

CAPÍTULO I
REVISION BIBLIOGRAFICA

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

Ante el rezago industrial en regiones tropicales es prioritario que la industria considere elementos básicos para lograr la eficiencia de transformación de los recursos maderables. Diversos autores, como Biasi y Rocha (2006), señalan que toda industria maderera que no se ocupe en mejorar sus rendimientos, asume el riesgo de perder competitividad y paralizar sus actividades. Estudios como la determinación del coeficiente de rendimiento y la determinación de tiempos y movimientos, son indicadores básicos para evaluar la eficiencia en aserraderos (Zavala y Hernández, 2000; Quirós *et al.*, 2005; Nájera-Luna *et al.*, 2011).

1.1.Materia prima

Es el elemento principal que se requiere en la industria del aserrío para la producción de la madera aserrada, consiste en la troza en sus distintas presentaciones y clasificación, Son segmento del fuste de un árbol con dimensiones adecuadas para el procesamiento industrial. Es la base del proceso de aserrío y su calidad afecta directamente el rendimiento (FAO, 2020), referido al estado sanitario, a la rectitud de la troza, su diámetro.

Cada especie forestal tiene su propio comportamiento en el aserrío por sus propiedades físicas y mecánicas, influyendo en el consumo, el rendimiento y la calidad final del producto (Rangel *et al.*, 2019). De acuerdo a sus características de dureza de cada especie, las mismas se clasifican en duras, semiduras y blandas y cada una define sus productos finales de transformación.

1.2. Aserraderos

Aserradero según Bittencourt y Bonnemann, (1988), aserradero es un lugar donde se realiza la transformación mecánica de la madera los cuales se clasifican por su permanencia: en temporales y permanentes.

- Temporales: Son aquellos que aprovechan la madera que se encuentra en los alrededores; estos son transferidos de un lugar a otro utilizándose como fuerza motriz un locomóvil a diésel, posee una capacidad de 8 a 25 m³/día.
- Permanentes: Pueden responder a grandes producciones, en consecuencia, requieren una buena infraestructura con fácil acceso tanto para las troncas como para la fácil salida de los productos a patios, para apilar y secar.

1.3. Aserrío de la madera

Junac (1989) indica que el aserrado es la transformación primaria de la troza, y consiste en conferir a la madera, mediante sierras manuales o mecánicas, una escuadra determinada, en el mínimo tiempo posible y con el menor consumo de energía. El proceso de aserrado y corte de la madera persigue cinco objetivos fundamentales:

- Obtener calidad de superficies y precisión de corte.
- Lograr eficiencia en la operación de corte.
- Limitar el desgaste de las herramientas.
- Reducir el consumo de energía.
- Minimizar las pérdidas de materia prima.

Por su parte, Zamudio (1986) señala que la forma más sencilla de industrializar la madera a partir de la troza es el aserrado, proceso que puede realizarse mediante una gran variedad de máquinas y herramientas, desde equipos manuales hasta aserraderos altamente automatizados.

Courtland y Bethel (1993) definen la madera aserrada como el producto obtenido mediante la acción de la sierra y el cepillo, sin más elaboración que el aserrado y el cepillado longitudinal en una máquina estándar, seguido de cortes transversales para lograr las dimensiones y labrados requeridos.

1.4. Industria del aserrío de la madera

Zabala (1991) expresa que las instalaciones industriales donde se lleva a cabo la transformación de la madera en rollo para la obtención de madera aserrada reciben el nombre de aserraderos. Aunque se recomienda que en los aserraderos la operación de aserrío se complemente con el secado de los productos obtenidos en cámaras, esta etapa no es necesariamente obligatoria. Generalmente, los productos finales del aserrado, tablones, tablas, vigas y viguetas se comercializan con un contenido de humedad entre el 15 % y el 20 %, en estos últimos años se producen flitchs o trozas escuadradas que lo utilizan en la producción de láminas o chapas decorativas, se elimina la albura o sámano, esto permite transportar.

Egas (1998) menciona que el término aserrío se utiliza porque los elementos principales de este proceso industrial están constituidos exclusivamente por sierras. En esta industria se identifican dos tipos de instalaciones: fijas y móviles. Las instalaciones fijas poseen una ubicación permanente, y todos sus elementos están diseñados en función de dicha condición. Habitualmente, sus ciclos de producción son completos, permitiendo la obtención de productos como tablas, tablones canteados o desorillados, despuntados, calibrados, secados y clasificados, además de tablas, vigas, flitchs y madera predimensionada para pisos. Su operación puede requerir o no una etapa de reaserrado intermedio.

Por su parte, la Asociación de Comunidades Forestales de Petén (ACOFOP, 2005) señala que las instalaciones móviles, montadas sobre chasis, pueden desplazarse hasta las fuentes de abastecimiento de materias primas. En estas instalaciones, los productos elaborados suelen ser tablones, tablas, viguetas y vigas en estado bruto, generalmente requiriendo procesamiento adicional en industrias reaserradoras. La principal ventaja de los aserraderos móviles radica en que los residuos y desperdicios permanecen en el lugar de origen, lo que permite transportar productos elaborados o semielaborados en lugar de trozas, generando una economía en los costos de transporte. Sin embargo, la

integración de la industria de tableros de partículas con la de aserrío puede reducir parcialmente esta ventaja.

1.5. Características principales de los aserraderos.

Según López (1993), el tipo de aserradero más común es el de sierra de cinta para el procesamiento de maderas finas, mientras que los aserraderos de sierra circular son preferidos para trabajar maderas duras y de construcción en general. Asimismo, señala que las maderas preciosas no están destinadas al aserrado convencional, sino exclusivamente a la obtención de chapas decorativas.

El autor también indica que la mayoría de los aserraderos opera de manera irregular a lo largo del año. Solo aquellas empresas que cuentan con un abastecimiento de materia prima bien organizado y que se ubican cerca de los mercados de consumo tienen la posibilidad de trabajar de manera continua. Además, otros factores, como la estacionalidad climática, el estado de las vías durante las temporadas de lluvia, las fluctuaciones bruscas de la demanda y la falta de capital para financiar la compra de madera en troza y aserrada, contribuyen al funcionamiento discontinuo de estas industrias.

Respecto a la sierra de cinta sin fin, Goytia (1986) afirma que se trata de una máquina en la que el elemento principal es una sierra de cinta continua de acero, con dientes en uno o ambos bordes, montada sobre dos volantes: uno superior y otro inferior. La fuerza motriz se aplica a la rueda inferior, que es más pesada y actúa como volante, impulsando la cinta hacia abajo a través de la troza, mientras esta es desplazada por un carro. Debido a su capacidad de realizar cortes más ligeros y precisos, la sierra de cinta ha reemplazado a la sierra circular como principal herramienta de corte en la mayoría de los aserraderos.

1.6. Proceso de transformación

Flitch o troza escuadrada: Producto intermedio obtenido al escuadrar la troza. Su forma regular facilita posteriores cortes (Maldonado & Silva, 2017).

El producto se obtiene mediante cortes longitudinales a lo largo principal del eje de la tronca, se caracteriza por ser una pieza de madera de sección rectangular o semi rectangular, que no ha sido completamente dimensionada.

Tabla simplemente aserrada: Producto final sin tratamiento adicional, directo del aserrío. Su valor depende de dimensiones, especie y defectos visibles (Rangel et al., 2019).

Es un producto resultante del proceso de aserrado primario, caracterizado por presentar una o ambas caras planas, obtenidas mediante cortes longitudinales paralelos al eje de la troza, con dimensiones desde 1 a 3 pulgadas de espesor, anchos y largos variables dependiendo de la calidad de la tronca.

1.7. Tipos de corte de la troza

Claure, H. (1989) indica que los tipos de cortes en madera son los siguientes:

- **Corte tangencial:** Se obtiene al realizar un corte tangente a los anillos de crecimiento.
- **Corte radial:** Se obtiene al realizar un corte perpendicular a los anillos de crecimiento, siguiendo la dirección de los radios de la madera.
- **Corte intermedio o "falso cuarto":** Se obtiene cuando la madera es aserrada de tal forma que los anillos anuales forman un ángulo de 30° a 60° con la cara de la pieza.

1.8. Planos de corte

Según **JUNAC (1984)**, los planos de corte se definen como las secciones o superficies que resultan al cortar una pieza de madera mediante un plano. Los principales tipos de corte son:

- **Corte longitudinal:** Es toda sección resultante de cortar una pieza de madera en dirección paralela al eje del tronco, pudiendo orientarse en dirección radial o tangencial.

- **Corte radial:** Es el resultado de un corte longitudinal paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.
- **Corte tangencial:** Es el resultado de un corte longitudinal tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.
- **Corte transversal:** Es toda sección que resulta de cortar una pieza de madera en dirección perpendicular al eje del tronco.

1.9. Costos de aserrío de madera en tabla

Según Martínez Pastur et al. (2004), el proceso de aserrado puede describirse a partir de dos parámetros que impactan en las variables económicas de un aserradero. Uno de ellos es el rendimiento del aserrío, expresado en porcentaje (Arreaga Morales, 2007; BOLFOR, 1997) o como factor de recuperación de madera aserrada (Quirós, 1990), que evalúa la cantidad de materia prima transformada en productos comerciales. El otro parámetro es la productividad del aserradero, que mide la cantidad de producto generado por unidad de tiempo (por hora, turno de trabajo o día de trabajo).

Vera (1982) destaca la importancia de reducir los costos en las operaciones de abastecimiento para contribuir al aumento de la rentabilidad en la actividad forestal. Señala que los costos de abastecimiento de productos forestales primarios son de los que más gravan el costo del producto final, por lo que resulta crucial contar con herramientas que permitan optimizar la asignación de recursos disponibles entre actividades que compiten entre sí. Una de estas herramientas podría ser un modelo de planeación, que además de minimizar costos y operaciones, posibilita la evaluación rápida y económica de diversas alternativas dentro de un sistema sujeto a análisis, en función de cambios en los factores que lo determinan.

Según Meza Cartagena, J. M. (2004), para determinar los costos del aserrío de madera en troza para la producción de tablas, se recopilan datos sobre los volúmenes de las trozas, producción de madera aserrada, costos de personal, consumo de energía y

lubricantes, así como costos de maquinaria, equipo, edificios y materiales. En la producción de madera en tabla, el 48,59 % corresponde al costo de la materia prima; los costos indirectos, al 17,14 %; los impuestos, al 14,12 %; la mano de obra, al 7,02 %; los costos directos, al 6,79 %; los costos administrativos, al 3,21 %; y los costos de comercialización, al 3,12 % (ver Figura 1).

Estos costos pueden variar en función de la productividad de las máquinas (pies tabla por turno), el rendimiento de las materias primas (pies tabla por metro cúbico) y el valor de las especies comerciales (L. Cuéllar, 2013).

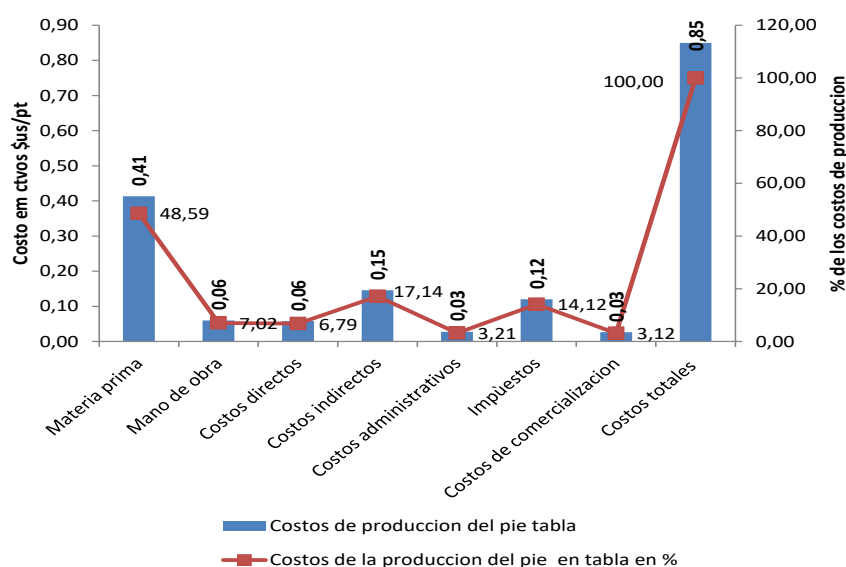


Figura 1. Costos de la producción de madera en tabla

Se debe elegir el método de corte que produzca el máximo retorno para cubrir los gastos, por lo que es importante obtener el óptimo aprovechamiento por escuadría. Además, considerar el precio de mercado de la madera rolliza puesta en el aserradero y los costos del proceso, para mantener en lo posible una baja producción de productos secundarios que se encuentren fuera de las escuadrías programadas. El costo de la materia prima en la producción representa un 70% del costo total de manufactura de la madera aserrada. Cuando el costo de los trozos aumenta, los aserraderos deben tomar todas las medidas necesarias para incrementar el rendimiento del proceso.

1.10. Productividad.

Consumo de materia prima es el volumen de troza necesario para obtener una unidad de producto. Mide la eficiencia en el uso del recurso (Maldonado & Silva, 2017).

El Rendimiento de aserrío es la Relación entre el volumen de producto útil y el volumen inicial de troza procesada. Se expresa como porcentaje de aprovechamiento (Reeb & Milota, 2016).

La Productividad en aserraderos se mide la eficiencia de producción por unidad de tiempo o recurso. Afecta directamente los costos y la rentabilidad (Reeb & Milota, 2016).

La productividad es un factor fundamental para cualquier empresa, y su adecuada gestión constituye una preocupación constante para los tomadores de decisiones. En este contexto, la aplicación de técnicas modernas que optimicen los procesos de producción representa una excelente oportunidad para lograr mejoras tangibles en los resultados.

En Bolivia, la industria forestal se ha convertido en un sector cada vez más competitivo, orientado a conquistar mercados internacionales a través de la calidad y el precio de sus productos. En los últimos años, las empresas cruceñas han liderado la producción de madera tanto para el mercado local y nacional como para el limitado volumen de exportaciones.

Esta situación pone en riesgo a las empresas de otros departamentos, que, a pesar de contar con trayectoria en la producción forestal, no han logrado alcanzar altos niveles de competitividad en precios. La principal desventaja radica en la distancia de sus centros de producción respecto a las principales capitales departamentales, como Santa Cruz y La Paz, lo que incrementa sus costos logísticos y limita su acceso a estos mercados estratégicos.

Los resultados obtenidos por una empresa deben medirse a través de indicadores que reflejen aspectos clave como la rentabilidad, eficiencia, eficacia y productividad, entre

otros. Estos indicadores permiten evaluar su nivel de competitividad tanto a nivel nacional como internacional, y retroalimentar la gestión de sus procesos, con el objetivo de impulsar el crecimiento económico y contribuir a una mejor calidad de vida (Sira, 2011).

La productividad, entendida como el nivel de rendimiento en el uso de los recursos y la relación entre producción e insumos para la creación de valor agregado, constituye un factor esencial en este proceso (Heizer, 2009). Así, las empresas deben gestionar adecuadamente sus recursos, como las Autorizaciones Transitorias Especiales para la disponibilidad de materia prima, la maquinaria para el aprovechamiento forestal, la infraestructura industrial de transformación primaria y el capital humano capacitado para optimizar su productividad. Sin embargo, también es fundamental considerar las condiciones laborales y el ambiente de trabajo (Kanawaty, 2012).

Según Ruiz (2013), el control de la productividad es una práctica asumida y recomendada para organizaciones que aspiran a mantener altos estándares de calidad. A través de esta práctica, se dispone de una herramienta de mejora continua, que permite identificar y corregir desviaciones en los costos y tiempos de producción. Estas desviaciones suelen agruparse en dos grandes categorías: (a) incidencias derivadas de problemas en la gestión y (b) un desempeño inferior al nivel esperado.

La productividad puede medirse de acuerdo con el grado de eficiencia en la aplicación de los recursos humanos y materiales. Para ello, es importante emplear métodos que optimicen el desempeño. Un modelo de programación de la producción, por ejemplo, propone reducir el tiempo de terminación del último trabajo mediante la definición de metas específicas. Otro método consiste en el estudio de tiempos y movimientos, que permite asignar de manera óptima las tareas a los operarios. Para implementar este último método, es indispensable contar con un informe detallado de las actividades realizadas, que permita su análisis y mejora continua (Morillo Santa Cruz, 2007).

