado que considera la técnica de lotes, sin fundamentos ni análisis estadísticos, presentando solamente los resultados obtenidos por categoría de productos y residuos.

Hoy en día no se cuenta con ninguna disposición oficial escrita donde se fundamente la metodología a seguir para la estimación del coeficiente de aserrío; sin embargo, actualmente en la práctica se solicita la estimación con una muestra representativa o de al menos 100 trozas. Adicionalmente se requiere que se anexe la relación de los resultados que se obtuvieron del coeficiente de aserrío en cada una de las trozas medidas junto, con la cubicación de estas, y con estos resultados es común presentar los intervalos de confianza estimados con nivel de confiabilidad mínima del 95% y un error aceptado del 5%.

Al no existir una metodología clara y definida se han adoptado como buenas prácticas las metodologías empleadas por las universidades y los centros de investigación para la estimación correcta del coeficiente de aserrío, las cuales proporcionan mediciones directas; sin embargo no especifican criterios o representatividad estadística.

Estos antecedentes hacen notar qué para los estudios oficiales se requiere una metodología o técnica de medición directa sin especificar criterios, ni representatividad estadística, al no existir una metodología clara y definida se han adoptado como buenas prácticas las empleadas por las universidades y los centros de investigación para la estimación correcta del coeficiente de aserrío.

Cálculo simplificado del tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra representativo y cuantificar el coeficiente de aserrío se debe emplear un sistema de muestreo simple al azar, empleando como variable de respuesta la proporción o coeficiente de aserrío expresado en %, o su equivalente en pies tabla por metro cubico rollo u otro sistema de unidades (p.e. pt/m^3 o pt/pie^3).

En ningún caso se debe estimar el tamaño de muestra empleando las dimensiones diámetro o volumen de la trocería para la estimación de la varianza muestral, puesto que es una variable del proceso y no una variable de respuesta.

El tamaño de muestra se puede calcular mediante el uso de la fórmula de muestreo simple aleatorio sin reemplazo; de acuerdo con las recomendaciones de la norma ASTM-E122-17 y empleando la Fórmula 15.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

El grado de confianza en percentiles de distribución normal estándar bajo las recomendaciones de la norma ASTM-E122-17 debe ubicarse en un valor de Z de entre 2 y 3 como mínimo, para poder brindar una confiabilidad del 95.5% al 99.7%; sin embargo, se puede plantear confiabilidades inferiores siempre que no disminuyan del 90%, es decir una $Z = 1.65$.

Cuando no se cuenta con estudios previos para el aserradero se puede asumir un coeficiente de aserrío promedio estandarizado de 50% y a partir de este, definir el nivel de error de estimación aceptable que fijaremos para el estudio, normalmente se considera como válido entre 2% y 10%, empleando de manera frecuente un 5%, que en términos de coeficiente de aserrío equivale a emplear $\pm 2.5\%$ de error aceptable como rango de estimación.

Es necesario aclarar que la precisión tanto del error aceptado como de la confiabilidad tendrá una influencia directa sobre el número de piezas a medir.

Por último, tenemos que establecer el valor de la desviación estándar muestral (σ) o la varianza del proceso (σ^2), la cual se puede obtener de los estudios previos realizados en el centro de transformación; no obstante, lo más común es que no se tenga ese valor.

Cuando no se cuenta con el valor de σ , se recomienda emplear la norma ASTM-E122-17, para su estimación se emplean valores extremos de máximo y mínimo, asumiendo una distribución normal, y empleando la Fórmula 16, ya que sabemos que el CA puede tener observaciones que pueden ubicarse entre 20% y 80% lo cual depende del producto obtenido y de la materia prima empleada así como de otras variables del proceso, sin embargo, esto nos ayuda a definir una varianza previa desconocida basada en el rango teórico que puede tener el CA.

Con el uso de la Fórmula 16 y los valores antes mencionados el valor obtenido de la Desviación Estándar Muestral del % de coeficiente de aserrío es de $V = 10$, tomándolo como el valor más extremo que podemos conseguir para el cálculo de la muestra.

Con los criterios anteriores se plantea entonces un tamaño de muestra simplificado, de acuerdo con el Cuadro 7.

Lo más recomendado es emplear una muestra de 65 trozas para una confiabilidad de 95.5% con error del 5%. El uso de un tamaño de 100 trozas brinda una confiabilidad del 95.5% con un error del 4% o bien una confiabilidad del 99.7% con un error del 6%. En general no se recomienda reducir el error debajo del 3%, ya que los tamaños de muestra son grandes. Si se considera que el tamaño de muestra es muy elevado y que será muy costoso o se tomará más tiempo la realización del estudio, se puede considerar un muestreo de 30 trozas para estimar la desviación estándar muestral (σ). Esta cantidad es la mínima que se recomienda para llevar a cabo estudios de coeficiente de aserrío, por lo que si con esta premuestra se alcanzan los valores de confiabilidad y error requeridos puede ser suficiente.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En caso de que el tamaño de muestra sea muy grande se pueden reducir las exigencias de confiabilidad y error para el estudio.

Es importante tener en cuenta que el tamaño de muestra necesario puede cambiar según la variabilidad en el volumen de la madera aserrada y el nivel de precisión y confianza deseado.

Fórmula 15. Tamaño de muestra simple aleatorio sin reemplazo.

$$n = \frac{Z^2 \times \sigma^2}{e^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra (trozas).

Z = Valor Z correspondiente al nivel de confianza.

σ = Desviación estándar muestral.

e = Precisión deseada o error aceptable.

Fórmula 16. Desviación estándar con rango conocido.

$$\sigma = \frac{a - b}{6}$$

Donde:

σ = Desviación Estándar muestral del coeficiente de aserrío.

a = Valor máximo esperado del coeficiente de aserrío.

b = Valor mínimo esperado del coeficiente de aserrío.

Redacción del informe de coeficiente de aserrío

La redacción del informe de coeficiente de aserrío es un documento que resume los resultados del estudio de estimación del coeficiente de aserrío en un aserradero o industria forestal. El informe debe contener información clara y concisa sobre los métodos utilizados para la estimación del coeficiente de aserrío, así como los resultados obtenidos.

El informe técnico debe incluir la información relevante sobre el proceso de estimación del coeficiente de aserrío y los resultados obtenidos. Algunos de los elementos que pueden incluirse en un informe técnico de estimación del coeficiente de aserrío son:

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Introducción

Descripción del objetivo del estudio, el contexto y la justificación.

Marco teórico

Descripción de los conceptos teóricos relacionados con la estimación del coeficiente de aserrío.

Ubicación y descripción del aserradero

Se describe la ubicación geográfica, indicando estado, municipio, comunidad y coordenadas geográficas, además de indicar las fuentes de abasto y las especies empleadas, así como la descripción de la maquinaria presente y empleada en el estudio, además de indicar las autorizaciones con las que cuenta.

Metodología

Descripción detallada del diseño muestral, las técnicas de muestreo y los procedimientos de cálculo utilizados en la estimación del coeficiente de aserrío.

Resultados

Presentación de los resultados obtenidos en la estimación del coeficiente de aserrío, incluyendo el coeficiente de aserrío promedio, la varianza, la desviación estándar, la precisión, el error, la confiabilidad de los estimadores y los intervalos de confianza.

Análisis e interpretación de los resultados: Brindar una explicación de los resultados y discusión de los factores que influyen en la variabilidad del coeficiente de aserrío.

Conclusiones

Resumen de los hallazgos más relevantes.

Recomendaciones

Sugerencias para la mejora de la estimación del coeficiente de aserrío en el futuro.

Referencias bibliográficas

Listado de las fuentes bibliográficas utilizadas en el estudio.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Memoria de cálculo

Se anexará un concentrado de las mediciones de cada troza y el cálculo individual del coeficiente de aserrío.

Es importante que el informe técnico sea claro y preciso, que incluya gráficos y tablas que permitan visualizar los resultados y que se utilice un lenguaje técnico adecuado y claro para el público objetivo. El informe técnico puede ser utilizado por los aserraderos o las empresas forestales como una herramienta para la toma de decisiones y la mejora continua de los procesos de producción.

Cuadro 7. Tamaño de muestra simplificado para estudios de coeficiente de aserrío.

Error		Z	Confiabilidad			
%	CA		1.64 90.00%	1.96 95.00%	2 95.50%	3 99.70%
1%	0.5		1076	1537	1600	3600
2%	1		269	384	400	900
3%	1.5		120	171	178	400
4%	2		67	96	100	225
5%	2.5		43	61	64	144
6%	3		30	43	44	100
7%	3.5		22	31	33	73
8%	4		17	24	25	56
9%	4.5		13	19	20	44
10%	5		11	15	16	36

CA = Coeficiente de Aserrío; Z = Valor Z de normalización.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Ejemplo 5. Auditoría de coeficiente de aserrío

En un aserradero que está siendo auditado para verificar que los volúmenes y existencias se encuentren en orden, el dueño no tiene conocimiento pleno sobre la operación, y se ha documentado que el coeficiente de transformación general para aserrío es de 50%, por lo que espera que los resultados estén sobre este parámetro.

El aserradero cuenta con un estudio oficial de coeficiente de aserrío que obtuvo como resultado $56.78\% \pm 2.13\%$, realizado hace seis meses, el cual tiene una confiabilidad de 95.5%.

Actualmente se tiene en patios un volumen total de trocería de $1,231.13 \text{ m}^3$, cabe destacar que en el inventario de inicios de año se realizó un corte de patios con un volumen de 405.78 m^3 , y se han comprado un total de $4,725.37 \text{ m}^3$.

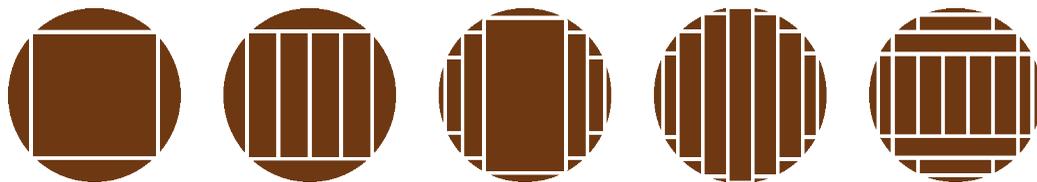
Mientras que en los patios de madera aserrada se cuantificó a principios de año un total de 57,798 pt y actualmente se tienen en patios un total de 105,905 pt, y se tienen ventas registradas por un total de 910,000 pt.

De acuerdo con la memoria de cálculo inicial del auditor su reporte sugiere que sobra madera, por lo que se le pide su intervención para poder aclarar esta situación.

Empleando la Fórmula 12 se tienen los siguientes datos para calcular el coeficiente de aserrío.

	Información requerida	Fórmula	Valor
A	Inventario de madera aserrada al inicio del periodo en pt		57,798.00
B	Ventas o envíos de madera aserrada durante el periodo en pt		910,000.00
C	Inventario de madera aserrada al final del periodo en pt		105,905.00
D	Producción de madera aserrada en el periodo en pt	$B + C - A$	958,107.00
E	Producción de madera aserrada en el periodo en m^3	$D / 424$	2,259.69
F	Inventario de trocería al inicio del periodo en m^3		405.78
G	Ingreso de trocería durante el periodo en m^3		4,725.37
H	Inventario de trocería al final del periodo en m^3		1,231.13
I	Consumo de trocería en m^3	$F + G - H$	3,900.02
J	Coeficiente de aserrío en %	$E / I \times 100$	57.94

Se puede apreciar que el coeficiente resultante es de 57.94% el cuál es más alto que el general de 50%, sin embargo, se encuentra dentro de los límites de confianza del 95.5% del estudio que se tiene para el aserradero, ya que no rebasa el rango de 54.65% y 58.91%, por lo que los resultados nos dicen que se encuentra operando con normalidad.



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE ASERRÍO

Factores que influyen en la variación del coeficiente de aserrío

El coeficiente de aserrío como cualquier indicador de productividad se ve afectado por diferentes factores que determinan la magnitud que esto puede alcanzar, los cuales puede ser atribuido a 6 fuentes directas que son:

- Medición
- Personal
- Maquinaria
- Entorno
- Material
- Método

Estas fuentes de variación van a ser revisadas a detalle y comentar cuáles son las que más afectan a este indicador, para que a partir de este análisis se pueden definir estrategias de mejora que pueden incrementar la productividad general y la rentabilidad del aserradero.

Medición de materias primas y productos maderables

En la medición de materias primas hay divergencia y afectaciones directas al coeficiente de aserrío, tanto en la consideración de criterios, como la medición real y nominal; así como la capacitación del personal que realiza la cuantificación y control. Y cuando se emplean las reglas madereras se puede estar asumiendo errores en su estimación.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Medición nominal y real

Como vimos en el capítulo uno el criterio de medición del otro sería si puede afectar de manera significativa los resultados obtenidos en el coeficiente de transformación, pues el considerar la troza con o sin corteza genera resultados diferentes en este indicador. Por lo anterior, se debe de considerar siempre el mismo método de cubicación de trocería que se emplea para la recepción y que corresponde con la documentación legal emitida.

Por otra parte, el emplear las medidas nominales y reales en la medición de tablas va a generar magnitudes diferentes en el coeficiente de aserrío, por lo que se deben emplear de forma responsable estas dos mediciones, ya que tienen usos diferentes y ambos son válidos.

En el caso de la medición nominal o comercial, su principal función es para el control de existencias en medidas comerciales y seguimiento del proceso de producción y rendimiento del personal. Mientras que la medida real será empleada para aspectos regulatorios y legales, así como para el monitoreo de los inventarios y existencias de madera en el aserradero.

Siempre que se utilicen reglas madereras se tendrán discrepancias en cuanto a los resultados del coeficiente de aserrío real, debido a la formulación matemática que existe detrás de ellas y que no corresponde a la realidad del aserradero actual.

La variación del coeficiente de aserrío entre la medida nominal y la real puede alcanzar una magnitud de hasta 15%, es decir, si se tiene un promedio nominal del 45%, el real puede alcanzar una dimensión de hasta el 60%, situación que al no indicar las premisas de cálculo puede generar situaciones de descontrol y verificación que pueden tener repercusiones económicas graves.

En la Figura 16 se puede observar el impacto que tienen las mediciones nominales y reales en el coeficiente de aserrío; como se muestra, la medida más crítica que afecta al coeficiente es el grosor de las tablas, por lo que orientar actividades para perfeccionar esta dimensión repercutirá de forma positiva en la productividad.

Capacitación para la medición

En la medición el factor humano es primordial, aunque en la actualidad ya hay aplicaciones y tecnologías para cubicar con fotografías mediante teléfonos inteligentes, la realidad es que en pocas industrias se han adoptado, por lo que se continúa expuesto a los errores que pueden cometer las personas.

Entre los errores más comunes que afectan directamente a la estimación del coeficiente de aserrío se encuentra la incorrecta colocación del flexómetro o bien la divergencia de criterios de redondeo entre documentadores. Otro de los problemas, tiene que ver con el cálculo del volumen, cuando este es responsabilidad del documentador y no emplea una

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

hoja de cálculo o tablas para realizar los cálculos, es frecuente encontrar incongruencias.

Otro de los errores que se detectan es en la suma de los volúmenes que son ocasionados por falta de uso de formatos, hojas de cálculo e incluso calculadoras.

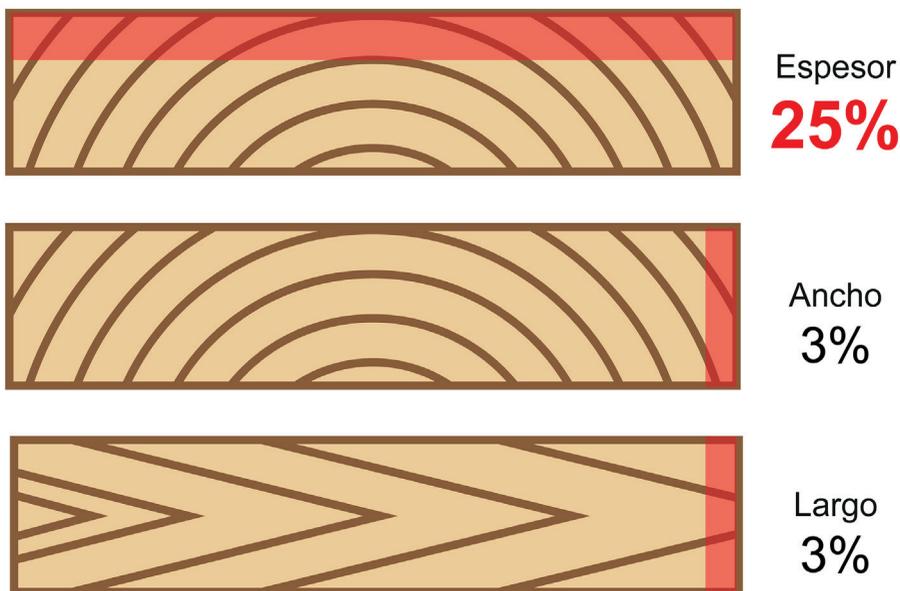
Por lo anterior es necesario que exista dentro de los procedimientos una revisión o captura de la información para verificar incongruencias, ya que esto afectará la base de cálculo del coeficiente de aserrío y en general el control del aserradero.

Reglas madereras

En algunas industrias, en especial en las del norte del país se emplean algunas de las reglas madereras para la recepción de trocería internacionales, lo que genera problemas para estimar el coeficiente, toda vez que estas ya lo están estimando, y como tal no lo están midiendo, tal como se explicó en el Capítulo 4.

Es por eso que cuando se usen las reglas madereras es necesario se esté monitoreando el coeficiente de aserrío mediante otros métodos, ya que pueden presentar variaciones que afecten los controles documentales y operativos.

Figura 16. Porcentaje del volumen del refuerzo en cada dimensión.



Calidad de las materias primas

El precio de la trocería se determina normalmente en función de la calidad, es decir, a mejor calidad mayor precio, pero las características no lo son todo en cuanto productividad se refiere, pero si tienen una gran influencia al momento de obtener madera aserrada.

Diámetro

El diámetro es la principal variable que se asocia para tener un coeficiente de aserrío más elevado; sin embargo, esto no es del todo cierto. En diversos estudios donde se ha analizado, se ha encontrado que el diámetro tiene una tendencia a afectar de manera positiva el indicador, pero la realidad es que la variación no es significativa.

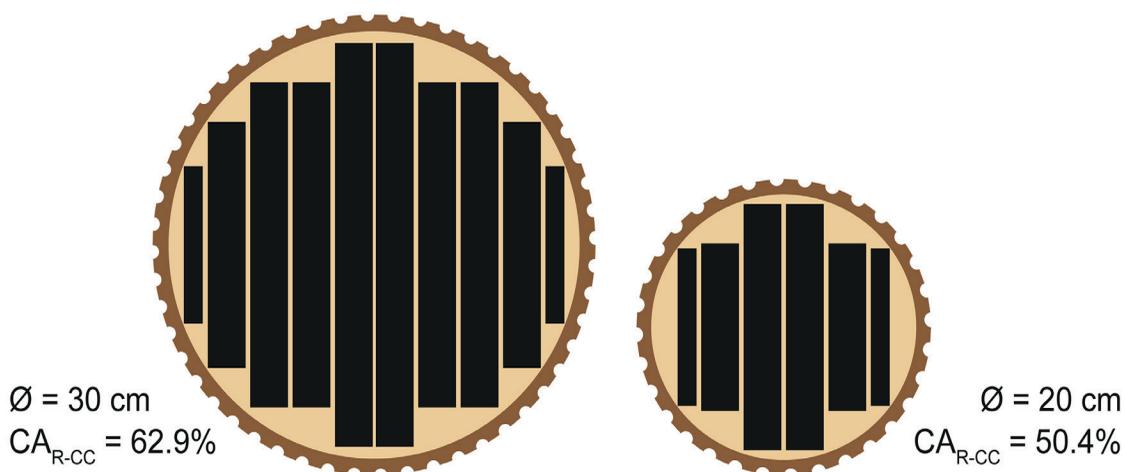
Lo anterior se debe principalmente a que a mayor diámetro se requiere una mayor cantidad de cortes debido a que las características del producto no crecen proporcionalmente (Figura 17).

Largo

El largo de las trozas puede ayudar o afectar el coeficiente de aserrío dependiendo de los defectos que estas contengan. En algunos aserraderos la práctica de comprar trocería de largas dimensiones, es decir, madera con dimensiones que exceden los 8 ft de largo, ayuda a poder seleccionar y distribuir las trozas que entrarán al proceso y de las cuales se podrá obtener una mejor calidad.

Recomendación, se deben orientar esfuerzos para disminuir la variación en espesor debido a que es la medida que más afecta al coeficiente de aserrío.

Figura 17. Efecto del diámetro en el coeficiente de aserrío.



El troceo dentro del aserradero tiene la ventaja de que puede reducir los efectos de las torceduras y el ahusamiento, ya que si se realiza el corte con las dimensiones originales se tendrá una gran cantidad de desperdicio debido a los efectos de estos.

Figura 18. Deformaciones, torceduras y ahusamiento en el aserrío.



Torceduras

Las torceduras son tal vez el defecto más complicado de manejar en un aserradero ya que nos impide o reduce las dimensiones de ancho para las tablas tal como se muestra en la Figura 16, esta situación llega a tener implicaciones directas en el coeficiente de aserrío de forma negativa y en especies de alto valor cómo las tropicales es muy común encontrar este tipo de defectos, por lo que normalmente para su manejo se hace un troceo a dimensiones de largo menores para reducir los efectos cuando estos son severos (Figura 18).

Ahusamiento

El ahusamiento es un fenómeno que se presenta en las trozas que se hereda directamente del árbol por la pérdida de diámetro en la altura de este por el crecimiento.

Sin embargo, este fenómeno tiene efectos directos e inversos en el coeficiente de aserrío tal como se puede apreciar en el Cuadro 8, donde se va reduciendo el indicador conforme aumenta la proporción de ahusamiento.

Cuando se presenta este fenómeno hay que tener consideraciones especiales para la ubicación del primer corte o de apertura para considerar la pérdida de diámetro en el largo o bien reducir el largo de la troza para evitar desperdicios. Otra alternativa que se tiene para reducir los efectos del ahusamiento es hacer un correcto centrado de la trocería en la bancada o el carro para definir la mejor cara y evitar la aparición de gemas en las tablas aserradas.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuadro 8. Efecto del ahusamiento en el coeficiente de aserrío.

Ahusamiento (cm/m)	CA _{R-CC}	CA _{R-SC}
0.0 a 1.0	57.86%	64.34%
1.1 a 2.0	53.65%	59.92%
2.1 a 3.0	51.41%	56.49%
3.1 a 4.0	44.72%	48.92%
4.1 a 5.0	46.11%	50.78%
5.1 a 6.0	49.45%	53.54%

CA_{R-CC} = Coeficiente de Aserrío Real Con Corteza; CA_{R-SC} = Coeficiente de Aserrío Real Sin Corteza.

Fuente: Najera, 2010.

Deformaciones

Una de las deformaciones más comunes en las trozas es la forma irregular de la cabeza o de su perfil transversal, ya que la mayoría de los planteamientos hipotéticos parten de la premisa de que es una circunferencia totalmente redonda; sin embargo, en la realidad nos vamos a encontrar con piezas elípticas o de forma irregular, en especial en las primeras trozas de la base del árbol donde encontraremos formaciones o abultamientos por la presencia de contrafuertes.

Estas deformaciones nos van a reducir de forma significativa el rendimiento del coeficiente de aserrío debido a que nos van a generar una condición muy similar al ahusamiento, pero con superficies irregulares (Figura 18).

Nudos

La presencia de nudos es tal vez el defecto más común al que se va a enfrentar un aserradero al momento de estar cortando una troza, y en el caso donde se busca madera clasificada, si importa la ausencia de estos por lo que se tendrá que buscar el mejor corte para obtener piezas libres de nudos, reduciendo así el rendimiento de madera aserrada de calidad.

Los nudos además al ser una estructura más densa y normalmente con presencia de resinas generan dificultades en el corte que pueden llegar a presentar piezas incompletas o incluso quebrarlas durante el proceso, reduciendo de esta forma el rendimiento esperado general y bajando el coeficiente de aserrío.

En algunas ocasiones cuando se presentan estos defectos y no se tiene una adecuada calibración de los equipos de aserrío, se pueden llegar a presentar cortes ondulados en las tablas que van a generar rechazos o la inclusión de un refuerzo adicional para compensarlo, situación que nos va a bajar la productividad de estas trozas.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuando se tiene la presencia de nudos se debe de considerar el cono de defectos para la obtención de una gran proporción de madera de calidad, o bien realizar una clasificación por calidad de la trocería.

Normalmente los nudos se presentan en trozas con diámetros menores a 40 cm, ya que, en diámetros mayores, los árboles y las prácticas silvícolas de poda ayudan a mejorar la calidad general de las trozas de mayor diámetro que se encuentran en la base del árbol y los pocos nudos que llegan a estar presente se concentran en el interior y centro de estas trozas permitiendo al aserrador cortar piezas de menor valor hacia el centro (Figura 19).

Estado sanitario

Uno de los problemas más graves que se presentan en los aserraderos tiene que ver con el estado fitosanitario de la madera, la cual pudo haber sido atacada por insectos, siendo el más frecuente el descortezador, generando una gran acumulación de resina en el interior de la troza y bajando el contenido de humedad, situaciones que complican el aserrío debido a que aumenta la densidad de la madera y genera un calentamiento y deformación de las sierras, reduciendo así el rendimiento general al momento de cortar estas trozas y el del coeficiente de aserrío (Figura 20).

Otro problema fitosanitario que se puede llegar a presentar y que puede tener incluso mayores complicaciones y efectos adversos en el coeficiente de aserrío es la presencia de pudriciones, ya que es un defecto que no es aceptado por ningún cliente y va a bajar de manera significativa el rendimiento o la cantidad de madera que se va a obtener de este tipo de piezas, pudiendo incluso llegar al punto de no obtener ningún producto de una troza con un mal estado y poniendo en riesgo tanto a los operadores como a los equipos.

Cuando se presenta esta situación durante un estudio de coeficientes de aserrío se puede plantear la anulación de esta unidad muestral, debido a que no es característica del proceso de asierre ya que debió de haber sido rechazada al momento de ser recibida en los patios de almacenamiento.

Clasificación por calidad

Cuando se compra trocería clasificada bajo la norma voluntaria NMX-C-359-1988 (Anexo 6), el rendimiento obtenido será mucho más alto si la calidad de éstas es de segunda y mejor respecto a las otras calidades, además de que será más fácil el aserrado debido a que la presencia de nudos y otros defectos en la superficie de la troza son menores y la toma de decisiones se agiliza al momento de estar realizando los cortes.

En el Cuadro 9 y 10 podemos ver cómo se eleva el coeficiente de aserrío cuando se emplea calidades mejores de trocería, y además se obtiene una mayor cantidad de madera clasificada de segunda y mejor, por lo que es conveniente pagar el sobreprecio que tiene la trocería ya que aumenta la proporción objetivo de madera de calidad.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Otra práctica común que ayuda a elevar la productividad de los aserraderos y que tiene que ver con el manejo de patio de trocería es la clasificación por categoría diamétrica, ya que esto ayuda a alimentar a las sierras principales una materia prima uniforme la cual va a ser cortada de forma estandarizada y se puede planificar el diagrama de corte de cada categoría, reduciendo así la toma de decisiones por parte del aserrador y optimizando el coeficiente de aserrío y el tiempo de producción.

Cuadro 9. Efecto de la calidad de trocería en el coeficiente de aserrío.

Calidad de trocería	CA_{N-CC}
Primera	49.52%
Segunda	46.31%
Tercera	43.27%
Cuarta	41.54%
Quinta	40.25%

CA_{N-CC} = Coeficiente de Aserrío Nominal Con Corteza.

Fuente: Zavala, 1996.

Cuadro 10. Efecto de la calidad de trocería en el coeficiente de aserrío por clase de calidad de madera aserrada.

Calidad de trocería	CA_{R-CC} por clase de madera aserrada				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Clase	31.70%	19.44%	6.00%	0.66%	2.67%
Tercera	17.23%	26.14%	33.60%	10.50%	3.96%
Cuarta	2.12%	3.55%	10.51%	34.79%	12.41%
Quinta	0.00%	0.81%	0.26%	4.54%	29.18%

CA_{R-CC} = Coeficiente de Aserrío Real Con Corteza.

Fuente: Zavala y Hernández, 2000.

Especie

La mayoría de los aserraderos en México corta madera de Pino (*Pinus* spp), la cual tiene ciertas características homogéneas en cuanto a su calidad y dimensiones, presentando pocos ahusamiento y torceduras.

Otra de las especies muy comunes en el aserrío mexicano es el Encino (*Quercus* spp), una especie que normalmente tiene una alta densidad y genera dificultades operativas al momento de estarlo cortando debido a que las condiciones de aserrío deben modificarse para poder cortarlo de forma adecuada, afectando normalmente la velocidad de corte y de alimentación y en algunas ocasiones el tipo de sierras para facilitar las operaciones.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Estas adecuaciones hacen que se reduzca la cantidad de madera obtenida, es decir, el coeficiente de aserrío es menor en este tipo de especies.

En el caso del encino en algunas ocasiones la técnica de aserrío es radial para darle mayor estabilidad dimensional a las piezas obtenidas; sin embargo, este tipo de técnica además de ser más lenta debido a que requiere más cortes y giros por parte de la cerradura al momento de aserrarla, el rendimiento obtenido también es menor, por a la demanda de cortes que esta técnica requiere y que se ve reflejada en el Cuadro 1 (Zavala, 2003).

Figura 19. Cono de defectos.

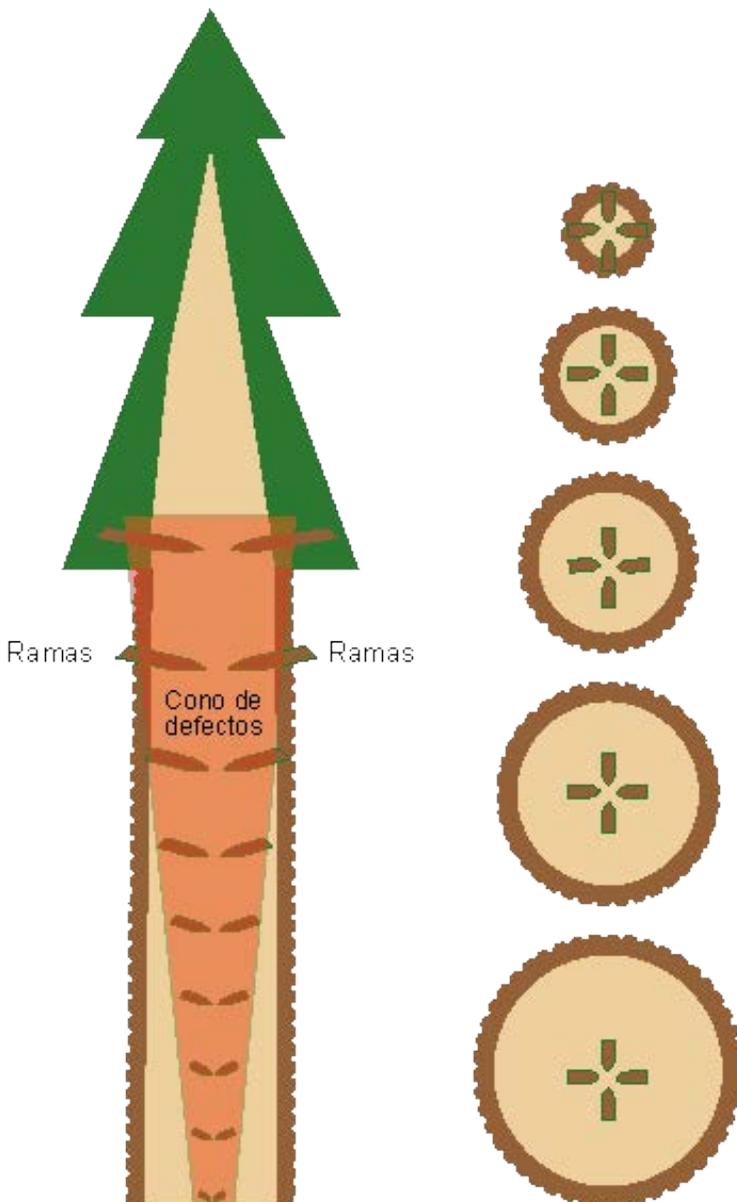


Figura 20. Calidades de trocería (buena y mala).



Cuando se están aserrando maderas tropicales de otro tipo de especies como la Parota, Cedro Rojo, Caoba o la Teca la parte más importante y de mayor valor es el centro de la troza, que es donde se encuentra el duramen que presenta el color característico de estas maderas, para lo cual se emplea una técnica de aserrío especial para poder cortar solo estas áreas, generando una gran cantidad de desperdicios debido a que el duramen normalmente no tiene valor comercial, reduciendo significativamente el coeficiente de desarrollo para este tipo de especies tropicales de alto valor, situación que encarece su costo hacia el mercado.

Hay que señalar que, en el caso de las maderas tropicales, la madera obtenida de la altura puede ser empleada para productos de menor valor, donde el color característico de la madera tropical no es una exigencia, como es el caso de las tarimas, cajas de embalaje y cimbras, generando que con esta práctica el coeficiente vuelva a elevarse.

Distribución y clasificación de productos y programas de producción

El tipo de producto por obtener en un aserradero es una de las variables que más influencia tiene en el coeficiente de aserrío, con una relación inversa con el número de cortes.

Número de cortes

Los cortes que más afectan al coeficiente de aserrío son los que se hacen en el equipo principal y que dan las dimensiones de espesor y se debe tener especial precaución en los procesos de la sierra principal para monitorear su desempeño.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cada corte realizado en la sierra principal puede representar entre un 0.1% a 3.6% del volumen de la troza, dependiendo de sus dimensiones y calibre de la sierra, porcentaje que se va reduciendo del coeficiente de aserrío cada que pasamos la sierra realizando un corte, adicional al volumen que se perderá por concepto de cabeceo, desorillado y costeras.

De forma práctica se puede decir que cada corte afecta en 1% al coeficiente de aserrío.

En diagramas de corte o técnicas de aserrío que consideran varios cortes en la troza se reduce de forma significativa el coeficiente de aserrío, situación que aún con el incremento de diámetro en la troza, el indicador no se ve afectado de forma positiva, ya que a mayores dimensiones se realiza una mayor cantidad de cortes, aunque existe una tendencia a aumentar el rendimiento con el diámetro, estas no son significativas en diversos estudios que han analizado esta relación.