La comparación de la productividad laboral medida en metros cúbicos por trabajador permite posicionar al aserradero de Concepción dentro del rango de eficiencia típico de operaciones semi mecanizadas tradicionales. Según el cálculo realizado con base en

Hernández González (2016), el índice alcanzado es de **14.36 m³/hombre/mes de madera en tabla** y se consumió **28.72 m³/hombre/mes de madera en tronca**, lo cual se ubica dentro del intervalo estándar de **12 a 20 m³/hombre/mes** para aserraderos que operan con maquinaria básica como carro escuadra, torre principal y sistemas de alimentación manual. Este valor se aleja considerablemente de los índices registrados en aserraderos con alta automatización, donde la productividad puede superar los 40 o incluso 50 m³/hombre/mes (FAO, 2010; CIFOR, 2015; EFI, 2018).

Complementariamente, el índice de productividad diaria por trabajador se sitúa en **0,72 m³/hombre/día de madera en tabla** y en **1,44 m³/hombre/día de madera en tabla**, un dato relevante para estimar los requerimientos de personal por turno, proyectar metas de producción, o modelar escenarios de mejora en función del tipo de producto transformado. Este análisis permite dimensionar el esfuerzo humano requerido para alcanzar determinados niveles de rendimiento, y contribuye a sustentar decisiones relacionadas con pagos por destajo, mejoras organizativas o inversiones en modernización del equipo.

1.11. La necesidad de la mejora continua

Es un proceso infinito que comprende: personas, equipo, proveedores, materiales y procedimientos, en busca de erradicar ineficiencias en un sistema de producción. Estadísticamente, en las organizaciones sin gestión de mejora continua el volumen de la ineficiencia puede estar entre un 15 y 25%, ocasionando un efecto negativo en la productividad. (García, 2007). La base de esta filosofía es que cada aspecto de una operación puede ser mejorada, según Heizer, 2009, la meta es la perfección, la cual nunca se alcanza, pero siempre se busca.

Por tanto, las organizaciones lograrán el liderazgo en la medida en que se acercan a la excelencia en cada uno de sus procesos, con orientación a la mejora continua. Para esto es útil tener un sistema de gestión que este claramente orientado a los procesos (García, 2009; Andrade, 2018).

1.12. Experiencias de las Productividades Forestales

- **Experiencias nacionales**

El consumo de madera (m^3/hora) es un parámetro importante en el momento de definir los costos por que el mismo determina los tiempos de aserrío, los mismos sirven para los cálculos de los costos de mano de obra, depreciaciones, consumo de insumos, mantenimientos y otros. Para la estimación de la producción se tomaron de cada especie y de cada aserradero, sus consumos históricos (m^3/hora) que se lo expresa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Consumos de madera en tronca (m^3/hora) por cada empresa

ATE		Cimal A.S.	Marabol	San Jose
Diametro volante aserradero (cm)		150	125	150
		Consumo	Consumo	Consumo
Nombre comun	Nombre cientifico	m^3/hora	m^3/hora	m^3/hora
roble	<i>A. cearensis</i>	3,77	2,98	3,62
tajibo	<i>T. impetiginosa</i>	2,71	1,52	1,77
sirari	<i>C. chodatiana</i>	1,49	1,49	1,20
curupau	<i>A. colubrina</i>	1,64	2,09	1,42

Fuente: Empresas Madereras Roda

Es importante considerar que los consumos de madera en troza son bajos para las especies tajibo, sirarí y curupau. Esto se debe a que dichas especies son destinadas a la producción de madera en tabla para pisos, elaborando productos de espesores reducidos de 16, 21 y 31 mm y con dimensiones preestablecidas en largos y anchos. Esta especificidad en las medidas requiere mayor tiempo en el proceso de aserrío de la troza, así como en las etapas de desorillado y despuntado.

Se tiene los siguientes factores que afectan la productividad de los aserraderos:

Factor	Impacto en Producción (m ³ /hora)
Diámetro de la troza	Trozas grandes (>60 cm) permiten mayor eficiencia.
Densidad de la madera	Maderas pesadas (Ipê: ~1.0 g/cm ³) reducen velocidad.
Tipo de corte	Corte radial (más lento) vs. tangencial (más rápido).
Mantenimiento de equipos	Sierras sin filo reducen productividad en ~30%.
Experiencia del operador	Operadores calificados aumentan eficiencia.

1.13. Experiencias Internacionales

Respecto a la productividad del proceso de aserrío, García et al. (2001) encontraron valores promedio de 2,95 m³·h⁻¹ en aserraderos del sur de Jalisco en Mexico, cifra inferior en 2,07 m³·h⁻¹ a la obtenida en el presente estudio. Esta diferencia se atribuye al largo de las trozas, ya que, mientras en el sur de Jalisco se utilizaron trozas de 2,44 m (ocho pies), en la región de El Salto, Durango, el largo de las trozas aserradas osciló entre 4,88 y 6,09 m (16 a 20 pies).

La productividad estimada por Nájera et al. (2011) para aserraderos ejidales de El Salto, Durango, fue del orden de 7,57 m³·h⁻¹, superior en un 33 % a la obtenida para los aserraderos particulares en el presente estudio. Esta diferencia se atribuye, principalmente, a la velocidad de alimentación, que en los aserraderos ejidales fue de 46,47 m·min⁻¹, mientras que en los aserraderos particulares se estableció en 40,23 m·min⁻¹. Consecuentemente, los tiempos de aserrío para procesar 1.000 pies tabla (2,36 m³) fueron de 25,09 minutos en los aserraderos ejidales y de 31,87 minutos en los privados.

En el Perú un estudio realizado por Batista et al. (2015), se obtuvo un rendimiento medio del 53,65 %, considerado aceptable para aserraderos de tipo pequeño. Sin embargo, la eficiencia operativa media fue baja, alcanzando solo 2,77 m³ por turno de trabajador. Entre las causas de esta baja eficiencia se identificaron la falta de clasificación de la madera rolliza, la disposición deficiente de los materiales, el mal estado de la maquinaria y un bajo nivel de sistematización. Como resultado, el

promedio de tiempo productivo se situó en 69,6 %, sin llegar al estándar esperado del 75 %.

El aserradero que no intervenga en el mejoramiento de su rendimiento y en la minimización de los costos de producción enfrenta una fuerte posibilidad de perder competitividad y de verse obligado a paralizar sus actividades de aserrío, debido a su ineficiencia. Una forma de evaluar el nivel tecnológico utilizado es a través del volumen de residuos generados y acumulados, lo cual impacta negativamente en los resultados económicos. Por tanto, resulta fundamental contar con una administración eficiente que adopte decisiones adecuadas para el uso óptimo de la materia prima, promoviendo así la minimización de gastos (Gualpa et al., 2019).

Según Magalhães et al. (2010), existen diversos factores que afectan la utilidad de un aserradero. Entre los más relevantes se encuentran: la tecnología empleada, el tipo de aserradero, la clase de madera utilizada en el procesamiento y el diámetro de la materia prima. Además, influyen otros elementos como la calidad de la materia prima, el estado de los equipos, la capacitación de la mano de obra y las técnicas de trabajo implementadas.

El previo conocimiento de los indicadores basados en el rendimiento nos proporciona información del proceso del flujo de producción que permite la toma de decisiones permitiéndonos anticipar cualquier eventualidad adversa, generando menos costos y pérdidas durante el proceso productivo (Coronel et al., 2012).

1.14. Costos y Eficiencia

1.14.1. Costo de producción

Según Hernández González (2016), el costo de producción en la industria del aserrío se define como el valor monetario de todos los elementos utilizados para producir madera aserrada antes de su venta, incluyendo costos de materia prima, insumos energéticos, mano de obra, mantenimiento de maquinaria y depreciación de activos. Este concepto es esencial para evaluar la eficiencia económica del proceso de

transformación de la madera. Permite calcular la rentabilidad por producto (Gutiérrez, 2021).

1.14.2. Costo de venta y administración

De acuerdo con Hernández González (2016), los costos de venta y administración comprenden todos los gastos asociados a la comercialización de productos y a la operación administrativa de la empresa. Estos incluyen sueldos del personal de ventas, gastos de publicidad, papelería, comunicaciones y otros servicios indirectos que permiten la gestión comercial y administrativa.

1.14.3. Costo total

Renolfi (2008) explica que el costo total se compone de la suma de los costos variables y los costos fijos relacionados tanto con la producción como con las actividades de venta y administración. Esta medida permite conocer el esfuerzo económico completo requerido para que una empresa forestal funcione de manera sostenible.

1.14.4. Punto de equilibrio

Según Salesforce (2021), el punto de equilibrio se define como el nivel de producción o ventas en el cual los ingresos totales igualan a los costos totales, lo que implica que la empresa no genera ni ganancias ni pérdidas. Este concepto resulta crucial para la planificación financiera y la toma de decisiones estratégicas en industrias como la forestal.

1.14.5. Coeficiente de aserrío nominal

De acuerdo con Proinfor (2024), el coeficiente de aserrío nominal es la relación entre el volumen de madera aserrada obtenido y el volumen de troza procesada. Este indicador permite evaluar la eficiencia del proceso de transformación primaria en los aserraderos, siendo clave para medir el rendimiento de la materia prima.

1.14.6. Costos fijos y variables

Renolfi (2008) define los costos fijos como aquellos que permanecen constantes independientemente del volumen de producción, tales como alquileres, seguros y sueldos administrativos.

Por otro lado, los costos variables son aquellos que fluctúan directamente con el nivel de producción, como el consumo de materia prima, insumos, energía y mano de obra directa. Esta diferenciación es esencial para la formulación de precios y márgenes de utilidad en el sector forestal.

La rentabilidad es la capacidad de una compañía de ofrecer a los inversionistas determinada tasa de rendimiento sobre su inversión”. El rendimiento designa la cantidad de dinero que reciben por su inversión anterior. Siendo las medidas de rentabilidad herramientas útiles para que los gerentes tomen decisiones. (Horngren, C & Sundem G 2007, p.146).

La determinación precisa de los costos de transformación en la industria del aserrío es un componente fundamental para analizar la productividad y rentabilidad de los distintos tipos de productos obtenidos del proceso, como los flitchs o cortes tipo barraca. En este contexto, la guía técnica elaborada por Hernández González (2016) proporciona un marco metodológico robusto y práctico que permite calcular los costos asociados a cada etapa del proceso de aserrío, distinguiendo entre costos fijos y variables, y estableciendo con claridad la estructura de costos de producción, venta y administración.

Entre los conceptos clave desarrollados en la guía, se destacan el costo de producción, entendido como el valor monetario de todos los elementos utilizados en la transformación de la madera en rollo en madera aserrada; el costo variable, que varía según el volumen producido (como insumos, materia prima y energía); y el costo fijo, que se mantiene constante independientemente del volumen producido (como sueldos fijos o depreciación de maquinaria) (Hernández González, 2016, pp. 24-29). Otro concepto esencial es el punto de equilibrio, el cual se define como el volumen mínimo

de producción requerido para cubrir todos los costos sin generar pérdidas ni ganancias, y cuya estimación permite evaluar la viabilidad económica de la operación del aserradero (p. 52).

1.14.7. Resultados económicos

Margen de utilidad: Diferencia entre el precio de venta y el costo de producción. Indica la viabilidad económica de cada producto (Gutiérrez, 2021).

Rentabilidad: Ganancia obtenida una vez cubiertos los costos. Evalúa la eficiencia económica global del proceso (FAO, 2020).

Esquema de precios diferenciado: Sistema que ajusta precios según costos de transformación y especie, promoviendo equidad y eficiencia comercial (Reeb & Milota, 2016).

1.14.8. Estado de resultados

Es el estado que presenta el resultado de las operaciones de la empresa para un determinado período. Según Salas (2010 p. 29), “El estado de resultados muestra las corrientes de ingresos, costos y gastos y los diferentes grados de utilidad dentro de un período de tiempo determinado”.

El Estado de Resultados está conformado por diferentes componentes, que van, desde las ventas brutas, los costos de las mercaderías o servicios vendidos, los gastos de administración, gastos financieros e impuestos si los hubiera, hasta llegar a la utilidad neta. Esta última se traslada al Balance General como utilidades retenidas, las cuales pueden ser distribuidas como dividendos entre los accionistas o reinvertidas dentro de la misma empresa o negocio.

A través de ejemplos numéricos y formatos aplicables, la guía presenta un ejercicio completo para el cálculo del costo unitario, que fue adaptado al costo en dólares tomando en cuenta el tipo de cambio de los pesos mexicanos a dólares americanos y los resultados en pie convertido a metro cúbico (m^3) (ver Cuadro 2), que es la unidad estándar utilizada en la industria para cuantificar producción, precios y márgenes. En un caso práctico simulado, el costo de producción total ascendió a \$us 182 por m^3 ,

considerando materia prima (\$us.160,39), insumos (\$us.7,49), mano de obra (\$us.12,70), mantenimiento (\$us.2,27) y depreciación (\$us0.91). Al sumar los costos de venta (\$us.4,99) y los de administración (\$us8,62), se obtiene un costo total de \$197,30 por m³ (Hernández González, 2016, p. 46). Esta estructura de costos proporciona una base sólida para comparar los márgenes de utilidad por tipo de producto y proponer esquemas de precios diferenciados según el esfuerzo técnico y económico de transformación.

En un caso práctico simulado, el costo de producción, sin considerar materia prima, insumos (\$us.7,49), mano de obra (\$us.12,70), mantenimiento (\$us2,27) y depreciación (\$us.8,62). Al sumar los costos de venta (\$us.4,99) y los de administración (\$us.4,99), se obtiene un costo total de \$us.36,98 (Hernández González, 2016, p. 46). Esta estructura de costos proporciona una base sólida para comparar los márgenes de utilidad por tipo de producto y proponer esquemas de precios diferenciados según el esfuerzo técnico y económico de transformación.

Cuadro 2. Costos de aserrío en la transformación de troncas a tabla.

Coeficiente de transformacion		Rendimiento		tc: 212	18,69 pt/m ³	Pesos mexicanos RI 50%	
Concepto	Costo con Materia Prima (\$/pt)	Costo con Materia Prima (Usd/m ³)	%	Costo sin Materia Prima (\$/pt)	Costo sin materia prima (Usd/m ³)	%	
Materia prima	7,07	160,39	87,28%				
Insumos y materiales	0,33	7,49	4,07%	0,33	7,49	20,25%	
Mano de obra	0,56	12,70	6,91%	0,56	12,70	34,36%	
Mantenimiento	0,10	2,27	1,23%	0,10	2,27	6,13%	
Depreciación de maquinaria y equipo	0,04	0,91	0,49%	0,04	0,91	2,45%	
costo de venta	0,22	4,99	2,72%	0,22	4,99	13,50%	
costo de administracion	0,38	8,62	4,69%	0,38	8,62	23,31%	
Costo total de producción	8,10	183,76	100,00%	1,63	36,98	100,00%	

3.14.9. Centros de Costos en la Producción

Un centro de costos es una unidad organizativa dentro de una empresa, como un departamento o sección, que incurre en costos, pero no genera ingresos directamente. Su propósito principal es facilitar el control y la gestión de los gastos asociados con diferentes funciones o áreas de la empresa, permitiendo una asignación más precisa de los recursos y una evaluación detallada de la eficiencia operativa.

Según el blog de Nubox (2022), los centros de costos permiten monitorear y reportar los gastos operativos de la compañía en distintos sectores, como la compra de inventario, el pago de salarios, reposición de artículos de oficina o incluso facturas de servicios públicos. Esta segmentación ayuda a identificar áreas con problemas presupuestales o gastos excesivos, facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar la rentabilidad.

Por su parte, el sitio ContabilidadFinanzas.com (s.f.) destaca que la contabilidad por centro de costos es una técnica que clasifica y asigna costos a áreas específicas de responsabilidad, como producción, ventas o administración. Esto permite conocer en detalle dónde se generan los costos, responsabilizar a los encargados de cada centro y tomar decisiones para mejorar la rentabilidad de cada área.

Además, Economipedia (2020) señala que los centros de costos son clave en la reestructuración de una empresa que busca reducir sus gastos, ya que permiten evaluar qué áreas o actividades generan más costos y elaborar presupuestos basados en esta información.

En resumen, los centros de costos son herramientas fundamentales en la contabilidad de gestión, ya que proporcionan información detallada sobre los gastos de cada área de la empresa, lo que facilita el control presupuestario, la toma de decisiones estratégicas y la mejora de la eficiencia operativa.

1.14.9. Determinación de costos en la industria del aserrío

En un trabajo realizado por Hernández (2016) sobre la Determinación de costo en la industria del aserrío de las empresas comunitarias de los ejidos de México

determino los siguientes costos unitarios en la producción de madera aserrada, revela que el principal componente es la materia prima, la cual representa un 81,3 % del costo total por pie tabla (pt). Este dato refleja la alta dependencia del proceso productivo respecto a la disponibilidad y eficiencia en el aprovechamiento de la troza.

En segundo lugar, se encuentra el costo asociado a la mano de obra, con un 6,4 %, seguido por los costos de administración, que representan un 4,4 %. Finalmente, los insumos y materiales como el diésel, las sierras y el consumo de energía eléctrica, constituyen un 3,8 % del total de los costos (ver Figura 2).

Esta distribución evidencia que cualquier estrategia de optimización enfocada en la reducción de desperdicios en la materia prima o en mejorar los coeficientes de aserrío tendría un impacto significativo sobre la rentabilidad del aserradero. Asimismo, el control eficiente de los costos de insumos y mano de obra, aunque en menor proporción, también contribuiría a mejorar los márgenes de utilidad.

El elevado peso de la materia prima en el costo total justifica la necesidad de implementar sistemas de control de calidad en la selección de trozas, técnicas de corte más eficientes y un mejor aprovechamiento del material residual.

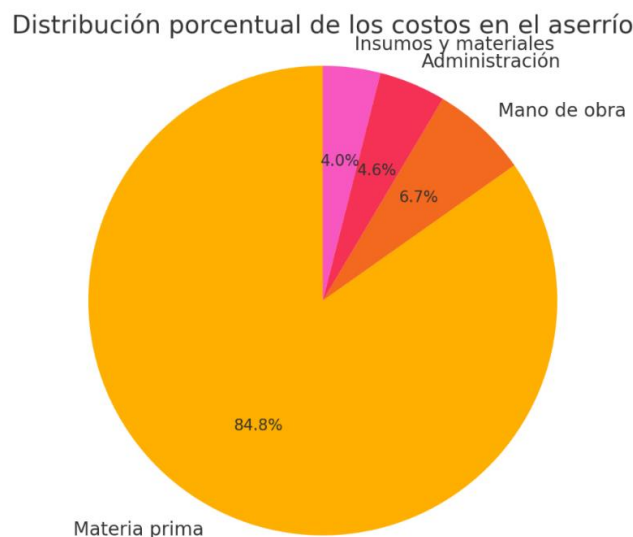


Figura 2. Distribución porcentual de los costos en el aserrío de los ejidos de México.

El elevado peso de la materia prima en el costo total justifica la necesidad de implementar sistemas de control de calidad en la selección de trozas, técnicas de corte más eficientes y un mejor aprovechamiento del material residual.

En el análisis de costos de producción del aserradero de los ejidos según Hernández (1916), resulta fundamental distinguir entre los costos totales, donde incluyen la materia prima y los costos estrictamente asociados al proceso de transformación de la troza en productos aserrados.

Considerando que la materia prima representa el principal componente del costo total, se elaboró un cuadro comparativo que permite visualizar la estructura de costos en ambos escenarios. De esta forma, se puede evaluar la incidencia real de los costos operativos propios del aserrío (insumos, mano de obra, mantenimiento y depreciación) en la formación del precio de los productos.

El Cuadro 3 muestra la comparación de los costos unitarios expresados en dólares americanos por pie tabla (pt), destacando la diferencia sustancial que implica el costo de la materia prima en la estructura global de costos.

Cuadro 3. Costos de producción con y sin materia prima

Concepto	Costo con Materia Prima (\$/pt)	%	Costo sin Materia Prima (\$/pt)	%
Materia prima	7,07	87,67%		
Insumos y materiales	0,33	4,09%	0,33	33,20%
Mano de obra	0,56	6,94%	0,56	56,34%
Mantenimiento	0,10	1,24%	0,10	10,06%
Depreciación de maquinaria y equipo	0,00	0,05%	0,00	0,40%
Costo total de producción	8,06	100,00%	0,99	100,00%

Se observa que, sin considerar el costo de adquisición de la materia prima, el costo de transformación asciende a apenas 0,99 USD/pt, lo que representa aproximadamente el 12,33 % del costo total original. Esta información es clave para diseñar estrategias de

eficiencia productiva y para estructurar un esquema de precio diferenciado que refleje adecuadamente los costos reales de operación.

Sin considerar la materia prima el costo más alto es el de mano de obra de 56,34% y el segundo es Insumos y materiales con el 33,20% y el más bajo son las depreciaciones con 0,40%.

1.15. Fijación de Precios en el Sector Forestal

Los estudios sobre la fijación de precios en el sector forestal sugieren que los precios deben estar alineados con los costos de producción y márgenes de utilidad esperados. Una estructura de precios adecuada no solo debe reflejar el costo del servicio de aserrío, sino también los costos de la materia prima y los tiempos de procesamiento involucrados en la transformación de los troncos. (De Graaf, 2003).

Este enfoque de precios diferenciados no solo fomenta una mayor eficiencia en el uso de los recursos forestales, sino que también asegura que los productos de mayor valor agregado, como los cortes de barraca, tengan un precio adecuado que refleje el mayor esfuerzo y el menor consumo de troncos.

1.16. Escalabilidad y Optimización del Proceso.

La escalabilidad es crucial para los aserraderos que buscan crecer y aumentar su rentabilidad. De acuerdo con Sharma (2017), una adecuada optimización de los procesos productivos y la adquisición de maquinaria más eficiente son factores que permiten a los aserraderos escalar sin que los costos se incrementen de manera desproporcionada.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Ámbito de estudio

Se utilizarán datos detallados de producción del aserradero YMABO (Yucra Manejo de Bosques y Servicios Forestales), para realizar el análisis de los consumo de materia prima de madera en tronca, para la producción de flitchs de tipa (*Machaerium acutifolium*), flitch de curupau (*Anadenathera colubrina*), en la producción de tabla con corte barraca de la especie tajibo (*Handroanthus serratifolius*), roble (*Amburana cearensis*) y el corte de un conjunto de especies mezcladas en los turnos de aserrío, asegurando una evaluación exhaustiva y precisa. El estudio estuvo enmarcado en los tiempos y formas de trabajar de la empresa con el objeto que la toma de datos sea de un día de trabajo normal.

2.1.2. Localización

Aserradero YMABO lugar del presente estudio, se encuentra ubicado políticamente en el Municipio Concepción, provincia Ñuflo de Chavez, del Departamento de Santa Cruz. En la carretera Hardeman, pasando 1 km del centro poblado camino de Concepción a Santa Rosa de la Roca, su depósito se encuentra en la misma zona. Sus coordenadas de ubicación están en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Ubicación del Área del aserradero

PUNTO	XCOORD	YCOORD
P1	605052	8217668
P2	605130	8217524
P3	605171	8217446
P4	605212	8217358
P5	604977	8217289
P1	605052	8217668

MAPA DE UBICACIÓN ASERRADERO YMABO

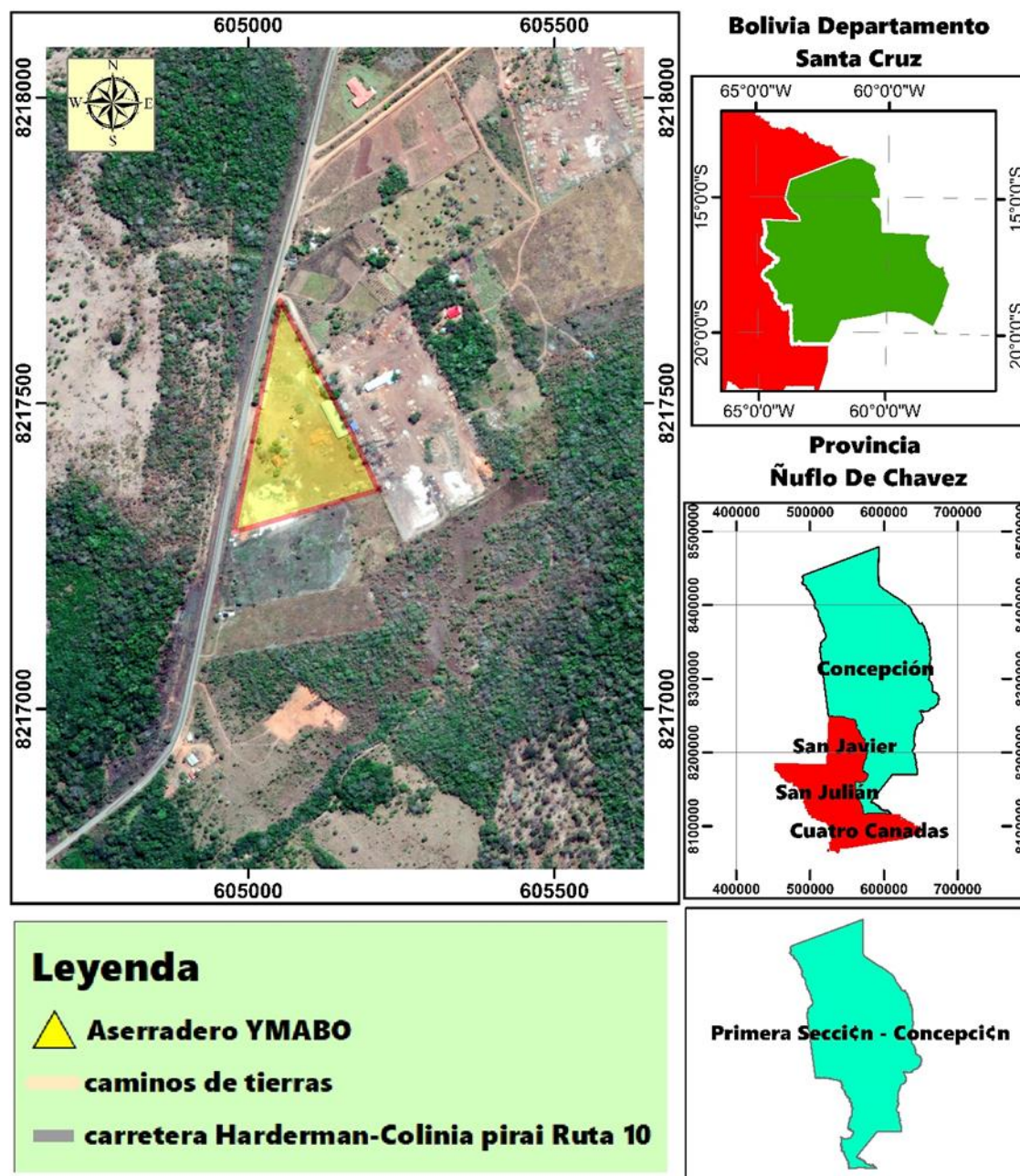


Figura 3. Mapa de ubicación del aserradero YMABO

2.1.3. Administración

Misión

"Brindar soluciones integradas y sostenibles en el sector forestal, ofreciendo servicios completos de aprovechamiento, aserrío, producción de madera en tablas y flitchs, así como consultoría para el seguimiento de planes de manejo. A través de nuestra planta de producción propia, generamos productos de alta calidad que comercializamos tanto en el mercado local como con intermediarios que exportan a nivel internacional. Nuestro compromiso es garantizar la legalidad, la eficiencia y la sostenibilidad en cada etapa del proceso, asegurando la satisfacción de nuestros clientes y el respeto al medio ambiente."

Visión

"Ser la empresa líder en servicios forestales integrados y producción de madera en el país, reconocida por su excelencia operativa, innovación, y compromiso con la sostenibilidad. Nos destacamos como un actor clave en el sector forestal que contribuye al desarrollo económico local y global, a través de la producción y comercialización de productos forestales de alta calidad, respaldados por nuestras buenas prácticas de gestión ambiental y responsabilidad social."

Principios de la Empresa

- 1) **Sostenibilidad Ambiental** Compromiso con la gestión forestal sostenible, minimizando el impacto ambiental de nuestras actividades de aprovechamiento y producción, y promoviendo la reforestación y el uso responsable de los recursos naturales. Aseguramos el cumplimiento de las normativas ambientales nacionales e internacionales.
- 2) **Calidad y Excelencia** Nos comprometemos a mantener altos estándares de calidad en cada uno de nuestros procesos, desde la recolección de materia prima hasta la comercialización, utilizando tecnologías avanzadas y mejores prácticas para producir madera en tablas y flitchs que cumplan con las expectativas de nuestros clientes.

- 3) **Innovación y Mejora Continua** Fomentamos una cultura de innovación dentro de la empresa para adaptarnos a las tendencias del mercado global y local. Promovemos la mejora continua en todos los aspectos de la operación, buscando siempre la optimización de recursos y el aumento de la eficiencia en la producción.
- 4) **Responsabilidad Social** Promovemos el desarrollo económico y social de las comunidades locales, creando empleo sostenible y contribuyendo al bienestar de las familias en las áreas de trabajo, garantizando condiciones laborales justas y la capacitación continua de nuestros empleados.
- 5) **Cumplimiento Legal y Ético** Aseguramos el cumplimiento de todas las normativas legales locales e internacionales, tanto en el aprovechamiento de recursos forestales como en la comercialización de nuestros productos. La transparencia y la ética son fundamentales en todas nuestras interacciones con autoridades, clientes y proveedores.
- 6) **Enfoque al Cliente** Nuestra prioridad es la satisfacción del cliente. Nos esforzamos por entender sus necesidades y ofrecer productos y servicios que no solo cumplan, sino que superen sus expectativas, estableciendo relaciones de largo plazo basadas en la confianza y el respeto mutuo.
- 7) **Seguridad y Salud Ocupacional** Garantizamos un ambiente de trabajo seguro para nuestros empleados, promoviendo políticas y prácticas que minimicen los riesgos laborales y aseguren la salud y bienestar de todo el personal involucrado en las actividades de aprovechamiento, aserrío y transporte.

2.1.4. Razón social

La empresa AS. MADERAS DE BOSQUES SOSTENIBLE YMABO legalmente establecida ABT-RUEF-04963, Cuenta con NIT 6371683016.

2.1.5. Organigrama

La estructura del aserradero YMABO mediante un gráfico de tipo vertical. Esquematisando los niveles de autoridad, los niveles jerárquicos y las relaciones entre ellos.

Cabe resaltar en la organización, la Importancia que cada cargo brinda para el buen funcionamiento de la misma y la participación del talento humano como la base del mejoramiento continuo en cada una de sus áreas.