Si en un aserradero se obtienen productos de espesores muy delgados el coeficiente de hacerlo seguramente será muy bajo, mientras que si se obtienen productos más gruesos como tablonés o vigas el coeficiente se verá beneficiado y será más alto.

El espesor

Cuando se producen tablonés, vigas o polines el coeficiente de aserrío se ve beneficiado respecto a la producción de tablas y tabletas, donde se reducirá de forma significativa debido a una mayor cantidad de cortes que se requieren para su proceso productivo.

El espesor de la tabla será la magnitud de mayor importancia, ya juega un papel directo en el coeficiente de aserrío, ya que como se mencionó anteriormente, a mayor cantidad de cortes se reducirá el rendimiento por troza.

Como se puede ver en la Figura 21 el coeficiente de aserrío real es menor cuando se obtienen tabletas que cuando se obtiene una mezcla de tablas, tabletas y polines.

En general si se da preferencia a las piezas de mayores dimensiones de espesor se tendrá un coeficiente más elevado, por lo que se deben tener precauciones especiales cuando se producen estos materiales, ya que tendrán un efecto directo en el indicador y pueden afectar los requerimientos de documentación para transporte de madera.

Calidad

La obtención de madera cerrada clasificada en sus diferentes categorías de calidad aumenta de forma general los ingresos obtenidos para el aserradero por esta práctica, sin embargo, se va a sacrificar productividad tanto en la capacidad productiva, como de transformación, ya que el proceso de obtención de madera de calidad requiere una mayor cantidad de cortes y de movimiento de la troza.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La madera de calidad normalmente está concentrada en las orillas de la troza, que es el área donde no se encuentran los defectos presentes de nudos y donde se puede obtener un mayor rendimiento de esta madera buscada.

Cuando no se emplean criterios de clasificación, el coeficiente de aserrío normalmente es más elevado y la capacidad de producción del aserradero también debido a que el objetivo de corte es obtener la mayor cantidad de piezas de una troza.

Otro problema que acarrea la clasificación de madera aserrada, es la falta de mercado de madera de baja calidad, resultando en grandes mermas para el aserradero por la falta de capacidad de colocación de madera de categorías inferiores. Lo anterior se debe a que la mayoría de las madererías compran la madera de segunda y mejor, sin tener interés en las otras clasificaciones.

Esta situación se puede manejar de forma práctica mediante el cambio de los criterios de clasificación que se emplean comúnmente en México, los cuales tienden a ser de un alto nivel de exigencia para las categorías principales a diferencia de las clasificaciones internacionales como la NHLA, donde se promueve el uso de segmentos limpios como criterio de clasificación y no la tabla completa (Anexos 7 y 8).

Distribución

En los programas de producción donde solamente se tiene una sola medida objetivo en la producción de madera aserrada normalmente los coeficientes de aserrío se ven afectados de forma negativa ocasionados por la poca flexibilidad operativa que se tiene con este tipo de sistemas de corte.

Para poder tener una mayor optimización en la obtención de la madera de una troza es necesario tener una flexibilidad en cuanto a las dimensiones de la madera para que de esta manera se distribuyan de forma adecuada en toda la superficie a cortar.

Cuando se hace una mezcla de productos, es decir cuando no solamente se produce en tabletas o tablas, sino que se incluyen los polines, vigas, cuadrados y otros productos de recuperación, a pesar de que se incrementa el número de cortes en la traza el coeficiente de desarrollo se ve beneficiado debido a que se obtiene una mayor cantidad de productos debido al aprovechamiento integral.

Entre más piezas de dimensiones cuadradas se puedan obtener en una troza, mayor será el rendimiento en el coeficiente de aserrío (Figura 21).

Otro aspecto importante a considerar para evitar reducir el coeficiente de aserrío es pensar de forma integral en los cortes que se darán a lo largo del proceso productivo, ya que se pueden obtener piezas semi terminadas en la máquina principal y previo a mandarlas hacia las reaserradoras o tabletas se puede hacer un dimensionado en largo o cabeceo, donde se pueden obtener productos como tacones para tarima o recuperación para caja

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

de embalaje, prácticas que pueden aumentar de forma significativa la productividad del aserradero.

Figura 21. Obtención de diversas medidas en el aserrío.



Mercados madereros y consideraciones comerciales

Refuerzo

Los refuerzos son una prevención adicional que se le agrega a la medida comercial con el objetivo de garantizar la medida comercial final una vez que tienen lugar los procesos de: secado, cepillado y lijado de la madera. Normalmente el refuerzo se entrega para las tres dimensiones: grueso, ancho y largo; no obstante, la que tiene una repercusión más alta en el coeficiente de aserrío es el refuerzo que se le da en el espesor.

En México es común entregar como refuerzo en los estados del centro 1/4", mientras que en los estados del norte se acostumbra entregar 1/8" pero la realidad es que en ninguno de los casos se realiza un cálculo adecuado de cuál es el nivel de refuerzo que se tiene que entregar para garantizar estas operaciones posteriores.

El efecto de otorgar refuerzo y no comercializar a una medida real o pegada, como comúnmente se le conoce, llega a generar efectos en el coeficiente de aserrío de hasta un 20%, siendo ésta la brecha de oportunidad más amplia que se tiene para poder optimizar los procesos en el aserradero.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Medidas comerciales

Otro de los problemas que se tienen en la industria de la madera y que afectan directamente el coeficiente de aserrío es la desclasificación por medidas comerciales estándar tanto en largo como en ancho.

Lo anterior hace que se genere una desclasificación en ancho en pares de pulgadas, es decir, si una pieza alcanza una medición de 11.5" será publicada en la medida comercial de 10", lo que representa pérdidas significativas y directas al coeficiente de aserrío y a la rentabilidad general del aserradero. Generándose una situación similar en las medidas del largo, pero en pares de pies.

Este tipo de afectaciones puede alcanzar reducciones en el coeficiente de hacia arriba entre un 5 y 7%, ya que no permite un aprovechamiento integral de la troza al no poder contar con las medidas impares.

En aquellos aserraderos donde logran convencer a los clientes de que la medida impar puede ofrecer un valor agregado, se puede capitalizar esta pérdida y optimizar los procesos de corte, a la par de que se elevan el coeficiente de aserrío y la rentabilidad general.

De igual modo en aquellos aserraderos donde logran comercializar a medida pegada se armoniza el uso del coeficiente de aserrío para hacerlo coincidir entre la medida nominal y la real, lo que se refleja inmediatamente en un incremento de hasta un 10% en el indicador.

Clasificación de madera

Es común que en algunos aserraderos la comercialización de la madera se realiza mediante categorías de calidad, lo que va a reducir de forma significativa la productividad general del aserradero y el coeficiente de aserrío debido a que demanda una mayor cantidad de tiempo para la producción de este tipo de madera.

En los aserraderos donde se comercializa sin clasificar o medir el coeficiente de aserrío se ve mejorado, así como la velocidad y productividad en todo el aserradero, además de que con esta práctica no se exponen a las mermas por rechazo de categorías inferiores que posteriormente son complicadas de comercializar y pueden generar desperdicios adicionales.

Experiencia y formación del personal

Primer corte

El corte de apertura de la troza o primer corte es el más importante cuando se está aserrando madera, ya que tiene una influencia directa en la productividad que se verá reflejada en el coeficiente de aserrío.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Normalmente cuando un operador no tiene la destreza o entrenamiento suficiente en el manejo de la trocería para buscar el primer corte o bien no se tiene una estrategia definida en cuanto a las dimensiones de la primera tabla esto puede afectar de forma significativa el rendimiento del aserradero.

Normalmente el primer corte busca una medida comercial de 4" de ancho; sin embargo, en algunas ocasiones esta medida no es alcanzada o es rebasada, generando cortes posteriores que afectarán el rendimiento de toda la troza, pudiendo alcanzar pérdidas de entre el 5 y el 10% del coeficiente de aserrío.

Diagrama de corte

Una de las habilidades que debe tener un aserrador es poder plantear diagramas de corte para diferentes tipos de madera y con diferentes técnicas de aserrío (Figura 22).

En estos diagramas además el aserrador debe poder pre visualizar los efectos que debe tener la presencia de ahusamiento, deformaciones y curvaturas en la troza para poder obtener el máximo rendimiento de estas piezas (Figura 23).

Asimismo debe tener la habilidad de inspeccionar las trozas de forma rápida y ágil para identificar el primer corte o la cara de apertura donde se puede obtener la madera de mejor calidad o el mayor rendimiento de la troza que está cortando.

Manejo de la maquinaria

La correcta capacitación del personal en el manejo y operación de la maquinaria ayuda a tener más precisión en los cortes y reducir de esta forma los desperdicios, además de mantener el equipo en óptimas condiciones mecánicas, al hacerse responsable de la aplicación y seguimiento del mantenimiento.

Una de las normas más comunes en los aserraderos se debe a la falta de capacitación de los operadores, quienes desconocen las funciones de la maquinaria, así como los elementos móviles de ajuste y calibración, por lo que no pueden dar un mantenimiento adecuado a los equipos, ni brindar un desempeño adecuado al momento de realizar las operaciones.

Siempre se recomienda que los proveedores de la maquinaria sean quienes capaciten al operador para que conozca bien los equipos y el mantenimiento que se les debe dar, así como la correcta inspección de las anomalías en su desempeño, generando con esto una menor cantidad de retrasos y paros inesperados.

En algunas ocasiones se llegan a presentar desperfectos que requieren la intervención de los proveedores de la maquinaria o de técnicos especializado; normalmente cuando son temas electrónicos, en estos casos se recomienda siempre la intervención profesional y

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

evitar en la medida de lo posible ajustes o modificaciones que pueden dañar al equipo de forma permanente.

Figura 22. Técnicas y diagramas de aserrío típicos.

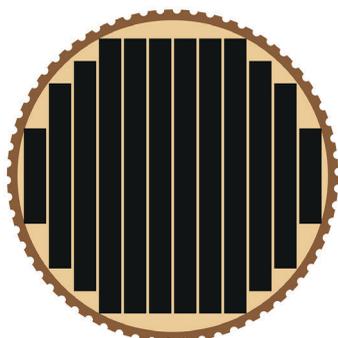


Diagrama de sierra múltiple
"Escandinavo"

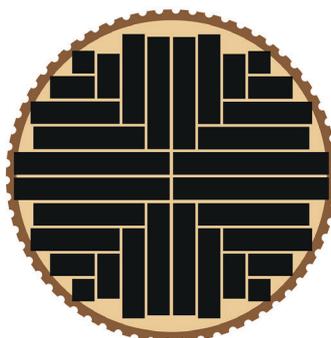


Diagrama de cuartos

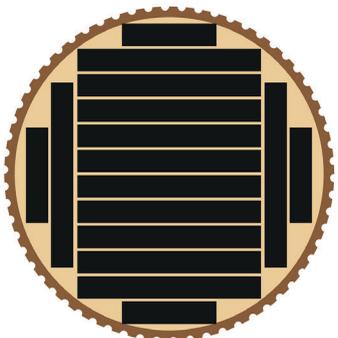


Diagrama de sierra banda y
carro "Tradicional"

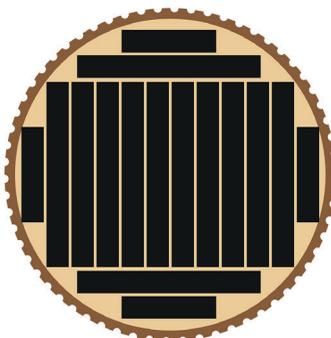


Diagrama de sierra múltiple
"Americano"

La capacitación del personal siempre estará ligada a un coeficiente de aserrío elevado debido a que tiene más conciencia de las operaciones, pues conoce las técnicas adecuadas y el funcionamiento de su equipo lo que se reflejará en un mejor desempeño.

Incentivos

Una de las herramientas que la administración en las empresas de aserrío emplea de forma cotidiana es, la aplicación de incentivos laborales tanto económicos como en especie, ligados normalmente al indicador objetivo, que generalmente es un nivel de producción elevado; sin embargo, también se puede colocar este tipo de incentivos directamente al coeficiente aserrío donde se pueden obtener resultados de forma inmediata con una capacitación previa para lograrlo.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

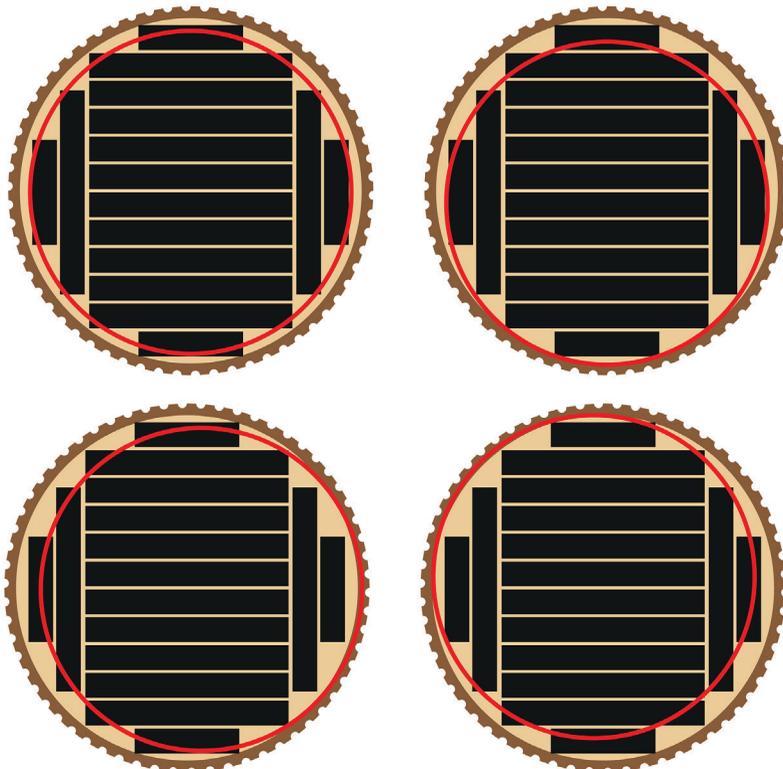
Entre los incentivos más comunes y efectivos que se pueden otorgar para lograr estos objetivos se tienen:

- Remuneración por volumen.
- Remuneración por alcance de objetivo.
- Alimentos y bebidas.
- Días de descanso.
- Jornadas reducidas.
- Electrodomésticos.
- Despensas.

Teniendo siempre en cuenta que la otorgación de estos beneficios está condicionada al logro del objetivo planteado, y para que tenga más efecto se recomienda que los empleados sean quienes escojan cuál es el incentivo que les es más atractivo.

Cabe resaltar que los incentivos pueden ser otorgados de forma eventual o permanente, incluso llegando a plantearse el pago de las jornadas por volumen de producción general, comúnmente conocido como pago a destajo, con la consideración que no se debe topar el límite superior pero sí el inferior de producción.

Figura 23. Diagramas de corte considerando ahusamiento y técnica de centrado.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Experiencia

La experiencia, principalmente del aserrador, tiene una relación directa en el coeficiente de aserrío debido a las destrezas que ha acumulado a lo largo del tiempo, destacándose entre ellas las siguientes:

- Conoce los defectos que se presentan en la trocería y cómo manejarlos para obtener madera de calidad.
- Identifica la calidad de la madera de forma visual.
- Conoce el equipo y los ruidos que hace para identificar desperfectos y fallas.
- Tiene práctica en la ubicación de la cara de apertura, por lo que la busca de forma rápida en el tronco para darle más valor con mayor rapidez.
- Conoce las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.
- Conoce las técnicas de alineación y calibración de los equipos.
- Sabe dirigir a su equipo de trabajo.
- Identifica desperfectos de afilado.
- Conoce las técnicas de afilado y habilitación de sierras.
- Sabe cuándo cambiar las sierras para mantener su desempeño.

Normalmente formar un aserrador toma tiempo, por lo que es recomendable emplear personal con experiencia en lo que se va formando a nuevas personas, ya que este proceso toma entre 1 y 2 años para que tenga la experiencia necesaria para operar de forma independiente.

Otro puesto vital y que estará en constante conflicto con el aserrador es el afilador, quien se encargará de mantener las sierras en condiciones adecuadas de filo, tensión y rolado para que se desempeñen de forma adecuada, además de vigilar que no se operen por más de 2 horas para evitar deformaciones permanentes.

Cuando no se cuenta con el equipo necesario para dar un correcto afilado, es común que las sierras se manden a afilado a talleres especializados donde se realizan estas labores.

Seguridad industrial

Un factor importante que afecta el desempeño del coeficiente de aserrío es el manejo de la cultura de seguridad industrial, ya que cuando el personal se siente seguro en sus áreas de trabajo y los procedimientos y métodos evitan la fatiga innecesaria, se obtiene un mejor desempeño general.

Dentro de las prácticas más comunes en los aserraderos que se promueven para dar seguridad a los trabajadores, es el uso del equipo de protección personal, que es dotado por parte de la empresa y la identificación de riesgos mediante el uso de líneas de seguridad y letreros.

Complementando con capacitaciones orientadas a la prevención y atención de riesgos

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

laborales, destacando los temas de: extinción de incendios, atención de primeros auxilios, esquemas de evacuación y actuación ante sismos e incendios, entre otros.

La dotación de uniformes con la identidad de la empresa es una práctica que ayuda a generar un vínculo emocional con el trabajador que le permite ser parte de una comunidad, lo cual apoya sus necesidades de afiliación. Adicionalmente el uso de uniformes de color amarillo o naranja genera un efecto energético, evitando de forma inconsciente los descansos prolongados e innecesarios por parte del personal; mientras que el color verde o azul, normalmente es empleado en la maquinaria genera un estímulo de tranquilidad y productividad, así como confianza, evitando de esta forma comportamientos irresponsables que normalmente terminan en accidentes. Por lo que el uso de los colores en la industria forestal puede aumentar la productividad y reducir la incidencia de accidentes (Figura 24).

Figura 24. Personal incentivado a cargar en jornada extendida.



Mantenimiento y calibración de equipos

Variación de corte y calibración de equipos

La variación de corte en el espesor tiene dos orígenes que deben inspeccionarse de forma puntual, el primero corresponde a la variación de espesor dentro de las tablas obtenidas en una misma troza, mientras que la segunda se debe a la variación general de todo el proceso de aserrío.

En el primer caso, las variaciones de corte se deben descartar que la calibración incorrecta sea por parte del operador, es decir, que el operador del carro o el aserrador no le están dando las dimensiones correctas a la tabla originando esta variación. Sin embargo, una

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

vez que se descarta esta fuente de variación, seguramente tendremos problemas de desgaste en los piñones de avance y retroceso de las escuadras del carro o del marco de los volantes en el caso de los aserraderos de sierra angosta (Figura 25).

Cuando se tiene una variación general en todo el proceso, se puede identificar su origen en diferentes fuentes, que van desde el mal afilado, incorrecto tensionado y/o rolado de las sierras, hasta una desalineación general de los volantes y los rieles, tanto en el equipo principal como en las reaserradoras.

Adicionalmente se pueden tener otro tipo de defectos como cortes ondulados que normalmente son problemas de tensionado de las sierras.

Otro problema que se puede presentar es la ausencia de una escuadrilla total en las piezas aserradas lo que nos indicará una desalineación de los equipos en general, tanto en la sierra principal, como en las reaserradoras, desarrolladoras y canteadoras.

Todo este tipo de problemas nos va a repercutir de forma general en el coeficiente debido a que se tendría que entregar un mayor refuerzo, por lo que el consumo de madera para la obtención de las piezas aserradas será mucho mayor, reduciendo el indicador.

Figura 25. Mantenimiento correctivo del aserradero.



Sierras rotas y mal afiladas

Cuando se tiene sierras con un mantenimiento deficiente o un afilado incorrecto, vamos a tener problemas de rayado en la superficie de la tabla u ondulaciones, situación que nos hará aumentar el calibre de refuerzo, consumiendo más madera de la debida y reduciendo de forma significativa el coeficiente de aserrío.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Esta situación también se puede presentar cuando las sierras se utilizan por un periodo prolongado, es decir, cuando exceden más de 2 horas operando, ya que, por fricción entre metales, se comienza un proceso de deformación permanente de las sierras, cambiando así las propiedades y su desempeño general.

Piezas defectuosas

Los cortes curvos principalmente obtenidos en las desarrolladoras se deben a deficiencias de mantenimiento en el sistema de alimentación, donde normalmente encontramos rodillos desgastados o piezas flojas que no permiten realizar su trabajo de forma adecuada, haciendo que las tablas hagan un recorrido y corte curvo, generando mermas por descalificación de piezas por un valor de hasta 2" de ancho, situación que bajará de forma significativa el coeficiente de aserrío hasta en un 2%.

Tecnologías y modificaciones empleadas en el proceso de producción

Calibre y tipo de sierras

El tipo de sierras va a jugar un papel trascendental en el aumento o reducción del coeficiente de aserrío, pero todo estará relacionado con el diagrama y número de cortes que se realicen a la troza; sin embargo, un calibre mayor de sierra que realiza un corte más ancho siempre consumirá más en su corte y reducirá el coeficiente respecto a una sierra más angosta.

La razón de consumo de las sierras ha dicho que los aserraderos evolucionen desde las sierras circulares que consumían entre 5-6 mm en cada corte hacia las sierras banda que consumen entre 3-4 mm y en las últimas décadas las sierras angostas que logran consumir entre 1.5-2 mm, situación que al cabo de 3-4 nos permite capitalizar una pieza más de dimensiones comerciales que se ve reflejado en un aumento del coeficiente de forma directa ya que no se agregan cortes adicionales y se obtiene una mayor cantidad de madera.

En la actualidad aún no se cuenta con datos específicos de este beneficio entre las sierras anchas y angostas como efecto directo en el aumento del coeficiente de aserrío. Lo anterior se debe a que en la mayoría de las industrias se tienen diferentes esquemas de corte, lo que genera discrepancias en los datos; sin embargo, los reportes más altos están asociados al uso de sierras angostas, con un diferencial en el coeficiente de aserrío de 2-10%.

Adicionalmente el tipo de sierras, ya sea trabadas o con estelita también juegan un papel importante en el corte, pues las primeras van a ampliar el corte al momento del paso de

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

la sierra y si no están afiladas correctamente pueden consumir más de lo necesario y en el segundo caso, aun cuando consumen más madera, son eficaces y aumentan el coeficiente debido a que su acabado de corte es más terso.

Figura 26. Volteador hidráulico y guía láser.



Láser guía

Una de las tecnologías más básicas que se pueden instalar en un aserradero para reducir las maniobras requeridas para poder acertar de forma correcta el primer corte es el uso de las líneas láser guía que se instalan en las torres principales y que están alineadas a la sierra de corte.

La mayoría de los aserraderos tradicionales no emplean las líneas láser guías lo que hace que se afecte su productividad normalmente entre un 1% y 2% del coeficiente de aserrío, adicionalmente se tendrán problemas de productividad debido al exceso de maniobras que se requieren para orientar la troza de forma correcta y acertar el primer corte (Figura 26).

Automatización y sistemas hidráulicos

Normalmente los aserraderos automatizados e hidráulicos tienen un mejor desempeño respecto a los tradicionales y de empujón, debido a que se puede maniobrar con mayor facilidad la trocería de dimensiones intermedias a grandes para el volteo y orientación para la realización de los cortes.

Este tipo de aserraderos tienden a tener una mayor capacidad de producción debido al tamaño de su motor, ya que esto les permite una velocidad de alimentación mayor,

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

logrando un asierre de mejor calidad.

Cuando se tienen los sistemas automatizados y con operación de joysticks los procesos de aserrío se vuelven más ágiles y la productividad por persona es más alta, además de que los esfuerzos físicos que realiza el personal son menores, mejorando su desempeño debido a una mejor fatiga.

Equipos complementarios

El uso de equipos complementarios como las reaserradoras o tableteras ayuda a poder aumentar la capacidad productiva del aserradero y a incrementar sus coeficientes, pues normalmente estos equipos operan con sierras angostas que cortan en promedio 1.5 mm, mientras que la sierra principal corta a 3 mm. Lo anterior hace que se puedan ahorrar cortes y se obtengan más productos comerciales cuando se obtienen cuadrados para sacar 4 o más piezas.

Los resultados más impactantes los logramos cuando se tiene trocería con diámetros mayores a los 40 cm, donde se podrán obtener cuadrados o fitches de mayores dimensiones y se puede obtener de 1-2 tablas más por la operación de estos equipos, reflejándose en una ganancia al coeficiente de aserrío de entre 1-3%.

Productos secundarios

La integración de productos que aprovechan los residuos para su producción como lo son: la caja de embalaje, la tarima, la cimbra y el palo de escoba; generan un incremento directo en el coeficiente de desarrollo que puede alcanzar hasta el 10-15%, lo que beneficia de forma significativa los ingresos del aserradero y su rentabilidad.

La agregación de cortes adicionales para la obtención de estos productos no afecta de forma negativa el coeficiente debido a que de las piezas que se extraen de los productos ya se les considera desperdicios, pues la mayoría se obtienen de tiras y costeras.

En casos especiales a la astilla se le llega a considerar un producto y es reportable en los estudios de coeficiente de aserrío para darle mayor valor agregado a los desperdicios de tiras y costeras, logrando que el coeficiente de aprovechamiento total alcance valores de hasta 80-85%, debido a que en ocasiones se mezcla con un poco de aserrín.

Cuando se reporta de forma oficial la obtención de astilla en un aserradero se emite también reembarques para astilla y se reconoce este coeficiente de transformación integral, limitando los residuos a la corteza y aserrín fino.

Técnicas y equipos de afilado

Calibres de la sierra

Anteriormente se mencionó que las sierras han hecho que los aserraderos evolucionen desde las sierras circulares, que consumían entre 5-6 mm en cada corte, hasta las sierras banda que consumen entre 3-4 mm, mientras que en las últimas décadas las sierras angostas logran consumir entre 1.5-2 mm; por lo que entre más angosta sea la sierra mayor será el coeficiente de aserrío.

Afilado

Normalmente cuando se tienen problemas de afilado el coeficiente de aserrío se ve afectado de forma negativa, debido a que se requiere darle a las piezas un mayor refuerzo para compensar el rayado que va a generar una sierra mal afilada, además de que va a consumir mayor madera de la que está prevista, normalmente se consume hasta 1 mm más debido a un mal afilado y esto puede impactar entre un 2-3% del coeficiente de aserrío (Figura 27).

En general esto sucede cuando no se cuenta con el equipo adecuado para realizar un afilado de precisión en un aserradero, o cuando el operador no cuenta con la destreza y experiencia suficientes para garantizar un buen acabado de sierras.

Acabado de la superficie de la sierra

Otro problema común que se presenta es la deficiencia de tensión y rolado, debido al mal mantenimiento de las sierras, lo que va a generar problemas de corte ondulado en la tabla, requiriendo así un mayor refuerzo y encarecimiento del coeficiente de aserrío; además de problemas operativos por fallas en la sujeción de sierras por parte de los equipos, lo que genera retrasos operativos.

Técnicas de control de calidad

Control estadístico de calidad

El control estadístico de calidad nos ayuda a mantener las características dimensionales de la madera aserrada en un rango de especificaciones, las cuales han sido preestablecidas mediante la medición de la capacidad operativa de la maquinaria presente en el aserradero.

Lo anterior nos ayuda a evitar que se rebasen estos límites y manteniéndolos en una magnitud óptima, lo que genera como resultado directo un aumento y mantenimiento del coeficiente de aserrío.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La variable que más se debe de cuidar en un proceso de control de calidad es el espesor, sin dejar de calibrar y monitorear las otras variables como: ancho, largo y clasificación.

Los reportes emitidos por parte del área de control de calidad estadístico deben procesarse de forma ágil y rápida para poder tener resultados oportunos y tomar las medidas correctivas adecuadas para mantener el proceso en control.

Figura 27. Equipos automatizados de afilado de sierras banda.



Monitoreo de variación de corte

La actividad de control de calidad más importante dentro del aserradero es el monitoreo de la variación de corte, la cual va a medir principalmente el espesor de las tablas, que es donde se puede tener la mayor pérdida del coeficiente de aserrío y donde normalmente convergen varias de las problemáticas que se presentan en un aserradero.

Aunque la mayoría de los problemas se van a deber a cuestiones relacionados con la medición y la habilidad de los operadores, también se presentarán problemas mecánicos y técnicos que se necesitan monitorear para evitar las desviaciones y las mermas en el coeficiente de aserrío.

Monitoreo del coeficiente de aserrío

El monitoreo permanente del coeficiente de aserrío es una de las variables poco medidas por las áreas de control de calidad u operativas dentro de los aserraderos, lo cual hace que las acciones por mejorarlo sean limitadas al no tener trazabilidad de este indicador en el tiempo.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En aquellos aserraderos donde se realiza el monitoreo permanente, e incluso diario, se tiene como una variable de control con límites bien establecidos, que incluso han formado parte de las políticas para la otorgación de bonos y beneficios salariales al personal.

El establecimiento de un monitoreo permanente se puede realizar en un aserradero mediante el uso de reportes de producción diario y la técnica de cuantificación por lotes. Se recomienda además reportarlo de forma periódica a la gerencia y a las áreas operativas para que se vuelva una cultura de eficiencia general en el aserradero.

Normalmente la ausencia del control del coeficiente de aserrío diario o periódico genera que este indicador sea bajo.

Técnicas de control documental

Monitoreo de clasificación

Otro aspecto que el área de calidad debe de estar monitoreando de forma regular es la clasificación de madera aserrada por parte del personal operativo, ya que se pueden tener mermas productivas y comerciales por una clasificación deficiente, ya que muchas veces los clientes buscan una calidad y políticas de clasificación; lo que genera rechazos que en su mayoría son complicados de manejar de forma comercial en el aserradero y terminan afectando directamente el desempeño general del coeficiente de aserrío y la rentabilidad del aserradero.

El control documental es una herramienta para el manejo de inventarios de madera aserrada y en rollo que permite estimar el rendimiento de las materias primas y del personal, localizando las mejores prácticas de forma ágil.

Control de existencias

Al tener el control de existencias bien establecido en el aserradero se puede comenzar a plantear un monitoreo permanente del coeficiente de aserrío.

Una falla común cuando el control es deficiente, son las salidas de madera de ventas al público en general, generando discrepancias en la información operativa y contable, afectando de forma directa los cálculos del CA.

Por lo anterior, una solución básica para que el coeficiente se calcule y monitoree de forma permanente es registrar toda entrada y salida de madera, no importa que no se cuente con criterios de volúmenes, por lo que no se debe omitir ningún registro. Posteriormente se estructurarán reportes de producción que permitan, con la técnica de lotes o documental para la estimación y monitoreo del CA. Una vez que se hace visible el indicador, los esfuerzos por mantener el CA por encima de cierto nivel se vuelven una práctica cotidiana,

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

por lo que en las empresas con controles de volúmenes bien desarrollados se tiene un mejor rendimiento y desempeño operativo.

Cadena de custodia

Normalmente los aserraderos que poseen la certificación de cadena de custodia tienen un control más preciso sobre las existencias de madera, lo que les permite tener visibilidad del desempeño productivo y monitorear de forma regular el coeficiente de aserrío.

Aunque el objetivo principal de la cadena de custodia es evitar la mezcla de las fuentes de materia prima, en especial las fuentes certificadas, los procedimientos también nos sirven para poder tener un control permanente sobre la productividad del personal y del aserradero en general.

Los controles que se establecen para obtener una certificación en cadena de custodia y los procedimientos que se mantienen para el monitoreo y control de la madera en todo el proceso de aserrío, permiten que el aserradero oriente esfuerzos de forma indirecta al aumento del coeficiente, debido a que se encuentra presente el indicador y al notar que descienden se pueden poner en marcha actividades correctivas.

Monitoreo permanente de CA

En aserraderos donde se cuenta con un monitoreo permanente, ya sea documental o por lotes y se revisa de forma periódica, normalmente de forma diaria o semanal, el coeficiente de aserrío se vuelve parte de los indicadores de desempeño laboral y operativo de la empresa; por lo que se monitorea con el objetivo de controlar costos y producción, procurando mantener esfuerzos para que no disminuya, generando con estas actividades que el indicador mejore o se mantenga en el tiempo.

Técnicas de control contable y financiero

En los aserraderos que tienen un fuerte control administrativo y financiero hay algunas variables que llegan a afectar el coeficiente de aserrío, la principal es el precio al que se adquieren las materias primas forestales.

Precios de materias primas

Una de las variables de mayor importancia en el aserrío es el precio de la madera en rollo, en especial cuando el personal tiene acceso a esta información, debido a que cuando las materias primas tienen un costo bajo se descuidan las operaciones y criterios de aserrío para mantener una productividad alta; en esta situación se presenta normalmente una gran cantidad de residuos debido a los descuidos por parte de la actitud del personal hacia los costos bajos.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La situación también se puede presentar de forma inversa, es decir, a un mayor precio de las materias primas se cuida más la productividad en la sierra principal, reflejándose en un aumento en el coeficiente de aserrío.

Normalmente los precios elevados de la trocería están asociados a una mayor dimensión de las piezas y una menor presencia de nudos y otros defectos como las torceduras y el ahusamiento.

Estas características de calidad en la trocería que están asociadas a los precios, hacen que se obtenga una mayor calidad en el procesamiento y que se vea reflejado en la obtención de madera de calidad y normalmente en un coeficiente elevado.

Cabe señalar que en algunos aserraderos la obtención de materias primas baratas con características desfavorables como diámetros pequeños, han resultado ser una alternativa para el desarrollo de nuevos productos y condiciones comerciales hacia el mercado para hacer un aprovechamiento óptimo, donde se han podido aprovechar trozas de hasta 8 cm de diámetro para la obtención de tableta de 3" y recuperación para armado de cajas de embalaje.

Costos de producción

El costo de producción está relacionado con los costos directos e indirectos que se tienen en el aserradero.

La trocería es el costo directo más importante, ya que representa casi el 75% del costo total de la madera aserrada. Los demás costos se consideran indirectos y son normalmente de comportamiento fijo, tales como los pagos de: energía eléctrica, salarios, mantenimiento y gastos administrativos.

El coeficiente de aserrío está en relación directa con los costos directos de producción, ya que ante un incremento en el precio de las materias primas el costo de aserrío se verá afectado de forma inmediata.

Rentabilidad y coeficiente de aserrío

El coeficiente de aserrío tiene una relación importante con la rentabilidad de un aserradero, ya que cada 1% del coeficiente representa en promedio entre un 3 a 5% de la utilidad neta.