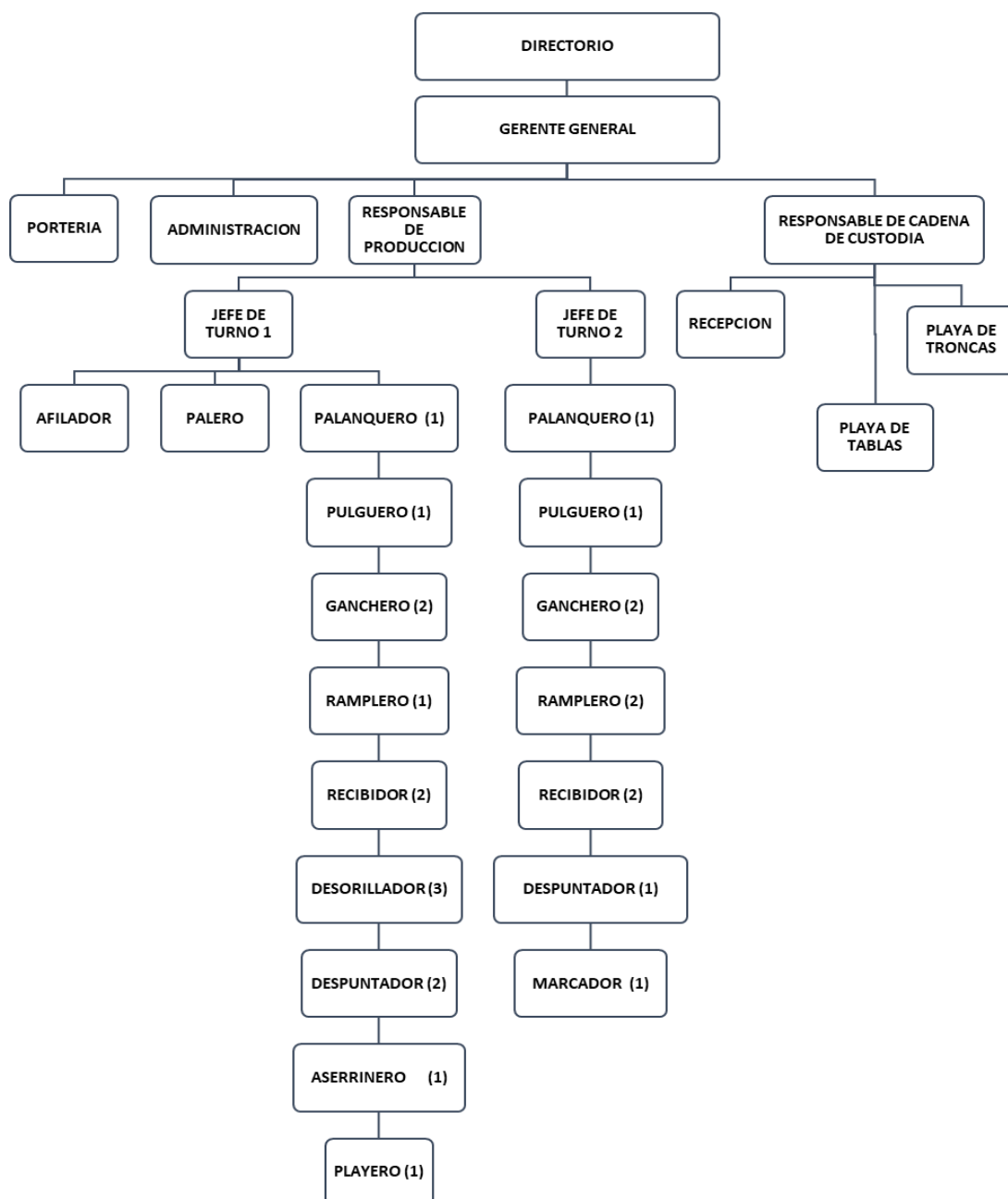


Figura 4. Organigrama del aserradero YMABO

2.1.6. Productos

Los productos que ofrece son los siguientes:

1. Servicios de Aprovechamiento Forestal

La empresa ofrece servicios integrados que abarcan todas las etapas del aprovechamiento forestal, desde el censo forestal, sendeo, corte, rodeos, hasta la construcción de caminos, carguío y transporte de la madera desde el monte hasta el aserradero. Este servicio asegura una extracción controlada y responsable, siguiendo los principios de sostenibilidad y cumpliendo con las normativas ambientales y legales.

2. Servicios de Aserrío de Troncas

A través de su planta propia, la empresa realiza el **aserrío de troncas**, transformando la madera en productos derivados como **tablas** y **flitchs**. Este servicio aprovecha equipos de aserrío y mejores prácticas para garantizar un proceso de aserrado eficiente que preserve la calidad de la madera y minimice desperdicios.

3. Producción de Madera en Tablas y Flitchs

La empresa produce y comercializa madera transformada en **tablas** y **flitchs** de alta calidad, directamente desde su planta. Los **flitchs** son tablas gruesas, normalmente de más de 20 pulgadas de espesor, que han sido escuadradas de manera simple para su posterior procesamiento o venta directa. Estos productos se destacan por su calidad y versatilidad, siendo aptos para aplicaciones tanto locales como internacionales.

4. Servicios de Consultoría

Otro de los servicios clave de la empresa es la consultoría de elaboración Planes Generales de Manejo, Planes Operativos con certificación FSC y Proyectos productivos, seguimiento de planes de manejo forestal. La compañía ofrece asesoría especializada para garantizar que las actividades de aprovechamiento forestal sean sostenibles, conforme a las normativas legales, y promoviendo buenas prácticas ambientales. Este servicio es fundamental para las autoridades competentes como la

ABT, asegurando que el aprovechamiento de recursos forestales se haga de manera responsable.

5. Comercialización de Madera

La empresa se encarga de la **comercialización de productos forestales** en el mercado local, así como a intermediarios que los exportan internacionalmente. Estos productos incluyen madera en diversas formas (tablas y flitchs), y están destinados tanto al consumo en el mercado interno como a mercados internacionales, a través de intermediarios que exportan madera para su transformación en otros países.

6. Productos Forestales de Alta Calidad

Los productos de la empresa, como **tablas** y **flitchs**, son elaborados bajo estrictos estándares de calidad, utilizando tecnología de punta y buenas prácticas en el proceso productivo. La madera producida es ideal para una amplia gama de aplicaciones en la construcción, muebles, y otros sectores industriales. Además, su comercialización asegura productos que cumplen con las expectativas de durabilidad, resistencia y estética.

2.1.7. Distribución física de la planta

La distribución física de la planta nos permite conocer el estado inicial en que se encuentra la planta de producción, allí observaremos la distribución de la maquinaria, las áreas de operación, áreas para el almacenamiento de materiales, entre otros aspectos a considerar.

La organización de la planta presenta su distribución para permitir el adecuado flujo de materiales y el desarrollo en general de la línea productiva.

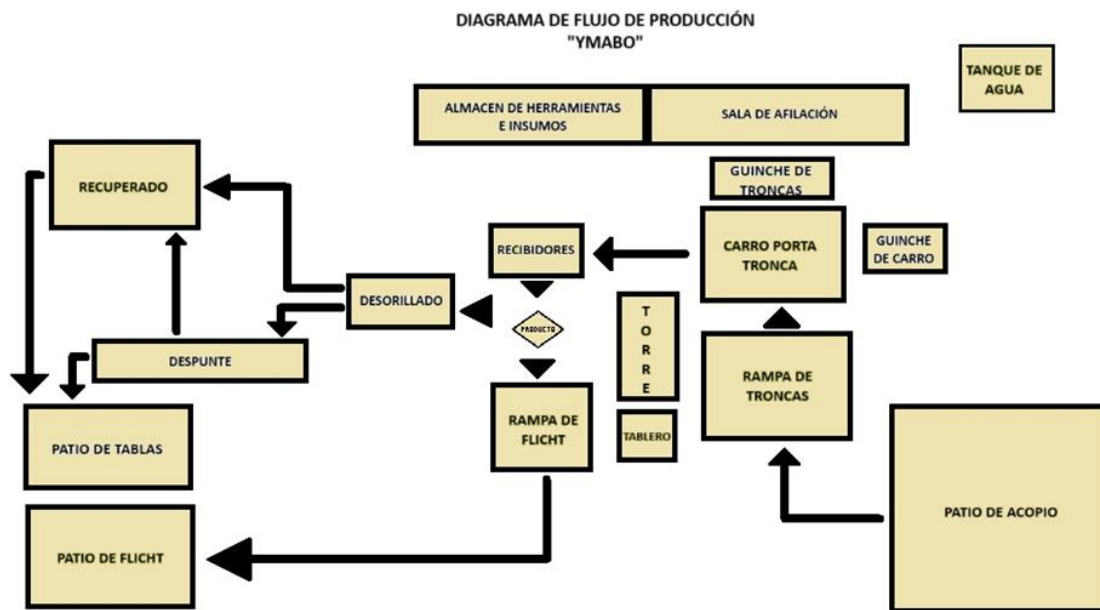


Figura 5. Flujograma de producción del aserradero YMABO

2.2. Materiales

2.2.1. De planta

- Maquinarias y equipos de la planta de aserrío del aserradero YMABO.
- Maquinarias de la sala de Afiliación.
- Pala cargadora CASE.
- Formato de cubicación y clasificación de la madera.
- Madera en troza de diversas especies y de diversos clientes.
- Regla de cubicación.
- Cinta métrica.
- Pintura spray y tiza.
- Cámara digital.

- Información de gastos que se realiza durante el proceso de aserrío.

2.2.2. Descripción de la sierra principal

- Sierra de cinta para troncos, fabricada por metalúrgica Schiffer S.A. (Brasil), con un diámetro de volante de 1.50 metros, un motor de 75 hp independiente.
- Componentes adicionales: 4 escuadras bitoladoras manuales y volcador de troncas.

2.2.3. De gabinete

- Computadora personal y accesorios.
- Material de escritorio.
- Papelería en general.

2.3.Método

La investigación es de tipo cuantitativo y descriptivo. Se basa en la observación del consumo de volumen de tronca aserrada por turno y día de producción, considerando el tipo de producto incluido en el programa de corte de la empresa. Este programa contempla tanto el corte de flitches, donde las troncas se procesan hasta un máximo de 20 pulgadas de espesor en los tablonos. Las troncas delgadas se cortan en solo cuatro piezas, quedando como troncas simplemente escuadradas. Para este tipo de corte, se utilizaron principalmente las especies tipa y curupaú.

El corte barraca, que consiste en el corte de tablas mediante tres o cuatro volteos, busca obtener los productos más largos y con mayor rendimiento. Las especies utilizadas en este tipo de corte fueron roble y tajibo. Además, se tuvo una producción mixta en la que, en el mismo turno de producción, se cortaron tanto tablas como flitches, utilizando diversas especies.

2.4.Descripción de la población (Población y muestra)

- **Población:** Todas las troncas del aserradero que provienen de diferentes clientes. Estas troncas tienen diferentes especies y tamaños, por lo que la población es diversa.
- **Muestra:** Los turnos de corte de 5 tipos de corte. Como mencionas, cada turno tiene diferentes duraciones y se procesan diferentes especies, lo que hace que las muestras no sean homogéneas en términos de tiempo y volumen procesado.

2.5.Problema Principal:

Los turnos de corte tienen duraciones distintas (por ejemplo, turnos de 9,5 horas, turnos noche de 8 horas, turnillos de 4 horas, etc.), lo que dificultó la comparación de los consumos de metros cúbicos entre los turnos, ya que el volumen procesado depende del tiempo de trabajo.

2.6.Conversión de Datos para Comparación:

Para hacer comparables los consumos y los costos de producción de los turnos de diferentes duraciones, es esencial **normalizar los datos**. Se realizó la conversión a **metros cúbicos por hora (m^3/h)** es una forma adecuada de hacer esto, ya que elimina el efecto del tiempo y permite una comparación justa entre los turnos independientemente de su duración.

Se realizó lo siguiente:

- **Volumen por hora:** Convierte todos los datos de volumen de troncas procesadas en metros cúbicos por hora.
- **Costos y utilidades:** Igualmente, convierte los costos de producción y las utilidades a unidades de **metros cúbicos por hora**, de manera que puedas compararlos entre los turnos de corte.

El análisis abarcó el periodo de abril a diciembre.

2.7.Diseño estadístico

Diseño de Bloques Aleatorizados Completos (DBAC): Este diseño es adecuado porque tienes diferentes tipos de corte (los 5 tipos) y deseas comparar las utilidades y costos de producción entre ellos. En este caso, cada tipo de corte sería un bloque, y dentro de cada bloque (es decir, cada tipo de corte) se realizarían varias observaciones o mediciones correspondientes a los turnos de diferentes duraciones.

- **Elementos del diseño:**

Factores: El factor principal en este estudio es el tipo de corte, que tiene 5 niveles (los 5 tipos de corte). También debes considerar el turno de corte (por ejemplo, turno diurno de 9.5 horas, turnillo de 4 horas, turno nocturno de 8 horas), ya que estos afectan la producción, el costo y las utilidades.

Variables de respuesta: Las variables de respuesta incluyen el volumen procesado por hora (m^3/h), los costos de producción por $\text{\$/h}$ y las utilidades por $\text{\$/h}$.

Aleatorización: Para evitar sesgos, cada tipo de corte (bloque) debe estar aleatorizado dentro de los diferentes turnos. Es decir, no debes imponer un orden específico de los turnos en los diferentes tipos de corte, sino que debes aleatorizarlos para que no haya influencia de un turno sobre otro.

- **Pasos del estudio:**

Recopilación de datos: Recoge datos sobre el volumen de troncas procesadas, los costos de producción y las utilidades para cada tipo de corte y cada turno.

Conversión a m^3/h : Normaliza todos los datos para que estén expresados en unidades de metros cúbicos por hora, para hacer comparables los diferentes turnos.

Análisis de Varianza (ANVA): Realiza un ANVA de un factor (tipo de corte) o de un diseño de bloques aleatorizados para comparar las diferencias entre los tipos de corte en cuanto a costos de producción y utilidades. El ANVA te permitirá determinar si las

diferencias observadas son estadísticamente significativas. Las fórmulas básicas del ANVA utilizadas son las siguientes:

Este tipo de ANVA se utiliza cuando hay una sola variable independiente (factor) con varios niveles (grupos).

- **Fórmulas principales:**

Para el análisis estadístico se utilizó el InfoStat es un software estadístico desarrollado por el *Grupo InfoStat*, un equipo de trabajo conformado por profesionales de la Estadística Aplicada con sede en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Por la Cátedra de Estadística y Biometría participaron en la elaboración de InfoStat los profesores. Julio A. Di Rienzo, Mónica G. Balzarini, Fernando Casanoves, Laura A. Gonzalez, Elena M. Tablada y por la Cátedra de Diseño de Experimentos participó el Prof. Carlos W. Robledo.

1. **Suma de Cuadrados Total (SCT):** La suma de cuadrados total es la variabilidad total en los datos, y se calcula como:

$$SCT = \sum_{i=1}^N (Y - \bar{Y})^2$$

Donde:

- Y_i es el valor de cada observación.
- $\bar{Y}$ es la media global (promedio de todas las observaciones).
- N es el número total de observaciones.

2. **Suma de Cuadrados del Modelo (SCM) o entre grupos:** La variabilidad explicada por las diferencias entre los grupos o tratamientos:

$$SCM = \sum_{k=1}^k n_k (\bar{Y}_k - \bar{Y})^2$$

Donde:

- n_k es el número de observaciones en el grupo k .
- $\bar{Y}_k$ es la media del grupo k .
- $\bar{Y}$ es la media global de todas las observaciones.

3. Suma de Cuadrados del Error (SCE) o dentro de los grupos:

La variabilidad que no es explicada por el modelo, es decir, la variabilidad dentro de los grupos:

$$SCE = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^{n_k} (Y_{ki} - \bar{Y}_k)^2$$

Donde:

- Y_{ki} es el valor individual de una observación en el grupo k .
- $\bar{Y}_k$ es la media del grupo k .

4. Grados de libertad:

- **gl para SCM (modelos o entre grupos):**

$$gl_{modelo=k-1}$$

donde k es el número de grupos.

- **gl para SCE (error o dentro de los grupos):**

$$gl_{error=N-k}$$

donde N es el número total de observaciones.

5. Cuadrado medio (CM): El cuadrado medio es la suma de cuadrados dividida entre los grados de libertad.

- **CM del modelo (entre grupos):**

$$CM_{modelo} = \frac{SCM}{gl_{modelo}}$$

- **CM del error (dentro de los grupos):**

$$CM_{error} = \frac{SCE}{gl_{error}}$$

6. **Valor F:** El valor de **F** se calcula dividiendo el cuadrado medio del modelo entre el cuadrado medio del error:

$$F = \frac{CM_{modelo}}{CM_{error}}$$

Este valor de **F** se compara con el valor crítico de la distribución **F** para determinar si hay diferencias significativas entre las medias.

- **Test de Tukey**

Post-hoc (si es necesario): Si el ANVA muestra diferencias significativas, realiza un análisis post-hoc (como el Test de Tukey) para identificar qué tipos de corte son significativamente diferentes entre sí.

1. **Diferencia Mínima Significativa (DMS).** La **DMS** es la diferencia mínima entre dos medias que es considerada significativa. La fórmula para calcular **DMS** es:

$$DMS = q_{\alpha, k, gl_{error}} \times \sqrt{\frac{2 \times CM_{error}}{n}}$$

Donde:

- **$q_{\alpha, k, gl_{error}}$** es el valor crítico de **Tukey** para un nivel de significancia α , con **k** grupos y **gl_{error}** grados de libertad del error. Este valor se obtiene de las tablas de Tukey.
- **CM_{error}** es el cuadrado medio del error (dentro de los grupos), que se calcula a partir del ANVA.