Se debe tener especial precaución en el manejo del coeficiente de aserrío en relación con la rentabilidad ya que un descenso de 5% en este indicador puede colocar a un aserradero debajo de punto de equilibrio y llevarlo a la quiebra en pocos meses.

Ante este tipo de situaciones la reacción del aserradero es elevar la producción para compensar con flujo las pérdidas de productividad en la transformación. Sin embargo, siempre es aconsejable conocer el nivel de producción y coeficiente de transformación en

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

el que se alcanza el punto de equilibrio para evitar alcanzarlo y conservar los indicadores siempre se mantengan por encima.

Debido a que las mayores afectaciones al coeficiente de aserrío se dan en el espesor, cada milímetro que se pueda controlar y eficientar, puede representar hasta un 10% de rentabilidad neta, por lo que la búsqueda del milímetro es una práctica muy desarrollada en los aserraderos donde existen controles financieros.

Tecnología y prácticas de secado de madera

Durante el proceso de secado existen mermas en las piezas de madera aserradas que se someten a este proceso, normalmente cuando existen deficiencias de capacitación o malas prácticas en la operación de las estufas de secado, o bien en el estibado de la madera; esto sin contar los costos productivos asociados en los que se incurre cuando el secado es deficiente y tardado.

Dentro de las principales causas que afectan el rendimiento neto del aserradero es la incidencia de: grietas, rajaduras, acanaladuras, enmohecimiento, entre otros. Lo cual genera rechazos por parte de los clientes hacia estas piezas, que se vuelven complicadas de comercializar y muchas veces se convierten en desperdicios, situación que va a afectar de forma directa al coeficiente de transformación, pero que pocas veces es contabilizado.

Secado al aire libre

La principal causa de estas mermas es un estimado deficiente o incorrecto, el cual va a generar que se presente una mayor cantidad de defectos en las tablas. Las prácticas más comunes que se encuentran en los aserraderos de estibado incorrecto son:

- La base de las estibas está al ras del suelo o la primera estiba toca el suelo.
- Ausencia de soportes suficientes en la base de la estiba (Figura 28).
- Mezcla de espesores en la estiba.
- Mezcla de espesores en la misma cama de estibado.
- Separación heterogénea e insuficiente entre tablas en la cama de estibado.
- Ausencia o cantidad insuficiente de separadores en la cama de la estiba.
- Orientación inadecuada de las estibas respecto a la dirección del viento.
- Ausencia de protección en la parte superior de la estiba contra insolación y lluvia.
- Espesor irregular de los separadores.
- Ausencia o monitoreo incorrecto del contenido de humedad en la madera.
- Ausencia de la práctica de almacenamiento final en bodega techada, cuando la madera se encuentra seca.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Secado en estufa

Las causas comunes al momento de sacar madera en estufa de secado son los siguientes:

- Un mantenimiento inadecuado de los equipos de secado.
- Equipos fuera de uso por falta o ausencia de mantenimiento y refacciones.
- Pérdidas de transferencia de calor de la caldera a la estufa.
- Ausencia de desviadores de viento para la correcta circulación dentro de la cámara de secado.
- Flujo irregular dentro de la cámara de secado.
- Estimado incorrecto dentro de la cámara de secado.
- Secuela de secado incorrecta para la especie a secar.
- Falta de seguimiento y correcta aplicación de la secuela de secado.
- Ausencia de tratamientos de estabilización al final de la secuela de secado.
- Ausencia o monitoreo incorrecto del contenido de humedad en la madera.
- Secado de madera de baja calidad o gran cantidad de defectos.

Las mermas por consecuencia de prácticas deficientes representan menos del 1% del coeficiente de transformación, cuando las secuelas son prolongadas, tanto al aire libre como en estufa, debido al consumo de combustibles, mano de obra y espacio estas afectan a los costos de producción y tiempos de recuperación de efectivo.

Figura 28. Corrección de estibado.



Ejemplo 6. Determinación de costos y rentabilidad

En un aserradero se tienen varias interrogantes sobre la operación general, comenzando sobre la rentabilidad operativa, la cual hasta el momento no se ha determinado, debido a que los flujos operativos de caja han podido sacar adelante los compromisos financieros de la empresa, sin embargo, hay varias propuestas de mejora y situaciones que están cambiando rápidamente.

El aserradero consigue su abasto de madera a \$3,000 / m³r, y está comercializando a un precio de madera aserrada millrun de \$18.00 / pt.

Los costos y rendimientos de las sierras se han mantenido constantes a un precio de cada sierra de \$4,000 y una vida útil operativa de 200 horas, requiriendo afilado cada dos horas a un costo de \$200. Por otra parte, se tienen en nómina a 10 personas, alcanzando un monto de \$180,000 / mes de sueldos y prestaciones.

El aserradero tiene una producción diaria promedio de 8,000 pt, trabajando de lunes a sábado, decir, se tiene una producción mensual de 192,000 pt, con un coeficiente de aserrío nominal de 52% (220.5 pt/m³r).

Mensualmente el mantenimiento de los equipos en promedio tiene un costo de \$50,000, \$45,000 de electricidad, \$2,500 de papelería, \$10,000 de servicios, \$9,000 de gasolinas y gastos de representación de \$15,000, además de tener un presupuesto para mercadotecnia de \$8,000 y compromisos financieros de \$50,000, dónde \$20,000 son de intereses y el resto de amortización.

La maquinaria, terrenos y equipos tuvieron una inversión de \$18 millones, la cual se depreciará a 10 años (\$150,000/mensuales).

Considerando todo lo anterior, hay que plantear soluciones al consejo de administración sobre las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es el costo de producción de cada pie tabla elaborado?
2. ¿Cuál es la rentabilidad operativa del aserradero?
3. ¿Cuál es el punto de equilibrio?
4. ¿Qué tan sensible a cambios en la productividad, tanto en la cantidad producida, como en la transformación?

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Costos variables de producción

Información requerida		Fórmula	Valor
A	Producción en pt/día		8,000.00
B	Duración de la jornada laboral en h/día		8.00
C	Coeficiente de aserrío nominal (pt/m ³ r)		220.50
D	Costo de la madera en rollo \$/m ³ r		3,000.00
E	Costo de la sierra \$/unidad		4,000.00
F	Vida útil de la sierra en h		200.00
G	Costo de afilado de la sierra \$/servicio		200.00
H	Duración del afilado en h		2.00
I	Producción por hora (pt/h)	A / B	1,000.00
J	Costo de afilado por hora (\$/h)	G / H	100.00
K	Costo de la sierra por hora (\$/h)	E / F	20.00
L	Costo Variable de la Sierra en \$/pt	J / I	0.10
M	Costo Variable de Afilado en \$/pt	K / I	0.02
N	Costo Variable de la Madera en \$/pt	D / C	13.61
O	Costo Variable Total en \$/pt	L + M + N	13.73

Costos fijos de producción

Información requerida		Fórmula	Valor
P	Nómina en \$/mes		180,000.00
Q	Mantenimiento en \$/mes		50,000.00
R	Electricidad en \$/mes		45,000.00
S	Papelería en \$/mes		2,500.00
T	Servicios en \$/mes		10,000.00
U	Gasolinas en \$/mes		9,000.00
V	Representación en \$/mes		15,000.00
W	Publicidad en \$/mes		8,000.00
X	Intereses en \$/mes		20,000.00
Y	Depreciación en \$/mes		150,000.00
Z	Costo Fijo Total en \$/mes	P + Q + R + S + T + U + V + W + X + Y	489,500.00

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Costos totales de producción

Información requerida		Fórmula	Valor
AA	Producción mensual pt/mes	$A \times 24$	192,000.00
AB	Costo Fijo Total en \$/pt	Z / AA	2.55
AC	Costo de Producción Total en \$/pt	$AB + O$	16.27

Rentabilidad del aserradero

Información requerida		Fórmula	Valor
AD	Precio en \$/pt		18.00
AE	Ganancia neta unitaria en \$/pt	$AD - AC$	1.73
AF	Margen de utilidad en %	$AE / AD \times 100$	9.58

Punto de equilibrio

Información requerida		Fórmula	Valor
AG	Ganancia bruta unitaria en \$/pt	$AD - O$	4.27
AH	Punto de Equilibrio en pt	Z / AG	114,514.77

Cambios en la productividad

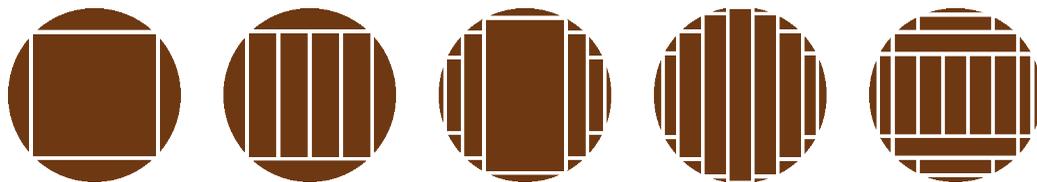
Se realizaron los mismos cálculos para obtener la rentabilidad cambiando la producción diaria y el coeficiente de aserrío, para conocer la capacidad financiera de la empresa, y los resultados se observan en el Cuadro 11, dónde se indica con color rojo cuándo el resultado no es favorable, amarillo a un nivel tolerable y en verde situaciones de nula rentabilidad y problemas financieros.

Se puede observar que mientras el CA se mantenga en 52% el aserradero no tendrá problemas severos, pero si este baja en 4% comenzará a tener pérdidas aún manteniendo su producción actual, lo que hace evidente la importancia de este indicador y el gran impacto financiero que soporta.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Cuadro 11. Efecto del coeficiente de aserrío y el nivel de producción en la rentabilidad del aserradero del Ejemplo 6.

Margen	Coeficiente de Aserrío Nominal								
	44%	46%	48%	50%	52%	54%	56%	58%	60%
6000	-9.1%	-5.2%	-1.7%	1.6%	4.6%	7.4%	10.0%	12.5%	14.7%
6500	-7.6%	-3.7%	-0.1%	3.1%	6.2%	9.0%	11.6%	14.0%	16.2%
7000	-6.3%	-2.4%	1.2%	4.4%	7.5%	10.3%	12.9%	15.3%	17.5%
7500	-5.2%	-1.3%	2.3%	5.6%	8.6%	11.4%	14.0%	16.4%	18.7%
8000	-4.2%	-0.3%	3.3%	6.6%	9.6%	12.4%	15.0%	17.4%	19.7%
8500	-3.3%	0.6%	4.1%	7.4%	10.4%	13.2%	15.8%	18.3%	20.5%
9000	-2.5%	1.4%	4.9%	8.2%	11.2%	14.0%	16.6%	19.0%	21.3%
9500	-1.8%	2.1%	5.6%	8.9%	11.9%	14.7%	17.3%	19.7%	22.0%
10000	-1.2%	2.7%	6.2%	9.5%	12.5%	15.3%	17.9%	20.4%	22.6%
10500	-0.6%	3.2%	6.8%	10.1%	13.1%	15.9%	18.5%	20.9%	23.2%
11000	-0.1%	3.8%	7.3%	10.6%	13.6%	16.4%	19.0%	21.4%	23.7%
11500	0.3%	4.2%	7.8%	11.1%	14.1%	16.9%	19.5%	21.9%	24.2%
12000	0.8%	4.7%	8.2%	11.5%	14.5%	17.3%	19.9%	22.3%	24.6%
12500	1.2%	5.1%	8.6%	11.9%	14.9%	17.7%	20.3%	22.7%	25.0%
13000	1.5%	5.4%	9.0%	12.3%	15.3%	18.1%	20.7%	23.1%	25.4%
13500	1.9%	5.8%	9.3%	12.6%	15.6%	18.4%	21.0%	23.4%	25.7%



TÉCNICAS Y PRÁCTICAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL COEFICIENTE DE ASERRÍO

Como vimos en el capítulo anterior, las medidas más críticas al momento de realizar mejoras que beneficien el coeficiente de aserrío están orientadas la mayoría en reducir la variación de corte y cuidar la calibración del espesor de la tabla, ya que es donde se encuentra la mayor brecha de oportunidad para lograr nuestro objetivo.

A continuación, se presenta una serie de recomendaciones generales que permiten elevar de forma significativa la productividad dentro del aserradero y que además, varias de estas se pueden emplear de forma simultánea para obtener mejores resultados y en algunas ocasiones en muy poco tiempo.

Materias primas

El primer grupo de prácticas para mejorar el coeficiente de desarrollo tienen que ver con el manejo y manipulación de las materias primas, es decir de la trocería.

Mejorar las prácticas de abastecimiento forestal

La primera forma de aumentar el coeficiente de aserrío es mediante una cercanía y mejora en las prácticas de abastecimiento forestal, donde se busca reducir el largo o refuerzo, así como mejorar el corte que se le da a las trozas, para disminuir el largo de esta entre 1" a

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

2", situación que beneficiará los costos de adquisición de materias primas al no pagar por madera que no se va a emplear en el proceso y reduciendo el desperdicio por cortes de calibración de tablas en largo.

Además de mejorar las dimensiones en el largo de la trocería, se pueden optimizar las prácticas de motoaserrado y derribo direccional, esto con el objetivo de que las trozas se maltraten lo menos posible y que la corteza siga protegiéndola, al mismo tiempo evitando piezas rajadas por el impacto de la caída y una mejor distribución de productos; mediante esquemas de clasificación de trocería y criterios de saneamiento, y de esta forma retirar defectos directamente en el bosque que no agregan ningún valor a la madera aserrada como es el caso de protuberancias, secciones podridas o quemadas, bifurcaciones, abultamiento de nudos y otros defectos.

En algunas ocasiones los pedidos que llegan a los aserraderos no tienen las medidas comerciales estándar que se ofrecen comúnmente, lo que requerirá pedidos especiales que pueden mejorar el aprovechamiento de las trozas y reducir de forma significativa los desperdicios por ajuste en largo; el cual se le puede realizar directamente en el bosque, es decir, en vez de solicitar trocería de 8' de largo se puede solicitar directamente la medida de 1.90 m para ofrecer la medida final de la tabla aserrada de 6', generando de esta forma ahorros significativos en la compra de materias primas y una distribución que favorece el aprovechamiento total del árbol, y por tanto se verá reflejado como un ahorro para el cliente y usuario final, mientras que para el aserradero y los propietarios del bosque como una ganancia.

Estas prácticas están siendo cada vez más comunes en las plantaciones forestales comerciales y en los bosques certificados, donde incluso ya se cuenta con maquinaria especializada para el abasto de materias primas forestales y que pueden brindar las dimensiones especiales con ajustes mínimos a sus procesos.

Recepción de materias primas

Entre las prácticas comunes para mejorar el desempeño del aserradero desde la recepción de materias primas forestales, es restringir los criterios de aceptación para diámetro y largo. Lo anterior implica la fijación de una medida de diámetro mínimo, que normalmente en los aserraderos tradicionales y que se dedican a la obtención de madera clasificada, es de 25 a 30 cm, mientras que en los aserraderos enfocados en la producción de tableta para tarima puede ser de hasta 15 a 18 cm.

Algunos aserraderos han visto oportunidades de mercado para procesar diámetros desde 8 a 10 cm donde obtienen tableta de 3", pero se debe contar con el equipo para la obtención de este producto como reaserradoras o tableteras.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Clasificación de trocería por categorías diamétricas

Cuando en los patios se cuenta con maquinaria especializada para poder manipular las trozas se puede realizar una clasificación por categorías diamétricas, con el objetivo de ir estandarizando los procesos.

Aunque parece una actividad laboriosa, rinde frutos rápidamente debido a que al contar con materias primas homogéneas en la torre principal, se reduce el tiempo en la toma de decisiones en cuanto al diagrama de corte a emplear y los productos a obtener, limitándose sólo a cargar y centrar para conseguir el mejor corte.

Es necesario señalar que esta técnica puede llegar a ser tediosa para el operador debido a que se vuelve sistemático el proceso de corte y monótono.

Esta estrategia presenta resultados muy buenos y de alto impacto en aserraderos con sierras gemelas y múltiples, debido a que se tiene que estar cambiando configuración de apertura de corte cuando se modifica el diámetro. Resultados similares se obtienen en aserraderos donde se tienen reaserradoras ya que permite realizar cortes estandarizados de forma más rápida.

Se puede complementar esta técnica con diagramas de corte preestablecidos, para así reducir aún más el tiempo de la toma de decisiones en el corte y estandarizar los procesos de producción, siempre que las materias primas sean homogéneas como la madera proveniente de bosques correctamente manejados o de plantaciones forestales (Figura 29).

Figura 29. Manejo de trocería clasificada por diámetro.



Igualmente, esta técnica tiene la ventaja de que aumenta la productividad general del aserradero al reducir tiempos por la toma de decisiones, generando así un flujo de producción más elevado, con el costo de inversión de tiempo en el acomodo de la trocería.

Clasificación de trocería por calidades

La clasificación de la trocería en los patios siguiendo los criterios de la norma NMX-C-359-1988 ayuda a aumentar el coeficiente de aserrío cuando se está trabajando con madera clasificada por calidades visuales. Sin embargo, los resultados más sobresalientes se obtienen cuando se emplea trocería con clasificación de segunda y primera, misma que puede ser comprada con los silvicultores a un sobre precio, y que será compensado con el rendimiento de madera de las mejores calidades.

Cuando se trabajada la clasificación millrun, se verá beneficiada la productividad si se emplean trozas de tercera y mejor, debido a que estas presentan una menor condición de ahusamiento y curvaturas.

Dimensionado de largo

Una de las operaciones que pueden optimizar el uso de la madera en rollo, y además reducir de manera significativa los defectos de ahusamiento y curvatura; cuando están presentes en el arbolado de la región, es la adquisición de largas dimensiones para poder hacer un troceo en patios, práctica que ayuda además a seleccionar las mejores secciones para pedidos especiales y de mayor calidad, con un mejor rendimiento.

Especies

De igual manera la especie juega un papel trascendental en la productividad de un aserradero, pues existen alternativas diferentes al Pino (*Pinus spp*) con precios más económicos y características anatómicas y tecnológicas que permiten obtener productos de buena calidad, con una menor cantidad de defectos que lo pueden reemplazar en los usos principales en México, tales como: tarimas, cimbra y polines para construcción, que representan más del 90% del consumo de madera.

Entre las especies que pueden llegar a ser sustitutos directos y que pueden aumentar el coeficiente de aserrío se encuentra el Aile (*Alnus spp*), la Melina (*Gmelina spp*) y el Oyamel (*Abies spp*). En la actualidad se están realizando esfuerzos por comenzar las plantaciones forestales comerciales con pinos tropicales, los cuales han presentado buenas características de desempeño en la producción de tarimas, aún en la madera que se obtiene en los raleos, por lo que en el mediano plazo pueden ser una alternativa viable para la sustitución del Pino de bosque nativo.

La búsqueda constante por sustitutos a la madera de Pino debe ser una actividad permanente en los aserraderos como parte de su proceso de innovación y desarrollo para buscar alternativas rentables y productivas que mejoren el desempeño general de la empresa.

Trazabilidad

La trazabilidad está jugando un papel más importante en el cuidado de los bosques y se le está dando mayor importancia, ya que cada vez son más los clientes que solicitan una cadena de custodia ligada a la certificación forestal para garantizar el aprovechamiento sustentable de los bosques; sin embargo, desde el punto de vista de la rentabilidad del aserradero, la trazabilidad va a jugar un papel diferente en la búsqueda de incrementar la productividad, ya que en este caso el objetivo principal es identificar las fuentes de abastecimiento que brindan un mayor rendimiento en el coeficiente de aserrío, ya sea por su manejo o por sus características nativas, esta madera tendrá que tener preferencia para el abasto y la transformación.

Si se mantiene una buena comunicación con los propietarios de los bosques donde se encuentra esta madera con mejores características, se puede plantear en el mediano y largo plazo el desarrollo de esquemas de mejoramiento genético forestal para aprovechar las características de estos árboles y su potencial comercial.

Mantenimiento de equipos

Otro grupo de mejora que normalmente se deja a un lado tiene que ver con el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de aserrío, siendo las siguientes prácticas las más prometedoras para incrementar el coeficiente.

Alineación

La alineación de los equipos contribuye a tener un corte en escuadría más uniforme, por lo que se debe de verificar que la escuadra del carro porta troza o de la bancada se encuentren alineados a la sierra principal de forma correcta con una tolerancia de hasta 0.5 mm/m.

Al mantener los equipos con una buena alineación permite evitar desperdicios por una escuadra irregular que tiene que ser compensada con un refuerzo adicional, elevando de esta forma el coeficiente de aserrío de forma directa.

Por lo que se debe de estar verificando la alineación general de los equipos de forma regular, preferentemente cada 2 semanas o mensualmente.

Mantenimiento general

Además de la alineación que es parte del mantenimiento general que se le requiere dar a los equipos, se debe poner atención especial a las fugas de los sistemas hidráulicos, ya que si estos presentan fallas, el funcionamiento del equipo y la calibración se verán expuestos y no obtendremos las medidas en las dimensiones que requerimos, forzándonos

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

a entregar madera adicional y reduciendo el coeficiente, por lo que se debe supervisar de forma permanente las fugas en este tipo de sistemas (Figura 30).

En todo momento se debe de evitar tener equipos parados, ya que desempeñan una función importante y específica en el proceso de producción, que al no contar con ellos no se obtendrán los beneficios esperados. Por ejemplo, si una tableta se encuentra descompuesta no podremos hacer la recuperación adecuada de los residuos por ende la disminución de algunos puntos de coeficiente.

Uno de los aspectos más importantes dentro del mantenimiento general que se debe vigilar de forma puntual para evitar tener variaciones de corte en una misma troza, son los sistemas de avance, donde normalmente se encuentra el desgaste de los piñones evitando así tener una calibración adecuada en el espesor de la tabla.

Aunque los puntos anteriores son los más críticos, se debe aplicar el mantenimiento preventivo de forma rutinaria, de acuerdo con las características de los equipos y procurando hacer las reparaciones de forma inmediata para evitar daños mayores y paros innecesarios en la producción.

Figura 30. Cambio de sierras y limpieza de equipos.



Afilado

Esta es una de las actividades que deben estar más vigiladas en el proceso de aserrío, ya que tiene una influencia directa en la variación de corte y en la calibración adecuada de las tablas en el espesor.

Uno de los aspectos que más se deben de cuidar en el afilado es el adecuado triscado de los dientes, para evitar que las tablas salgan rayadas, en la superficie, además de reducir

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

el consumo en cada corte, situación que puede disminuir entre 1 y 2 mm en la medida del espesor que se pueden ahorrar por concepto de menor consumo de corte y la reducción de refuerzos debido a un mal acabado.

Complementariamente y para evitar retrasos en la operación también se debe vigilar el adecuado rolado y tensionado de las sierras para evitar que la superficie de la tabla quede con ondulaciones o de escalibada en algunas secciones de la superficie; esta situación hará que se consuma más madera para garantizar la medida mínima necesaria, lo que implica un mayor refuerzo de cada tabla.

El contar con equipos especializados para el afilado ayuda a mantener las sierras en un estado óptimo de desempeño. En general no se recomienda realizar un afilado manual de las sierras, ya que se tendría una gran variación en los resultados, afectando de forma negativa al coeficiente de aserrío.

Calibración y monitoreo de equipos

El monitoreo y la calibración de los equipos son actividades que deben estar presentes en todos los aserraderos mediante el establecimiento de áreas de control de calidad con funciones bien definidas, destacándose las siguientes:

Control de calidad

Para los aserraderos existen diversas técnicas de control de calidad, entre las más eficientes se encuentran las técnicas de control estadístico de calidad, las cuales están enfocadas principalmente a monitorear y controlar el espesor de las tablas; sin embargo, también se pueden establecer métodos de control que monitoreen variables adicionales tales como:

- Ancho de la tabla.
- Largo de la tabla.
- Clasificación de calidad.
- Contenido de humedad.
- Coeficiente de aserrío.

El control de calidad normalmente se lleva a cabo mediante el uso de gráficos de control, donde las variables objetivo son monitoreadas a intervalos de tiempo preestablecidos, los cuales normalmente emplean metodologías estadísticas para su construcción.

No obstante, para iniciar un proceso de mejoramiento de la calidad se puede comenzar por monitorear el promedio obtenido de una muestra de 10 tablas, las cuales serán medidas con la metodología de 11 puntos, para monitorear las 3 dimensiones básicas de la tabla: grueso, ancho y largo. Con estas medidas se obtendrá el promedio y se fijará un límite inicial para cada dimensión de: ± 1 mm para espesor, ± 2 mm ancho y ± 1 cm para largo.

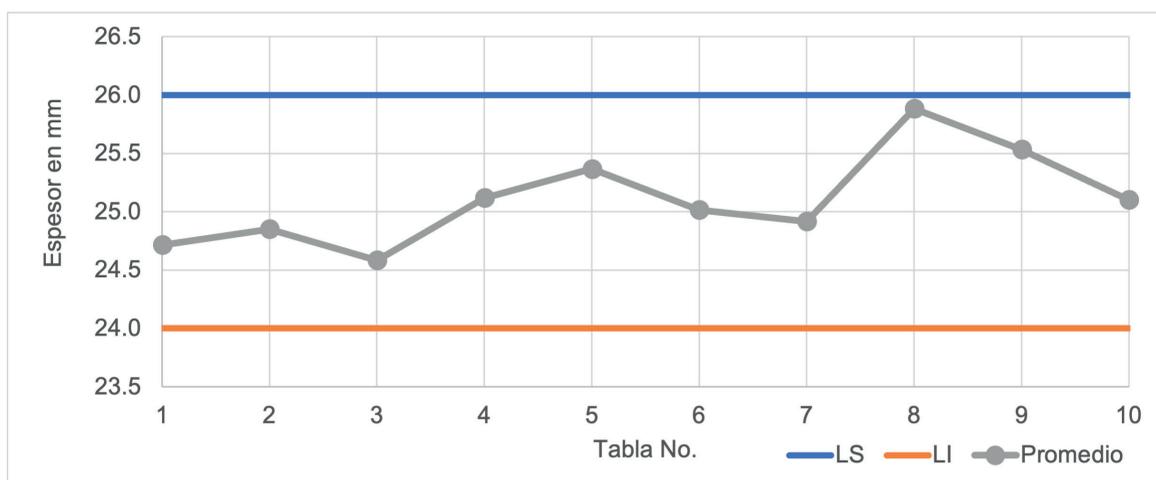
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Complementariamente se puede tener una gráfica de rango de variación, donde se graficará la diferencia entre el valor máximo obtenido de la muestra y el mínimo; para controlarlos en los siguientes rangos: 0 – 2 mm para espesor, 0 – 4 mm para ancho y 0 – 2 cm para largo (Cuadro 11 y Gráficos 3 y 4).

Cuadro 12. Muestra de control de calidad de espesor.

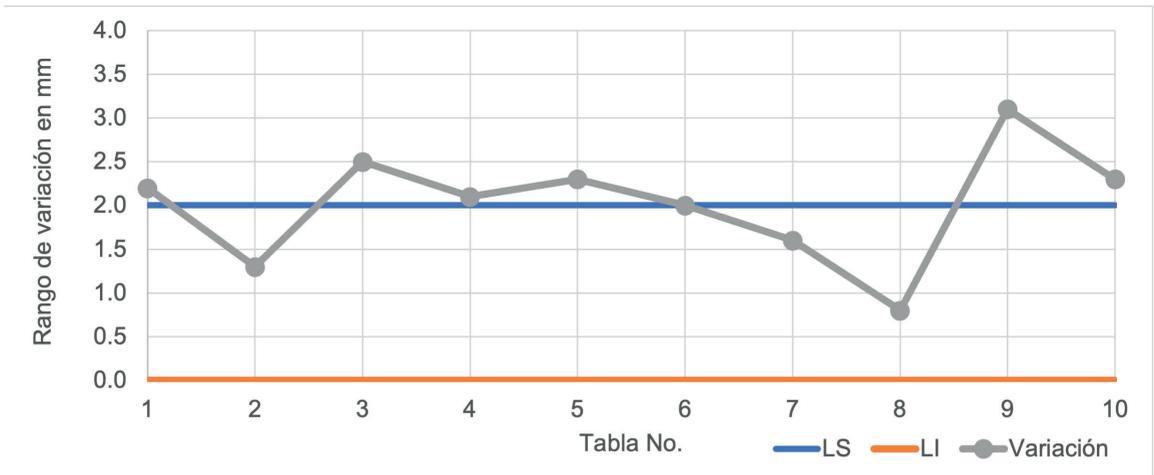
Medida	Espesor (mm)						Promedio	Rango de variación
	1	2	3	4	5	6		
Tabla 1	27.5	24.7	25.4	25.1	25.1	24.8	24.7	2.2
Tabla 2	23.2	25.3	24	24.3	25	25.3	24.9	1.3
Tabla 3	25.3	24.1	24.3	25.9	25	24.8	24.6	2.5
Tabla 4	25.6	24.1	25.1	24.6	25.8	24.9	25.1	2.1
Tabla 5	24.5	25.4	25.4	24.7	25	24.7	25.4	2.3
Tabla 6	25.1	25.5	24.8	26	24.9	24.9	25	2
Tabla 7	26.1	25.3	25.6	24	24.9	24.6	24.9	1.6
Tabla 8	23.2	25.6	26	25.7	26	25.6	25.9	0.8
Tabla 9	24.1	24.1	25.7	25.8	25.7	24.7	25.5	3.1
Tabla 10	27.3	25.2	26	25.2	25	25.5	25.1	2.3

Gráfico 3. Gráfico de control de calidad de promedios.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Gráfico 4. Gráfico de control de calidad de rangos.



Gráficos de control de calidad

Hay que resaltar que el objetivo del área de control de calidad no es solamente medir las tablas, sino buscar la fuente de las anomalías cuando estas están presentes y comenzar los procesos de gestión para su corrección. Si no se realizan estas funciones los resultados de estos procesos no sucederán.

El control de calidad normalmente genera resultados de corto plazo debido a que entran en vigilancia las variables de producción, procurando su cumplimiento, siendo el resultado más notorio un incremento en la productividad, producción general y ganancias del aserradero.

Otra variable que se puede controlar de forma eficaz es el coeficiente de aserrío, el cual una vez que se logra monitorear de forma permanente y diaria genera conciencia y prácticas en todo el personal para evitar que este indicador decaiga, comenzando así un proceso de mejora continua.

Cuando se cuenta con vigilancia del coeficiente de aserrío, para obtener resultados de corto plazo se recomienda establecer un límite inferior, basado en los resultados del promedio estimado, de esta forma se generen esfuerzos para aumentarlos en general.

Variación de corte

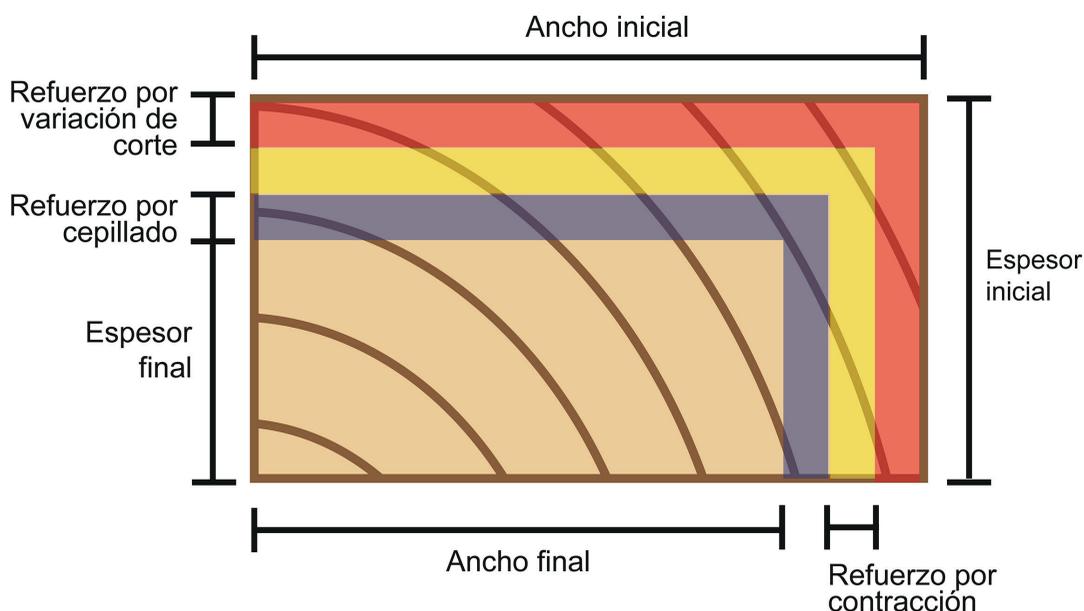
Se debe monitorear de forma permanente la variación de corte que tienen las tablas debido a los diferentes factores que se han explicado con anterioridad y así garantizar que el producto estará dentro de los límites pactados en las condiciones comerciales.

Normalmente la variación de corte en un proceso controlado en general debe garantizar

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

un calibrado con una precisión de ± 1 mm. Aunque en los procesos donde no se encuentra bien controlada se puede encontrar variaciones que alcanzan hasta ± 3 mm. Cuando acontece esta situación hay que buscarlas fuentes de variación y buscar corregirlas lo más pronto posible, ya que generará una exigencia en un mayor esfuerzo por un proceso que se encuentra fuera de control de calidad.

Figura 31. Dimensiones de la madera aserrada y sus refuerzos.



Refuerzo calculado

La primera actividad que se debe de hacer en todo aserradero es calcular adecuadamente cuál es la cantidad de refuerzo necesaria para su proceso productivo, de acuerdo con las condiciones con las que cuenta actualmente. Para lo cual se puede emplear la Fórmula 17.

Como consideraciones generales, el nivel de contracción del Pino oscila entre el 5.5% y 11.5%, por lo que tomar un valor de 8.5% es adecuado para la mayoría de las especies comerciales, para las de rápido crecimiento se recomienda emplear un valor de por lo menos 10%. Por otra parte, el consumo por cepillado normalmente oscila entre 0.05" y 0.075" (1.27 mm a 1.91 mm); y el uso generalizado de la madera en México es de 15% de contenido de humedad, mientras que estufada es del 8 al 10% (Figura 31).

Se debe realizar una labor de convencimiento especial para hacerle ver al cliente que un refuerzo excedido puede repercutir en problemas de productividad en el cepillado, ya que requerirá una mayor cantidad de operaciones de maquinado.

Una vez que se logra convencer a los clientes de emplear el refuerzo adecuado, se

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

pueden ahorrar de 2 a 4 mm de espesor en cada tabla, lo que impactará en un elevado coeficiente de aserrío.

La principal implicación de utilizar este criterio comercial para la comercialización de la madera aserrada es que se necesita tener un área de control de calidad que realice un monitoreo de forma permanente de la variación de corte y el calibre de las tablas.

Fórmula 29. Cálculo de dimensión óptima.

$$DO = \frac{DF + RC}{1 - C \times (1 - CH / 30)} + Z \times \sigma$$

Donde:

DO = Dimensión óptima de la tabla.

DF = Dimensión final ojetivo.

RC = Refuerzo por cepillado para ambos lados de la tabla.

C = Contracción tangencial.

CH = Contenido de humedad al que se usará la tabla.

σ = Desviación estandar de la calibración.

Z = Valor Z correspondiente al nivel de confianza.

Ejemplo 7. Cálculo de dimensión óptima

Para determinar el refuerzo necesario para una tabla de 3/4" (19.05 mm) de medida final y considerando una contracción de 8.5%, que será estufada a 10% de contenido de humedad y cepillada con desbaste de 0.075"; y la variación de corte se controla en ± 1 mm. ¿Qué refuerzo necesita?

DF = 19.05 mm

RC = 1.905 mm

C = 8.5%

CH = 10.0%

Z = 3 (Confiabilidad del 99.7%)

$\sigma = 2 / 6 = 0.33$ (Empleando la Fórmula 16)

Dimensión óptima

$$DO = \frac{19.05 + 1.905}{1 - 0.085 \times (1 - 10 / 30)} + 3 \times 0.33 = \frac{20.955}{0.9439} + 1 = 23.2 \text{ mm}$$

La dimnesión óptima es de 23.2 mm para una tabla de espesor de 3/4" (19.05 mm), por lo que el refuerzo óptimo es de 4.15 mm.

Equipos complementarios

Para poder extraer una mayor cantidad de productos escuadrados a partir de las trozas y generar un aprovechamiento integral es necesario contar con equipos adicionales para la recuperación de madera.

Reaserradoras y tableteras

Los equipos de corte secundario como las reaserradoras y tabletas juegan un papel trascendental en la recuperación de madera y en el aumento de la capacidad instalada de los aserraderos, ya que normalmente estos equipos duplican la capacidad del equipo principal.

El uso adecuado de estos equipos puede aumentar considerablemente el coeficiente de aserrío, debido a que emplean sierras de menor calibre y reducen la cantidad de trabajo a la sierra principal; por lo que se existe un beneficio doble, ya que también aumentará la capacidad de producción general.

Cuando no se cuenta con este tipo de equipos (Figura 32), es común ver un aserradero con bajos coeficientes de aserrío debido a la incapacidad operativa para poder procesar productos menores.

Recuperación de madera

La recuperación de madera es una de las actividades más prometedoras para incrementar el coeficiente de aserrío y los ingresos del aserradero mediante la incorporación de valor a los residuos que se han producido previamente.

El objetivo de la recuperación es obtener nuevos productos a partir de las tiras, costeras y recortes, con el objetivo de realizar un aprovechamiento integral de la madera.

Para la correcta implementación de este tipo de estrategias se debe analizar, que solo debe quedar la corteza sin cortar; lo que nos lleva a considerar en los diferentes productos que se pueden extraer a partir de las piezas que hasta ahora se han considerado como residuos.

Productos secundarios

Si la reaserradora está orientada a la producción únicamente de tablas y tablones o piezas mayores como: guardaras, vigas y polines; una de las estrategias más viables para incrementar el coeficiente de aserrío, es la inclusión de tableta para tarima y duela para caja de embalaje.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Estos dos productos requieren de una tecnología básica para su adopción, con inversiones que no son tan costosas y que se pueden recuperar en el corto plazo, con los ingresos adicionales generados de estos.

Figura 32. Tabletera y reaserradora.



Figura 33. Armadora de tarimas y tarimas armadas.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La recuperación de piezas no debe ser la única finalidad al comenzar el proceso recuperación de materiales, en la medida de las posibilidades, se debe plantear la capacidad de ofrecer productos terminados, es decir, tarimas y cajas de embalaje armadas (Figura 33).

En algunos otros aserraderos, cuando comienzan las prácticas de aprovechamiento integral, adoptan la producción de cuadrados de 1" x 1" para la producción de palo de escoba, e incluso se llegan a instalar boleadoras para ofrecer productos terminados. Cabe destacar que la demanda de este producto en México es muy alta, ya que está ligada al mercado de consumo doméstico.

Otros bienes que se pueden plantear para hacer la recuperación y producción de nuevos productos es la inclusión de partes de muebles como patas y travesaños de cortas dimensiones, que se pueden obtener muy fácilmente de los residuos. Adicionalmente, se puede pensar en la producción de molduras, que normalmente se recuperen de las tiras y recortes.

En algunas partes del país el mercado bioenergético está tomando importancia para la producción de astilla en medida estándar o pellets, el cual se puede producir a partir de tiras, costeras y recortes, así que es una alternativa que va cobrando importancia en el corto tiempo.

La leña y carbón, son otras fuentes bioenergéticas de consumo recreativo y comercial que poseen un mercado bien establecido, principalmente en la preparación de alimentos, donde se pueden aprovechar algunos de los residuos.

En el caso de la corteza, esta puede ser empleada en la producción de composta para la producción de plantas ornamentales y de viveros forestales.

En general se deben de seguir buscando de forma permanente soluciones y alternativas para darle valor agregado a todos aquellos cortes que hoy día se les considera residuos.

Sistemas automatizados y sensores

En México el uso de sensores y sistemas automatizados para el centrado y apertura de las trozas, así como la definición de los diagramas de corte de acuerdo a los requerimientos de producción, es una práctica que en general no se está llevando a cabo pero que puede traer consigo excelentes resultados para el aserradero, ya que se reduce de manera significativa a la toma de decisiones por parte del personal además de que se automatizan y estandarizan los procesos.

En la actualidad este tipo de sistemas han reducido en gran medida sus costos de inversión, por lo que ahora su instalación resulta ser más viable.

Estos sistemas incluso permiten obtener una mayor cantidad de madera aserrada de calidad, debido a que en algunos casos se utilizan sistemas de Rayos X para la detección de defectos en el interior de la troza, u otras tecnologías de escaneo; como la reflexión láser

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

para identificar la forma de la troza y su grado de ahusamiento y/o curvatura, presentando además opciones de corte en tiempo real para optimizar el rendimiento.

Adicionalmente estos sistemas pueden ser instalados en las líneas de clasificación de madera aserrada, lo cual permite homogeneizar y armonizar los criterios para tener una adecuada clasificación con el uso de la tecnología.

Técnicas y procedimientos de asierre

Las técnicas más directas para modificar de manera positiva el coeficiente de aserrío, son las técnicas de trabajo directo de corte y las estrategias para la obtención de productos.

Técnicas de asierre

En general, existen 2 métodos comunes de asierre:

- El método vivo: consiste en realizar cortes repetidos de forma paralela en un solo plano.
- El método de canteo: busca optimizar la cantidad de tablas obtenidas desde una troza mediante volteos para su asierre.

El método vivo puede ser empleado con buenos resultados en la producción de madera aserrada sin clasificar (millrun); sin embargo, cuando ya se está produciendo madera clasificada con trocería de segunda, es posible que este método puede aportar buenos resultados, debido a que la mayor parte de los defectos se concentran en las tablas del centro.

Este método también es bastante empleado cuando se cuenta con equipos de sierras múltiples o gemelas, y se producen piezas estandarizadas a un solo calibre de espesor.

En general, el método más empleado es el de canteo, en sus diferentes variantes, debido a que permite escoger las mejores caras de la troza y de esta forma obtener una mayor cantidad de madera de calidad cuando la troza no tiene características tan favorables para su aserrío.

Cuando se presenta una gran cantidad de defectos, o estos son prominentes, como nudos de gran tamaño, el método de canteo es la mejor opción para aumentar el rendimiento por troza.

El método de cierre se vuelve más crítico cuando se están cortando trozas de diámetros reducidos, ya que el operador tiene pocas alternativas y será necesario tener una mayor precisión para que el rendimiento sea adecuado.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Dentro de los métodos de aserrío existen variantes, dependiendo del número de volteos que se le dé a cada troza, y de la secuencia que estos van a tener, tal como se muestra en la Figura 27.

La elección final del método va a depender en su mayoría de los objetivos de corte de cada aserradero; sin embargo, regularmente se recomienda realizar al menos 1 volteo para aumentar el potencial productivo.

En el caso donde se cuenta con reaserradoras o tableteras, el objetivo de la técnica generalmente es obtener los flichés para posteriormente ser tableteados en los equipos. Normalmente cuando en el aserradero se tiene esta configuración, se busca obtener la mayor cantidad de estos con medidas alineadas a los múltiplos que se pueden obtener en los equipos subsecuentes. Bajo estas condiciones, el método vivo, resulta ser una de las herramientas más adecuadas para la productividad general del aserradero, y además elevar la capacidad productiva. Para la adecuada aplicación de las técnicas de aserrío se deben de considerar las siguientes recomendaciones:

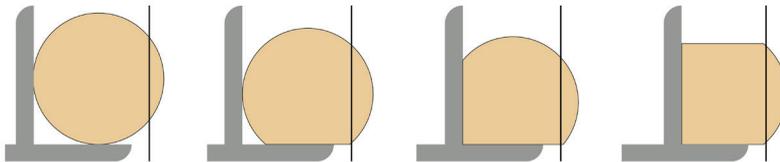
- Realizar un corte de apertura con un ancho no mayor a 4", procurando realizar los cortes lo más delgados posibles, preferentemente, retirando costeras delgadas en los primeros cortes, excepto en aquellos casos donde la costera sea un producto comercial.
- Una vez que se ha perturbado la troza, se recomienda hacer por lo menos 2 cortes para retirar la corteza.
- Aserrar en gruesos no mayores a 1" o 4/4", hasta que se logre obtener el cuadrado principal, lo anterior con el objetivo de identificar los posibles defectos que van apareciendo de forma gradual en la troza, tales como: nudos, manchas, interrupciones de hilo, cambios de dirección, rajaduras, bolsas de resina, áreas quemadas o podridas, clavos u otros.
- Evitar dejar marcas adicionales sobre la superficie de las tablas, como la de los sujetadores o las garras de volteo.
- Cuando se asierren trozas torcidas, se recomienda comenzar el corte por la parte prominente o "la panza", y nunca dejar que esta quede hacia arriba o hacia abajo, además procurando realizar cortes menores o iguales a 1" o 4/4".
- Cuando se tiene la presencia de rajaduras grandes, estas se deben de aserrar de forma paralela.
- Cuando se tienen trozas nudosas, se debe colocar al frente del carro o la bancada el extremo nudoso y emplear el método de asierre 1-3-2-4.
- Cuando se están cortando dimensiones precisas, los nudos grandes se deben confinar en las líneas del centro de las caras amplias de las tablas.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

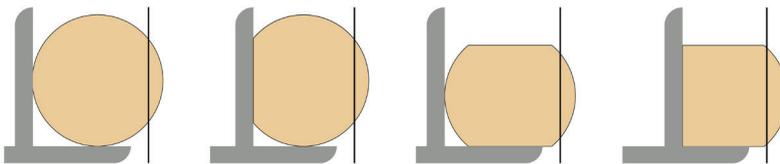
- En trocerías cilíndricas y sin defectos, o clasificadas en segunda y mejor, así como diámetros no mayores a 55 cm, se debe de emplear el método de asierre 1-3-2-4.
- Si la troza presenta una rajadura se debe comenzar los cortes por la cara donde se ubica.
- Cuando se tienen contrafuertes u otras deformaciones como aguzamientos prolongados se debe realizar un centrado con referencia a la cabeza de menor diámetro y buscando retirar esta imperfección en los primeros cortes.
- Cuando la médula es hueca, se recomienda cortar un polín o tablón para atraparla en el centro de la pieza.

Figura 34. Técnicas de aserrío.

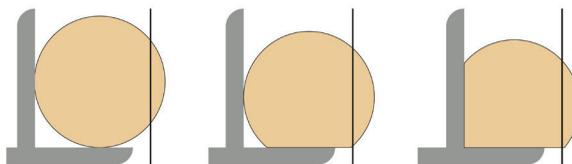
Métodos de corte de canteo



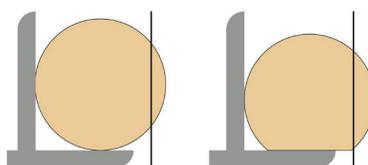
Corte de canteo 1-2-3-4



Corte de canteo 1-3-2-4

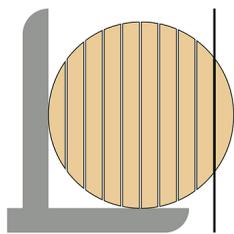


Corte de canteo 1-2-3

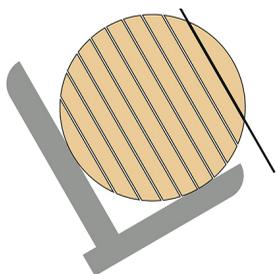


Corte de canteo 1-2

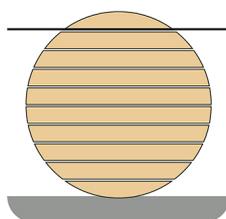
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío



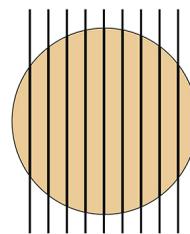
Aserrío de carro con sierra vertical



Aserrío de carro con sierra inclinada

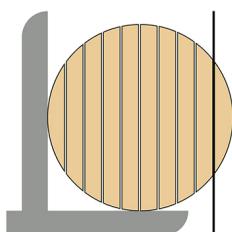


Aserrío de bancada con sierra horizontal

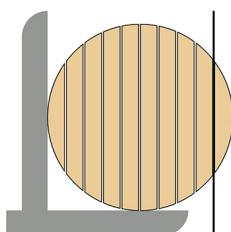


Aserrío de sierras múltiples

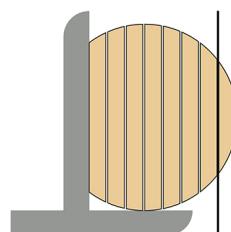
Métodos de corte vivo



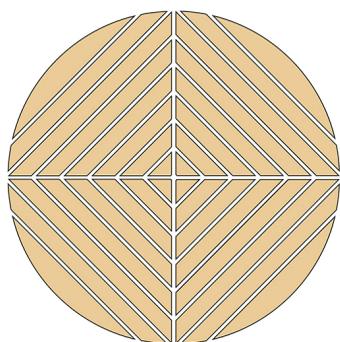
Corte vivo sin volteo



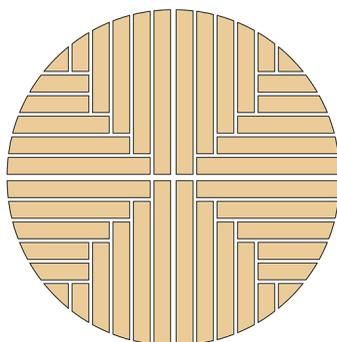
Corte vivo con volteo 1-3



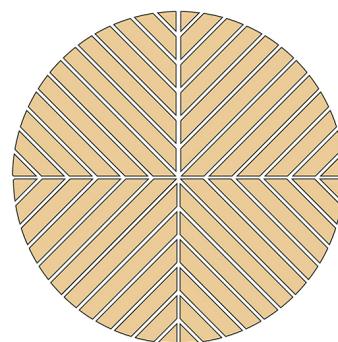
Métodos de corte especiales



Corte tangencial



Corte en cuartos



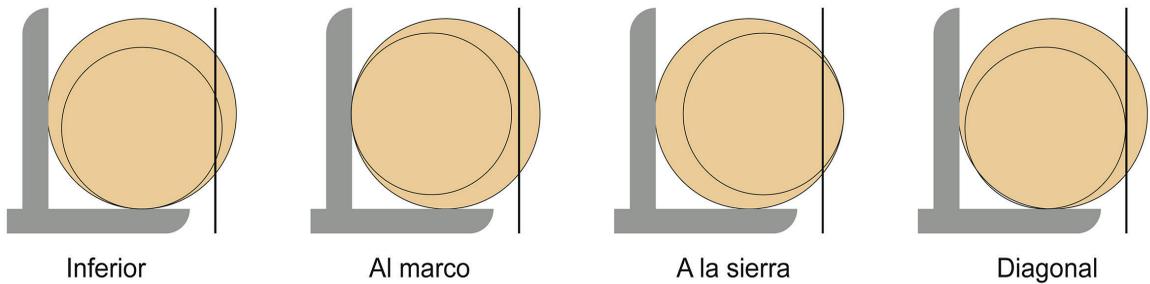
Corte radial

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Técnicas de centrado

Se presenta diversas técnicas de centrado que van a dependerán o del equipo con el que se cuenta para poder manipular la troza, tanto en él volteo como en él centrado (Figura 35).

Figura 35. Técnicas de centrado.



En general se debe de buscar encontrar el corte recto que permita obtener las medidas comerciales en la cara de menor dimensión, para de ahí comenzar a dar la escuadría en la troza, algunas de las técnicas de centrado se va a requerir el apoyo del personal, ya que en la mayoría de los equipos tradicionales no se cuenta con centradores (Figura 36).

En cualquiera de las técnicas que se utilice para centrar, se debe de fijar de forma adecuada la troza, para evitar que los cortes tengan variación.

Corte de apertura

El corte de apertura es el más importante de todos los cortes, pues una falla en la ubicación de este puede reducir de forma significativa el coeficiente de aserrío (Figura 30), situación por la cual se recomienda emplear las guías láser para facilitar al operador la ubicación de este.

La ubicación del primer corte se vuelve más crítica en el rendimiento general de la troza, conforme el diámetro se va reduciendo, ya que la tolerancia o la flexibilidad de corrección se reducen al no tener espacio.

La amplitud con la que debe contar el primer corte, debe estar orientada a la obtención del ancho de la primera tabla, la cual normalmente es de 4", cuando se trabajan con medidas comerciales estándar; sin embargo, en algunos aserraderos esta medida se puede reducir a 3", para incrementar el rendimiento, siempre que exista mercado para este tipo de producto.

Adicionalmente, la ubicación del primer corte debe procurar esquivar o evitar dejar en el centro de la tabla la presencia de nudos u otros defectos, para darle una mejor calidad visual a las tablas, tanto de esta cara como de las otras (Figura 30).

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En la metodología de mejor cara de apertura o BOF (por sus siglas en inglés), se enlistan 19 criterios para la ubicación correcta, los cuales son los siguientes:

1. El espesor y ancho finales considerando el cepillado, acabado y terminado, así como la contracción por secado si se estufa.
2. Refuerzo mínimo de cepillado para garantizar un adecuado acabado.
3. Contracción por secado en estufa, el valor puede variar del 3% al 8%. Si no se especifica, BOF utiliza el 5% como una estimación general para las especies comerciales de coníferas de América del Norte.
4. La variación de corte considerando una confiabilidad al 95%.
5. El ancho de corte del diente de la sierra principal y de la canteadora.
6. El diámetro menor a ingresar al proceso, haciendo la aclaración que las trozas con 50 cm tienen mejores resultados.
7. La variación del diámetro entre troncos a procesar.
8. En ancho de los cortes sucesivos al corte de apertura.
9. El ahusamiento o conicidad del tronco en cm/m o in/ft.
10. La tolerancia del ancho de la gema de corteza respecto al ancho de la tabla.
11. La longitud mínima comercial aceptable para las tablas.
12. El ancho comercial más estrecho aceptable para las tablas.
13. El rango de tamaños o la mezcla de medidas de ancho y espesor que se pretende fabricar.
14. Los precios de la madera aserrada.
15. La inclusión de distribución de productos (tableta, tablón, polín, etc.) o limitación a la obtención de tablas.
16. Simulaciones de corte.
17. Diferenciación de precios para maximizar ingresos.
18. La distribución de productos a estufar y los que no se estufarán.
19. Preferencias de producción o aumento de demanda de una medida específica.

El uso de la metodología BOF, ha generado buenos resultados en el incremento del coeficiente de aserrío y en general en la calidad de la madera obtenida (Figura 37), así como en el aumento de los ingresos, no obstante, se requiere de entrenamiento y experiencia por parte del aserrador; o el uso de aplicaciones, software y equipos computacionales con sensores que automaticen esta función.

Figura 36. Sistemas de centrado y volteos hidráulicos.



Diagramas de corte

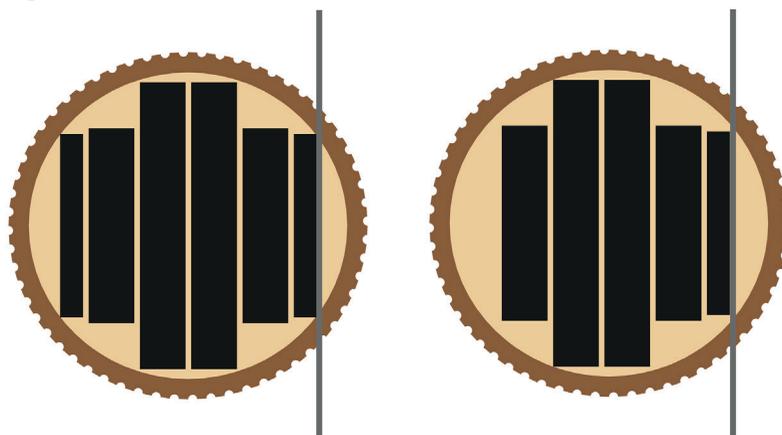
La técnica del diagrama de corte es una herramienta utilizada en los aserraderos para maximizar el rendimiento de la madera aserrada, al minimizar los residuos y obtener la mayor cantidad posible de piezas de madera de alta calidad.

Este diagrama es una representación gráfica de cómo se cortará la madera, en el cual se muestra la disposición de las piezas de madera en relación a un tronco o pieza de madera a aserrar, así como las dimensiones de las piezas resultantes.

Para llevar a cabo esta técnica en un aserradero, se deben considerar la siguiente información:

- Dimensiones de la troza (diámetro).
- Características de la troza como: ahusamiento, curvaturas, etc. (Figura 38).
- Producto requerido (grosso y ancho).
- Equipo de aserrío.
- Proceso de producción o equipos complementarios de corte (sierra principal, reaserradera, tabletera, etc).

Figura 37. Cara de apertura e impacto de un mal del primer corte.



Para lograr el objetivo de los diagramas de corte es necesario que cada uno de los elementos involucrados se encuentren relacionados entre sí. No es suficiente definir un tipo de método de corte basado en el equipo y el producto a obtener, sino que es necesario adecuarlo a las características de las trozas en cuanto a su diámetro y forma, así como a las características del proceso. Todo lo anterior es fundamental para lograr la optimización del proceso de aserrado y maximizar la eficiencia en la obtención de piezas de madera de alta calidad.

Existen varios métodos para obtener el diagrama de corte de aserrío, como son:

- Cálculos matemáticos.
- Dibujando y graficando en papel.
- Tablas de diagramas de corte (plantillas).
- Simulación.
- Programas de cómputo.
- Pruebas de ensayo en aserrío.

Para la elaboración de diagramas de corte, las trozas siempre deben ser examinadas en las secciones transversales y se asume una forma circular para éstas; ya que mediante la aplicación de la técnica de diagramas de corte se pretende:

- Producir un cuadrado de máximas dimensiones de madera aserrada de la troza.
- Generar diversidad de alternativas de asierre (considerando el tipo de madera que demanda el mercado).
- Seleccionar las dimensiones y distribución de productos más conveniente para cada diámetro menor de la troza (planeación de la producción).
- Identificar la clase correcta de troza que puede ser seleccionada para cada producto objetivo.
- Optimizar el uso de materias primas.

Principios de elaboración de diagramas de corte

El tipo de método a utilizar estará en función del grado de precisión que se desee, y todo diagrama deberá basarse en los siguientes principios generales:

- La médula de la troza debe ser dividida, excepto en aquellos casos donde es hueca, en ese caso se debe mantener al centro de las piezas.
- No hacer diagramas de corte asimétricos.
- Para las tablas del cuadrado central, las dimensiones deberán ser totales o completas en los diámetros menores de las trozas pequeñas.
- Obtener el mejor coeficiente de aserrío que sea posible.
- Se deberá considerar el refuerzo, la contracción de la madera, grosor y ancho del diente de la sierra (triscado o suajeado).
- En trozas grandes se podrá producir madera aserrada ancha o gruesa.
- En trozas pequeñas producirán madera aserrada de dimensiones pequeñas en ancho y grueso.
- En trozas de coníferas tratar de obtener tablas de altura y en trozas de hojosas tratar de conseguir tablas de duramen.
- Obtener únicamente dimensiones comerciales.
- El diagrama de corte puede ser elaborado con el mayor cuadrado como sea posible.
- En trozas de baja calidad se recomienda producir madera de dimensiones gruesas.
- En trozas de alta calidad se recomienda producir madera aserrada de dimensiones delgadas.

Plantillas

Un tipo de método de diagramas de corte, es con el uso de plantillas, donde se considera la dimensión óptima de corte de una pieza de madera aserrada, agregando el refuerzo y considerando el corte por el calibre o ancho de la sierra.

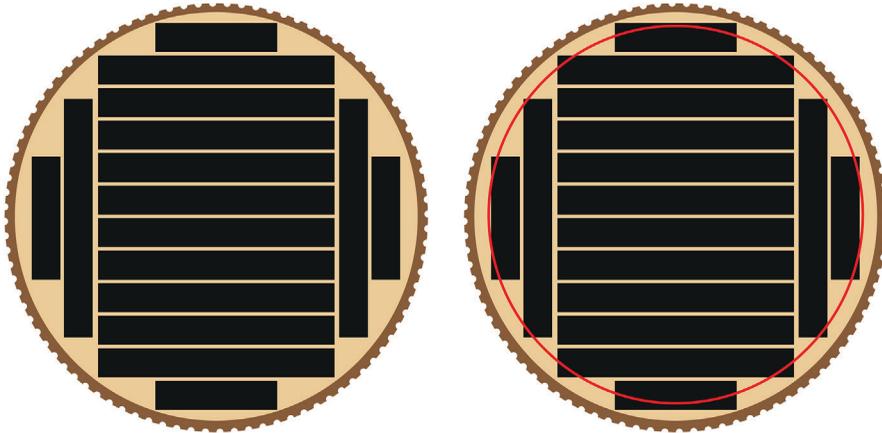
Estas plantillas se ubican en la circunferencia de la troza procurando distribuir las plantillas en toda la superficie de la mejor manera posible, priorizando las medidas de mayor valor comercial.

Aplicaciones y software

El uso de aplicaciones computacionales o software, es una de las prácticas cada vez más comunes para aumentar la productividad del coeficiente de aserrío y optimizar el uso de la troza. Existen en el mercado diversas alternativas de estas aplicaciones, con diferentes esquemas de contratación y en algunos casos gratuitas.

Cabe resaltar que también existen aplicaciones para el diseño de productos como tarimas, donde se calcula la dimensión ideal de acuerdo a los esfuerzos que va a estar sometida para ofrecer alternativas a los clientes conforme a sus requerimientos.

Figura 38. Ejemplos de diagramas de corte, con y sin ahusamiento.



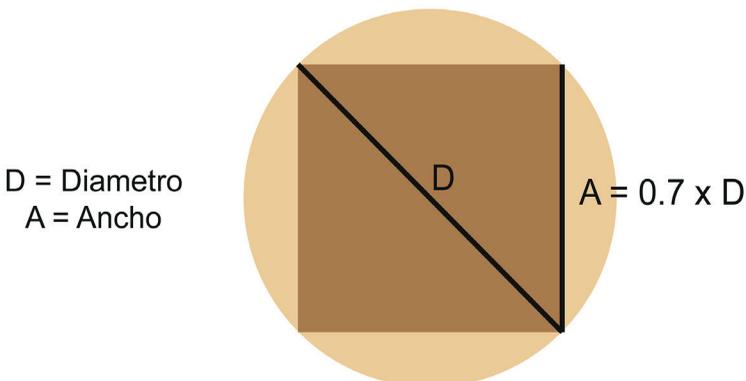
Modelos matemáticos

El modelo matemático más empleado para la optimización del proceso de aserrío y que aumenta de forma significativa su coeficiente es el del cuadrado máximo, el cual emplea principios geométricos para calcular cuál es el ancho máximo que se puede obtener de una troza a partir de su diámetro sin corteza (Figura 39).

El uso de este modelo es relativamente sencillo y se complementa con los métodos de aserrío, centrado y apertura de caras. Y lo que busca es realizar cortes hasta alcanzar el ancho del cuadrado más amplio, el cual normalmente se redondea a la medida comercial nominal más cercana; de esta forma se busca garantizar la mayor cantidad de tablas del mayor ancho posible.

El cuadrado obtenido puede ser tableteado en la torre principal, una vez que se han alcanzado sus dimensiones, o bien ser dimensionado en flichés para hacer tableteado en los equipos subsecuentes.

Figura 39. Modelos matemáticos para obtener el máximo cuadrado.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La técnica es relativamente sencilla y consiste en multiplicar el diámetro por un factor de 0.7 para obtener la medida del ancho del cuadrado más grande que puede obtenerse de la troza. Por ejemplo, si una troza mide 40 cm sin corteza, el cuadrado más grande que se puede conseguir de esta tendrá un ancho de 28 cm; sin embargo, la medida nominal más cercana es la de 10", por lo que los esfuerzos de corte y volteos realizarán los cortes necesarios hasta llegar a la medida objetivo de 10" en cada una de sus caras.

Los cortes previos a la obtención del cuadrado máximo deben estar orientados a la optimización y recuperación de materiales para que el coeficiente sea lo más alto posible.

Técnicas de afilado

El afilado es una de las actividades más importantes en el aserradero, ya que inciden en la productividad general y en todo el proceso productivo, por lo que una sierra mal afilada y calibrada generará tablas de mala calidad y por ende coeficientes de aserrío bajos.

Triscado y suaje

Las sierras deben de contar con un triscado o suaje bien calibrado en su ancho, para garantizar que la sierra corte de forma adecuada, evitando ondulaciones, rayado o cortes irregulares.

Rolado

La sierra debe contar con las características de rolado adecuados para tener una buena sujeción en los volantes, de lo contrario la sierra tendrá movimiento durante su operación, generando rasgado en vez de cortes e incrementando las posibilidades de que la sierra se salga de los volantes.

Por lo que al recibir una sierra ancha se debe de verificar que esta cuente con las propiedades de rolado mediante a la inspección con regla, tal como se muestra en la Figura 40.

Tensionando

El tensionado de la sierra es otra propiedad que se debe de vigilar e inspeccionar para evitar que la sierra tenga vibración y realice cortes irregulares, esta se puede inspeccionar mediante una regla metálica larga en el perfil plano, donde debe de observarse un perfil recto.

Figura 40. Inspección de correcto rolado en sierra y volante.



Afilado

Se debe de afilar de forma correcta las sierras empleando las piedras y esmeriles adecuados de acuerdo con la forma de la garganta y del diente.

Además, se debe de realizar una inspección para identificar grietas en la garganta del diente o la ausencia de estos. Cuando existan estas situaciones se debe mandar a reparar la sierra o retirar el segmento y soldar uno en mejor estado, para que la sierra pueda realizar su función de forma adecuada.

En el caso de que se presenten grietas, quiere decir que se está sobre forzando el equipo y que se requiere ajustar la velocidad de corte o de alimentación, esto sucede normalmente cuando la densidad de la madera es mayor o bien tiene una mayor cantidad de defectos.

Hay que recordar que las sierras bien calibradas son uno de los factores más importantes para poder controlar el coeficiente de aserrío, así como la productividad y calidad del aserradero.

Afilado manual

En general se debe de evitar el afilado manual debido a que no puede brindar a la sierra las características adecuadas para un aserrío de precisión, ya que las propiedades de la sierra son milimétricas y de forma manual es muy complicado poder lograr darle la calibración adecuada.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Figura 41. Afilado manual y mecánico de sierras.



El hecho de tener un afilado manual, normalmente tendrá como consecuencia un coeficiente menor y un acabado de la superficie de la tabla irregular, generando una mayor demanda de refuerzo.

Afilado mecánico

El afilado mecánico y con equipo especializado (Figura 41) es indispensable en los aserraderos, por lo que cada unidad debe contar con un taller de afilado especializado para dar atención a las sierras banda, el cual debe contar mínimamente con los siguientes equipos:

- Afiladora con esmeril.
- Roladora.
- Soldadora.
- Suajeador.
- Triscador.

En caso de que no se pueda contar con un taller especializado se puede plantear la contratación de un servicio a una empresa especializada en el afilado y reparación de sierras para garantizar el adecuado desempeño al momento del corte.

Técnicas y procedimientos de asierre

La seguridad industrial es un aspecto poco valorado, cuando las empresas se comprometen con ella obtienen resultados tanto en productividad como en compromiso por parte de su

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

personal, es por esto que también se deben de considerar este tipo de estrategias para poder incrementar la productividad.

Figura 42. Señalización y equipo de protección personal de seguridad.



Identificación de riesgos

Una de las principales actividades en materia de seguridad industrial es la detección de riesgos de forma visual, mediante la colocación de letreros para su identificación y advertencia; así como para las medidas de evacuación, restricción de actividades, ubicación de dispositivos de extinción de incendios, ubicación de botiquines de primeros auxilios y vías de tránsito de vehículos de carga, entre otros.

Adicionalmente se deben dibujar las líneas de seguridad alrededor de los equipos y capacitar al personal para el tránsito dentro de la empresa y sus instalaciones de producción.

Un aspecto importante es que los equipos de mitigación y extinción de incendios deben estar debidamente cargados y con caducidad vigente, además de tener en perfecto estado los botiquines de primeros auxilios; complementando todo lo anterior con una capacitación adecuada.

La cobertura con seguro social o seguro de gastos médicos mayores debe ser una prioridad para la empresa, para la salvaguarda de su patrimonio y la integridad de su personal.

El equipo de protección personal debe ser dotado de forma periódica, de acuerdo a los requerimientos específicos de cada uno de los puestos, y reemplazado una vez que se ha dañado por uso (Figura 42).

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Hay que recordar que los costos por atención de un accidente siempre serán mucho más altos que los de prevención.