- N es el número de observaciones por grupo (asumiendo que es igual para todos los grupos).

Cálculo de la diferencia entre las medias:

Para cada par de medias a comparar, calculamos la diferencia absoluta entre ellas:

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$$

Donde:

- $\bar{Y}_i$ y $\bar{Y}_j$ son las medias de los grupos **i** y **j**, respectivamente.
- **Comparación con DMS:**

Una vez que se ha calculado el **DMS**, la diferencia entre las medias se compara con el **DMS** para determinar si la diferencia es estadísticamente significativa.

- Si $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| \geq \text{DMS}$, entonces las medias de los dos grupos **i** y **j** son significativamente diferentes entre sí.
- Si $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| < \text{DMS}$ entonces no hay diferencia significativa entre las medias de los grupos **i** y **j**.

2.8.Toma de datos y cálculo de las muestras

Se analizaron dos bases de datos del aserradero YMABO para evaluar su rendimiento y costos operativos durante el periodo de abril a diciembre. En la primera base de datos, se registró la producción total del aserradero, donde se determinó que, en un total de 278 días calendario, el aserradero tuvo 231 días disponibles para trabajar, pero solo se trabajaron 206 días efectivos. Durante este período, se calculó la productividad del aserradero y se analizó el volumen consumido en la transformación de tronca a madera aserrada, desglosado según los tipos de corte: corte de barraca y flitchs. Para el corte de flitchs, se incluyeron datos de cuatro especies diferentes, mientras que los datos de diversas especies fueron agrupados bajo la categoría de "conjunto". Los datos utilizados provienen del sistema de control de seguimiento y producción de la empresa.

En el análisis de costos, se tomaron en cuenta todos los turnos de trabajo, incluyendo los turnos normales de nueve horas y media, los turnillos de 4 horas (implementados para recuperar los días perdidos debido a reparaciones del aserradero o la falta de la pala cargadora), y los turnos nocturnos de ocho horas, que fueron implementados como un segundo turno debido a la alta demanda del servicio de aserrado.

Para estandarizar los datos y facilitar su análisis, se elaboró una segunda base de datos que permitió trabajar con unidades de m³/h en todos los tipos de corte y especies. Se utilizaron los datos de los turnos completos trabajados en el aserradero YMABO. Posteriormente, se calculó la desviación estándar del consumo del aserradero de materia prima por hora (m³/h), los costos de producción, utilidades en para cada tipo de corte, por tipo de producto y especie. Estos datos también sirvieron para calcular los costos asociados a cada tipo de corte (\$us/m³), y fueron utilizados para realizar los análisis estadísticos

- **Cubicación de trozas**

Para determinar el volumen de las trozas en estudio se utilizó la fórmula Smalian.

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

Dónde:

V= Volumen en metros cúbicos (m³)

D= Diámetro en base de troza (media de dos mediciones en forma de cruz)
metros

d= Diámetro en punta de troza (media de dos mediciones en forma de cruz)
metros

L = Largo de la troza en metros

- **Cubicación de los flitchs (tablas)**

Para cubicar el flitch se mide el alto (H en m) y el ancho (A en m) en ambas puntas se escoge el menor de los lados y con esas dimensiones se hace el cálculo del volumen (m^3).

$$V = L (m) * A (m) * H (m)$$

Dónde:

V = Volumen en metros cúbicos (m^3)

L = Longitud del tablón o flitchs (m)

A = Ancho de la tabla (m)

H = Alto de la tabla (m)

- **Cubicación de la madera aserrada (tablas)**

Para el cálculo del volumen de las tablas resultantes del aserrío se aplicó la siguiente fórmula basada en el sistema métrico decimal tomado de MELÉNDEZ y BUSTAMANTE (2005):

$$V = \frac{L * A * E}{12}$$

Dónde:

V = Volumen en metros cúbicos (pt)

L = Longitud de la tabla en pie tabla (pt)

A = Ancho de la tabla en pulgadas

E = Espesor de la tabla en pulgadas

- **Cálculo de la productividad del aserradero**

Consumo de madera en tronca (m^3/h), rendimiento en trozas por hora, m^3 aserrados por hora, m^3 aserrados por hora-hombre y productividad, calculada por medio de la ecuación 5 (García *et al.*, 2001).

$$P = \frac{VMA}{TP}$$

Dónde:

P= Productividad

VMA= Volumen de la madera en tronca aserrada (m³)

TP= Tiempo de proceso (horas)

2.9.Cálculo de los costos de aserrío

El cálculo de los costos de aserrío se realizó teniendo en cuenta los costos fijos y los costos variables en que se incurre al aserrar las trozas en el aserradero de la empresa.

2.9.1. Costos fijos

Estos costos están conformados por:

Depreciación (D): Es la pérdida del valor de la maquinaria debido al deterioro producido por el uso o por la obsolescencia. La maquinaria sujeta a depreciación en aserradero incluye la sierra principal, el carro porta trozas, la reaserradora, la canteadora y la despuntadora.

Se calculó en base a la siguiente fórmula (DIAZ, 1981):

$$D = \frac{V - R}{N * h}$$

Dónde:

D = Depreciación (\$us/hora).

V = valor de la maquinaria (\$us).

R = Valor residual o precio de reventa de la maquinaria = 20% del valor de la maquinaria.

N = Vida útil de la maquinaria (años).

h = horas de trabajo de la maquinaria al año.

Interés sobre la inversión media anual (IMA): precio por el uso de un capital o renta de un capital, tomando en cuenta la depreciación anual de la inversión. Se calculó en base a la siguiente fórmula (JIMÉNEZ, 1981):

$$IMA = \frac{\frac{(I - R)(N + 1) + R}{2N}}{h} * i$$

Dónde:

IMA = Interés sobre la inversión media anual (%)

I = Valor de la maquinaria (US\$)

R = Valor residual o precio de reventa de la maquinaria (US\$)

N = Vida útil de la maquinaria (años)

i = Tasa de interés (0,12)

h = Horas de trabajo del tractor al año

2.9.2. Costos variables

Conformado por:

Costo de la mano de obra: Comprende el sueldo del personal de planta más los beneficios sociales. Los beneficios sociales incluyen seguro, gratificaciones y vacaciones. Para el cálculo del costo diario se empleó la siguiente fórmula (MELÉNDEZ y BUSTAMANTE, 2005):

$$Costo\ diario = \frac{(Sueldo\ básico * 12\ meses) + beneficios\ sociales}{365\ días}$$

Para obtener el costo horario de la mano de obra se divide el costo diario entre la duración del tiempo de la jornada diaria.

Costo de la reparación y mantenimiento de la maquinaria: Comprende el gasto por la reparación y el mantenimiento de la maquinaria del aserradero de la empresa y se calculó con la siguiente relación (JIMÉNEZ 1981):

$$\text{Reparación y mantenimiento} = \text{Depreciación de la maquinaria} * 0,20$$

Costo de la depreciación de las sierras de cinta y sierras circulares: Es la pérdida del valor de la sierra de cinta de la sierra principal y de la reaserradora y de las sierras circulares de la canteadora, de la despuntadora y de la recuperadora debido al deterioro producido por el uso y se calculó mediante la siguiente relación (DIAZ,1981):

$$D = \frac{\text{Valor de la sierra}}{\text{Vida útil de la sierra} * \text{días trabajados al año}}$$

Para obtener el costo horario de la depreciación de las sierras se divide el costo diario de la depreciación entre la duración del tiempo de la jornada diaria.

Costo del combustible: Comprende el gasto por el consumo del diesel por hora por el cargador frontal y tractor forestal. Se calculó mediante la siguiente relación (MELÉNDEZ Y BUSTAMANTE, 2005):

$$C = \frac{\text{Consumo de combustible} \left(\frac{\text{galones}}{\text{hora}} \right)}{\text{precio del galón} (\$)}$$

Costo de lubricantes y grasas: Comprende el gasto por el consumo de lubricantes y grasas por hora por la maquinaria del aserradero. Se calculó mediante la siguiente relación (MELÉNDEZ Y BUSTAMANTE, 2005):

$$C = \frac{\text{Consumo de lubricantes y grasas} \left(\frac{\text{galones}}{\text{hora}} \right)}{\text{precio del galón} (\$)}$$

Costo total: El cálculo del costo total por unidad de tiempo se calculó mediante la sumatoria de los costos fijos y los costos variables, según la fórmula siguiente (CASTILLO,1996):

$$CT = CF + CV$$

Dónde:

CT = Costo total

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

Costo por metro cúbico procesado: El costo por metro cúbico de madera rolliza procesada se calculó mediante la relación del costo diario de producción entre el volumen de la madera rolliza procesada, para ello se empleará la siguiente fórmula (MELÉNDEZ y BUSTAMANTE,2005):

$$C = \frac{CP}{Vol}$$

Dónde:

C = costo (US\$/m³)

CP = costo diario de producción (US\$/día)

Vol = volumen diario de madera rolliza procesada (m³/día)

Centros de Costos

Definición de Costos Fijos y Costos Variables.

2.10. Los precios de venta de servicios

En el contexto de Concepción, un centro productor de maderas ubicado en la región del bosque seco subtropical, donde predominan las especies duras y semiduras y, en menor medida, las blandas, se observa una clara sobreoferta del servicio de aserraje debido a la existencia de aproximadamente 18 aserraderos en la zona (ABT,

2024). Esta sobreoferta de servicios ha llevado a la fijación de precios fijos por metro cúbico de madera procesada, que se establecen a 25 USD por metro cúbico, sin considerar una serie de factores operativos y técnicos que influyen en el costo real del servicio. Este escenario plantea un desafío para la rentabilidad de los aserraderos, ya que los precios no reflejan las diferencias en la complejidad del proceso de aserrado según el tipo de corte y la especie de madera.

El precio fijo establecido para el servicio de aserrado, es plano no tiene en cuenta las siguientes variables que afectan la productividad y eficiencia del servicio:

- **Complejidad de los cortes:** Los tipos de corte, como el flitch, requieren menos cortes debido a que el proceso consiste principalmente en escuadrar troncos de veinte pulgadas de diámetro como máximo, según la normativa técnica legal. En cambio, los cortes para producir tablas requieren más cortes y un proceso más complejo, lo que implica un mayor tiempo de trabajo y mayor desgaste de maquinaria.
- **Dureza de la madera:** Las maderas duras presentan una mayor resistencia al corte, lo que resulta en un proceso de aserraje más lento en comparación con las maderas semiduras y blandas, que son más fáciles de procesar. Sin embargo, el precio fijo de 25 USD/m³ no diferencia entre los costos asociados a maderas duras, semiduras y blandas, lo que provoca que el precio de los servicios no sea representativo de los costos reales de producción.
- **Tamaño de las trozas:** El tamaño de las trozas también influye en el proceso. Las trozas más gruesas deben ser procesadas en tablones de cuatro pulgadas, lo cual implica un trabajo más detallado y más cortes en comparación con las trozas más pequeñas. Esta diferencia en el tipo de corte no se refleja en el precio, que sigue siendo fijo.

Los análisis de costo del trabajo de investigación toman el precio de los 25 dólares americanos por metro cúbico aserrado.

2.11. Simulación de sensibilidad

La situación económica en Bolivia, marcada por una inflación acumulada del 5,95% entre enero y abril de 2025 (INE, 2025), se aproxima a lo previsto por el gobierno, que había estimado una tasa de inflación del 7,5% para la gestión de 2025. Sin embargo, el pronóstico del Fondo Monetario Internacional (FMI), que proyectó una inflación de 15,8% para este año, parece indicar que la inflación podría superar las expectativas del gobierno. Además, se prevé que el crecimiento económico será limitado, con un aumento del Producto Interno Bruto (PIB) de apenas 1,1% en 2025. Este panorama económico viene acompañado de diferencias sustanciales entre el dólar oficial (6,95 Bs/dólar) y el dólar paralelo (14 Bs/dólar), lo que está generando efectos significativos sobre el sector forestal, particularmente en el servicio de aserradero de madera. Estos desafíos económicos impactan tanto los costos operativos como la rentabilidad de las empresas en este sector. Este desajuste de tipo de cambio crea un desbalance económico en el que el ingreso generado por el servicio de aserrado no compensa adecuadamente los costos de los insumos. Los insumos (como las partes de maquinaria, piezas de repuesto, herramientas, y especialmente los lubricantes) deben adquirirse a un tipo de cambio mucho más alto y se subió al 100% del precio de la gestión anterior, lo que aumenta significativamente el costo de operación.

El precio del diésel y la gasolina, que son insumos fundamentales en la operación de los aserraderos (para el transporte de la madera y el funcionamiento de las máquinas), se adquiere a un costo 50% más alto de lo que sería necesario si se pagara al valor del dólar oficial. Específicamente, el diésel y la gasolina se compran a un precio de 10 Bs por litro, en lugar de los precios que se calcularían a la tasa oficial del dólar. Esto genera una brecha de costos operativos que puede dificultar la capacidad de las empresas para mantener márgenes de ganancia competitivos.

Además, el alto costo del combustible repercute en los costos logísticos y transporte dentro del proceso de aserrado. El transporte de madera desde el bosque hasta las instalaciones del aserradero y la distribución de productos terminados a los mercados

locales o internacionales se ve directamente afectado, aumentando los costos totales de producción.

El desajuste entre el dólar oficial y el paralelo pone a las empresas forestales en una situación de vulnerabilidad económica. Si bien los ingresos por el servicio de aserrado están fijados en dólares, el pago de los insumos (que se realiza a precios del dólar paralelo) genera una diferencia sustancial en los márgenes de rentabilidad. Las empresas del sector se ven obligadas a absorber este incremento de costos, lo que puede generar una presión financiera considerable.

Esto no solo afecta la rentabilidad de los aserraderos, sino que también pone en riesgo la competitividad del sector frente a mercados internacionales, donde la producción de madera aserrada y otros productos forestales competirá con empresas de otros países que no enfrentan este tipo de desajustes cambiarios. El costo elevado de los insumos y la logística puede hacer que los productos bolivianos sean menos competitivos en el mercado internacional, lo que afectaría las exportaciones de madera y productos derivados.

En este caso, se realizará una simulación económica teniendo en cuenta los siguientes parámetros: incrementos fijos en sueldos, alimentación, insumos, repuestos y el aumento en el costo de los servicios en los cinco escenarios, los cuales se explican en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Incrementos de precios de insumo, sueldos y el costo de los servicios del aserraje.

Areas de incremento	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
Costos servicios	0%	20%	30%	40%	50%
Sueldos	10%	10%	10%	10%	10%
Alimentacion	17%	17%	17%	17%	17%
Insumos	200%	200%	200%	200%	200%
Repuestos	200%	200%	200%	200%	200%

Fuente: Elaboración propia (2025)

3. Escalabilidad y Optimización del Proceso

La escalabilidad es crucial para los aserraderos que buscan crecer y aumentar su rentabilidad. De acuerdo con Sharma (2017), una adecuada optimización de los procesos productivos y la adquisición de maquinaria más eficiente son factores que permiten a los aserraderos escalar sin que los costos se incrementen de manera desproporcionada.

3.1. Metodología para el Análisis del Efecto de la Escalabilidad con Incremento de Turnos Nocturnos

El análisis de escalabilidad realizado en este estudio se enfoca en evaluar cómo el incremento de los turnos nocturnos en el aserradero impacta la producción de madera aserrada y las utilidades, tomando en cuenta el aumento progresivo del precio del servicio. La metodología empleada se basa en la comparación de varios escenarios propuestos, que varían en función del número de días de doble turno y el precio de venta por metro cúbico. A continuación, se detalla cómo se realizaron los análisis y se obtuvieron los resultados.

1. Definición de Escenarios

Se definieron cinco escenarios con incrementos graduales en la productividad, el número de días de doble turno, y el precio de venta por metro cúbico de madera aserrada:

- Escenario 1: No se incrementa el precio ni los días de doble turno, lo que refleja la situación base con una producción de 7,280.50 m³.
- Escenario 2 al Escenario 5: Se incrementa tanto el precio de venta del servicio de aserrado como los días de trabajo en turno nocturno, lo que refleja una estrategia de escalabilidad. Los incrementos en la producción y en el precio de venta son progresivos, con incrementos en días de trabajo de 102, 122, 142 y 162 días y precios de 30 USD/m³, 32.5 USD/m³, 35 USD/m³ y 37.5 USD/m³, respectivamente.