Condiciones laborales

El talento humano es parte fundamental para el lograr el objetivo general, de aumentar el coeficiente de aserrío, es por ello que no sólo se puede pensar en estrategias dirigidas a la operación de la maquinaria, si no también considerar a los operadores, quienes van a lograr los resultados que se están planteando, asimismo es que se proponen estrategias orientadas al manejo y gestión de las personas.

Esquemas de bonificación y gamificación

Los incentivos económicos son los más comunes que se emplean en la industria; sin embargo, no son los únicos.

Para poder conseguir resultados extraordinarios por parte del personal se puede plantear la otorgación de bonos y recompensar cuando se alcancen los objetivos que a la empresa le interesa, normalmente estos objetivos son de producción, no obstante se pueden ampliar a otros indicadores, como: el coeficiente de aserrío, la variación de corte, el porcentaje de madera de calidad, entre otros; los cuales pueden ser remunerados con algunos de los siguientes beneficios:

- Alimentos y bebidas.
- Días de descanso.
- Jornadas reducidas.
- Electrodomésticos.
- Despensas.

Adicionalmente se pueden generar gratificaciones con festejos patronales o días festivos como: Navidad, Año Nuevo, Día del Trabajador, el día del aserrero (19 de marzo), entre otros.

También se puede desarrollar un esquema de prestaciones superiores a las de ley, donde se le plantea al trabajador beneficios no monetarios como parte de su retribución, donde se pueden incluir: cuotas de gimnasio, guarderías, descuentos en restaurantes, precios preferenciales para algunos artículos de primera necesidad, o algún otro beneficio que apoye la economía familiar o la calidad de vida.

Cabe destacar que un ambiente laboral confortable apoya a que el compromiso con la empresa sea más fuerte, brindar una adecuada infraestructura y mejoras en las condiciones de servicios para el personal como son: baños, regaderas, vestidores, comedor, cafetería, entre otros puede tener grandes resultados.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Además de eso se pueden manejar esquemas de psicología del color, como los que se mencionaron en el capítulo anterior, para elevar la productividad general de todo el personal.

Pago por producción

Una de las herramientas más comunes y de las más usadas para el manejo de personal y obtener resultados directos hacia la producción y el rendimiento del coeficiente de aserrío, es realizar un pago directo a la producción diaria que tienen los empleados y restringiendo el pago salarial por día, que comúnmente se le conoce como pago a destajo.

En algunos casos donde la producción es irregular debido al abasto, se puede plantear un esquema mixto, siempre que se cuente con el volumen mínimo para que el aserradero sea rentable y no ingrese en un umbral de pérdidas, para que a partir de este nivel se comience el pago a destajo.

Se debe evitar en todo momento poner un tope superior, ya que el incentivo económico por ganancias adicionales siempre estará vigente.

Segundo turno

Cuando la demanda de madera de un aserradero es rebasada por su capacidad de producción tradicional, la primera línea de ampliación de capacidad productiva no está en la compra de maquinaria adicional, sino en el desarrollo de un segundo turno de trabajo, lo cual hará que se duplique la producción una vez que el personal esté capacitado.

En algunos aserraderos se ha llegado a implementar este segundo turno de forma semi nocturna, para obtener los beneficios de las cuotas eléctricas, las cuales son más bajas en los horarios nocturnos.

Se puede complementar esta estrategia con un comparativo de producción entre turnos, para así incentivar al personal a la competitividad y aumentar los indicadores que sean de interés.

Costos de producción

Además de los aspectos operativos y de personal; el considerar los aspectos financieros y contables como parte de los procesos de control apoya a la concientización y obtención de resultados orientados a la eficiencia y productividad del aserradero.

Costos directos

El monitoreo permanente de los costos de producción ayuda a desarrollar estrategias,

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

actividades y comportamientos orientados a la mejora continua, entre los principales factores que se deben cuidar de forma regular y preferentemente graficarlos, se encuentran:

- Precio de la materia prima (\$/m³r)
- Costo de materia prima (\$/pt)
- Coeficientes de transformación nominal (pt/m³r)
- Producción diaria (pt/día)
- Precio de venta (\$/pt)

Cuando estos indicadores son revisados de forma periódica, preferentemente diaria, por parte de los supervisores, gerentes y directivos; se crea una cultura orientada a la productividad y el rendimiento financiero; ya que al verse afectada alguna de las variables, tanto de forma positiva como negativa, se refleja en acciones inmediatas por parte de todo el personal. Ya sea para mantenerlas si es que el cambio fue positivo, o en su caso aumentarlas en caso de ser negativo.

Este tipo de indicadores también ayudan a la fijación de esquemas de bonificación y recompensas para el personal, así como a supervisar de forma directa la rentabilidad general de la empresa.

Costos indirectos

Aunque los costos indirectos no se reflejan totalmente en la producción, si tiene un efecto directo en la rentabilidad de la empresa, por lo que se deben de mantener categorizados y vigilados dentro de un presupuesto para monitorear su desempeño.

Dentro de las principales categorías a vigilar son:

- Mantenimiento.
- Electricidad.
- Sueldos y salarios.

Ya que estos son los que tienen un efecto directo sobre las variables de producción y normalmente representan casi el 80% de los egresos fijos, por lo que una variación correctamente identificada puede ayudar a evitar que se salga de control en situaciones posteriores, mediante la aplicación de medidas preventivas.

Esto sucede normalmente con los costos de mantenimiento, los cuales por obviar las actividades preventivas, terminan elevándose, reduciendo además la productividad general e incrementando los costos por reparaciones.

En algunos aserraderos se acostumbra a vigilar el costo laboral por pie tabla, como medida general del desempeño de su personal y para la fijación y pago de bonos de desempeño.

En el caso de los gastos de electricidad, se debe procurar realizar las secuencias correctas de encendido y apagado de la maquinaria para evitar el registro de picos de consumo, así

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

como utilizarla en horarios donde la cuota es más económica.

Condiciones comerciales

Dentro de las prácticas más fáciles de aplicar para incrementar el coeficiente de aserrío tenemos la modificación de las condiciones comerciales, de acuerdo con las siguientes estrategias.

Condiciones comerciales de refuerzo

Uno de los problemas más complicados en el manejo comercial es el refuerzo, la primera implicación o interrogante es: ¿quién debe pagarlo?

En este sentido las condiciones comerciales donde se tiene que entregar un refuerzo, el costo normalmente es absorbido por el aserradero, siendo el más severo el del espesor, el cual puede representar un 25% del volumen total de la tabla cuando se otorga un refuerzo de 1/4", condición frecuente en la venta de madera de 3/4" en la mayor parte del país.

En algunos estados del norte del país esta práctica ha ido cambiando para reducir la cantidad de refuerzo que se entrega sin cargo al cliente, donde la misma tabla que tiene un calibre real de 1" se vende con medida nominal de 7/8" con un refuerzo de 1/8". Siendo esta práctica más saludable para el aserradero y que brinda resultados inmediatos en la cuantificación del coeficiente de aserrío aproximándose cada vez más al real.

Cabe resaltar que este ajuste en las mediciones comerciales o nominales, va a generar un ajuste en los precios aparentes, creando que el precio por pie tabla (pt) se vea reducido; sin embargo, si el cliente requiere alguna otra medida adicional, las condiciones comerciales serán benéficas para los ingresos del aserradero y además para el coeficiente de aserrío.

En mismas condiciones este ajuste de precios para un pie tabla de una pieza de 3/4" que tiene un precio de \$18.00/pt, el ajuste haría que el precio por pie tabla a 7/8" sea de \$15.43/pt.

Cambio de medidas nominales

Las medidas nominales en un aserradero normalmente son en múltiplos de 1/4" para el espesor, de 2" para el ancho y de 2' para el largo, situación que hace que se desperdicie una gran cantidad de madera y que los coeficientes de aserrío para las medidas que no logran calibrarse en estos múltiplos, descatalogan en la categoría anterior, teniendo mermas entre un 10% hasta 33%.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Un ajuste a estos múltiplos que puede beneficiar al aserradero y su coeficiente es reducirlos a los siguientes múltiplos:

- 1/8" para espesor.
- 1" para ancho.
- 1' para largo.

Aunque lo más recomendable es que se pueda gestionar la venta de madera a medida pegada, situación que ya acontece en las madererías y que es una de las fuentes de mayor capitalización de valor de estas empresas.

Medida pegada

La estrategia más efectiva para elevar de forma drástica el coeficiente de transformación en cualquier aserradero y reducir la brecha que existe entre el coeficiente de aserrío nominal y real, consiste en tratar de negociar la venta de la madera a medidas reales, o como comúnmente se le conoce "a medida pegada".

Esta práctica brinda diferentes beneficios además del incremento directo en el coeficiente de aserrío, como es el control documental y financiero, sin la necesidad de requerir hacer conversiones o ajustes para la estimación directa de los indicadores.

Una vez que se logra esta condición el aserradero solo se debe preocupar de garantizar el calibre comprometido, vigilando la variación que puede existir en el proceso y las tolerancias pactadas, que en general pueden ser de hasta ± 2 mm.

Es muy común cuando se realizan negociaciones directamente con empresas armadoras de tarimas emplear la medida pegada; sin embargo, es una práctica que se puede replicar con los demás clientes y que promete resultados de corto plazo siempre que la variación de corte, el rayado y ondulaciones en las tablas no se presente (Figura 43).

Desarrollo de mercados

El mercado maderero es muy tradicional y cambiar las condiciones comerciales en muchas ocasiones es complicado, no obstante al ser el cada vez más competitivo, existen nichos de mercado donde se pueden encontrar oportunidades diferentes a las tradicionales y con condiciones que benefician más al aserradero.

Nuevas medidas

Para proponer nuevas medidas que no se encuentren bajo los canales tradicionales de comercialización se necesita conocer muy bien cuáles son los requerimientos de los usuarios finales; para proponer una medida que genere la menor cantidad de desperdicios y que sea utilizada de forma estandarizada para múltiples procesos.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Como primera consideración, el ofrecer este tipo de valor agregado al mercado, es cambiar el sistema inglés o real por el métrico decimal y así poder ofrecer medidas diferentes como pueden ser: múltiplos de 0.5 cm para el espesor, 1 cm para el ancho y 10 cm para el largo.

Hay que resaltar que para poder ofrecer este tipo de servicio y nuevo régimen métrico en algunos casos va a ser necesario el ajuste físico de los equipos para poder producir estas medidas.

Figura 43. Problemas de variación de corte y rallado en las tablas.



Especificaciones finales a clientes

Cuando se tiene una venta directa sin intermediarios, o se tiene una muy buena relación con los clientes, se genera una proximidad al cliente para conocer cuáles son las necesidades para sus procesos productivos, con el objetivo de ofrecer piezas terminadas o semi terminadas a dimensiones especiales, que van a ahorrar tiempo de transformación al usuario, lo que se verá reflejado como una agregación directa de valor.

Esta diferenciación en el mercado puede traer consigo 3 beneficios directos para el aserradero:

1. Aumento del coeficiente de transformación, ya que normalmente las piezas a medida especial permiten una mayor flexibilidad y aprovechamiento de la madera en el proceso de corte.
2. Los ingresos por venta por el mismo volumen aumentan, ya que el cliente está dispuesto a pagar un poco más por el ahorro que estas piezas le van a generar a su proceso.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

3. La competencia reduce, ya que los demás seguirán ofreciendo las mismas piezas con las medidas tradicionales y sin los beneficios que puede traer la cercanía con el cliente.

Cabe destacar que este tipo de estrategias requiere de visitas regulares a los procesos de transformación del usuario final para mantener al día las necesidades y requerimientos que necesita.

En algunas ocasiones estas estrategias se acompañan con un manejo de identidad corporativa a través de una marca y un empaque al producto terminado, ya sea que lo cubra y lo proteja ante las condiciones medioambientales, o bien simplemente sea una identificación en cada una de las tablas; esto con el fin de evitar que ingrese algún competidor sin percatarse de ello.

Secado de madera

Aunque el secado de la madera no tiene impactos tan severos en el coeficiente de aserrío, siempre se pueden ir mejorando las prácticas generales del aserradero con el objetivo de mantener un proceso de mejora continua y evitar la generación de residuos a partir de malas prácticas.

Estibado correcto

El estibado correcto de la madera es una de las estrategias más prometedoras para evitar la incidencia de defectos por un mal secado, por lo que se debe tener especial precaución en esta actividad mediante la vigilancia permanente del personal para que realicen un trabajo adecuado.

El principal problema que se tiene de un mal estibado se debe al factor humano, ya que no hay retroalimentación y correcciones cuando el trabajo está mal realizado, por lo que se deben de seguir las recomendaciones del capítulo anterior y reducir la tolerancia en estas actividades hacia el personal.

Asimismo se debe de contar con la infraestructura necesaria para realizar un secado adecuado y hacer la orientación adecuada de las estibas, para promover el adecuado flujo de aire, tanto en las estufas como en el secado al aire libre.

En el caso de las estufas de secado, además se debe ordenar las estibas de forma tal que se evite el flujo de aire sin obstáculos. Mientras que en el secado al aire libre se deben ubicar las estibas en la dirección predominante del viento.

Monitoreo de humedad

Es necesario realizar además un monitoreo constante de la humedad en las tablas para

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

dar seguimiento a las escuelas de secado, tanto al aire libre como en estufa, empleando para ello dispositivos especializados para esta función. El monitoreo debe realizarse por lo menos una vez al día.

Una vez que se encuentra secada la madera al contenido de humedad objetivo, se deben desarmar las estibas y colocar la madera en un lugar cerrado para preservar sus condiciones de secado, y evitar el uso de espacio e infraestructura para agilizar los procesos de secado.

Seguimiento y desarrollo de secuelas de secado en estufa

Se debe llevar a cabo de forma permanente un monitoreo de las secuelas de secado en estufa, para buscar reducir los tiempos y mejorar la calidad del secado.

Cuando se tienen secuelas de secado muy prolongadas, es decir, mayores a una semana, se debe contratar la asesoría de un especialista para revisar las condiciones de infraestructura de la estufa y el programa de secado que se está siguiendo, ya que seguramente alguno de estos dos tendrá algún inconveniente que está generando retrasos y procesos improductivos.

Cuando las cargas de madera dentro de las estufas de secado no se secan de forma homogénea, normalmente es debido a problemas de diseño de la estufa o a modificaciones que están perjudicando el proceso en vez de beneficiarlo.

Manejo de materiales

El aserradero no es un proceso lineal, aunque en general sigue una serie de pasos para dar las dimensiones en un orden cronológico; sin embargo, este orden puede ser alterado para obtener beneficios adicionales de recuperación de materiales.

Para aumentar la productividad y producción del aserradero se pueden obtener piezas semiterminadas en la máquina principal para posteriormente pasarlas a las tabletas o reaserradoras, situación que beneficiará tanto los tiempos de producción como el coeficiente de aserrío.

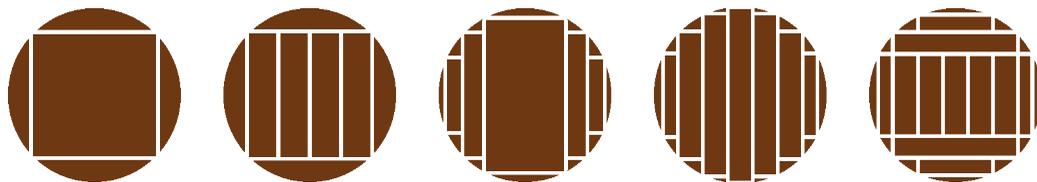
Normalmente cuando estos equipos están presentes en el aserradero, duplican la capacidad productiva, sí se manejan de forma adecuada.

Es común ver estibas de productos semiterminado, cuando estos procesos se aplican de forma correcta, por lo que el uso de patines hidráulicos y montacargas, así como bandas, plataformas, tarimas y racks; son equipos complementarios que apoyan el flujo de producción.

Los carruseles de producción montados con bandas transportadoras son una alternativa viable cuando el volumen de producción comienza a ser elevado.

Lista de verificación para mejora del coeficiente de aserrío

Con el objetivo de enfocar esfuerzos para aumentar el coeficiente de aserrío, es necesario conocer cuáles son las características presentes en el aserradero en cuanto a control productivo y operativo, con el propósito de realizar un plan de mejora, para lo cual se puede emplear la lista de verificación del Anexo 9.



MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS PARA ASERRÍO

El mantenimiento industrial es una de las áreas vitales dentro de la empresa forestal, lamentablemente también es una de las más olvidadas, principalmente por la intermitente operación, falta de abasto o de mercado, cambios administrativos, entre las principales causas, generando que los equipos reduzcan su vida útil, estén en condiciones inoperables, o realicen sus funciones con un desempeño inferior.

En los aserraderos la calibración y mantenimiento tiene un papel de gran importancia, determinando la capacidad de entregar madera de calidad y medidas adecuadas, permitiendo la generación de ahorros en refuerzos incensarios y elevando la productividad y rentabilidad.

Las prácticas de inspección y mantenimiento, en los aserraderos y sus equipos de corte necesitan procesos y técnicas de calibración específicas que se deben realizar con regularidad para prologar su vida útil y garantizar el adecuado funcionamiento y desempeño.

Los problemas de mantenimiento se ven reflejados en las tablas y sus características, mismas que al presentar defectos de procesamiento dan información para diagnóstico de fallas en el mantenimiento y calibración de los equipos, por lo que si se presenta alguna irregularidad en las tablas se sugiere comenzar por revisar el Anexo 10.

Equipo de manipulación de trocería en patios y vehículos

La manipulación de trocería en patios y vehículos es un proceso de alta complejidad que requiere la implementación de técnicas adecuadas de levantamiento, transporte, almacenamiento y mantenimiento para garantizar la seguridad de los trabajadores

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

y la integridad de la madera. En este contexto, es esencial contar con los equipos y maquinarias adecuados, como montacargas, grúas, carros transportadores, entre otros.

Para el levantamiento y transporte de la madera, se deben seguir prácticas adecuadas que incluyen la elección del equipo de manipulación apropiado, la distribución del peso de la carga y la manipulación cuidadosa para evitar daños en la madera. Es fundamental la implementación de técnicas adecuadas de almacenamiento, tales como la organización de la madera en el patio, la utilización de soportes y plataformas para la madera y la aplicación de medidas de seguridad para prevenir caídas o deslizamientos.

El mantenimiento regular y adecuado de las herramientas y maquinarias utilizadas en la manipulación de trocería es esencial para prolongar su vida útil y garantizar un funcionamiento seguro y efectivo. Para ello, se deben realizar tareas de limpieza, inspección periódica y reemplazo de piezas desgastadas o dañadas, así como la lubricación adecuada de los componentes móviles.

En lo que respecta a los vehículos utilizados en la manipulación de trocería, es importante seguir técnicas adecuadas de manejo y operación que incluyen la inspección periódica, la carga y descarga cuidadosa de la madera, la utilización de sistemas de sujeción adecuados para asegurar la carga durante el transporte, y la selección de rutas de transporte seguras y adecuadas para el tipo de carga y vehículo.

El mantenimiento preventivo de estos equipos debe incluir el servicio general vehicular, que consiste en:

- Cambios de filtros.
- Cambios de bujías (excepto en motores Diesel).
- Cambio de aceite del motor.
- Revisión y/o cambio de aceite de la caja de velocidades.
- Engrasado general.
- Revisión y relleno de líquidos de frenos.
- Revisión y relleno de líquidos de dirección hidráulica.
- Revisión y relleno de revisión de los niveles de aceite hidráulico.
- Revisión y/o reemplazo de neumáticos (cuando lo requiere).
- Soldadura de partes metálicas quebradas.
- Colocación de piezas faltantes.
- Revisión y/o reemplazo de extintores (cuando lo requiere).

Lo más recomendable en este tipo de equipos es realizar una revisión y atención mensual, y que no se prolongue más de 6 meses.

Bandas y equipos acarreo de trocería

La transportación de trocería en la industria maderera es un proceso crítico que requiere el uso de equipos especializados para el transporte y acarreo de trozas y troncos de

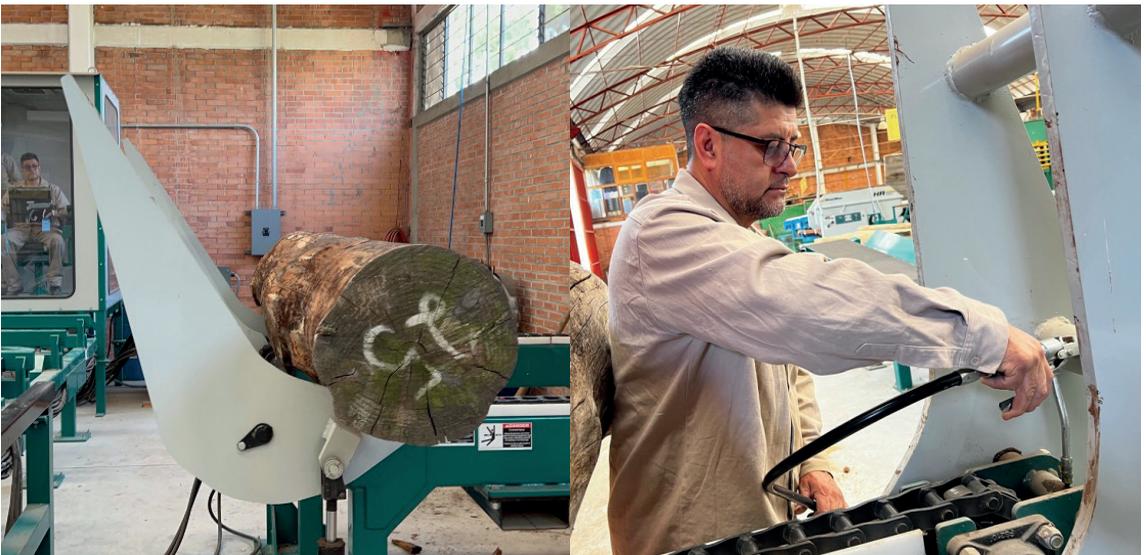
Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

madera, desde los patios hasta las instalaciones de aserrío.

En particular, las bandas transportadoras son un componente clave en la línea de producción de las instalaciones de aserrío, ya que facilitan el movimiento eficiente de trozas y troncos de madera de la entrada hacia la línea de producción, siendo las más comunes las bandas con cadenas y ganchos, con volteador en el extremo.

El mantenimiento general de este tipo de equipos es relativamente simple y se limita al engrasado de partes móviles, inspección y reemplazo de cadenas de transferencia, baleros o rodillos dañados, así como la inspección y reemplazo eslabones y ganchos dañados, los cuales pueden ser soldados. Además de realizar la limpieza correspondiente, procurando retirar los residuos que se quedan dentro de las cadenas (Figura 44).

Figura 44. Revisión y engrasado de bandas transportadoras de trocería.



Volteadores de trocería

En la industria maderera, los volteadores de trocería son equipos esenciales para el levantamiento y volteo de trozas y troncos de madera, con el fin de facilitar la carga al carro porta trozas o la bancada, así como el posicionamiento de la troza para su asierre. Existen varios tipos de volteadores de trocería utilizados comúnmente, incluyendo los hidráulicos, neumáticos y de tipo clamp.

El mantenimiento general de este tipo de equipos es relativamente simple y se limita al engrasado de partes móviles, inspección y reemplazo de cadenas de transferencia, baleros o rodillos dañados, así como la inspección y reemplazo de eslabones, rodillo, cadenas y ganchos dañados; los cuales pueden ser soldados en algunas ocasiones. Además de realizar la limpieza correspondiente, procurando retirar los residuos que se

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

quedan dentro de las cadenas.

En general de debe realizar una inspección de su correcto funcionamiento con pruebas para verificar que están operando adecuadamente y verificar que no hay fugas en las mangueras o sistemas hidráulicos, y en caso de existir alguna, realizar el reemplazo de mangueras y empaques, así como verificar el nivel del aceite hidráulico (Figura 45).

Figura 45. Revisión y engrasado de volteadores y centradores.



Mantenimiento y afilado de sierras

En la industria maderera, las sierras son herramientas esenciales para el corte de la madera y su correcto mantenimiento y afilado son fundamentales para garantizar la calidad del producto final, así como la eficiencia en el proceso de producción y la seguridad en el lugar de trabajo. El mantenimiento y afilado de las sierras son prácticas regulares que deben llevar a cabo por trabajadores capacitados y siguiendo prácticas seguras y adecuadas.

El mantenimiento de las sierras incluye diversas tareas esenciales para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. La limpieza y lubricación de las sierras son prácticas esenciales para prevenir la acumulación de suciedad y residuos que pueden afectar la eficacia del corte y causar corrosión.

La inspección regular de las hojas de sierra es importante para detectar cualquier deformación, desgaste o daño que pueda afectar su eficacia. Asimismo, las hojas de sierra deben ser comprobadas en cuanto a su tensión para asegurar que estén correctamente ajustadas. De igual manera las piezas desgastadas o dañadas de las sierras deben ser sustituidas con regularidad.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Por otro lado, el afilado de sierras es un proceso especializado que requiere de habilidades y herramientas adecuadas para lograr un corte afilado y uniforme.

El afilado de sierras puede realizarse manualmente o con el uso de máquinas de afilado automatizadas. Es importante seleccionar la técnica adecuada, para el tipo de sierra y el tipo de corte requerido. De igual modo las hojas de sierra deben afilarse regularmente para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Es importante seleccionar la hoja de sierra adecuada para el tipo de corte y el tipo de madera, a fin de garantizar un corte uniforme y preciso.

En la operación de las sierras banda, tanto angostas como anchas, se debe realizar un cambio de sierra por lo menos cada 2 horas para evitar calentamiento excesivo y deformación del metal. Además de verificar que los dispositivos de lubricación y limpieza de la sierra no se encuentren obstruidos y bien lubricados. Cuando el aserradero no cuenta con estos dispositivos se puede realizar de forma manual con una botella dispensadora.

El afilado debe realizarse de forma mecanizada para garantizar la correcta calibración de la sierra, principalmente en el trabado y suaje de los dientes, para evitar que la sierra genere un rallado en la superficie de la tabla.

Antes de comenzar cualquier operación de afilado se debe inspeccionar las sierras en la búsqueda de dientes faltantes y grietas en la garganta; su presencia indica un sobre esfuerzo, normalmente debido a que se están aserrando maderas con una densidad mayor, ya sea una especie diferente o por contener una gran presencia de nudos, y se está dando una velocidad de alimentación muy elevada. En algunas ocasiones será necesario reemplazar segmentos de las sierras para darles más vida útil, pero si el defecto está presente en más de un 20% de la sierra se tendrá que reemplazar.

Se debe inspeccionar el tipo de sierra por afilar mediante el uso de calibradores o galgas, para poder seleccionar de forma adecuada la piedra de afilado de acuerdo con las características de su paso y gargantas, así como de su perfil, previo a colocarlas en las en la máquina de afilado (Figura 46).

Al iniciar el proceso de afilado se debe colocar una marca para evitar generar un afilado irregular por la diferencia de pasos de desbaste (Figura 40).

En las afiladoras de sierras angostas se debe verificar que se encuentre bien lubricada al momento de afilar y reemplazar el aceite de manera frecuente para retirar las rebabas, así como los filtros (Figura 47).

Cuando las sierras tienen suaje es necesario realizar la rectificación, para evitar el rallado de las tablas,

En el caso de las sierras con recubrimientos se debe realizar un proceso similar cuando reemplazan los dientes. Una vez que se ha afilado la sierra se procederá a inspeccionar el ancho de traba o suaje con un calibrador especializado.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

El tensionado de la sierra se tendrá que revisar con un calibrador o bien con una regla metálica con perfil recto, donde debe tener un perfil recto respecto a la sierra, si se llega a tener una variación en los extremos será necesario pasar la sierra por los rodillos de tensionado hasta que esta situación se corrija.

La última revisión para el adecuado desempeño y soporte de la sierra es el rolado, el cual se inspecciona buscando un haz de luz en el ancho de la sierra, para darle un poco de curvatura y ser sujeta de forma adecuada al volante, cuando no se cuenta con un adecuado rolado, la sierra tendrá movimientos, vibraciones y viboreo, además de presentar el riesgo de salirse de los volantes durante la operación (Figura 48).

En el caso de las sierras circulares se requiere dar una inspección regular para verificar que no tengan gargantas agrietadas, falta de dientes u ondulaciones en la hoja; normalmente por su costo, es mejor reemplazarlas cuando los daños son severos, o mandarlas a reparar en el caso de que sean leves, donde normalmente es afilado y reposición del recubrimiento del diente, ya que la mayoría son de carburo de tungsteno y tienen una vida útil prolongada (Figura 49).

En algunas ocasiones las deformaciones de las sierras pueden ser manejadas con martillos de cabeza de perro, en el caso de sierras grandes y con el de cabeza invertida para sierras de diámetros reducidos (Figura 50).

Figura 46. Inspección de calibre de sierra con galga.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Figura 47. Lubricación en la afiladora e identificaciones de inicio.

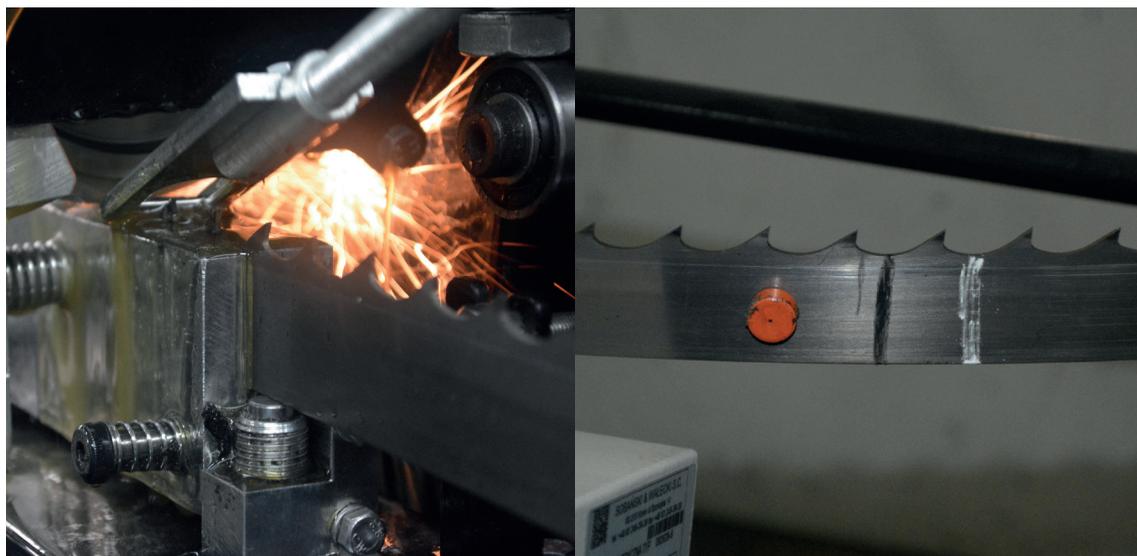


Figura 48. Inspección de rolado.



Figura 49. Inspección de sierras circulares y daños.

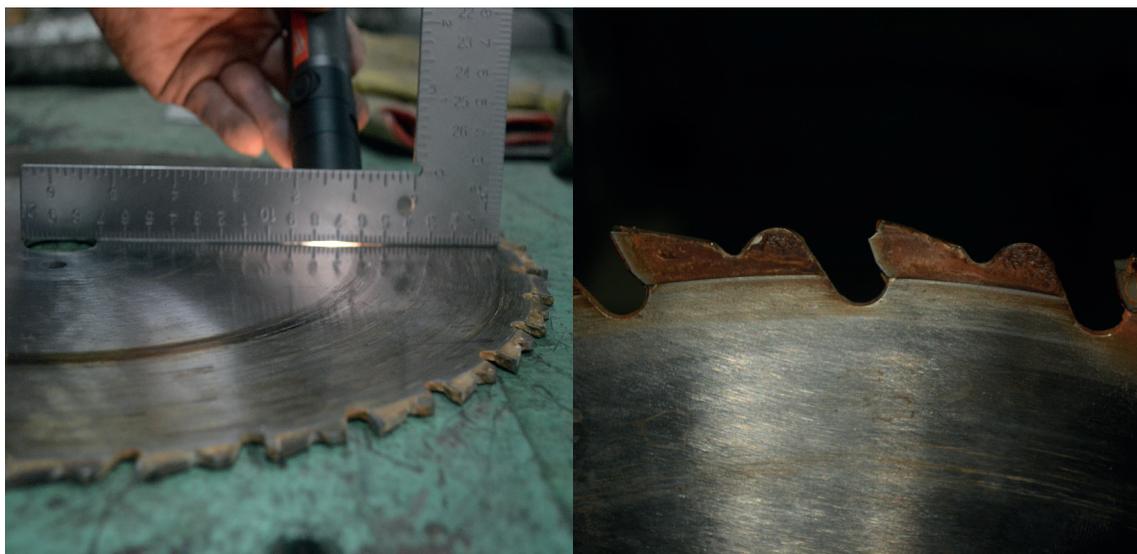


Figura 50. Martillo cabeza de perro y de cabeza invertida para mantenimiento de sierras circulares.



Calibración y escuadrado de carro porta trozas o bancada

En la industria maderera, el carro porta trozas o bancada es un equipo fundamental en el proceso de corte de la madera. La calibración y el escuadrado adecuados del carro porta trozas o bancada, son prácticas esenciales para lograr una producción eficiente y de alta calidad. La calibración implica la medición y ajuste de las partes móviles del equipo para garantizar un movimiento uniforme

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Lo anterior se realiza mediante técnicas y herramientas específicas, como reglas y escalas de medición, niveladores de burbuja o electrónicos y sistemas de medición electrónicos. El ajuste de los piñones de avance del equipo es necesario para asegurar un corte uniforme de la madera. Además, los trabajadores deben realizar inspecciones regulares para detectar cualquier desgaste o daño y sustituir piezas en caso de ser necesario.

Es importante que los trabajadores estén capacitados en estas prácticas y lleven a cabo las prácticas seguras y adecuadas para prevenir accidentes y lesiones. El uso de herramientas y equipos apropiados también es fundamental para garantizar una calibración y escuadrado precisos y por ende efectivos. La implementación de estos procesos también garantiza la calidad del producto final, la eficiencia en el proceso de producción y la seguridad en el lugar de trabajo.

La calibración de las bancadas en los aserraderos de bastidor o sierras móviles busca mantener la distancia de la sierra a las barras de soporte a la misma distancia para garantizar la escuadría y la adecuada calibración de espesor de las tablas. Lo anterior se logra realizando dos mediciones en los extremos de las barras hacia la sierra y ajustando las tuercas que fijan la altura de la barra de la bancada. Adicionalmente los equipos se pueden nivelar con un nivel de burbuja para facilitar el mantenimiento del equipo; sin embargo, es más importante la alineación, ya que esto garantiza la reducción de variación de corte en el perfil de la tabla (Figura 43).