2. Cálculo de la Producción

Para cada escenario, se calculó el volumen de producción de madera aserrada en metros cúbicos, teniendo en cuenta el número de días de doble turno y el incremento del precio de venta. Los resultados fueron los siguientes:

- Escenario 1 (0%): Producción de 7,280.50 m³, sin incremento de precio ni turnos nocturnos.
- Escenario 2 (50%): Producción de 9,990.37 m³, un 12.3% más que el escenario anterior.
- Escenario 3 (60%): Producción de 10,532.34 m³, un 13.8% más que el escenario anterior.
- Escenario 4 (70%): Producción de 11,074.31 m³, un 15.2% más que el escenario anterior.
- Escenario 5 (80%): Producción de 11,616.29 m³, un 16.5% más que el escenario anterior.

3. Cálculo de las Utilidades

A continuación, se calcularon las utilidades para cada escenario, tomando en cuenta el precio de venta y los costos operativos. Las utilidades aumentaron progresivamente a medida que aumentaban tanto los días de doble turno como el precio de venta por metro cúbico:

- Escenario 1: Las utilidades fueron relativamente bajas debido a la producción limitada y la falta de incremento en el precio.
- Escenario 2 a 5: Las utilidades aumentaron significativamente a medida que los días de doble turno se incrementaban, alcanzando su máximo en el Escenario 5, con 162 días de doble turno y el precio de 37.5 USD/m³.

4. Análisis de la Escalabilidad

El análisis de escalabilidad se basó en la relación entre los costos fijos (como el alquiler de predios y los pagos de alimentación) y el incremento de la producción. Se observó que:

- Los costos fijos permanecieron constantes, especialmente los relacionados con el turno diurno, mientras que la producción aumentó con el doble turno.
- El incremento de la producción no conllevó un aumento proporcional en los costos fijos, lo que permitió que la rentabilidad mejorara significativamente, ya que los costos variables relacionados con el volumen de madera aserrada aumentaron de forma proporcional al volumen, pero sin un incremento significativo de los costos fijos.

5. Cumplimiento con Obligaciones Legales

En todos los escenarios se incluyó el cumplimiento de las obligaciones legales correspondientes, tales como el pago de impuestos y los beneficios sociales para los trabajadores. Al incrementar los días de trabajo en doble turno, el aserradero no solo optimizó su rentabilidad, sino que también aseguró el cumplimiento con las normativas laborales y fiscales, lo que garantiza la sostenibilidad a largo plazo del negocio.

6. Conclusión del Análisis de Escalabilidad

El incremento de turnos nocturnos mostró un claro efecto positivo sobre la escalabilidad y la rentabilidad del aserradero. Los resultados sugieren que la estrategia de doble turno es altamente efectiva para aumentar la producción sin un aumento proporcional de los costos fijos, lo que mejora significativamente la rentabilidad. A medida que se incrementa tanto el precio como el número de turnos nocturnos, las utilidades crecen, lo que confirma que la escalabilidad es posible en este modelo de negocio, siempre y cuando se mantenga el cumplimiento de las obligaciones legales y se maximice la eficiencia operativa.

3.2. Metodología para el Análisis de la Rentabilidad y Escalabilidad del Corte de Tajibo

La metodología empleada en este análisis consistió en la comparación de siete escenarios basados en el incremento progresivo de la producción y el ajuste del precio de servicio. En cada escenario, se calculó el volumen de producción y las utilidades correspondientes, y se evaluaron los costos operativos asociados al corte de Tajibo.

Además, se comparó la productividad y rentabilidad con los aserraderos industriales en Brasil y los aserraderos en Bolivia, para contextualizar los resultados. Finalmente, se propusieron estrategias para mejorar la rentabilidad y la escalabilidad de la operación, considerando el impacto de los turnos nocturnos y el ajuste de precios.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.3. Producción del Aserradero YMABO.

Durante el periodo abril hasta el 28 diciembre se tiene 278 días calendarios, descontando feriados y domingos se tenía 231 días para trabajar, El aserradero YMABO ha trabajado 206 días una productividad sobre días disponible para aserrar del 89,18% (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción aserradero YMABO de tabla y Flitchs periodo abril-diciembre

Tipo de corte	Especie	N° días calendarios	Días disponibles trabajo	N° días trabajados	N° trozas	Vol. (m ³)
Flitch	Curupau (F)	31		27	2.054	1.369,43
Flitch	Tipa (F)	75		67	9.267	2.317,39
Corte barraca	Tajibo (CB)	32		28	1.207	668,52
Corte barraca	Roble (CB)	6		5	261	248,79
Conjunto	Mixtas (F+B)	70		62	5.774	2.314,50
Corte barraca	Yesquero blanco (CB)	6		5	95	140,00
Re aserrado	Mixtas (FT)	3		3	27	108,00
Corte tablonés	Mixtas (CT)	11		10	584	113,86
Total General		278	231	206	19.269	7.280,50
Productividad del aserradero (%)		89,18%				

Fuente: Elaboración propia (2025)

Volumen total aserrado fue de 7.280,50 m³. Este volumen refleja la capacidad efectiva de transformación del aserradero durante el período analizado. Representa un desempeño consolidado, especialmente considerando la diversidad de especies y técnicas de corte implementadas.

Número total de trozas procesadas fueron 19.269 unidades. El alto número de trozas procesadas sugiere una fluidez operativa constante, sostenida a lo largo de los 206 días trabajados. También evidencia una buena disponibilidad de materia prima, tanto en especies principales como en secundarias.

Volumen promedio diario de consumo de madera en tronca es de 35,34 m³/día. Este indicador da cuenta de la eficiencia operativa diaria del aserradero. Un promedio superior a 35 m³ diarios es positivo, especialmente considerando la variabilidad de especies y las posibles diferencias en dureza, tamaño y aprovechamiento de las trozas.

Volumen promedio por troza: 0,38 m³. Este valor muestra que las trozas procesadas fueron de tamaño moderado a bajo, lo cual puede estar relacionado con:

Restricciones en la disponibilidad de trozas de gran diámetro.

Una estrategia de aprovechamiento integral, incluyendo piezas secundarias.

La diversidad de especies, que puede influir en el diámetro y volumen por unidad.

Por su parte, el corte tipo barraca, destinado principalmente a la producción de tabla de tajibo, representa un 9,18 % del total. En conjunto, estas especies y tipos de corte abarcan el 91,61 % del volumen aserrado, mientras que el resto corresponde a especies y cortes de participación marginal (ver Figura 4).

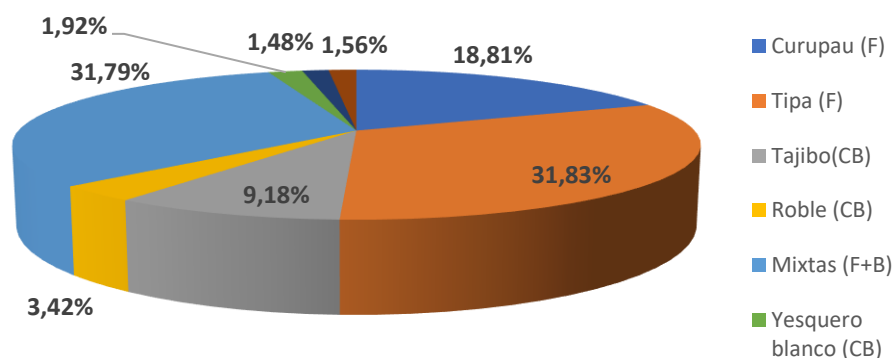


Figura 6. Especies y producto que se asierran en el aserradero YMABO expresado en %

3.2. Interpretación técnica del perfil dimensional de trozas y su relación con el origen forestal.

El análisis dimensional de las trozas procesadas en el aserradero refleja no solo la diversidad de especies del bosque chiquitano, sino también las condiciones ecológicas y silviculturales bajo las cuales se realiza el aprovechamiento.

En particular, especies como la Tipa, que representan un volumen significativo de la producción, evidencian un porte reducido, con diámetros delgados (promedio de 37,9 cm) y longitudes relativamente cortas (media de 2,48 m). Este perfil corresponde a individuos jóvenes o de regeneración natural con crecimiento limitado, característicos de bosques secundarios o zonas con alta presión antrópica. Aunque su bajo volumen por troza (0,29 m³) reduce el rendimiento por unidad, su alta disponibilidad permite mantener volúmenes operativos importantes para flujos industriales constantes (ver Cuadro 6).

El caso del Tajibo también es ilustrativo según el Cuadro 6. Si bien posee dimensiones más favorables que la tipa, su volumen medio por troza (0,54 m³) y diámetro promedio (40,5 cm) sugieren un recurso en fase temprana de recuperación, probablemente derivado de bosques secundarios intervenidos en un primer ciclo de corta. Esto coincide con el aprovechamiento de planes de desmonte que priorizan el aprovechamiento de especies secundarias o de menor valor comercial en etapas iniciales.

Asimismo, gran parte de la madera procesada proviene de bosques alterados por incendios forestales, lo que puede explicar la variabilidad en volúmenes, diámetros y largos observada, especialmente en el grupo clasificado como “Mixtas”. Estas trozas, aunque dispersas en características, aportan significativamente al volumen total gracias a la flexibilidad operativa del aserradero para adaptarse a condiciones de bosque degradado.

En contraste, especies como el Roble y el Curupaú, con diámetros superiores a 44 cm y volúmenes por troza mayores a 0,6 m³, ofrecen mejores ventajas técnicas para el aserrado. Sin embargo, su disponibilidad puede estar limitada por su condición de especies mayores remanentes o por regulaciones de aprovechamiento.

Cuadro 6. Características dimensionales de las especies aprovechadas en el aserradero YMABO

Tipo de corte	Especie	N° trozas	Vol (m ³)	Vol (m ³)			Diametros (cm)			Largo		
				min	medio	max	min	medio	max	min	medio	max
Flitch	Curupau	2.054	1.369,43	0,18	0,64	3,61	30,50	44,41	77,00	1,74	4,02	10,59
Flitch	Tipa	9.267	2.317,39	0,08	0,29	1,56	24,00	37,92	67,50	1,44	2,48	8,96
Corte barraca	Tajibo	1.207	668,52	0,10	0,54	3,41	26,00	40,48	85,00	1,50	4,00	10,65
Corte barraca	Roble	261	248,79	0,30	1,09	6,17	35,50	53,77	98,50	1,90	4,44	8,48
Conjunto	Mixtas	5.774	2.314,50	0,08	0,54	6,17	24,00	40,48	98,50	1,44	4,00	10,65

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.3. Análisis de Costos

3.3.1. Costos totales

El aserradero YMABO presenta una estructura de costos con una producción total de 7.280,50 m³, en la que el costo bruto alcanza los 180.918,96 USD (24,85 \$us/m³). Aunque los ingresos (26,89 \$us/m³) superan ligeramente este valor, la rentabilidad final es negativa (-0,73 USD/m³) una vez se incorporan impuestos y depreciaciones.

El aserradero YMABO opera con madera que proviene principalmente de bosques secundarios ya intervenidos y en un 30 % de áreas degradadas por incendios, lo que reduce significativamente el rendimiento del consumo de la madera en tronca aserrada, especialmente en el caso de la tabla por corte barraca.

Por otra parte, el producto flitch (troncas escuadradas) ofrece ventajas técnicas claras, solo requiere cuatro cortes principales, lo que lo convierte en un proceso más rápido, menos exigente en insumos, y de menor desgaste de equipos, lo cual no se refleja actualmente en la estructura de precios del servicio.

Al analizar la utilidad ajustada excluyendo los componentes contables de depreciación de activos e impuestos fiscales (ver cuadro 7), se observa un margen positivo de 3,47 USD por metro cúbico aserrado. Este resultado revela que, en condiciones operativas

reales, la actividad del aserradero es técnicamente viable y con capacidad de generar valor.

Sin embargo, este margen favorable desaparece cuando se incorporan los elementos que debieran formar parte de una estructura de costos completa y responsable. La transición de una utilidad bruta positiva a una pérdida operativa se explica, no por ineficiencia en la gestión productiva, sino por factores estructurales externos y de mercado, entre ellos:

- Una estructura tarifaria inadecuada, que no diferencia los servicios según el tipo de producto (flitches o tablas) ni la dificultad técnica asociada al aserrado de especies duras o blandas.
- Una carga fiscal elevada y poco adaptable al contexto de informalidad técnica que aún persiste en el sector.
- La ausencia de una valorización técnica por producto, que permita reconocer y trasladar al precio los costos diferenciales por tipo de corte, desgaste de equipos o rendimiento volumétrico por troza.

Estos hallazgos permiten concluir que el modelo de servicios de aserrío presenta una vulnerabilidad estructural, más relacionada con la forma en que se define y cobra el servicio que con la operación misma del proceso.

Análisis de los Costos Operativos del Servicio de Aserraje, del total de 180.918,96 USD en costos registrados, más de la mitad (56,68 %) se concentra en el centro de costos de aserrío, revelando que el corazón operativo de la empresa está altamente demandado en términos de recursos y gestión directa. Dentro de este bloque, destacan dos componentes fundamentales:

- El costo de personal (33,17 %), lo que confirma que se trata de un proceso intensivo en mano de obra, dependiente de habilidades humanas tanto para el manejo de maquinaria como para tareas de precisión en el corte.

- El costo de la depreciación de la maquinaria de aserrío (carro, torre, desorilladora y despuntadora) no está considerado debido a que el mismo entra en el pago de alquiler, pero la reparación y el mantenimiento tiene un costo considerable (15,20 %), evidencia una alta dependencia de activos, lo cual representa una rigidez financiera y operativa importante en el mediano plazo.

Adicionalmente, se registran costos operativos complementarios pero esenciales para garantizar la continuidad y calidad del proceso:

- Compra de insumos para el aserradero (3,87 %), clave para mantener la producción constante del aserradero.
- El consumo de energía eléctrica (2,18 %), asociado a la operación constante de equipos en procesos prolongados.
- La reparación, mantenimiento de motosierras es (1,40%) de compras para las dos motosierras
- Las depreciaciones de las motosierras (0,86 %), que aún no reflejan el desgaste real de todos los activos utilizados, dado que muchos equipos no están completamente contabilizados.

Los costos de afilación, que también se consideran costos operativos, se han asignado a un centro de costo con fines de control de egresos. Su costo representa el 3,84% del total. Este costo está relacionado con la precisión del corte y la prolongación de la vida útil de las sierras.

La suma de los costos de aserrío (56,68%) y afilación (3,84%) da como resultado el costo de conversión de tronca a tabla, que representa el 60,52% del total de los costos. Este costo es un indicador clave de la eficiencia operativa de la empresa, ya que refleja el gasto necesario para transformar la materia prima en el producto final. Según Garrison et al. (2015), en su libro *Managerial Accounting*, los costos de conversión son fundamentales para la evaluación de la rentabilidad de los productos, ya que combinan tanto los costos de mano de obra directa como los de maquinaria y equipo utilizados en el proceso de producción.

Este desglose revela que la operación del aserradero no solo es altamente dependiente del tiempo, el mantenimiento y la precisión técnica, sino que además se encuentra en desventaja económica cuando estos costos no se reflejan adecuadamente en el precio final del servicio de aserrado, especialmente en productos de mayor exigencia como la tabla por corte barraca.

Centro de Costos Administrativos (15,49%) representa un porcentaje relevante del total, reflejando los gastos indirectos de la empresa relacionados con la gestión, coordinación y soporte administrativo. Según Horngren et al. (2013), en su libro *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*, los costos administrativos son cruciales para el funcionamiento de la empresa, ya que incluyen salarios de los empleados administrativos, suministros de oficina y otros gastos relacionados con la gestión operativa. En el contexto de la empresa de aserrío, estos costos aseguran que las operaciones sean eficientes y que la empresa cumpla con los requerimientos legales y fiscales, lo que resulta esencial para la sostenibilidad del negocio a largo plazo.