En el caso de los carros porta trozas se realiza una medición de la sierra a cada una de las escuadras para verificar o calibrar que exista la misma medida, avanzando o retrocediendo el carro. Esta operación se hará con la escuadra en la posición más próxima a la sierra y en la más alejada para identificar un posible desgaste de los piñones de avance y retroceso.

Complementariamente se realiza una medición con el apoyo de una regla de al menos un metro, colocada en la sierra para verificar que no exista una desviación en el ángulo de corte del perfil de la tabla; colocando el carro a los extremos de la regla, tanto atrás de la sierra como adelante y así verificar que todas las medidas correspondan (Figura 51 y 52).

Cuando la torre y los volantes están alinados entre sí, y persiste la desviación se puede sospechar que existe un desajuste en la base de la torre, para lo cual se tendrá que desanclar y girar hasta calibrar respecto al carro para volver a colocar los tornillos de anclaje.

Las vías en ambos tipos de equipos pueden ser inspeccionadas con un nivel para verificar que no se encuentren hundimientos o protuberancias que hagan que el carro o el bastidor tengan vibración, también se puede colocar un nivel laser para realizar la verificación con medidas cada 50 cm. Si la vía no presenta una nivelación general, pero mantiene una pendiente constante, no habrá problemas, mientras se mantenga sin irregularidades.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Adicional a la calibración y alineación se requiere un mantenimiento general que consiste en las siguientes actividades:

- Limpieza general.
- Engrasado de partes móviles.
- Inspección y reemplazo de ruedas y limpiadores de aserrín.
- Inspección y reemplazo de piñones de avance y retroceso.
- Inspección y reemplazo de poleas y cables de arrastre.
- Inspección y reemplazo de piñones y bandas.
- Inspección y reposición de tornillos de sujeción.
- Inspección y reparación de mangueras hidráulicas, cuando hay fugas.
- Inspección y reparación de sistemas hidráulicos, cuando hay fugas.
- Inspección y relleno de aceite hidráulico.
- Inspección del sistema electrónico y ajuste correspondiente para garantizar el adecuado desempeño.

Figura 51. Inspección y alineación de bancadas.



Figura 52. Inspección y alineación de carros porta trozas.



Calibración de torre principal o cabezal de corte

La calibración de la torre principal o cabezal de corte es un proceso técnico fundamental en la industria maderera, ya que permite ajustar y verificar la posición y ángulo de la hoja de sierra en relación con la guía de la sierra y otras partes del equipo. Este proceso mejora la precisión y eficiencia del proceso de corte y se aplica a diversos tipos de sierras utilizadas en la industria maderera, incluidas las sierras de cinta horizontales y verticales.

La implementación adecuada de la calibración de la torre principal o cabezal de corte requiere de trabajadores capacitados y entrenados en prácticas seguras y adecuadas. Se deben utilizar herramientas de medición de alta precisión y técnicas específicas, como la verificación de la altura de la hoja de sierra, el paralelismo de la hoja con la guía y la inclinación de la hoja de sierra.

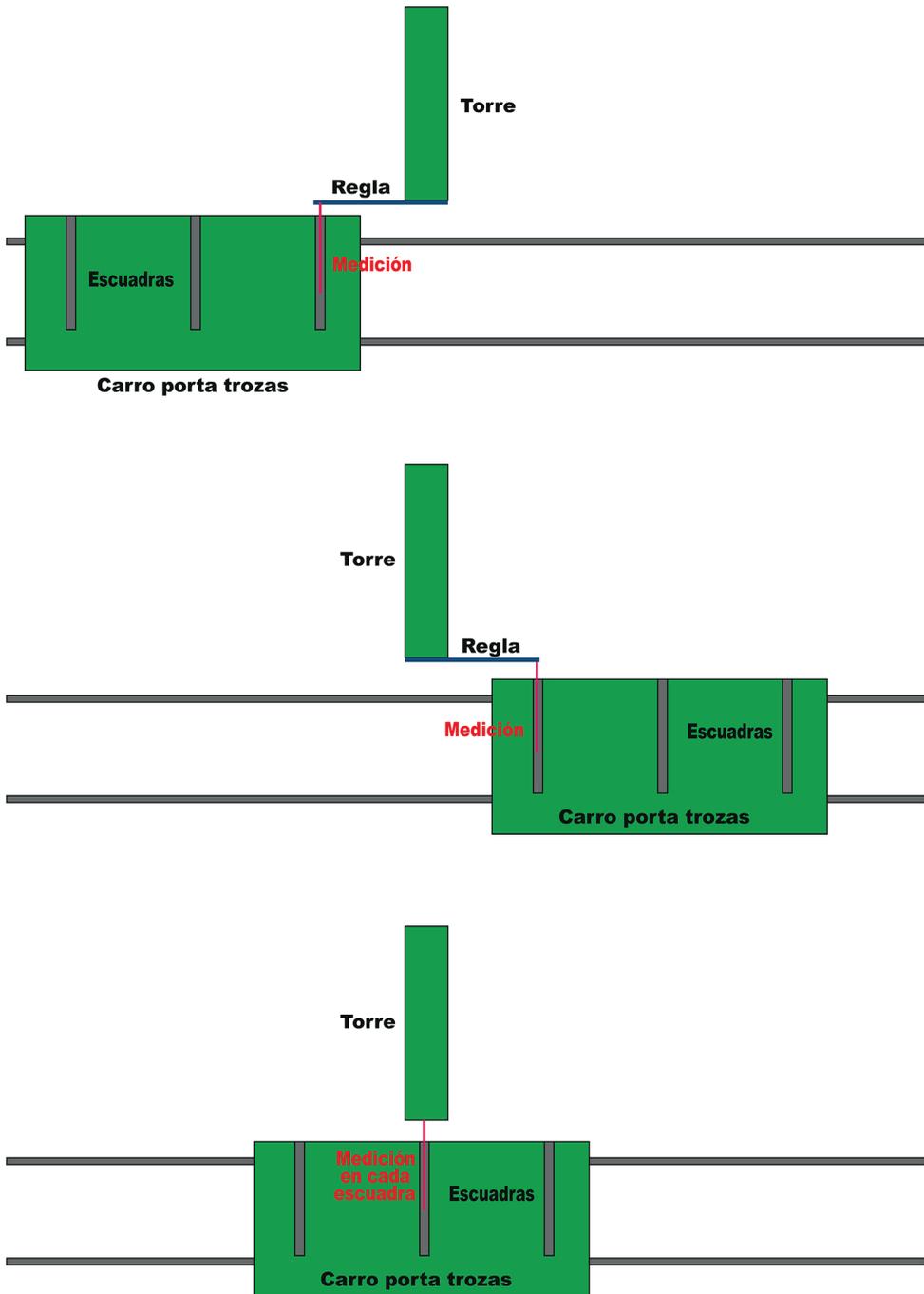
Es importante realizar inspecciones regulares del equipo y evaluar la calidad de la calibración para detectar cualquier desgaste o daño y tomar las medidas necesarias para sustituir las piezas defectuosas o dañadas. La calibración adecuada de la torre principal o cabezal de corte es fundamental para evitar problemas de viboreo y garantizar una buena estabilidad de la sierra. Una torre con volantes mal calibrados puede generar problemas de rotura en la sierra durante el proceso de producción.

La implementación adecuada de la calibración de la torre principal o cabezal de corte en la industria maderera garantiza una producción de corte de alta calidad y prolonga la vida útil de la maquinaria, mejorando la eficiencia y seguridad en el lugar de trabajo. Por lo tanto, es importante que se lleve a cabo de forma regular y por personal capacitado y especializado.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Para calibrar los volantes de la sierra es necesario inspeccionar que estos están alineados entre sí, normalmente se tiene un volante fijo y otro móvil que se puede ajustar mediante tornillos para ajustar su inclinación horizontal y vertical.

Figura 53. Mediciones en el carro porta trozas.



Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Para llevar a cabo la inspección de los volantes se puede emplear un hilo con una plomada y verificar que las dimensiones entre la línea que se forma son iguales (Figura 55).

El uso de plomadas en aserraderos si paredes o en naves industriales abiertas dificulta la inspección y alineación por lo que se puede emplear un nivel láser magnético para este fin: Procurando para su colocación que en el volante donde se encuentran las cuatro medidas sean iguales, para posteriormente medir el segundo volante y realizar la inspección y ajuste correspondiente (Figura 54).

El uso del nivel láser se puede emplear también para aserraderos horizontales e inclinados donde la plomada será complicada de colocarla de forma adecuada (Figura 54).

El perfil del volante también se tiene que inspeccionar, buscando en general que tenga una superficie pulida y sin deformaciones; pero que mantenga su perfil con cierta curvatura para el correcto soporte de la sierra, cuando son de corona. Mientras que los planos no deben tener deformaciones, estos últimos son comunes en sierras de 3" pulgadas o menos.

Lo anterior se analiza con una regla plana en el perfil del volante y cuando estos están no cumplen con su especificación o presentan irregularidades en la superficie se mandan a rectificación a un torno.

Se debe inspeccionar que el bisel del frente del volante no esté dañado o ausente, para que la sierra no se dañe al estar operando. Además de inspeccionar el desgaste homogéneo del volante mediante la medición del perímetro con una cinta sastre en la parte delantera y trasera, para que corresponda su circunferencia y desgaste homogéneo.

En el caso de los volantes de sierra angosta será necesario revisar las bandas de sujeción de las sierras que van entre el volante y la sierra y reemplazarlas cuando se encuentran resacas o con grietas.

Los tensores de las sierras normalmente son de rodillos, los cuales si están desgastados tendrán que ser reemplazados. Adicionalmente verificar la alineación hacia la sierra para que no estén torcidos y generen problemas de corte irregular, lo cual se logra mediante la colocación de una regla metálica y se alinea respecto a la sierra. La operación del tensor se recomienda a 2-3" de la troza para garantizar un mejor corte y menor esfuerzo de las sierras (Figura 48).

Cuando los tensores son planos se debe verificar su desgaste y realizar su reemplazo, lo anterior se puede observar si permiten pasar dos hojas de papel con facilidad.

Otro aspecto por revisar es la velocidad de corte o avance de la sierra, la cual se regula con cambios en las poleas del motor de la sierra para garantizar que se opere a para maderas blandas como el Pino a 32-36 m/s y para maderas duras a 20-32 m/s. El contrapeso del aserradero está en relación con el calibre y ancho de sierra que se está empleando, de acuerdo con la Fórmula 18 y la Figura 49. Por lo anterior se debe inspeccionar que se

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

tiene la cantidad de peso adecuado para que se posea la tensión necesaria en la sierra y mantenerlo en la posición correcta Figura 50.

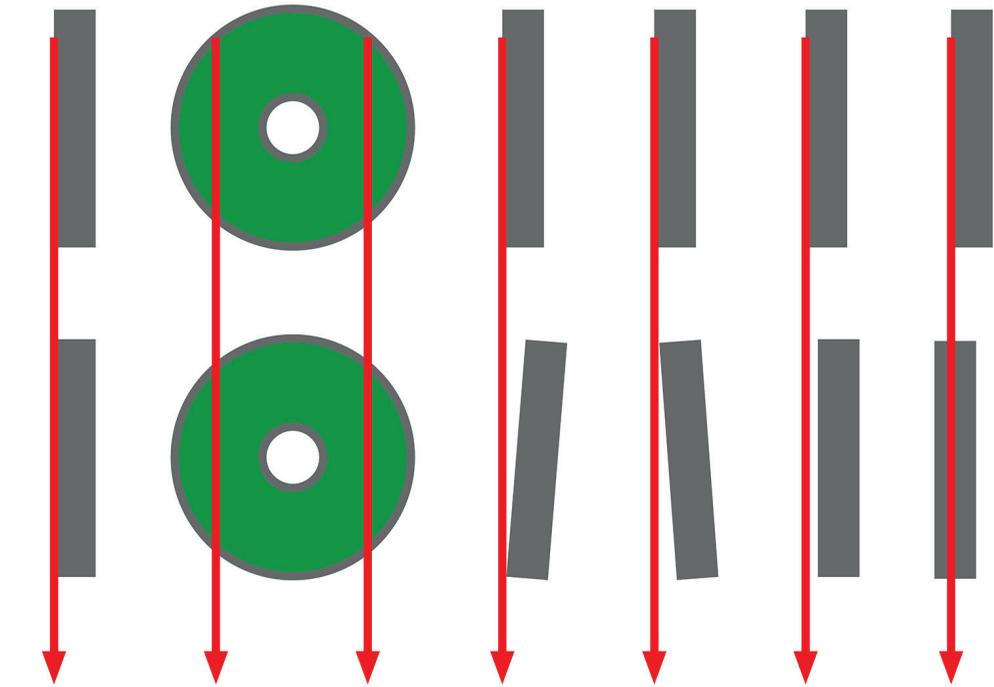
Adicional a la calibración y alineación se hará un mantenimiento general que consiste en las siguientes actividades:

- Limpieza general.
- Engrasado de partes móviles.
- Inspección y reemplazo de baleros.
- Inspección y reemplazo de limpiadores de sierra y volante.
- Inspección y reparación del sistema de lubricación.
- Inspección y reemplazo de rodillos o tensores.
- Inspección y reemplazo de poleas.
- Inspección y reemplazo de piñones y bandas.
- Inspección y reposición de tornillos de sujeción.
- Inspección y reparación de mangueras hidráulicas, cuando hay fugas.
- Inspección y reparación de sistemas hidráulicos, cuando hay fugas.
- Inspección y relleno de aceite hidráulico.
- Inspección del sistema electrónico y ajuste correspondiente para garantizar el adecuado desempeño.

Figura 54. Inspección de volantes con plomada y nivel láser.



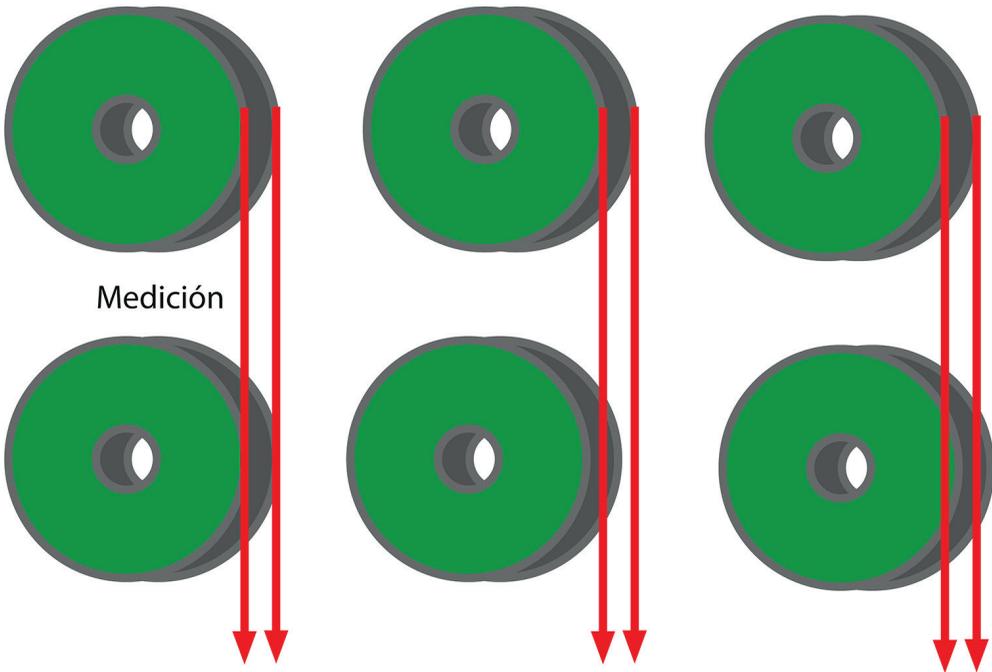
Figura 55. Criterios de alineación de volantes.



Correcto

Medición

Incorrectos



Medición

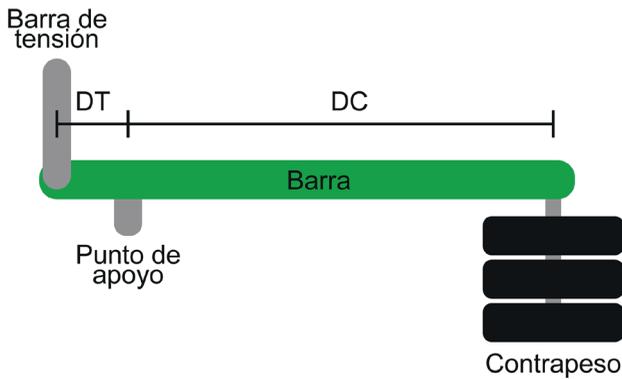
Correcto

Incorrectos

Figura 56. Inspección y alineación de tensores.



Figura 57. Contrapeso correcto y distancias.



Fórmula 44. Cálculo del contrapeso.

$$P = \frac{A \times C \times DC \times 10}{DT}$$

Donde:

P = Peso del contrapeso en Libras.

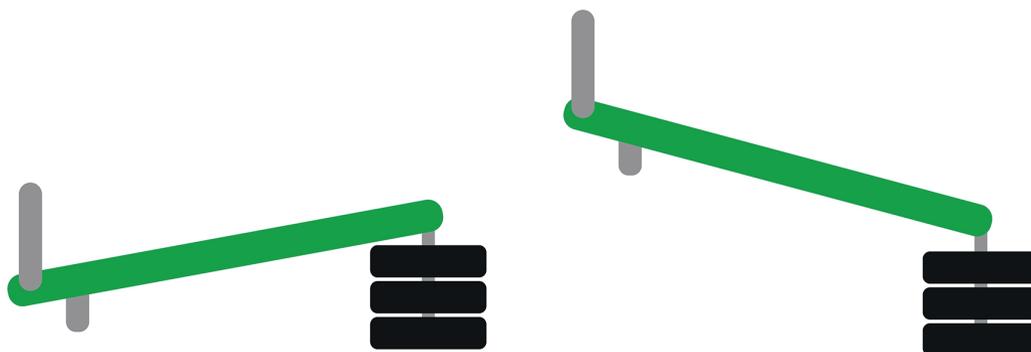
A = Ancho de la sierra en pulgadas.

C = Calibre de la sierra en milésimas de pulgada.

DC = Distancia del punto de apoyo al contrapeso en pulgadas.

DT = Distancia del punto de apoyo a la barra de tensión en pulgadas.

Figura 58. Contrapeso en posiciones incorrectas



Mantenimiento de rodillos o bandas de transporte de materiales

El mantenimiento y la limpieza de los rodillos o bandas transportadoras de materiales son prácticas críticas en la industria maderera para asegurar una operación eficiente y segura en el movimiento de materiales. La falta de mantenimiento puede conducir a diversos problemas, como la falla prematura de las piezas, el tiempo de inactividad no programado y los riesgos de seguridad para los trabajadores.

Para el mantenimiento de los rodillos o bandas de transporte, se recomienda una serie de técnicas y prácticas, como la limpieza regular y el reemplazo de las piezas desgastadas. Además, se requiere monitorear regularmente el desgaste y la deformación de los rodillos o bandas de transporte y reemplazarlos según sea necesario. Aquellos que se utilizan con mayor frecuencia pueden requerir un mantenimiento más frecuente, como la aplicación de lubricantes y el reemplazo de baleros dañados.

Otra técnica importante es la inspección regular del sistema de transporte en su conjunto para identificar cualquier problema en una etapa temprana. Es necesario realizar inspecciones periódicas para verificar si hay piezas sueltas, cables rotos, fallos eléctricos, desgaste en las piezas de transmisión, entre otros.

El mantenimiento de rodillos o bandas de transporte de materiales también implica el monitoreo constante del funcionamiento de la maquinaria. Los trabajadores deben estar capacitados para identificar y solucionar problemas en el sistema de transporte y seguir prácticas de seguridad adecuadas para evitar riesgos para la salud y la seguridad.

En cuanto a los tipos de rodillos o bandas de transporte de materiales que requieren mantenimiento, se incluyen todos los tipos de bandas y rodillos utilizados en la industria, como bandas transportadoras de goma, rodillos de gravedad, rodillos de bandas de transporte con carga, rodillos de retorno, entre otros esenciales. El mantenimiento de estos equipos se limita a su limpieza frecuente, engrasado, reemplazo de baleros y al reemplazo de bandas o rodillos cuando no pueden ser reparados, además de soldar o enderezar las estructuras dañadas.

Mantenimiento y calibración de desorilladoras y cabeceadores

El mantenimiento y calibración adecuado de las desorilladoras y cabeceadores son procesos esenciales para garantizar una operación segura y efectiva en la industria del aserrío. Para mantener y calibrar adecuadamente estas herramientas, se deben seguir las prácticas recomendadas, como la limpieza regular, inspecciones periódicas y reemplazo de piezas desgastadas o rotas.

Las inspecciones deben verificar la alineación y calidad del corte y se necesitan ajustar los componentes según sea necesario. Es crucial realizar la lubricación de los componentes móviles para reducir el desgaste y prolongar la vida útil de la máquina.

Además, se requiere calibrar la posición y la altura de las sierras y la velocidad de avance de la pieza de madera para garantizar un corte uniforme y preciso. Es importante seguir las recomendaciones del fabricante y las normas de seguridad al realizar el mantenimiento y la calibración de las desorilladoras y cabeceadores para garantizar una operación segura y confiable de estas herramientas.

La calibración de las sierras de las desorilladoras consiste en revisar que la separación de cada medida se encuentre en la requerida en dos posiciones de la sierra, para verificar la escuadría del corte y estar alineado a la guía o marco (Figura 58).

Adicionalmente se deben revisar el desgaste de los rodillos de alimentación y la presión que ejercen, ya que estos son los responsables de realizar y guiar un corte recto.

El reemplazo de sierras cuando los dientes están dañados es la mejor práctica, por lo que se debe realizar una inspección visual del estado de las sierras y verificar su adecuada fijación.

Las actividades complementarias al mantenimiento son el engrasado de partes móviles, reemplazo de baleros y bandas, y en caso necesario, reemplazo de sierras y rodillos de alimentación.

Mantenimiento y calibración de reaserradoras

La reaserradora es una máquina crucial en el procesamiento de la madera, capaz de realizar cortes longitudinales y transversales y producir una variedad de productos de madera tales como tablas y listones. Para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de esta máquina, es esencial implementar técnicas adecuadas de mantenimiento y calibración.

El mantenimiento regular de las reaserradoras implica la limpieza de la máquina, la inspección periódica de las piezas y partes, y la lubricación adecuada de los componentes móviles. Además, el reemplazo de piezas desgastadas o dañadas, como cuchillas, rodillos, cojinetes y correas, es crucial para garantizar un rendimiento óptimo de la máquina.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

La calibración adecuada de las reaserradoras es esencial para garantizar la precisión; consiste en revisar la apertura de la sierra en dos posiciones para garantizar la altura de corte o realizar el ajuste (Figura 58).

Es necesario el reemplazo de las bandas gastadas de los volantes y la transferencia de fuerza, cuando en la inspección se detecte que han completado su vida útil.

En algunos casos la rectificación del perfil de los volantes será necesaria y se deberán alinear igual que una torre de aserrío.

Otras técnicas importantes para el mantenimiento y calibración de las reaserradoras incluyen el monitoreo regular de la temperatura de la máquina, la realización de ajustes necesarios en el sistema de alimentación de la madera y la implementación de medidas de seguridad adecuadas para evitar lesiones en los trabajadores.

Figura 59. Inspección y alineación de canteador y reaserradora.



Mantenimiento de equipos de impregnación y tratamiento químico

El mantenimiento y calibración de los equipos de impregnación y tratamiento químico son de vital importancia para garantizar la seguridad y la eficacia del proceso de tratamiento de la madera. Es esencial llevar a cabo técnicas adecuadas de mantenimiento preventivo, como la limpieza regular y el monitoreo del nivel y calidad de los productos químicos en los tanques de almacenamiento, donde se garantice la concentración del químico empleado.

En todos los equipos de tratamiento químico es necesario inspeccionar la presencia de fugas de líquidos y realizar las reparaciones necesarias, que normalmente implican soldadura.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

En los equipos de impregnación con autoclave o con tratamientos a presión será necesario revisar el sistema de sellado, tanto los empaques como los pernos de sujeción que se encuentren en buen estado o realizar los remplazos que se requieran. Adicionalmente se debe realizar una inspección de las líneas de flujo y depósitos para la identificación y reparación de fugas.

Los motores requerirán también la inspección necesaria y el reemplazo periódico de las bandas. Los filtros de aire y agua deben ser revisados y reemplazados de forma regular.

La calibración adecuada de los equipos es crucial para garantizar la aplicación uniforme de los productos químicos en la madera, lo que puede implicar ajustes en la presión, el flujo y la velocidad de los componentes de la máquina. También es importante tener en cuenta las medidas de seguridad adecuadas, incluyendo el uso de equipo de protección personal y la ventilación adecuada para los productos químicos peligrosos.

Mantenimiento y calibración de estufas de secado

El mantenimiento y calibración de las estufas de secado es un proceso crítico que debe ser llevado a cabo con cuidado y de manera regular para asegurar una operación segura y eficiente de estas herramientas en la industria del aserrío. Las estufas de secado se utilizan para reducir el contenido de humedad en la madera, lo que a su vez garantiza un nivel adecuado para su procesamiento posterior.

Para mantener y calibrar adecuadamente las estufas de secado, se deben seguir una serie de técnicas recomendadas. Es importante realizar limpieza regular, inspecciones periódicas y reemplazo de piezas desgastadas o rotas. Las inspecciones deben verificar el correcto funcionamiento de los ventiladores, filtros de aire, quemadores e intercambiadores de calor, y se deben realizar ajustes en la temperatura y el flujo de aire dentro de la estufa según sea necesario. Además, se debe monitorear constantemente la temperatura y la humedad dentro de la estufa y ajustarlas según sea necesario.

Es vital seguir las recomendaciones del fabricante y las normas de seguridad al realizar el mantenimiento y la calibración de las estufas de secado para garantizar una operación segura y confiable de estas herramientas.

También es importante tener en cuenta que el uso inadecuado de las estufas de secado puede causar incendios y daños en la madera, por lo que se deben tomar medidas de seguridad adecuadas, como monitorear constantemente la temperatura y la humedad dentro de la estufa y utilizar sistemas de alarma y extinción de incendios, los cuales necesitan estar en operación durante las 24 horas y los equipos no se pueden quedar en reposo.

Las principales actividades que se deben cuidar en el mantenimiento de las estufas de secado son:

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Limpieza general del equipo.
- Inspección y reparación de fugas de vapor.
- Inspección y reparación de fugas de aceite térmico.
- Inspección y reparación del aislante térmico.
- Inspección y reparación de empaques de puertas.
- Inspección y reemplazo de serpentines o difusores de calor.
- Inspección y/o reemplazo de bandas en ventiladores.
- Inspección y/o reemplazo de motores en ventiladores.
- Inspección y/o reemplazo de baleros en las aspas de los ventiladores.
- Engrasado general de los equipos y partes móviles, incluyendo el sistema de apertura y cierre de puertas.
- Inspección y/o reemplazo de equipos de monitoreo y control.
- Inspección y/o reemplazo de sensores de humedad.
- Inspección y/o reemplazo de sensores de temperatura.
- Inspección del sistema de control de la estufa.
- Revisión y relleno de aceite térmico.
- Purga de calderas.
- Inspección y/o reposición de desviadores de aire.
- Inspección y/o reparación de rieles y/o bisagras de las puertas y compuertas.

Control y calibración de secuelas de secado

El control y calibración de las secuelas de secado es un proceso crítico en la industria maderera para asegurar que la madera alcance el nivel de humedad adecuado. Las secuelas de secado son instrumentos de medición que permiten monitorear el contenido de humedad de la madera y ajustar la temperatura y el flujo de aire dentro de la estufa de secado para lograr los niveles deseados.

Para realizar una calibración precisa de las secuelas de secado, es necesario compararlas con un medidor de humedad certificado. Si las secuelas de secado muestran una lectura diferente, se deben realizar ajustes para garantizar la precisión de las lecturas.

Se debe realizar una inspección a los lotes secados para identificar variaciones en el secado, es normal que se encuentren variaciones de $\pm 2\%$ entre tablas, pero si la variación es homogénea entre paquetes, se requiere una inspección al equipo, revisar el flujo de aire, el cual, debe evitar el libre flujo dentro de la cámara para un adecuado secado.

En general las secuelas de secado deben durar menos de una semana en el caso de coníferas, mientras que para especies de madera dura y preciosas, este tiempo puede variar hasta alcanzar 2-3 semanas, si los tiempos son más prolongados, se requiere un ajuste a los parámetros generales de la secuela.

Además de la calibración, el control adecuado de las secuelas de secado es esencial para asegurar que se alcance el contenido de humedad deseado en la madera. Es importante monitorear constantemente las lecturas de las secuelas de secado durante el proceso de

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

secado y realizar los ajustes necesarios en la temperatura y el flujo de aire dentro de la estufa.

Es fundamental tener en cuenta que el uso inadecuado de las secuelas de secado puede afectar la calidad de la madera y aumentar el riesgo de incendios. Por lo tanto, se deben implementar medidas de seguridad apropiadas, como realizar un mantenimiento preventivo regular en las secuelas de secado y monitorear constantemente las lecturas durante el proceso de secado para garantizar la seguridad y la calidad del producto final.

Importancia del mantenimiento preventivo respecto al correctivo

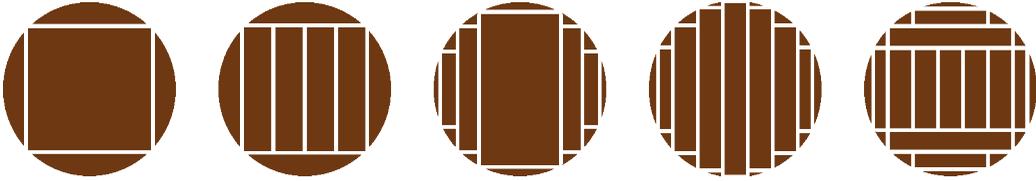
El mantenimiento de los equipos utilizados en la industria de la madera es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Existen dos tipos de mantenimiento: el preventivo y el correctivo. Ambos tienen objetivos diferentes y pueden aplicarse en diferentes situaciones.

El mantenimiento correctivo se realiza cuando un equipo ha fallado y necesita reparación. Su objetivo principal es restaurar el equipo a su estado funcional original. Este tipo de mantenimiento puede ser costoso y puede requerir el reemplazo de piezas y/o componentes del equipo. Además, puede interrumpir la producción y causar retrasos en la misma, así como costos adicionales.

Por otro lado, el mantenimiento preventivo se realiza de manera regular para prevenir fallas y prolongar la vida útil del equipo. Este tipo de mantenimiento incluye actividades como la limpieza, lubricación, ajustes y reemplazo de piezas de desgaste. El objetivo es detectar y corregir posibles problemas antes de que se conviertan en fallas críticas que requieran mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo es importante por varias razones:

- Ayuda a reducir los costos de reparación al detectar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas críticas.
- Ayuda a minimizar el tiempo de inactividad al mantener el equipo en buenas condiciones de funcionamiento.
- Prolonga la vida útil del equipo y evita la necesidad de reemplazarlo antes de tiempo.



MEJORES PRÁCTICAS SEGURIDAD INDUSTRIAL E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN ASERRADEROS

Identificación de riesgos laborales

La identificación de riesgos laborales en los aserraderos es un proceso crucial para prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales en el entorno laboral. Dicho proceso consiste en la evaluación sistemática de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores durante las diferentes etapas del proceso de producción; desde el transporte y manejo de la materia prima, hasta el procesamiento y empaque del producto final.

Entre los principales riesgos laborales identificados se encuentran:

- Riesgos ergonómicos.
- Riesgos de caídas, resbalones y tropiezos.
- Cortes y amputaciones por herramientas manuales y maquinaria pesada.
- Riesgos eléctricos por cables y conexiones mal aisladas.
- Incendios y explosiones por herramientas y productos inflamables.
- Riesgos de inhalación de polvo y productos químicos por manipulación de materiales.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Lesiones musculoesqueléticas por esfuerzos físicos excesivos, incluyendo operación de montacargas.
- Estrés térmico por condiciones ambientales.

Equipo de protección personal

La identificación de los riesgos laborales en los diferentes procesos del aserradero es un paso fundamental para poder implementar estas medidas de manera efectiva y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Por lo tanto, se debe llevar a cabo una evaluación sistemática y exhaustiva de los riesgos laborales, para poder establecer las medidas de prevención y mitigación correspondientes en cada una de las áreas y actividades.

Los equipos de protección personal son elementos esenciales en la prevención de riesgos laborales en los aserraderos. Aunque se deben implementar medidas técnicas y de organización para controlar los riesgos, hay situaciones donde es necesario contar con equipos de protección personal para minimizar o eliminar los riesgos a la salud de los trabajadores.

Para garantizar la seguridad de los trabajadores, se debe proporcionar el equipo de protección personal adecuado según la tarea que realizan y el área donde se encuentran. No es necesario que todos los trabajadores utilicen todo el equipo de protección personal mencionado, ni en todo momento, sino sólo en ciertas áreas o cuando realizan ciertas actividades.

Se señalará el uso específico de equipos de protección personal, tales como:

- Uso de casco.
- Uso de chaleco.
- Uso de anteojos.
- Uso de botas.
- Uso de mascarillas.
- Uso de guantes.
- Uso de faja.
- Uso de equipo de protección para motosierrista.
- Uso obligatorio de chaleco y casco para visitantes.

Señalización de riesgos y medidas de mitigación

La señalización de riesgos y las medidas de mitigación son elementos fundamentales en la prevención de accidentes y enfermedades laborales en los aserraderos. Estas herramientas permiten alertar visualmente a los trabajadores sobre los peligros y riesgos existentes en el entorno laboral y les indican cómo actuar para minimizar los riesgos. Es importante señalar de forma clara y precisa las áreas de trabajo, los equipos y herramientas que representen un riesgo potencial, así como las rutas de evacuación y los equipos de emergencia. De esta manera, los trabajadores pueden tomar las precauciones

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

necesarias y saber cómo actuar en caso de emergencia. Para prevenir accidentes y enfermedades laborales en el entorno de trabajo, es importante implementar medidas de mitigación. Estas incluyen la capacitación en el manejo de equipos y herramientas, la implementación de normas de seguridad y el uso de equipo de protección personal. Es así que, se reduce la probabilidad de ocurrencia de incidentes en el lugar de trabajo.