El centro de costos de playa es el 23,99% respecto al total, se refiere al gasto relacionado con la trazabilidad de la materia prima y los productos terminados como las tablas y flitchs, cubriendo los costos de seguimiento en el almacenamiento, control de inventarios y consumo del aserradero dentro de la planta y sus despachos. Este porcentaje refleja la importancia de gestionar eficazmente el flujo de materiales dentro de la empresa. Según CIMA (Chartered Institute of Management Accountants) en su informe *Costing and Financial Management*, una correcta trazabilidad de los insumos y productos es esencial para el control de costos y la eficiencia operativa, ya que permite optimizar el manejo de inventarios, mejorar el tiempo de respuesta ante la demanda de los clientes, demostrar transparencia ante la autoridad competente como la ABT y evitar pérdidas por mal manejo de la materia prima.

En síntesis, el sistema actual absorbe internamente costos crecientes y técnicos, pero enfrenta un modelo de ingresos plano que no reconoce la complejidad real de su operación de cada tipo de corte y la calidad de las troncas de las especies aserradas.

**Cuadro 7. Estructura de Costos y Eficiencia económica del servicio de aserraje
en la producción de tabla y flitchs del aserradero YMABO.**

PRODUCCION EN M3	MONTO TOTAL	TC:	6,97
7.280,500	m3	\$us/m3	%
7.280,50	\$us.		
CENTRO DE COSTOS DE ADMINISTRACION	28.027,38	3,85	15,49%
COSTO PERSONAL	21.132,87	2,90	11,68%
HONORARIOS	17.456,90	2,40	9,65%
ALIMENTACION	1.017,93	0,14	0,56%
BENEFICIOS SOCIALES	2.658,05	0,37	1,47%
COSTO DE INSUMOS	4.183,31	0,57	2,31%
COSTO DE LOGISTICA Y TRANSPORTE	656,89	0,09	0,36%
COSTO DE DEPRECIACIÓN DE MAQUINAS Y EQUI	2.054,31	0,28	1,14%
CENTRO DE COSTOS DE ASERRIO	102.539,63	14,08	56,68%
ALQUILER	27.500,00	3,78	15,20%
COSTO DE PERSONAL	60.014,49	8,24	33,17%
SUELDOS	51.916,18	7,13	28,70%
ALIMENTACION	4.761,72	0,65	2,63%
BENEFICIOS SOCIALES	3.336,59	0,46	1,84%
COSTO DE INSUMOS	7.006,64	0,96	3,87%
COSTOS DE MOTOSIERRA STIHL MS 382	684,13	0,09	0,38%
COSTOS DE MOTOSIERRA STIHL MS 661	1.842,84	0,25	1,02%
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	3.938,32	0,54	2,18%
COSTO DE DEPRECIACION DE MAQUINAS	1.553,21	0,21	0,86%
CENTRO DE COSTOS DE AFILACION	6.953,90	0,96	3,84%
COSTO PERSONAL	5.666,24	0,78	3,13%
HONORARIOS	5.206,44	0,72	2,88%
ALIMENTACION	294,83	0,04	0,16%
BENEFICIOS SOCIALES	164,97	0,02	0,09%
INSUMOS	1.123,56	0,15	0,62%
ENERGIA ELECTRICA	164,10	0,02	0,09%
CENTRO DE COSTOS DE PLAYA	43.398,06	5,96	23,99%
COSTO DE PERSONAL	13.189,46	1,81	7,29%
HONORARIOS	11.671,96	1,60	6,45%
ALIMENTACION	634,14	0,09	0,35%
BENEFICIOS SOCIALES	883,36	0,12	0,49%
COSTO DE PALA CAT IT 38G	15.810,88	2,17	8,74%
COSTO DE PALA CASE W20E	7.631,06	1,05	4,22%
COSTO DE DEPRECIACIÓN DE PALA CAT IT 38G	3.840,54	0,53	2,12%
COSTO DE DEPRECIACIÓN DE PALA CASE W20E	2.926,13	0,40	1,62%
COSTO BRUTO	180.918,96	24,85	100,00%
COSTO DE CONVERSION	109.493,53	15,04	
INGRESOS			
Ingreso por servicios	199.962,563	26,89	
Ingreso por aserrio	186.175,925	25,00	
Ingreso alquiler de la pala	5.678,879	0,78	
Ingreso pos tramites	8.107,759	1,11	
PAGO DE IMPUESTOS	21.995,88	3,02	12,16%
IVA (13% recuperacion fiscal 5%)	15.997,01	2,20	
IT (3%)	5.998,88	0,82	
COSTO DE PRODUCCION + IMPUESTOS	202.914,84	27,87	
Utilidad Bruta (sin pago impuestos)	19.043,60	2,04	7,33%
Utilidad con pago de impuestos	-2.952,28	0,98	-3,51%
Pago IUE	-738,07	-0,24	
Utilidad final	-2.214,21	-0,73	
DEPRECIACIONES	10.374,18	1,42	
Utilidad Bruta (sin considerar las depreciaciones)	29.417,78	3,47	12,45%

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.3.2. El costo de transformación por metro cúbico de troza según el tipo de producto elaborado (flitchs o tablas simplemente aserradas corte barraca)

Para este análisis se tomaron solo los datos de turno completos trabajados por tipo de corte y especie, se clasificaron por especies, tipo de corte y objeto de los productos.

El tipo de corte en barraca de tajibo refleja con claridad los desafíos operativos más exigentes en el aserradero: su elevado costo bruto no es casual, sino consecuencia directa del tiempo adicional necesario para acomodar trozas curvas y de la complejidad del proceso de transformación en tablas, que demanda más cortes, mayor manipulación y pérdida de eficiencia. Este comportamiento confirma que, aunque el tajibo es una especie valiosa, su morfología afecta gravemente la rentabilidad del aserrío.

En contraste, el flitch de curupau destaca como el tipo de corte más eficiente en términos de costos brutos. Esta eficiencia se debe principalmente a la buena forma de sus trozas, su mayor volumen unitario (0.62 m^3 por troza) y la facilidad del proceso de escuadrado, que reduce tiempos de operación sin comprometer el rendimiento del producto final. Es un claro ejemplo de cómo la elección de especie y forma de corte puede inclinar la balanza económica.

Por su parte, el roble en barraca, a pesar de ser también un formato de tablas, mantiene costos sorprendentemente controlados, lo cual se explica por la rectitud y buen porte de sus trozas (0.9 m^3). Esta morfología permite una operación más limpia y eficiente, demostrando que no todo corte de barraca implica necesariamente altos costos, si la calidad de la materia prima lo permite.

En términos de ingresos por servicio, el aserradero aplica una tarifa plana de \$us25 por metro cúbico aserrado para la mayoría de los cortes, independientemente de la especie o del tipo de producto obtenido. Sin embargo, el tajibo representa una excepción estratégica: su procesamiento se cotiza a \$us27,29 por m^3 , una diferencia que no es arbitraria, si no se debe a que la empresa en algún caso subió el aserrío de esta especie a \$us30 por metro cubico. Este ajuste tarifario refleja el reconocimiento operativo de

su complejidad, dado que el tajibo no solo presenta mayor dificultad en el acomodo de la troza por su fuste torcido en las puntas, sino que además exige un mayor número de cortes para obtener tablas aprovechables. Así, el precio más elevado busca compensar parcialmente los mayores costos y tiempos asociados a su transformación, aunque, como muestran los resultados económicos, este ajuste no siempre logra revertir su baja rentabilidad.

Cuadro 8. Análisis por centros de costos de producción y utilidades del aserrío de flitchs y tabla en YMABO

Centros de Costos	Curupau f (\$us/m ³)	Tipa f (\$us/m ³)	Tajibo b (\$us/m ³)	Roble b (\$us/m ³)	cojunto f+b (\$us/m ³)
Administracion	2,42	3,36	4,72	3,23	3,59
Aserrio	10,30	13,63	17,91	14,66	14,62
Afilacion	0,70	1,01	1,24	0,90	0,94
Playa	2,55	4,57	6,82	2,84	3,08
Costo Bruto	15,97	22,57	30,69	21,63	22,24
Ingresos servicios	25	25	27,29	25	25
Costo total	18,93	25,53	33,74	24,59	25,20
Utilidad Bruta	10,92	4,33	-3,00	5,26	4,66
Utilidad con Impuestos	7,97	1,37	-6,05	2,30	1,70
IUE	1,99	0,34	-1,51	0,58	0,42
Utilidad Final	5,97	1,03	-4,53	1,73	1,27

La utilidad bruta por metro cúbico aserrado revela de forma directa qué tan rentable resulta cada tipo de corte antes de considerar impuestos. En este análisis, el flitch de curupau lidera de forma contundente, con \$us10,92 de ganancia por m³ aserrado, reflejando una combinación óptima de eficiencia operativa y buena volumetría por troza. Le sigue, aunque muy por debajo, el roble en barraca, con \$us5,26 por m³, lo cual resulta aceptable para un producto en tabla, y se explica por el excelente porte y forma de sus trozas.

En contraste, la tipa, a pesar de ser flitch, apenas alcanza una utilidad de \$us4,33, evidenciando que su bajo volumen por troza reduce considerablemente el rendimiento económico. El proceso mixto (flitch + barraca) se ubica en un punto intermedio con \$us4,66 por meto cubico aserrado, lo que sugiere que la combinación de especies puede amortiguar pérdidas, pero no logra optimizar ingresos. Finalmente, el tajibo en barraca

se posiciona como un caso crítico, generando una pérdida de -\$us3,00 por cada metro cúbico trabajado, lo cual alerta sobre su inviabilidad económica en las condiciones actuales.

Una vez aplicada la carga impositiva correspondiente al IUE, el panorama se vuelve aún más negativo. Solo el flitch de curupau mantiene una utilidad final realmente sólida, con \$us5,97 por m³, lo que lo convierte en el pilar financiero del aserradero. El resto de los tipos de corte apenas logra sostenerse: roble y el conjunto mixto generan utilidades finales por debajo de los \$us2 por metro cubico, lo cual representa márgenes muy estrechos frente al riesgo y al esfuerzo operativo.

La tipa prácticamente se anula como fuente de ganancia, quedando con apenas \$us1,03 por metro cubico de utilidad final, y el caso del tajibo vuelve a resaltar por su impacto negativo, ya que cada metro cúbico procesado representa una pérdida neta de -\$us4,53 por metro cubico incluso después de haber ajustado su precio de venta. Esto evidencia que, en su estado actual, el aprovechamiento de tajibo no solo es ineficiente, sino insostenible desde un punto de vista financiero (sus cuadros están el ANEXO 1).

La gráfica evidencia que no todos los cortes generan beneficios sostenibles. El curupau flitch sobresale como la mejor opción operativa y económica, mientras que el tajibo barraca debe ser reevaluado o evitado, dado su impacto negativo constante. Los demás cortes pueden mantenerse con ajustes estratégicos y control de costos.

Los cálculos individuales están el ANEXO 1.

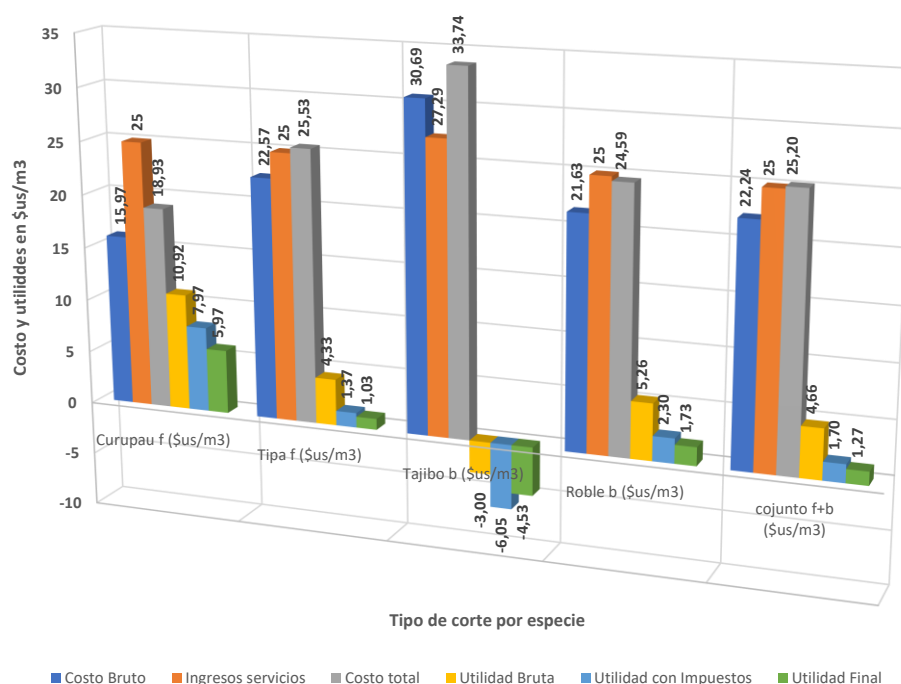


Figura 7. Costos y utilidades para el aserrío de las diferentes especies y tipos de corte de YMABO.

3.3.3. consumo (m^3/h) del aserrío de flitchs y tabla en YMABO

En la tabla se muestra la información de los distintos tipos de corte realizados en el aserradero, divididos por especie, número de trozas, volumen total procesado por troza, horas productivas y, finalmente, el volumen promedio de corte por hora (m^3/h) junto con su desviación estándar (DE). Estos datos permiten evaluar tanto la eficiencia de cada tipo de corte como la variabilidad en la producción por hora.

Cuadro 9. Determinación del consumo (m^3/h) del aserrío de flitchs y tabla en YMABO

Tipo de corte	Especie	Nro de turnos	Nro de trozas	volumen de trozas	Vol (m^3/h)	Volumen promedio (m^3/h) $\pm$ DE
Flitch	Curupau	23	1.500	985,46	4,44	4,44 $\pm$ 1,02
Flitch	Tipa	60	6.889	1.788,85	3,13	3,13 $\pm$ 0,65
Corte barraca	Tajibo	27	1.207	653,33	2,58	2,58 $\pm$ 0,52
Corte barraca	Roble	14	162	448,64	3,42	3,42 $\pm$ 1,13
Conjunto	Mixtas	58	4.399	1.713,71	3,12	3,12 $\pm$ 0,75
Total General		182	14.167	5.589,99	3,24	

Fuente: Propia

El tipo de corte Flitch en la especie Curupau presenta un volumen promedio por hora de 4,44 m³/h, lo cual es un buen indicativo de eficiencia en el proceso de corte. Sin embargo, la desviación estándar de 1,02 m³/h muestra una variabilidad moderada en la producción por hora. Esto significa que la tasa de producción en cada turno puede variar alrededor de 1 m³/h del promedio, lo que es relativamente aceptable, pero sugiere que aún puede haber oportunidad para mejorar la consistencia en la producción.

El tipo de corte Flitch en la especie Tipa presenta un volumen promedio por hora de 3,13 m³/h, lo que indica que se están procesando cantidades significativas de madera por hora. La desviación estándar de 0,65 m³/h es relativamente baja, lo que indica que la producción es bastante consistente. Este valor sugiere que el aserradero está manejando este tipo de corte con una variabilidad controlada, lo cual es una señal positiva para la escalabilidad del proceso.

En el Corte Barraca de la especie Tajibo, el volumen promedio por hora es de 2,58 m³/h, lo que muestra que la eficiencia en este tipo de corte es inferior en comparación con el Flitch de Curupau y Tipa. La desviación estándar de 0,52 m³/h es relativamente baja, lo que significa que la variabilidad en la producción de este corte es controlada, pero la tasa de producción es más baja. Este resultado sugiere que puede haber oportunidad para aumentar la eficiencia en este tipo de corte.

En el Corte Barraca de la especie Roble, el volumen promedio por hora es de 3,42 m³/h, lo cual es relativamente alto, pero la desviación estándar de 1,13 m³/h muestra una mayor variabilidad en la producción por hora. Esto indica que la consistencia en la producción es menor en este tipo de corte, y podría beneficiarse de una optimización en los procesos para reducir las fluctuaciones en la productividad.