Figura 60. Equipos de extinción de incendios en borde perimetral.



Otra medida importante es la señalización de restricciones en las áreas de trabajo. Ya que las señales claramente visibles y reconocibles ayudan a los trabajadores a identificar las zonas restringidas y a actuar en consecuencia.

Se señalarán restricciones en las áreas, tales como:

- No fumar.
- No encender fuego.
- No estacionarse.
- No tirar basura.
- Límite de velocidad.
- Prohibido el paso.

La señalización no es suficiente para prevenir accidentes en un aserradero. Por lo tanto, se deben implementar medidas preventivas y de mitigación. Las rutas de evacuación y puntos de concentración también deben ser considerados, así como las medidas de actuación ante incendios y sismos.

Las medidas preventivas incluyen programas de seguridad, capacitación de trabajadores, control de procesos, identificación y evaluación de riesgos, así como medidas de control de ingeniería y uso de equipos de protección personal adecuados.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Dichas medidas buscan minimizar consecuencias de accidentes y enfermedades laborales mediante planes de emergencia, atención médica oportuna, gestión adecuada de residuos y sustancias peligrosas, asimismo comola revisión continua de procedimientos de trabajo y medidas de seguridad.

Equipo para mitigación y atención de incidentes y accidentes

Es posible identificar los equipos y herramientas utilizados para la mitigación y atención de incidentes y accidentes en aserraderos. En términos generales, destaca la importancia del uso de equipos de protección personal, tales como cascos, guantes, lentes de seguridad y calzado adecuado. Asimismo, se mencionan herramientas específicas para la atención de emergencias, como extintores, botiquines de primeros auxilios y camillas de transporte.

En lo que respecta a los equipos para la mitigación de incendios, destacan los sistemas de detección y extinción de incendios, así como el mantenimiento y la revisión periódica de los mismos. Para la mitigación de incendios en el centro de producción y oficinas se deben emplear 3 dispositivos de extinción:

- Almacenamiento y bombeo de agua.
- Extintores.
- Arena.

Lo anterior debido a que la madera es el origen o fuente de combustión en caso de un posible incendio, además de estar presente en gran cantidad ya que es parte de las materias primas y productos terminados.

Los extintores deben ser de polvo químico, el cual tiene la capacidad de extinguir incendios con combustibles a base de papel, cartón, madera, aceites e incluso originados por instalaciones eléctricas.

Todos los equipos de extinción y mitigación de incendios serán identificados debidamente con su respectivo letrero. Se aconseja disponer de tres tipos de tamaños:

- Extintores de 5 Kg para el borde perimetral y a las calderas.
- Extintores de 50 Kg para el área de patios de madera en rollo y aserrada, dispuestos en el área de carga y oficinas.
- Extintores de 1 Kg para oficinas, montacargas y torres de aserrío.

En el caso de los equipos extintores deben ser recargados de forma anual o cada que se emplean, disponiendo de ellos durante la capacitación sobre el tema y proceder a su recarga inmediata.

Ya que uno de los mejores medios de mitigación de incendios con material combustible para madera es el agua se puede prever la disposición de depósitos de 2,000 litros con bomba tipo hidrante, a base de combustible para las áreas de calderas y patios, ubicados

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

en los bordes perimetrales, lo anterior obedece a que puede haber recortes en el suministro de agua y exponer los activos de la empresa al presentarse un incendio (Figura 59).

En las áreas de maniobra de vehículos se puede disponer de contenedores de arena de 200 litros para la mitigación de incendios originados por combustibles o lubricantes.

Atención de accidentes

En el caso de atención de accidentes, destaca la necesidad de contar con herramientas para el rescate y la extracción de personas atrapadas, tales como equipos de corte y separación, de igual manera el uso de técnicas de primeros auxilios para brindar atención inmediata a las personas afectadas y la colocación de botiquines de primeros auxilios en ubicaciones estratégicas, visibles y de fácil acceso.

Los insumos necesarios para poder atender lesiones traumáticas y quemaduras, son los siguientes:

- Vendas de 2"
- Vendas de 4"
- Vendas de 6"
- Gasas estériles
- Algodón
- Vendajes adhesivos con almohadillas antiadherentes
- Torniquete táctico
- Tijeras de paramédico
- Férula plegable
- Alcohol
- Agua oxigenada
- Mertiolate

Complementariamente se sugiere surtir y mantener en caducidad vigente los siguientes medicamentos que pueden apoyar a tratar primeros síntomas de gripa, alergias, golpes, quemaduras y malestares del estómago.

- Tubo de ungüento de diclofenaco (tratamiento de dolor muscular o golpes)
- Tubo de ungüento de sulfadiazina de plata (tratamiento de quemaduras)
- Tubo de ungüento de dexpanthenol (tratamiento de golpes y heridas)
- Pastillas de ácido acetil salicílico (tratamiento de dolor)
- Pastillas de ibuprofeno (tratamiento de dolor)
- Pastillas de paracetamol (tratamiento de dolor)
- Pastillas de loratadina (tratamiento de alergias)
- Pastillas de caolín y pectina (tratamiento de malestares estomacales)
- Pastillas de paracetamol + clorfenamina + amantadina (tratamiento de gripa)
- Sobres de electrolitos

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Capacitación

Se debe de contar un programa de capacitación anual que debe ser registrado ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (S.T.P.S.) como Plan y Programa de Capacitación, Adiestramiento y Productividad (DC-2), llevado a cabo por facilitadores registrados ante S.T.P.S.

Este programa anual debe considerar algunas de las siguientes capacitaciones y cursos, que deben ser impartidos a todos los colaboradores de la empresa:

- Técnicas y mejores prácticas aserrío.
- Atención de primeros auxilios.
- Manejo de cargas y montacargas.
- Afilado y manejo de sierras.
- Manejo de extintores e incendios.
- Técnicas de evacuación ante sismos e incendios.
- 5 S.
- Liderazgo y trabajo en equipo.
- Ética y equidad.

Normatividad aplicable en México

En México, existen normas específicas que establecen los requisitos mínimos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en los aserraderos y su aplicación es obligatoria para todos los que operan en territorio mexicano. Su cumplimiento es vigilado y sancionado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

Estas son algunas de las normas en materia de seguridad y salud industrial que se aplican en los aserraderos tenemos:

NOM-008-STPS-2013

Establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo para las actividades de aprovechamiento forestal maderable y en los centros de almacenamiento y transformación en su actividad primaria.

Esta norma señala los criterios y requerimientos mínimos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en todas las etapas del proceso de aserrado, desde la extracción de madera hasta su transformación en productos terminados.

NOM-011-STPS-2001

Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Esta NOM determina los requisitos mínimos para proteger la salud de los trabajadores expuestos a niveles de ruido elevados, incluyendo medidas de control de ingeniería y administrativas, así como el uso de equipo de protección auditiva.

NOM-017-STPS-2008

Por otra parte, esta norma hace referencia los criterios y requerimientos para la selección, uso y manejo de equipo de protección personal en los centros de trabajo.

Esta norma indica los requisitos para garantizar que los equipos de protección personal sean adecuados, efectivos y estén en buen estado de funcionamiento para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

NOM-030-STPS-2009

En ella se establecen las funciones y actividades de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo.

Esta norma determina los requisitos mínimos para que los aserraderos implementen medidas de prevención de riesgos laborales y promuevan la salud y bienestar de los trabajadores.

NOM-002-STPS-2010

Dicha norma señala las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. Asimismo establece los criterios y requerimientos para la identificación y evaluación de riesgos de incendio, así como las medidas de prevención, protección y evacuación que deben implementarse en los aserraderos para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Los criterios considerados en estas normas se encuentran en la lista de verificación del Anexo 11.



CONCLUSIONES

A partir de los conceptos y procesos presentados a lo largo del presente manual y su efecto potencial cuando son aplicados en un aserradero se obtuvieron las siguientes conclusiones generales.

El coeficiente de aserrío es un indicador de suma importancia para poder controlar aspectos operativos dentro del aserradero, orientados a la mejora continua y para incrementar la productividad y rentabilidad de la industria de aserrío.

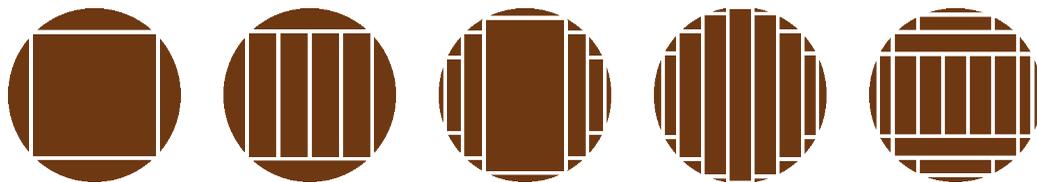
Generalmente el valor de 50% aceptado para el coeficiente de aserrío debe emplearse con precaución, debido a que la variabilidad del proceso y las cuantificaciones reportadas por estudios realizados en México difieren significativamente.

Para poder cuantificarlo con precisión existen métodos y técnicas bien definidas; sin embargo, se debe tener precaución con los criterios considerados para realizar su cálculo y presentación.

Es necesario cuantificar con precisión y cautela el coeficiente de aserrío de forma regular para evitar problemas de control operativo y regulatorio en el aserradero.

Los factores que mayor importancia e impacto tienen sobre el coeficiente de aserrío son el refuerzo y la variación de corte, por lo que el control del espesor de la tabla y factores relacionados son la base de las estrategias más prometedoras para incrementar la productividad en el aserradero.

El mantenimiento y la calibración de los equipos de un aserradero son un factor crítico para que el coeficiente de aserrío sea superior, optimizando de esta forma el rendimiento de las materias primas, reduciendo los costos e incrementando la rentabilidad de la empresa.



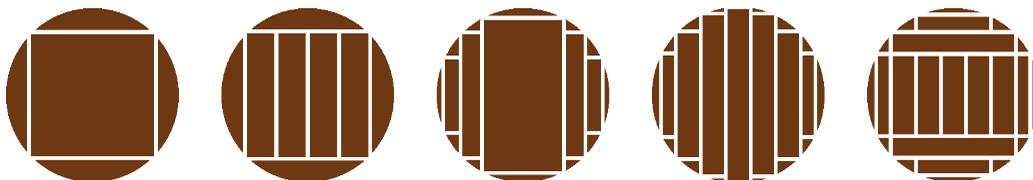
RECOMENDACIONES FINALES

Se sugiere realizar un estudio de coeficiente de aserrío con medición directa por lo menos cada 3 años con una confiabilidad al 99% y un error aceptado de $\pm 3\%$, en vez de emplear el general de 50% y reportando medida real y nominal para mantener un control operativo y administrativo más preciso, así como evitar posibles problemas regulatorios.

Establecer un monitoreo permanente del coeficiente de aserrío empleando la técnica documental o por lotes para darle seguimiento de forma semanal como mínimo, para así iniciar las bases de un proceso de mejora continua.

Aplicar al menos dos estrategias de mejora, con el objetivo de aumentar el coeficiente de aserrío y modificar las actividades en las condiciones comerciales; donde se indican las medidas que deberá tener el producto, con el objetivo de reducir y controlar el espesor de las tablas, para ganar de 1 a 2 mm en el corto plazo y con ello aumentar así la productividad y rentabilidad del aserradero.

Se recomienda realizar una revisión mensual o bimestral de la alineación del equipo de aserrío; así como establecer un programa de mantenimiento preventivo permanente, para producir madera de calidad, procurando mantener las condiciones de seguridad industrial adecuadas y recomendadas en el presente manual.



FUENTES CONSULTADAS

- Acevedo G., M. L. 2008. Evaluación de nueve sierras banda en el aserrío de la madera de encinos de Oaxaca. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 110 p.
- Álvarez L., D.; Andrade E., A. F.; Chávez, P.; García D., J. M.; Estévez, I. 2003. Análisis matemático para elevar la eficiencia de los aserraderos con sierras de banda. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. México. 9 (1): 89-94 pp.
- Ambríz, E. ; Andrade-Torres, M. Y. ; Sosa-Villanueva, H. M. 2018. Rendimiento volumétrico e importancia del control de calidad de madera aserrada de Pinus spp. Tecnociencia Chihuahua. México. 12 (1): 37-41 pp.
- Baca M., H. 2001. Coeficiente de aserrío y caracterización del aserradero ejidal Santa María Magdalena Cahuacán, Nicolás Romero, Estado de México División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro México. Primera Edición. 52 p.
- Baldwin, R. F. 1984. Operations management in the forest products industry. Miller Freeman. US. Primera Edición. 264 p.
- Baldwin, R. F. 1990. Managing mill maintenance. The emerging realities. Miller Freeman. US. Primera Edición. 302 p.
- Bejar M., G. 1982. Aserrío de la madera de encino. Boletín Divulgativo No. 62. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). SARH. México. Primera Edición. 33 p.
- Brown, N. B.; Bethel, J. S. 1965. La industria maderera. Limusa-Wiley. México. Primera Edición. 397 P.
- Bustamante G., V. 2011. Evaluación del proceso de producción de carbón vegetal de residuos de Quercus sideroxyta Humb & Bonpl., en hornos tipo colmena brasileño. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Primera Edición. 76 p.
- Caballero D., M.; Zamudio S., E. 1983. Factores de transformación industrial e índices de conversión utilizados en la actividad forestal de México. Dasonomía mexicana. México. 1 (2): 5-8 pp.
- Cabrera P., H.; Álvarez M., R. 2016. Guía para estudios de rendimiento de transformación primaria en la industria forestal de Guatemala. GT-011 (2016) INAB-ITTO Guatemala Primera Edición. 47 p.
- Calzada N., A. 2007. Establecimiento de un Aserradero para dar mayor valor agregado a la trocería de Eucalipto de Plantación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 87 p.
- Centro de Innovación Tecnológica de la Madera 2011. Buenas Prácticas en la Operación y Mantenimiento del Aserradero. CITEmadera Perú. Primera Edición. 79 p.
- Comisión Forestal. 1978. Normalización de la madera aserrada en el sistema métrico decimal. Serie Técnica No. 13. Comisión Forestal México. Primera Edición. 34 p.
- Comité de Medición Forestal. 2000. Propuesta de cubicación para diferentes productos forestales. Fideicomiso Chihuahua Forestal. México. Primera Edición. 40 p.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Compean G., F. J.; Pérez M., F. J.; Ávila S., J. A.; Munguia G., D. A. 1984. Diagnóstico de la industria de la caja alambrada del Estado de Durango. Boletín Divulgativo No. 66. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). SARH. México. Primera Edición. 90 p.
- Contreras H., E. 2007. Análisis de la eficiencia del aserradero del Tarahumar y Bajíos del Tarahumar, Tepehuanes, Durango, para incrementar su productividad. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Primera Edición. 105 p.
- Cruz de L., J. 2002. Secado de madera aserrada. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Primera Edición. 103 p.
- Davidson, J. 2016. How to make money with a portable sawmill business. JD-Biz Publishing. US. Primera Edición. 47 p.
- Dobie, J. 1973. Coeficientes de aserrío. Secretaría Forestal y de la Fauna. México. Primera Edición. 26 p.
- Dudek, S. 1970. Aserrío. Servicio Forestal del Ecuador. Ecuador. Primera Edición. 113 p.
- Espinoza L., O. 2012. Aprovechamiento maderable de especies tropicales en la selva alta del Estado de Campeche, México. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 74 p.
- Fabjan, N. 2021. The profitable sawmill. 5 steps to drastically increase your profits. El Autor. US. Primera Edición. 129 p.
- FAO. 1978. Las astillas de madera: su producción, manipulación y transporte. FAO Montes No. 8. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Segunda Edición. 136 p.
- FAO. 1982. Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo. FAO Montes No. 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Primera Edición. 173 p.
- FAO. 1984. Field manual on cost estimation in sawmilling industries: guidelines. FAO Montes No. 52/1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Primera Edición. 92 p.
- FAO. 1985. Field manual on cost estimation in sawmilling industries. FAO Montes No. 52/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Primera Edición. 49 p.
- FAO. 1989. Cuidado y mantenimiento de sierras. FAO Montes No. 58. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Segunda Edición. 118 p.
- FAO. 1990. Manual on sawmill operational maintenance. FAO Montes No. 94. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Primera Edición. 59 p.
- Flores V., R. 2020. Manejo de trocería y madera aserrada en patio. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Primera Edición. 32 P.
- Flores V., R.; Fuentes L., M.; Quintanar O., J.; Vázquez S., L.; Tamarit U., J. C.; Rodríguez C., H. M. 2007. Aserrío de madera de encinos en un aserradero portátil. Folleto Técnico No. 43. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Primera Edición. 39 p.
- Fuentes S., M.; Fuentes-Salinas, M. 2000. Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas, de importancia en la construcción. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. México. 4 (1): 221-229 pp.
- Fuentes T., F. J.; Silva G., J. A.; Montes R., E. 1996. Manual del secado técnico convencional de la madera. Universidad de Guadalajara. México. Primera Edición. 122 p.
- Fuentes-López, M. E.; Suárez-Patlán, E. E.; Carrillo-Ávila, N.; Flores-Velázquez, R. 2018. Coeficiente de aprovechamiento en un aserradero ejidal del estado de Puebla. Revista de Investigación y Desarrollo. México. 4 (14): 32-38 p.
- Galindo Q., K. 2011. Variación de corte y coeficiente de aprovechamiento en madera de encino de Oaxaca. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 64 p.
- García E., L.; Guindeo C., A.; Peraza O., C.; de Palacios de P., P. 2002. La madera y su tecnología. Mundi-Prensa. España. Primera Edición. 322 p.
- García R., J. D. 1999. Coeficiente de Aserrío para cuatro Aserraderos Banda en el Sur de Jalisco. División de

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. Primera Edición. 65 p.
- Haro P., A. J.; Nájera L., J. A.; Méndez G., J.; Corral R., S.; Hernández D., J. C.; Carrillo P., A.; Cruz C., F. 2015. Factor de conversión de productos forestales en la industria de tarimas en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. México. 6 (30): 90-105 p.
- Hernández G., A. 2016. Determinación de costos en la industria del aserrío. Guía básica. CONAFOR, PNUD y GEF. México. Primera Edición. 71 p.
- ITTO. 2012. Trazabilidad de la sustentabilidad. Estudio de las tecnologías electrónicas y semielectrónicas de trazabilidad de maderas. Serie Técnica No. 40. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Japón. Primera Edición. 60 p.
- Jiménez C., G. 1992. Aserraderos. Operación y mantenimiento. Días Imprenta. México. Tercera Edición. 302 p.
- Júarez T., P.; Compeán G., F. J.; Armendáriz O., R.; Rubio A., H. O.; Hernández S., J.; Cano R., M. 2003. Indicadores de costo de producción de madera aserrada en el Estado de Chihuahua. Folleto Técnico No. 25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Primera Edición. 34 p.
- Koch, P. 1964. Wood machining processes. The Ronald Press Company. US. Primera Edición. 530 p.
- Kollman, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ministerio de Agricultura. España. Primera Edición. 673 p.
- Leigh, J. H. 1980. The timber trade. An introduction to commercial aspects. Pergamon Press. Inglaterra. Segunda Edición. 115 p.
- Lira G., D. E. 2022. Medición Forestal: Manual de Capacitación para Silvicultores. Bozkia. México. Primera Edición. 154 p.
- Lira G., D. E. 2022. Técnicas para determinación de coeficientes de aserrío Bozkia. México. Primera Edición. 88 p.
- Lira G., D. E.; Maza O., W. D.; Padilla D., R. F. 2021. Coeficiente de Aserrío del Aserradero Ejidal Jicolapa (ASERREX)-Largas Dimensiones. Bozkia. México. Primera Edición. 41 p.
- Lira G., D. E.; Maza O., W. D.; Padilla D., R. F. 2021. Coeficiente de Aserrío del Aserradero Ejidal Peñuelas Pueblo Nuevo, Chignahuapan, Puebla-Largas Dimensiones. Bozkia. México. Primera Edición. 35 p.
- Lira G., D. E.; Maza O., W. D.; Padilla D., R. F. 2021. Coeficiente de Aserrío del Aserradero Ejidal Peñuelas Pueblo Nuevo, Chignahuapan, Puebla-Cortas Dimensiones. Bozkia. México. Primera Edición. 37 p.
- Lira G., D. E.; Maza O., W. D.; Padilla D., R. F. 2021. Coeficiente de aserrío en el Aserradero Ejidal Jicolapa (ASERREX)-Cortas Dimensiones. Bozkia. México. Primera Edición. 33 p.
- Loza O., A. H.; Medina A., A. B. ; Palacios R., J.; Vázquez A., N. E. 2008. Propuesta de aprovechamiento de desperdicio del aserradero "El Fraile". Instituto Politécnico Nacional. México. Primera Edición. 130 p.
- Mallof, W. 1982. Chainsaw lumbermaking. Echo Point Books & Media. US. Primera Edición. 214 p.
- Maza O., W. D. 2011. Planeación de la producción de madera aserrada en una planta de aserrío tipo de madera de eucalipto. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 123 p.
- Méndez C., R. L. 1996. Principios generales para la determinación de coeficiente de aserrío. Tesis de Licenciatura. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Primera Edición. 56 p.
- Ministry of Forests. 1980. Alternatives for crown timber pricing. White Paper No. 9 Ministry of Forests Canadá. Primera Edición. 60 p.
- Monreal R., S. B. 2022. Plantaciones forestales comerciales de México. Desarrollo histórico, situación actual y perspectivas. Bozkia. México. Primera Edición. 298 p.
- Moya L., C. E. 2012. Optimización del proceso de aserrío para el incremento de utilidades. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Primera Edición. 91 p.

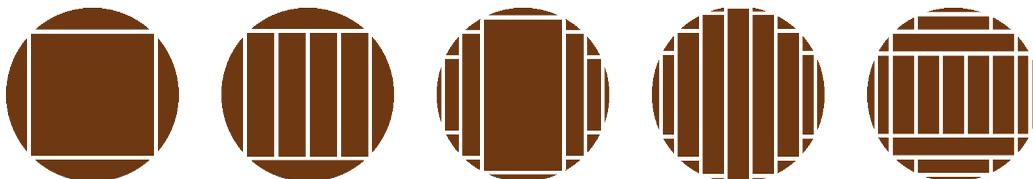
- Nájera L., J. A. 2010. Evaluación del proceso productivo maderable en la región de El Salto, Durango, México. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Primera Edición. 198 p.
- Nájera L., J. A.; Adame V., G. H.; Méndez G., J.; Vargas L., B.; Cruz C., F.; Hemández F., J.; Aguirre C., C.G. 2012. Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. (55): 11-23 pp.
- Nájera-Luna, J. A.; Aguirre-Calderón, O. A.; Treviño-Garza, E. J.; Jiménez-Pérez, J.; Jurado-Ybarra, E.; Corral-Rivas, J. J.; Vargas-Larreta, B. 2011. Tiempos y rendimientos del aserrío en la región de El Salto, Durango, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. México. 17 (2): 199-213 p.
- Nardi. 1992. Manual del secadero NARDI. Nardi. Italia. Primera Edición. 30 p.
- NHLA 2014. Reglas para la medición e inspección de maderas duras y ciprés. Asociación Nacional de Maderas Duras (NHLA). US. Primera Edición. 104 p.
- Nustch, W. 2018. Tecnología de la madera y del mueble. Reverté. España. Primera Edición. 509 p.
- ONNCCE. 1988. NMX-C-359-1988. Industria maderera – Trocería de pino – Clasificación. México.
- ONNCCE. 2014. NMX-C-239-ONNCCE-2014. Industria de la Construcción - Madera - Especificaciones y Métodos de Ensayo para la Calificación y Clasificación Visual de Madera Dimensionada de Pino para usos Estructurales. México.
- Ortiz B., R.; Martínez, S.; Vázquez R., D.; Santiago J., W. 2016. Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género Pinus en la región Sierra Sur, Oaxaca, México. Colombia Forestal. Colombia 19 (1): 79-93 pp.
- Ortiz-Bibian, I. A 2019.). Evaluación del coeficiente de aserrío en aserraderos de la región de los Tuxtlas, Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. México. 10 (53): 36-51 p
- Panshin, A. J.; Harrar, E. S.; Baker, W. J.; Proctor, P. B. 1959. Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento. Salvat. España. Primera Edición. 605 p.
- Pérez S., T. 2016. Determinación de la productividad en el aserradero “Plan maestro los Ocotones” en Cintalapa de Figueroa, Chiapas. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 87 p.
- Quezada F., A.; Roseberry L., R.; Proulx, C. 1969. Acondicionamiento y mantenimiento de sierras circulares. Manual No. 5. Intituto Forestal. Chile. Primera Edición. 90 p.
- Quintanar O., J.; Fuentes L., M.; Flores V., R. 2009. Manual para el secado en estufa de madera de encinos en Oaxaca. Folleto Técnico No. 50. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Primera Edición. 70 p.
- Quintanar O., J.; Fuentes L., M.; Flores V., R. 2009. Planeación e instalación de estufas para secado de madera. Folleto Técnico No. 48. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Primera Edición. 48 p.
- Rainforest Alliance. 2010. Productos maderables certificados. Rainforest Alliance. México. Primera Edición. 44 p.
- Rodríguez A., M. A. 1995. Metodologías y técnicas para el control de producción en el proceso de aserrío. Tesina de Licenciatura. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Primera Edición. 141 p.
- Rodríguez H., M. 1992. Determinación de coeficiente de aserrío. Tesina de Licenciatura. Escuela de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Primera Edición. 48 p.
- Rodríguez M., R. 1965. Apuntes de aserraderos. Escuela Nacional de Agricultura. México. Primera Edición. 140 p.
- Romahn de la V., C. R.; Ramírez M., H. 2010. Dendrometría. División de Ciencias Forestales. Universidad

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- Autónoma Chapingo. México. Segunda Edición. 312 p.
- Ross, R. J. 2010. Wood handbook: Wood as an engineering material. Forest Products Laboratory Forestry Service of USDA US. First Edition. 509 p.
- Rueda S., A.; Gallegos R., A.; González E., D.; Benavides S., J. D.; Ruiz C., J. A.; López A., E. 2010. Coeficiente de aserrío de madera en rollo de dos especies tropicales producto de plantaciones forestales. Scientia-CUCBA. Cuba. 12 (1,2): 1-10 pp.
- Sánchez R., L. 1994. Manual de mantenimiento de sierras cinta o banda. Serie de Apoyo Académico No. 48. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 86 p.
- Sánchez R., L. 2004. La industria de la madera. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 175 p.
- Sánchez R., L. 2005. Técnicas útiles para el productor forestal. Clasificación, cubicación, distribución de productos, coeficientes y defectos. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 81 p.
- Sánchez R., L. 2008. Mantenimiento de sierras cintas y sierras circulares. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 188 p.
- Sandvik Steel. 1976. The care and maintenance of circular saw blades. Sandvik Steel. Suecia. Primera Edición. 61 p.
- Sandvik Steel. 1999. El manual. Producción, uso y mantenimiento de sierra cinta para madera. Sandvik Steel. Suecia. Primera Edición. 82 p.
- Santiago J., W.; Ruiz A., F.; Ramírez V., E. . Determinación del rendimiento volumétrico y calidad dimensional de madera aserrada en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Universidad de la Sierra Juárez México. Primera Edición. 0.75
- SARH 1986. Regla métrica Durango. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). México. Primera Edición. 12 p.
- SFF 1978. Aserraderos. Operación y mantenimiento. Circular 2/78. Subsecretaría de Fomento Forestal. México. Primera Edición. 3 p.
- Shertzer, L. L. 1916. How to build and operate a sawmill. American Lumberman US. First Edition. 31 p.
- STPS. 2001. NOM-011-STPS-2001. Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. México.
- STPS. 2008. NOM-017-STPS-2008. Establece los criterios y requerimientos para la selección, uso y manejo de equipo de protección personal en los centros de trabajo. México.
- STPS. 2009. NOM-030-STPS-2009. Establece las funciones y actividades de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo. México.
- STPS. 2010. NOM-002-STPS-2010. Establece las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. México.
- STPS. 2013. NOM-008-STPS-2013. Establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo para las actividades de aprovechamiento forestal maderable y en los centros de almacenamiento y transformación en su actividad primaria. México.
- Torrecillas-Silva, C. A.; Orozco-Contreras, R.; Nájera-Luna, J. A.; Hernández-Díaz, J.C.; Hernández, F. J.; de la Cruz-Carrera, R.; Corral-Rivas, J. J.; Goche-Télles, J. R. 2020. Evaluación del refuerzo de asierre en madera seca y cepillada del ejido Pueblo Nuevo, Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. México. 11 (57): 88-107 pp.
- Torres D., L. 2019. Efficiency of sawn timber and effects of its quality in three sawmills in the State of Hidalgo, Mexico. Forestry Division, Universidad Autónoma Chapingo. México. First Edition. 56 p.
- U.S.D.A. 2007. The encyclopedia of wood. U.S. Department of Agriculture. US. Primera Edición. 496 p.
- Vega G., F. 2007. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento y las

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

- características de la madera aserrada. Tesis de Licenciatura. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Primera Edición. 115 p.
- Vignote P., S.; Martínez R., I. 2006. Tecnología de la madera. Mundi-Prensa. España. Tercera Edición. 687 p.
- Villanueva A., L. s/f. Mantenimiento de sierra banda. Servicio Nacional ARMO. México. Primera Edición. 42 p.
- Viopio, V. 1995. Tecnologías de aserraderos. Departamento de Cooperación para el Desarrollo de Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia (FINNLDA) Finlandia. Primera Edición. 220 p.
- Vudarte E., S.; Melo H., R.; Pavón H., M.; Moya L., C.; Wettling G., O. s/f. Principios de organización y operación del aserradero. Instituto Forestal. Chile. Primera Edición. 208 p.
- Wetting G., A.; Planas U., E. 1965. Rendimiento de trozas en aserraderos. Instituto Forestal. Chile. Primera Edición. 14 p.
- Whittaker, J. C. 1968. Cost accounting system for small sawmills. Regional Technical Assistance Center , AID International Agency for Development. México. First Edition. 23 p.
- Williston, E. M. 1981. Small log sawmills. Profitable product selectios, precess design and operation. Miller Freeman. US. Primera Edición. 367 p.
- Williston, E. M. 1985. Computer contorl systems for log processing and lumber manufacturing. Miller Freeman. US. Primera Edición. 414 p.
- Williston, E. M. 1988. Lumber manufacturing. The design and operation of sawmills and planer mills. Miller Freeman. US. Segunda Edición. 486 p.
- Williston, E. M. 1991. Value-added wood products. Manufacturing and marketing strategies. Miller Freeman. US. Primera Edición. 218 p.
- Wood-Mizer. s/f. Manual de seguridad, operación, mantenimiento y piezas. BMS200/250 Afilador. Wood-Mizer. US. Quinta Edición. 76 p.
- Wood-Mizer. s/f. Safety, operation, maintenance and parts manual. Dual tooth setter BMT200 y BMT 250. Wood-Mizer. US. Second Edition. 88 p.
- Wood-Mizer. s/f. Safety, operation, maintenance & parts manual LD12. Wood-Mizer. US. Third Edition 120 p.
- Wood-Mizer. s/f. Safety, setup & operation manual WM4000. Wood-Mizer. US. First Edition. 190 p.
- Wood-Mizer. s/f. Safety, setup, operation and maintenance manual HR 1000 Resaw. Wood-Mizer. US. Fourth Edition. 88 p.
- World Wood. 1975. European sawmill techniques. Miller Freeman. Belgica. Primera Edición. 155 p.
- Zamudio S., E. 1986. Manual de la industria maderera. Serie Agronomía No. 10. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 389 p.
- Zavala Z., D. 1996. Coeficientes de aprovechamiento de trocería de pino en aserradero banda. Revista Ciencia Forestal en México. México. 21 (79): 165-181 pp.
- Zavala Z., D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional en las características de la madera de encinos. Madera y Bosques. México. 9 (2): 29-39 pp.
- Zavala Z., D. ; Hernández C., R. 2000. Analysis of the performance and usefulness of the sawing process of pine logs. Wood and Forests. Mexico. 6 (2): 41-55 p.
- Zavala Z., D. 1972. Analysis of the sawmilling practices in the state of Durango, Mexico. Universidad Autónoma Chapingo México. First Edition. 102 p.
- Zavala Z., D. 1991. Manual para establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de Apoyo Académico No. 44. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. Primera Edición. 50 p.
- Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Boletín Técnico No. 115. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Segunda Edición. 48 p.



ANEXOS

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 1. Reglas madereras.

Scribner					
Diámetro		Largo (ft)			
in	cm	4	8	12	16
6	15.2	1	2	3	4
7	17.8	2	5	7	9
8	20.3	4	8	12	16
9	22.9	6	13	19	25
10	25.4	9	18	27	36
11	27.9	12	25	37	49
12	30.5	16	32	48	64
13	33.0	20	41	61	81
14	35.6	25	50	75	100
15	38.1	30	61	91	121
16	40.6	36	72	108	144
17	43.2	42	85	127	169
18	45.7	49	98	147	196
19	48.3	56	113	169	225
20	50.8	64	128	192	256
21	53.3	72	145	217	289
22	55.9	81	162	243	324
23	58.4	90	181	271	361
24	61.0	100	200	300	400
25	63.5	110	221	331	441
26	66.0	121	242	363	484
27	68.6	132	265	397	529
28	71.1	144	288	432	576
29	73.7	156	313	469	625
30	76.2	169	338	507	676
31	78.7	182	365	547	729
32	81.3	196	392	588	784
33	83.8	210	421	631	841
34	86.4	225	450	675	900
35	88.9	240	481	721	961
36	91.4	256	512	768	1024
37	94.0	272	545	817	1089
38	96.5	289	578	867	1156
39	99.1	306	613	919	1225
40	101.6	324	648	972	1296

Scribner C					
Diámetro		Largo (ft)			
in	cm	4	8	12	16
6	15.2	4	8	12	16
7	17.8	0	10	10	10
8	20.3	10	10	20	20
9	22.9	10	20	20	30
10	25.4	10	20	30	40
11	27.9	10	30	40	60
12	30.5	20	30	50	70
13	33.0	20	40	60	90
14	35.6	30	50	80	100
15	38.1	30	60	90	120
16	40.6	40	70	110	140
17	43.2	40	80	120	170
18	45.7	50	100	140	190
19	48.3	50	110	160	220
20	50.8	60	120	180	240
21	53.3	70	140	200	270
22	55.9	80	150	230	300
23	58.4	80	170	250	330
24	61.0	90	180	280	370
25	63.5	100	200	300	400
26	66.0	110	220	330	440
27	68.6	120	240	360	480
28	71.1	130	260	390	520
29	73.7	140	280	420	560
30	76.2	150	300	450	600
31	78.7	160	320	490	650
32	81.3	170	350	520	690
33	83.8	190	370	560	740
34	86.4	200	400	590	790
35	88.9	210	420	630	840
36	91.4	220	450	670	890
37	94.0	240	470	710	950
38	96.5	250	500	750	1000
39	99.1	270	530	800	1060
40	101.6	280	560	840	1120

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 1. Reglas madereras (continuación).

Internacional					
Diámetro		Largo (ft)			
in	cm	4	8	12	16
6	15.2	4	8	14	21
7	17.8	6	13	21	31
8	20.3	8	18	30	43
9	22.9	11	25	39	56
10	25.4	15	32	51	71
11	27.9	19	40	63	88
12	30.5	23	49	77	107
13	33.0	28	58	92	128
14	35.6	33	69	108	150
15	38.1	39	81	126	174
16	40.6	45	93	145	200
17	43.2	52	106	165	227
18	45.7	59	121	187	256
19	48.3	66	136	210	287
20	50.8	74	152	234	320
21	53.3	82	169	259	355
22	55.9	91	186	286	391
23	58.4	100	205	315	429
24	61.0	110	224	344	469
25	63.5	120	245	375	511
26	66.0	130	266	407	554
27	68.6	141	288	441	599
28	71.1	153	311	475	646
29	73.7	164	335	512	695
30	76.2	177	360	549	745
31	78.7	189	385	588	797
32	81.3	203	412	628	851
33	83.8	216	439	669	907
34	86.4	230	468	712	964
35	88.9	245	497	756	1023
36	91.4	260	527	802	1084
37	94.0	275	558	848	1147
38	96.5	291	589	896	1212
39	99.1	307	622	946	1278
40	101.6	324	656	996	1346

Internacional 1/4					
Diámetro		Largo (ft)			
in	cm	4	8	12	16
6	15.2	5	5	10	15
7	17.8	5	10	15	20
8	20.3	10	15	25	30
9	22.9	10	20	30	40
10	25.4	15	25	40	55
11	27.9	15	35	50	70
12	30.5	20	40	65	85
13	33.0	25	50	75	100
14	35.6	30	60	90	120
15	38.1	35	70	105	140
16	40.6	40	80	120	165
17	43.2	45	95	140	185
18	45.7	55	105	160	210
19	48.3	60	120	180	240
20	50.8	65	135	200	265
21	53.3	75	150	225	295
22	55.9	80	165	245	330
23	58.4	90	180	270	360
24	61.0	100	200	300	395
25	63.5	110	215	325	435
26	66.0	120	235	355	470
27	68.6	130	255	385	510
28	71.1	140	275	415	550
29	73.7	150	295	445	595
30	76.2	160	320	480	640
31	78.7	170	345	515	685
32	81.3	185	365	550	735
33	83.8	195	390	585	780
34	86.4	210	415	625	835
35	88.9	220	445	665	885
36	91.4	235	470	705	940
37	94.0	250	495	745	995
38	96.5	265	525	790	1050
39	99.1	280	555	835	1110
40	101.6	295	585	880	1170

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 1. Reglas madereras (continuación).

Doyle					
Diámetro		Largo (ft)			
in	cm	4	8	12	16
6	15.2	1	2	3	4
7	17.8	2	5	7	9
8	20.3	4	8	12	16
9	22.9	6	13	19	25
10	25.4	9	18	27	36
11	27.9	12	25	37	49
12	30.5	16	32	48	64
13	33.0	20	41	61	81
14	35.6	25	50	75	100
15	38.1	30	61	91	121
16	40.6	36	72	108	144
17	43.2	42	85	127	169
18	45.7	49	98	147	196
19	48.3	56	113	169	225
20	50.8	64	128	192	256
21	53.3	72	145	217	289
22	55.9	81	162	243	324
23	58.4	90	181	271	361
24	61.0	100	200	300	400
25	63.5	110	221	331	441
26	66.0	121	242	363	484
27	68.6	132	265	397	529
28	71.1	144	288	432	576
29	73.7	156	313	469	625
30	76.2	169	338	507	676
31	78.7	182	365	547	729
32	81.3	196	392	588	784
33	83.8	210	421	631	841
34	86.4	225	450	675	900
35	88.9	240	481	721	961
36	91.4	256	512	768	1024
37	94.0	272	545	817	1089
38	96.5	289	578	867	1156
39	99.1	306	613	919	1225
40	101.6	324	648	972	1296

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 2. Tabla de cubicación de trocería.

ø cm	Largo							
	8'	8 1/4'	10'	12'	14'	16'	18'	20'
	2.54 m	2.60 m	3.15 m	3.76 m	4.37 m	4.98 m	5.59 m	6.20 m
15	0.048	0.049	0.059	0.071	0.082	0.094	0.105	0.117
16	0.054	0.056	0.067	0.080	0.093	0.106	0.119	0.132
17	0.061	0.062	0.076	0.090	0.105	0.120	0.134	0.149
18	0.068	0.070	0.085	0.101	0.117	0.134	0.150	0.167
19	0.076	0.078	0.094	0.112	0.130	0.149	0.167	0.185
20	0.084	0.086	0.104	0.124	0.144	0.164	0.184	0.205
21	0.092	0.094	0.114	0.136	0.159	0.181	0.203	0.225
22	0.101	0.103	0.125	0.149	0.174	0.198	0.222	0.246
23	0.110	0.113	0.137	0.163	0.189	0.216	0.242	0.269
24	0.120	0.123	0.148	0.177	0.206	0.235	0.263	0.292
25	0.130	0.133	0.161	0.192	0.223	0.254	0.285	0.317
26	0.140	0.143	0.174	0.207	0.241	0.275	0.308	0.342
27	0.151	0.154	0.187	0.223	0.259	0.296	0.332	0.368
28	0.162	0.166	0.201	0.240	0.279	0.318	0.356	0.395
29	0.174	0.178	0.215	0.257	0.299	0.340	0.382	0.424
30	0.186	0.190	0.230	0.275	0.319	0.364	0.408	0.453
31	0.198	0.203	0.245	0.293	0.340	0.388	0.436	0.483
32	0.211	0.216	0.261	0.312	0.362	0.413	0.464	0.514
33	0.224	0.229	0.278	0.331	0.385	0.439	0.493	0.546
34	0.237	0.243	0.294	0.351	0.408	0.465	0.522	0.579
35	0.251	0.257	0.312	0.372	0.432	0.493	0.553	0.614
36	0.266	0.272	0.330	0.393	0.457	0.521	0.585	0.649
37	0.280	0.287	0.348	0.415	0.483	0.550	0.617	0.685
38	0.296	0.303	0.367	0.438	0.509	0.580	0.651	0.722
39	0.311	0.319	0.386	0.461	0.535	0.610	0.685	0.760
40	0.327	0.335	0.406	0.484	0.563	0.641	0.720	0.799
41	0.344	0.352	0.426	0.509	0.591	0.674	0.756	0.839
42	0.360	0.369	0.447	0.533	0.620	0.706	0.793	0.879
43	0.377	0.386	0.468	0.559	0.649	0.740	0.831	0.921
44	0.395	0.404	0.490	0.585	0.680	0.774	0.869	0.964
45	0.413	0.423	0.512	0.611	0.710	0.810	0.909	1.008
46	0.431	0.441	0.535	0.638	0.742	0.846	0.949	1.053
47	0.450	0.461	0.558	0.666	0.774	0.882	0.990	1.099
48	0.469	0.480	0.582	0.695	0.807	0.920	1.033	1.145
49	0.489	0.500	0.606	0.724	0.841	0.958	1.076	1.193
50	0.509	0.521	0.631	0.753	0.875	0.997	1.120	1.242
51	0.529	0.542	0.656	0.783	0.910	1.037	1.164	1.291
52	0.550	0.563	0.682	0.814	0.946	1.078	1.210	1.342
53	0.571	0.584	0.708	0.845	0.982	1.119	1.257	1.394
54	0.592	0.606	0.735	0.877	1.019	1.162	1.304	1.446
55	0.614	0.629	0.762	0.910	1.057	1.205	1.352	1.500
56	0.637	0.652	0.790	0.943	1.096	1.248	1.401	1.554
57	0.660	0.675	0.818	0.976	1.135	1.293	1.451	1.610
58	0.683	0.699	0.847	1.011	1.174	1.338	1.502	1.666
59	0.706	0.723	0.876	1.045	1.215	1.385	1.554	1.724
60	0.730	0.747	0.905	1.081	1.256	1.432	1.607	1.782
61	0.754	0.772	0.936	1.117	1.298	1.479	1.660	1.842
62	0.779	0.798	0.966	1.153	1.341	1.528	1.715	1.902

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 2. Tabla de cubicación de trocería. (continuación)

ø cm	Largo							
	8'	8 1/4'	10'	12'	14'	16'	18'	20'
	2.54 m	2.60 m	3.15 m	3.76 m	4.37 m	4.98 m	5.59 m	6.20 m
63	0.804	0.823	0.998	1.191	1.384	1.577	1.770	1.963
64	0.830	0.849	1.029	1.228	1.428	1.627	1.826	2.026
65	0.856	0.876	1.061	1.267	1.472	1.678	1.883	2.089
66	0.882	0.903	1.094	1.306	1.518	1.730	1.941	2.153
67	0.909	0.930	1.127	1.345	1.564	1.782	2.000	2.219
68	0.936	0.958	1.161	1.386	1.610	1.835	2.060	2.285
69	0.964	0.986	1.195	1.426	1.658	1.889	2.121	2.352
70	0.991	1.015	1.230	1.468	1.706	1.944	2.182	2.420
71	1.020	1.044	1.265	1.510	1.755	1.999	2.244	2.489
72	1.049	1.073	1.300	1.552	1.804	2.056	2.308	2.559
73	1.078	1.103	1.336	1.595	1.854	2.113	2.372	2.630
74	1.107	1.133	1.373	1.639	1.905	2.171	2.437	2.703
75	1.137	1.164	1.410	1.683	1.956	2.229	2.503	2.776
76	1.167	1.195	1.448	1.728	2.009	2.289	2.569	2.850
77	1.198	1.226	1.486	1.774	2.061	2.349	2.637	2.925
78	1.229	1.258	1.524	1.820	2.115	2.410	2.705	3.001
79	1.261	1.291	1.564	1.866	2.169	2.472	2.775	3.078
80	1.293	1.323	1.603	1.914	2.224	2.535	2.845	3.155
81	1.325	1.356	1.643	1.961	2.280	2.598	2.916	3.234
82	1.358	1.390	1.684	2.010	2.336	2.662	2.988	3.314
83	1.391	1.424	1.725	2.059	2.393	2.727	3.061	3.395
84	1.424	1.458	1.766	2.109	2.451	2.793	3.135	3.477
85	1.458	1.493	1.809	2.159	2.509	2.859	3.209	3.560
86	1.493	1.528	1.851	2.210	2.568	2.926	3.285	3.643
87	1.527	1.563	1.894	2.261	2.628	2.994	3.361	3.728
88	1.562	1.599	1.938	2.313	2.688	3.063	3.439	3.814
89	1.598	1.636	1.982	2.365	2.749	3.133	3.517	3.900
90	1.634	1.672	2.026	2.419	2.811	3.203	3.596	3.988
91	1.670	1.710	2.071	2.472	2.873	3.275	3.676	4.077
92	1.707	1.747	2.117	2.527	2.937	3.347	3.756	4.166
93	1.744	1.785	2.163	2.582	3.000	3.419	3.838	4.257
94	1.781	1.824	2.209	2.637	3.065	3.493	3.921	4.348
95	1.819	1.862	2.256	2.693	3.130	3.567	4.004	4.441
96	1.858	1.902	2.304	2.750	3.196	3.642	4.088	4.534
97	1.896	1.941	2.352	2.807	3.263	3.718	4.174	4.629
98	1.935	1.981	2.400	2.865	3.330	3.795	4.260	4.724

Anexo 3. Tabla de cubicación de tablas nominales de 8' en pies tabla.

Espesor	Ancho					
	2"	4"	6"	8"	10"	12"
1/4"	0.33	0.67	1.00	1.33	1.67	2.00
1/2"	0.67	1.33	2.00	2.67	3.33	4.00
3/4"	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
1"	1.33	2.67	4.00	5.33	6.67	8.00
1 1/4"	1.67	3.33	5.00	6.67	8.33	10.00
1 1/2"	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00
1 3/4"	2.33	4.67	7.00	9.33	11.67	14.00
2"	2.67	5.33	8.00	10.67	13.33	16.00
2 1/2"	3.33	6.67	10.00	13.33	16.67	20.00
3"	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00
3 1/2"	4.67	9.33	14.00	18.67	23.33	28.00
4"	5.33	10.67	16.00	21.33	26.67	32.00
6"	8.00	16.00	24.00	32.00	40.00	48.00
8"	10.67	21.33	32.00	42.67	53.33	64.00

Anexo 6. Clasificación de trocería de acuerdo con la NMX-C-359-1988.

Características	Alta calidad	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Usos recomendables	Chapas o productos de alto valor decorativo	Vistas de triplay o aserrío de alta calidad	Aserrío de alta calidad y triplay de media calidad	Aserrío de media calidad, durmientes, vigas y centros de triplay	Aserrío de media calidad, durmientes, centros de triplay y postes	Aserrío de baja calidad y otros usos
Diámetro medio mínimo sin corteza	51cm = 20"	46cm = 18"	25cm = 10"	41cm = 16"	30cm = 12"	36cm = 14"
Longitud mínima de la troza	2.44 m = 8	2.44 m = 8	2.44m = 8	2.44 m = 8	2.44m = 8	2.44 m = 8
Forma de la sección transversal	Casi circular	Casi circular	Ligeramente oval	Ligeramente oval	Ligeramente oval	oval
Curvatura máxima(cm/m)	2,5 cm/m	2,5 cm/m	2,5 cm/m	5 cm/m	5 cm/m	5 cm/m
Ahusamiento (cm/m) máximo	2,5 cm/m	2,5 cm/m	2,5 cm/m	5 cm/m	5 cm/m	5 cm/m
Excentricidad de la médula	No debe tener	Admite hasta 5 cm de desviación del centro	Admite hasta 5 cm de desviación del centro	Admite hasta 7.5 cm de desviación del centro	Admite hasta 7.5 cm de desviación del centro	No importa
Nudos macizos (admite)	Dos hasta de 2.5 cm de diámetro	Dos hasta de 5cm diámetro	Tres hasta de 5 cm de diámetro	Cuatro hasta de 5 cm de diámetro	Cinco hasta de 5 cm de diámetro	Seis hasta de 5 cm de diámetro
Cicatrices (admite hasta)	Uno de 25 cm de largo 2.5 cm de ancho y 1 cm de prof.	Uno de 25 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Uno de 50 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof	Dos de 50 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Tres de 50 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Cuatro de 50 cm de largo, 5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.
Abultamientos (admite)	No debe tener	No debe tener	Uno hasta de 5 cm de diámetro	Dos hasta de 5 cm de diámetro	Tres hasta de 5 cm de diámetro	Cuatro hasta de 5 cm de diámetro

Anexo 6. Clasificación de trocería de acuerdo con la NMX-C-359-1988. (continuación)

Características	Alta calidad	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Raspaduras (admite)	Una de 25 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Una de 25 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Una de 25 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Dos de 30 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad	Tres de 50 cm largo, 5.0 cm de ancho y 5.0 cm de profundidad	Cuatro de 50 cm de largo, 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad
Rajaduras (admite)	Una de 25 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Una de 25 cm de largo, 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Una de 50 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 5.0 cm de prof.	Dos de 50 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad	Tres de 50 cm de largo, 5.0 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Cuatro de 50 cm de largo 5.0 cm de ancho y máx prof. radial
Ataque de insectos y hongos	No debe tener	No debe tener	Ligeramente	Ligeramente	Ligeramente	No importa
Decoloraciones (admite)	No debe tener	En el centro hasta 10 cm de diámetro	En el centro hasta 10 cm de diámetro	En el centro hasta 10 cm de diámetro	En el centro hasta 10 cm de diámetro	No importa
Daños por fuego (admite)	No debe tener	No debe tener	No debe tener	Uno leve 10% de la superficie de la troza	Hasta 20% de la superf. de la troza	Hasta 30% de la superf. de la troza
Corazón o duramen (admite)	Sano y no mayor que 25 cm de diámetro	Sano y no mayor que 25 cm de diámetro	Sano y no mayor que 25 cm de diámetro 10 cm de radio	Sano y no mayor que 25 cm de diámetro	Pudrición de 5 cm de diámetro máximo	Pudrición de 5 cm de diámetro máximo
Albura (espesor mínimo)	12.5 cm. radio	10 cm de radio	10 cm de radio	No importa	No importa	No importa
Caladas (resinación, ocofeo o para ver hilo)	No debe tener	No debe tener	Una de 25 cm de largo, 10 cm de ancho y 2.5 cm de prof.	Dos de 25 cm de largo, 10 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad	No importa	No importa

Anexo 7. Clasificación de madera de acuerdo con la NMX-C-239-ONNCCE-2014.

Clase	A	B	C
Ancho total de nudos	Hasta 1/4 del ancho		Hasta 1/2 del ancho
Área de la sección transversal de nudos	Hasta 1/8 de la superficie	Hasta 1/4 de la superficie	Hasta 1/4 de la superficie
Inclinación del hilo	1:10 en cualquier parte de la pieza	1:8 en cualquier parte de la pieza	1:6 en cualquier parte de la pieza
Arista faltante	1/4 del grosor o 1/4 del ancho	1/3 del grosor o 1/3 del ancho	
Alabeos	Hasta 1/4 del ancho o espesor		
Acanaladura	2% del ancho de la pieza		
Arqueadura (por 2m de longitud)	20 mm / 38 mm de espesor 10 mm / 88 mm de espesor Interpolación para medidas intermedias		
Encorvadura (por 2m de longitud)	10 mm / 38 mm de espesor 5 mm / 88 mm de espesor Interpolación para medidas intermedias		
Torcedura (por 2m de longitud)	3 mm por cada 25 mm de ancho		
Pudrición	No se admite ningún grado de avance		
Perforaciones grandes (por insectos)	Máximo 2 perforaciones de diámetro máximo de 12 mm en un cuadro de 6 x 6 cm y no debe haber infestación activa		
Perforaciones pequeñas (por insectos)	Máximo 10 perforaciones de diámetro máximo de 12 mm en un cuadro de 6 x 6 cm y no debe haber infestación activa		
Nudos en racimo	Se permiten siempre que no excedan las proporciones establecidas para nudos		
Rajaduras	Profundidad menor o igual al ancho.		
Acebolladuras	No permitidas en la cara No más de 1/4 de la sección transversal Profundidad menor a 3mm		
Bolsa de resina	Las mismas tolerancias que a los nudos		
Distorsión localizada del hilo	Hasta un 1/8 del ancho cuando está en el canto Hasta 1/4 del ancho cuando está en la superficie		

Anexo 8. Clasificación de madera de acuerdo con la NHLA de 2015.

Clase	FAS	F1F	SELECT	#1 COM	#2A & 2B	#3A COM	#3B COM
Tamaño Mínimo de la Tabla	6" x 8'		4" x 6'	3" x 4'			
Tamaño Mínimo del Corte	4" x 5' 3" x 7'			4" x 2' 3" x 3'	3" x 2'	3" x 2'	No menos de 1-1/2" de ancho de 36" cuadradas
Rendimiento Básico	MS x 10 83-1/3%			MS x 8 66-2/3%	MS x 6 50%	MS x 4 33-1/3%	MS x 3 25%
Fórmula para Determinar el No. de Cortes	MS/4 (4 máx)			(MS + 1)/3 (5 máx)	Ms/2 (7 máx)	Ilimitado	Cortes Sanos Ilimitados
MS necesaria para tomar el corte adicional	6-15' MS		Mejor cara para clasificar FAS y Cara deficiente para #1 Común	3-10' MS	2-7' MS		
Requerimiento Extra Necesario para un Corte Extra	MS x 11 91-2/3%			MS x 9 75%	MS x 8 66-2/3%		
Limitaciones FAS para defectos	No admite corazón La corteza no puede exceder en ancho el espesor de la pieza Las rajaduras o aberturas no pueden exceder el largo del refuerzo El diámetro promedio de los nudos no debe exceder 1/3 del ancho de la tabla. Jorobas y encorvaduras se admiten siempre que se retiren con el cepillado.						

MS = Superficie de la tabla

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 9. Lista de verificación para mejora del coeficiente de aserrío.

Criterio	Cumple
Diámetro mínimo de recepción de trocería definido.	
Trocería es homogénea con una variación en diámetros de ± 20 cm.	
Se clasifica por categoría por categoría diamétrica la trocería.	
Se clasifica por clasificación de calidad de la trocería.	
Se ajusta a lo largo de la trocería en patios.	
Se tiene un control documental del ingreso de madera a patio de trocería.	
Se tiene un inventario actualizado de las existencias de torcería.	
Se tiene un registro del consumo de trocería.	
Las trozas tienen identificado el diámetro promedio en las cabezas.	
Se tienen diagramas de corte para cada categoría diamétrica.	
Se maneja más de una especie.	
Se tiene un registro que permite distinguir el origen de la troza.	
Se realiza una revisión y alineación de equipos.	
Se tiene un programa de mantenimiento y se le da cumplimiento.	
Se realiza un afilado mecanizado de las sierras.	
Se verifica el adecuado tensionado de la sierra.	
Se verifica el adecuado rolado de la sierra.	
Se verifica el adecuado triscado de la sierra.	
Se verifica el adecuado suaje de la sierra.	
Se realiza cambio de sierras cada 2 horas como máximo.	
Se tiene equipos especializados para afilado.	
Se tiene equipo especializado para rolado y tensionando.	
Se tiene equipo para verificar la calidad de las sierras.	
Se controla periódicamente el coeficiente de aserrío.	
Se controla periódicamente las dimensiones de las tablas.	
Se tiene un sistema de control del coeficiente de aserrío permanente.	
Se tiene un sistema de control de calidad estadístico.	
Se monitorea y grafica la variación de corte en espesor.	
Se ha calculado el refuerzo adecuado.	
Se emplea el refuerzo adecuado.	
Se tiene reaserradera.	
Se tiene tableteras.	
Se tiene línea de armado de tarimas.	
Se tiene línea de armado de cimbra.	
Se tiene línea de armado de caja de embalaje.	
Se tiene línea de fabricación de palo de escoba.	
Se tiene líneas de fabricación de molduras.	
Se tienen sensores para monitoreo de clasificación de tablas.	
Se realiza un centrado de la troza.	
Se emplean diversas técnicas de aserrío.	

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 9. Lista de verificación para mejora del coeficiente de aserrío. (continuación)

Criterio	Cumple
Se tiene criterios claros para realizar el corte de apertura.	
Se tienen diagramas de corte para la trocería.	
Se emplean aplicaciones para desarrollar diagramas de corte.	
Se emplean criterios matemáticos para optimizar el corte de la troza.	
Se tienen identificadas las condiciones de riesgos laborales.	
Se tienen esquemas de bonificación por rendimiento.	
Se tienen esquemas de pago por volumen.	
Se emplean jornadas extendidas.	
Se emplean turnos adicionales.	
El aserrador tiene más de 5 años de experiencia.	
El aserrador sabe trazar diagramas de corte.	
El aserrador conoce los criterios del corte de apertura.	
El aserrador conoce a las diferentes técnicas de aserrío.	
Se tienen controlados los costos fijos de producción.	
Se tienen calculados los costos variables de producción.	
Se monitorean los costos de producción.	
Se comercializan medidas reales o a medida pegada.	
Se comercializa con refuerzo calculado.	
Se comercializan medidas no tradicionales.	
Se tiene proveeduría de medidas especiales.	
Se realiza un correcto estibado.	
Se realiza un monitoreo frecuente del contenido de humedad.	
Se almacena correctamente la madera seca.	
Se tiene optimizada la secuela de secado.	
Se manejan lotes semiterminados.	
Se tienen bandas de retorno.	
Se tienen sistemas de transporte de materiales.	
Se tienen montacargas.	
Se tienen patines hidráulicos.	

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 10. Diagnóstico de mantenimiento para aserraderos.

Síntomas	Posibles Causas
La última tabla del carro tiene forma de cuña de borde a borde (de arriba hacia abajo). (Si se utilizan guías de presión)	<ul style="list-style-type: none"> ● Carro y sierra desalineados verticalmente. ● Deslizamiento de la guía de la sierra superior fuera de alineación con la sierra de cinta. ● Posible error en ajuste de las guías de tensión.
Variación de espesor en tablas en toda su longitud.	<ul style="list-style-type: none"> ● Mantenimiento ineficiente de la sierra. ● Guías de la sierra mal colocadas. ● Velocidad del carro demasiado rápida, lenta o irregular. ● Rieles del carro desalineados.
Variación de espesor en las tablas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema hidráulico de avance desgastado o inexacto. ● Juego lateral en los ejes del carro. ● Falta de sujeción de los ganchos. ● Velocidad del carro irregular. ● Se necesita ajustar las guías de la sierra. ● Piñones o rieles de avance desgastados y con juego.
Variación en el espesor de la última tabla de un extremo a otro.	<ul style="list-style-type: none"> ● Escuadras desalineadas. ● Pausas en el aserrado del tronco. ● Falta de sujeción de los ganchos.
La sierra retrocede sobre los volantes y genera variación de corte.	<ul style="list-style-type: none"> ● Los limpiadores de los volantes no funcionan correctamente. ● Desviador de aserrín desajustado (tolva de aserrín) que permite que el aserrín pase entre la sierra y la rueda inferior. ● Sierra desafilada. ● Insuficiente ángulo de ataque de la sierra. ● Alimentación demasiado rápida con la guía superior demasiado por encima de la madera que se está aserrando. ● Tensión de la sierra insuficiente. ● Rolado de la sierra insuficiente.
Las sierras se agrietan en la garganta después de un breve período de trabajo cuando todavía están afiladas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Los volantes necesitan rectificación. ● El mecanismo de tensión de la sierra no funciona libremente. ● Es necesario ajustar el desviador de aserrín (tolva de aserrín) hasta la hoja de la sierra. ● Demasiada corona o rolado en la parte posterior de la hoja de la sierra de cinta. ● Tensionado de la sierra llevada demasiado cerca de la línea de la garganta. ● Gargantas de los dientes de la sierra quemadas causadas por usar una piedra abrasiva demasiado pesada o mal revestida. ● Introducir demasiado rápido en el corte. ● Sierra colocada demasiado adelante.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 10. Diagnóstico de mantenimiento para aserraderos. (continuación)

Síntomas	Posibles Causas
Las sierras se agrietan en varios lugares de la hoja. La regla de tensión muestra un pequeño movimiento hacia arriba y hacia abajo.	<ul style="list-style-type: none">● Mantenimiento ineficiente de la sierra que involucra tensión irregular, corona (rolado) irregular en el borde posterior.● Hoja de sierra demasiado gruesa para el diámetro del volante.● Volantes irregulares que necesitan rectificación.
La sierra tiende a salirse del tronco al entrar en el corte.	<ul style="list-style-type: none">● Alimentación de la troza demasiado rápido.● Guía superior demasiado alejada del corte.● La sierra y el carro están desalineados.● Juego lateral en los ejes del carro.● La sierra sucia por resina del tronco.
La sierra se calienta.	<ul style="list-style-type: none">● Acumulación de aserrín entre la rueda de banda inferior y el bastidor principal, lo que hace que la cara del volante se caliente y se transmita a la sierra.● Astillas de madera atrapada entre la sierra y las guías o el desviador de aserrín (tolva de aserrín) y la sierra.● Suaje insuficiente en los dientes de sierra.

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrió

Anexo 11. Lista de verificación de cumplimiento de normatividad laboral.

NOM	Criterio	Cumple
2	Clasificar el riesgo de incendio del centro de trabajo o por áreas que lo integran.	
2	Contar con brigadas contra incendio en los centros de trabajo clasificados con riesgo de incendio alto.	
2	Contar con las instrucciones de seguridad aplicables en cada área del centro de trabajo y difundir a los trabajadores.	
2	Contar con un croquis, plano o mapa general del centro de trabajo que incluyan las principales zonas de riesgo.	
2	Contar con un plan de atención a emergencias de incendio.	
2	Contar en las áreas de los centros de trabajo clasificadas con riesgo de incendio con medios de detección y equipos contra incendio.	
2	Contar en las áreas de los centros de trabajo clasificadas con riesgo de alto con sistemas fijos y alarmas.	
2	Cumplir con las condiciones de prevención y protección contra incendios en el centro de trabajo.	
2	Cumplir con las medidas de seguridad para la prevención de incendios.	
2	Desarrollar simulacros de emergencias de incendio al menos una vez al año.	
2	Dotar del equipo de protección personal a los integrantes de las brigadas contra incendio.	
2	Elaborar un programa de capacitación anual teórico-práctico en materia de prevención de incendios y atención de emergencias.	
8	"Capacitación sobre seguridad y salud en el trabajo, con énfasis en la prevención de riesgos"	
8	"Proporcionar una plática de inducción sobre las condiciones generales de seguridad y salud en el trabajo."	
8	Atención y seguimientos a avisos de accidentes, incidentes, condiciones inseguras, peligrosas o situaciones de emergencia	
8	Capacitación deberá proporcionarse por lo menos una vez al año.	
8	Contar con el análisis de riesgos de cada área.	
8	Contar con los documentos requeridos por la Norma 008-STPS-2013.	
8	Contar con registros de la capacitación.	
8	Contar con un análisis de riesgos de cada área actualizado.	
8	Contar con un análisis de riesgos en forma.	
8	Contar con un botiquín de primeros auxilios que contenga el manual y los materiales de curación necesarios.	
8	Contar con un procedimiento para la atención a emergencias, disponible para la consulta y aplicación.	
8	Contar con un programa para la vigilancia a la salud de los trabajadores.	
8	Contar con una identificación de riesgos.	
8	Contar con una unidad de verificación para la 008-STPS-2013.	
8	Cumplir con las medidas de seguridad para utilizar la maquinaria y equipo en general.	
8	El botiquín de primeros auxilios deberá contener todos los materiales de curación para atención de los posibles percances.	
8	El botiquín de primeros auxilios deberá estar sujeto a una revisión continua.	
8	El botiquín de primeros auxilios deberá estar ubicado en un lugar de fácil acceso.	
8	La capacitación a los trabajadores sobre primeros auxilios deberá ser conforme a los riesgos a los más probables.	
8	Prohibir que menores dieciséis años y mujeres gestantes o en periodo de lactancia realicen actividades riesgosas.	
8	Proporcionar capacitación sobre seguridad y salud en el trabajo a los trabajadores.	

Técnicas para el Mejoramiento del Coeficiente de Aserrío

Anexo 11. Lista de verificación de cumplimiento de normatividad laboral. (continuación)

NOM	Criterio	Cumple
8	Realizar las actividades de aprovechamiento forestal con solamente trabajadores capacitados para tal fin.	
8	Reconocimiento de las condiciones existentes del área de trabajo	
11	Contar con el reconocimiento y evaluación de todas las áreas del centro de trabajo donde haya ruido.	
11	Contar con un programa de conservación de la audición.	
11	Implantar, conservar y mantener actualizado el programa de conservación de la audición.	
11	Informar a los trabajadores de las posibles alteraciones a la salud por la exposición a ruido.	
11	Proporcionar el equipo de protección personal auditiva.	
11	Verificar que ningún trabajador se exponga a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles.	
11	Vigilar la salud de los trabajadores expuestos a ruido e informar a cada trabajador sus resultados.	
11	Vigilar la salud de los trabajadores expuestos a ruido e informar a cada trabajador sus resultados.	
17	El equipo de protección personal que usen los trabajadores y visitantes deberá contar, en su caso, con certificación.	
17	Prever que los visitantes que ingresen a los centros de trabajo cumplan con las medidas de seguridad establecidas	
17	Prever que los visitantes que ingresen a los centros de trabajo porten el equipo de protección personal requerido.	
17	Procedimientos para el uso, revisión, reposición, limpieza, limitaciones, mantenimiento, resguardo y disposición final del equipo de protección personal.	
17	Proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal que les corresponda según actividad o puesto.	
17	Supervisar que los trabajadores usen el equipo de protección personal durante el desempeño de sus actividades.	
30	Contar con el diagnóstico de seguridad y salud en el trabajo.	
30	Contar con el programa de seguridad y salud en el trabajo o la relación de acciones preventivas.	
30	Contar con los mecanismos de respuesta inmediata cuando se detecte un riesgo grave e inminente	
30	Establecer los procedimientos necesarios para dar cumplimiento al programa de seguridad y salud.	
30	Implementar las acciones y programas de promoción para la salud de los trabajadores y para la prevención de las adicciones.	
30	Implementar acciones para la atención de emergencias y contingencias sanitarias.	
30	Registro los resultados del seguimiento del programa de seguridad y salud en el trabajo.	
30	Reporte por escrito de los avances de la instauración del programa de seguridad y salud en el trabajo.	
30	Verificar el cumplimiento del objetivo de la aplicación del programa de seguridad y salud en el trabajo.	



Técnicas y prácticas para el mejoramiento del coeficiente de aserrío es un manual especializado y diseñado para ayudar a las empresas de transformación maderable a mejorar su eficiencia y productividad en la industria del aserrío. Este compendio ofrece una guía paso a paso sobre los diferentes tipos de coeficiente de aserrío, destacando su importancia y proporcionando las mejores prácticas para su implementación.

Desde el análisis de las técnicas de cubicación hasta la determinación del tamaño de muestra adecuado, el manual brinda herramientas prácticas para cuantificar la madera y evitar posibles errores en el proceso de aserrío. Además, se hace énfasis

en la recopilación precisa de información y se promueven prácticas responsables en el uso de los recursos forestales maderables.

Al dominar las técnicas y conceptos presentados en este manual, los productores de madera aserrada podrán tomar decisiones informadas que impacten positivamente en la competitividad y sostenibilidad de sus operaciones, estableciendo un sistema de monitoreo y control que cumpla con la normatividad vigente en el país. Este manual se convierte en una herramienta indispensable para aquellos que buscan mejorar su desempeño en la industria del aserrío y obtener ventajas competitivas en un entorno desafiante.