El tipo de corte Conjunto en especies Mixtas muestra un volumen promedio por hora de 3,12 m³/h, lo que indica una producción moderada en comparación con los demás tipos de corte. La desviación estándar de 0,75 m³/h sugiere una variabilidad controlada, pero aún se puede optimizar para lograr una mayor consistencia en la producción.

los flitchs tienden a mostrar un mayor volumen promedio por hora en comparación con los cortes barraca, especialmente en el caso de la especie Curupau, aunque con una mayor variabilidad en el proceso de producción. En contraste, los cortes barraca, aunque tienen una mayor consistencia en Tajibo, presentan un volumen de producción por hora más bajo, con excepción de Roble, que tiene un volumen ligeramente superior a Tipa pero con una mayor desviación estándar. Esta diferencia en la producción está relacionada con la naturaleza del producto final, las técnicas de corte empleadas, la complejidad del proceso y las características propias de las especies utilizadas.

3.4.Simulación de sensibilidad al incremento del precio de servicio e incremento de costos de producción.

El cuadro presentado muestra la simulación de cinco escenarios con incrementos progresivos en el cobro del servicio por metro cúbico de madera aserrada, variando el precio de 25 USD/m³ en el Escenario 1 hasta 37,5 USD/m³ en el Escenario 5. A continuación, se realiza un análisis detallado de cómo estos incrementos afectan los costos de producción, los ingresos y las utilidades (con impuestos, IUE e utilidades finales) para cada tipo de corte.

Cuadro 10. Análisis del Efecto del Incremento del Cobro del Servicio en los Escenarios de Costos y Utilidades por Cada Tipo de Corte

Tipo de corte	Parametros	Escenario 1 \$us/m ³ (0%)	Escenario 2 \$us/m ³ (20%)	Escenario 3 \$us/m ³ (30%)	Escenario 4 \$us/m ³ (40%)	Escenario 5 \$us/m ³ (50%)
Costo del servicio (\$us/m ³)		25	30	32,5	35	37,5
Flitch Curupau	Productividad m ³ /h	4,33				
	Costos produccion	20,38	20,38	20,38	20,38	20,38
	Ingresos	26,89	31,89	34,39	36,89	39,39
	Utilidad con impuestos	3,56	7,31	9,10	10,84	12,52
	IUE	0,89	1,83	2,27	2,71	3,13
	Utilidad final	2,67	5,48	6,82	8,13	9,39
Flitch Tipa	Productividad m ³ /h	3,07				
	Costos produccion	29,91	29,91	29,91	29,91	29,91
	Ingresos	26,89	31,89	34,39	36,89	39,39
	Utilidad con impuestos	-5,98	-2,23	-0,44	1,30	2,98
	IUE	-1,49	-0,56	-0,11	0,33	0,75
	Utilidad final	-4,48	-1,67	-0,33	0,98	2,24
Barraca Tajibo	Productividad m ³ /h	2,58				
	Costos produccion	41,05	41,05	41,05	41,05	41,05
	Ingresos	27,69	32,85	35,43	36,89	40,59
	Utilidad con impuestos	-16,41	-12,54	-10,69	-8,68	-7,16
	IUE	-4,10	-3,13	-2,67	-2,17	-1,79
	Utilidad final	-12,31	-9,40	-8,02	-6,51	-5,37
Barraca Roble	Productividad m ³ /h	3,13				
	Costos produccion	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47
	Ingresos	26,89	31,89	34,39	36,89	39,39
	Utilidad con impuestos	-3,53	0,22	2,01	3,74	5,43
	IUE	-0,88	0,05	0,50	0,94	1,36
	Utilidad final	-2,65	0,16	1,51	2,81	4,07
Conjunto	Productividad m ³ /h	3,26				
	Costos produccion	28,40	28,40	28,40	28,40	28,40
	Ingresos	26,89	31,89	34,39	36,89	39,39
	Utilidad con impuestos	-4,47	-0,72	1,07	2,81	4,49
	IUE	-1,12	-0,18	0,27	0,70	1,12
	Utilidad final	-3,35	-0,54	0,80	2,11	3,37

Fuente: Elaboración propia (2025)

El incremento del costo del servicio tiene un efecto positivo significativo en la utilidad final para Flitch Curupau, donde la rentabilidad aumenta sustancialmente a medida que sube el precio, con un crecimiento progresivo en todos los parámetros de la simulación.

Aunque Flitch Tipa muestra pérdidas en los primeros escenarios debido a los costos relativamente altos, los incrementos en el precio del servicio permiten que la utilidad

final se vuelva positiva a partir del Escenario 5, mostrando una recuperación a medida que sube el precio.

A pesar del incremento en el costo del servicio, Barraca Tajibo sigue siendo no rentable en todos los escenarios. La altísima carga de costos de producción en este tipo de corte hace que el aumento del precio del servicio no sea suficiente para generar utilidades positivas, y la rentabilidad sigue siendo negativa en todos los casos.

Barraca Roble muestra un comportamiento positivo a medida que aumenta el precio del servicio, con una utilidad final que mejora progresivamente desde -2,65 \$us/m³ en el Escenario 1 hasta 4,07 \$us/m³ en el Escenario 5. El aumento del costo del servicio mejora significativamente la rentabilidad de este tipo de corte.

El tipo de corte Conjunto muestra una mejora significativa en su rentabilidad a medida que aumenta el precio del servicio. A partir del Escenario 3, la utilidad final es positiva, alcanzando 3,37 \$us/m³ en el Escenario 5.

Los cálculos están el ANEXO 2.

3.5. Escalabilidad y Optimización del Proceso

3.5.1. Análisis del Efecto de la Escalabilidad con Incremento de Turnos Nocturnos en los Escenarios Propuestos.

El cuadro presentado muestra el análisis de la rentabilidad de un aserradero en función de los diferentes escenarios de precios del servicio de aserrado. Se proyectan cinco escenarios con incrementos en el precio del servicio, lo que se traduce en un aumento de la rentabilidad a través del incremento de los días de doble turno. Este análisis busca identificar cómo el aumento de turnos nocturnos, la variación en los precios y los costos asociados impactan las utilidades finales.

Cuadro 11. Presentación y Descripción del Cuadro de Análisis de Rentabilidad por Escenarios de Producción

Parametros	Escenario 1 \$us/m ³ (0%)	Escenario 2 \$us/m ³ (50%)	Escenario 3 \$us/m ³ (60%)	Escenario 4 \$us/m ³ (70%)	Escenario 5 \$us/m ³ (80%)
Produccion m3 periodo abril-diciembre	7.280,50	9.990,37	10.532,34	11.074,31	11.616,29
Dias con doble turno	0	102	122	142	162
Costos produccion	31,64	28,21	27,73	27,31	26,92
ventas de servicios	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Utilidad con impuestos	1,20	4,63	5,10	5,53	5,92
IUE	0,30	1,16	1,28	1,38	1,48
Utilidad final	0,90	3,47	3,83	4,15	4,44
Utilidad final %	3%	12,3%	13,8%	15,2%	16,5%

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la siguiente gráfica, se observa cómo el incremento en los turnos nocturnos influye en la producción de madera aserrada (medida en metros cúbicos) y, al mismo tiempo, en las utilidades del aserradero en cada escenario propuesto. La clave de esta estrategia de doble turno es el incremento en la producción mientras que los costos fijos se mantienen constantes, especialmente aquellos relacionados con los gastos administrativos como el alquiler de los predios y la alimentación, que solo se aplican al turno diurno.

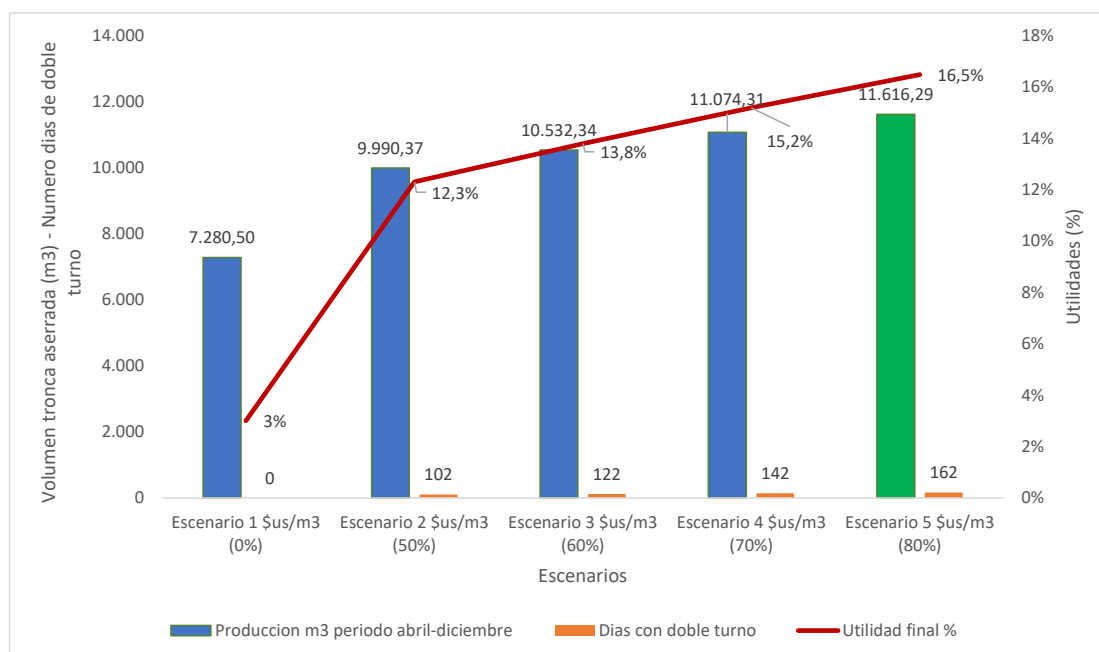


Figura 8. Análisis del Efecto de la Escalabilidad con Incremento de Turnos Nocturnos en los Escenarios Propuestos

A continuación, se realiza un análisis desde el enfoque de escalabilidad:

a. Impacto en la Producción de Madera Aserrada

En la gráfica, se muestra cómo el volumen aserrado (m^3) aumenta con cada escenario a medida que se incrementan los días de doble turno:

- Escenario 1 (0%): Sin incremento de precios ni doble turno, la producción es de 7,280.50 m^3 , lo que indica un volumen de producción limitado por la capacidad actual de los turnos regulares.
- Escenario 2 (50%): Con el incremento del precio del servicio a 30 USD/ m^3 y la implementación de doble turno durante 102 días, la producción aumenta a 9,990.37 m^3 , lo que refleja un incremento de 12,3% en la producción respecto al escenario anterior.
- Escenario 3 (60%): Con turnos adicionales durante 122 días y el precio subiendo a 32.5 USD/ m^3 , la producción alcanza los 10,532.34 m^3 , con un 13.8% de incremento.
- Escenario 4 (70%): En este escenario, con 142 días de doble turno y el precio a 35 USD/ m^3 , la producción sube a 11,074.31 m^3 , con un incremento de 15.2%.
- Escenario 5 (80%): Finalmente, en este escenario con 162 días de doble turno y el precio de 37.5 USD/ m^3 , la producción alcanza los 11,616.29 m^3 , reflejando un incremento de 16.5%.

b. Incremento en las Utilidades

El análisis de las utilidades muestra una tendencia creciente a medida que se incrementa tanto el número de días de doble turno como el precio por metro cúbico de madera aserrada:

- En el Escenario 1, las utilidades son relativamente bajas debido a la producción limitada y la falta de incremento en el precio. Sin embargo, conforme se aplican los incrementos en el precio del servicio y el doble turno, las utilidades finales aumentan de manera significativa.

- En el Escenario 5, con 80% de incremento en el precio y 162 días de doble turno, las utilidades finales alcanzan su valor más alto, indicando que la escalabilidad en este escenario es la más efectiva, pues se maximiza la producción y, al mismo tiempo, se optimizan los costos fijos, especialmente los relacionados con el turno nocturno.

c. Escalabilidad y Rentabilidad

Este incremento de turnos nocturnos muestra un claro efecto positivo sobre la escalabilidad de la empresa, ya que:

- Los costos fijos como el alquiler de los predios y los pagos de alimentación solo se aplican al turno diurno, lo que significa que, al incrementar los días de doble turno, los costos operativos no crecen de manera proporcional al volumen producido.
- El aumento en el precio del servicio en cada escenario también contribuye a mejorar la rentabilidad sin un incremento proporcional en los costos variables, ya que la producción adicional se logra mediante la extensión de los turnos, lo que representa una forma eficiente de aprovechar la capacidad instalada del aserradero.

d. Cumplimiento con las Obligaciones Legales

El escenario propuesto incluye el cumplimiento de todas las obligaciones legales, como el pago de impuestos y beneficios sociales. Al incrementar los turnos nocturnos y los días de trabajo, la empresa no evade impuestos y asegura el cumplimiento con la legislación laboral. Esto no solo mejora la sostenibilidad del negocio a largo plazo, sino que también asegura que la rentabilidad se base en una operación legal y ética, lo cual es crucial para la reputación de la empresa y su capacidad para expandirse sin enfrentarse a riesgos legales.

El impacto de los turnos nocturnos es particularmente notable, ya que permite aprovechar la capacidad instalada del aserradero sin que los costos fijos aumenten proporcionalmente. Aumentar los días de doble turno mejora la utilidad final al

optimizar el uso de recursos existentes, lo que contribuye directamente a una mayor rentabilidad. Además, el cumplimiento con las obligaciones legales (pago de impuestos y beneficios sociales) asegura que el crecimiento sea sostenible a largo plazo.

3.5.2. Análisis de la Rentabilidad y Escalabilidad del Corte de Tajibo en Aserraderos

En el cuadro siguiente, se observa que el corte de Barraca Tajibo, a pesar de los incrementos en la productividad y los esfuerzos por reducir el costo del servicio, sigue siendo no rentable. Esta situación refleja una baja eficiencia operativa en la transformación de tronca de Tajibo a tabla, especialmente considerando que la madera de Tajibo es dura, lo que hace que el proceso sea más lento y, por ende, más costoso. A continuación, realizaremos un análisis más detallado del corte de Tajibo con un enfoque de escalabilidad, comparando la rentabilidad con los estándares de aserraderos industriales en Brasil y los aserraderos en Bolivia.

Cuadro 12. Análisis de la Rentabilidad y Escalabilidad del Corte de Tajibo en Aserraderos

Parametros	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5	ESCENARIO 6	ESCENARIO 7
Incremento en produccion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	55%
Volumen (m3 troza)	668,52	735,38	802,23	869,08	935,93	1.002,79	1.036,21
Produccion (m3/h)	2,64	2,90	3,16	3,43	3,69	3,96	4,09
Costo con pago impuestos (\$us)	35.468,37	35.715,75	35.983,13	36.240,51	36.497,90	37.755,28	36.883,97
Ingresos (\$us)	23398,34	27.004,12	29.343,95	31.683,78	34.023,62	36.363,45	37.533,37
Utilidades pago impuestos (%)	-16,16	-11,86	-8,28	-5,24	-2,64	-0,39	1,04

Fuente: Elaboración propia (2025)

- **Características del Corte de Barraca Tajibo**

1. Dureza de la Madera:

- El Tajibo es una madera dura Dureza lateral 1665 Kg que lo clasifica a la madera como **DURA**, lo que implica que el proceso de aserrado es más lento en comparación con las maderas semiduras o blandas. Esto aumenta el tiempo de trabajo y, en consecuencia, los costos laborales y energéticos.

2. Especificaciones del Corte:

- La transformación de la tronca de Tajibo se realiza principalmente en tablas de espesores predefinidos (1 pulgada, 1.5 pulgadas y 2 pulgadas). Los largos predefinidos también limitan la flexibilidad del proceso, lo que puede generar desperdicios y ineficiencias en el uso de la troza.
- Este tipo de corte especial se cobra de manera similar al corte de tablones de maderas semiduras, a pesar de que la producción es más lenta y requiere más tiempo. Esto genera una discrepancia en los costos y los ingresos, ya que el precio no refleja la complejidad y el bajo rendimiento del proceso.

En la gráfica se muestran los resultados de la rentabilidad del corte de Tajibo, un tipo de madera dura, en función de varios escenarios de aumento en la producción. La gráfica y el cuadro se centran en incrementos progresivos de producción que oscilan entre un 0% y 55%. Además, muestra la relación entre la productividad (m^3/h) y las utilidades (en %) de cada escenario.

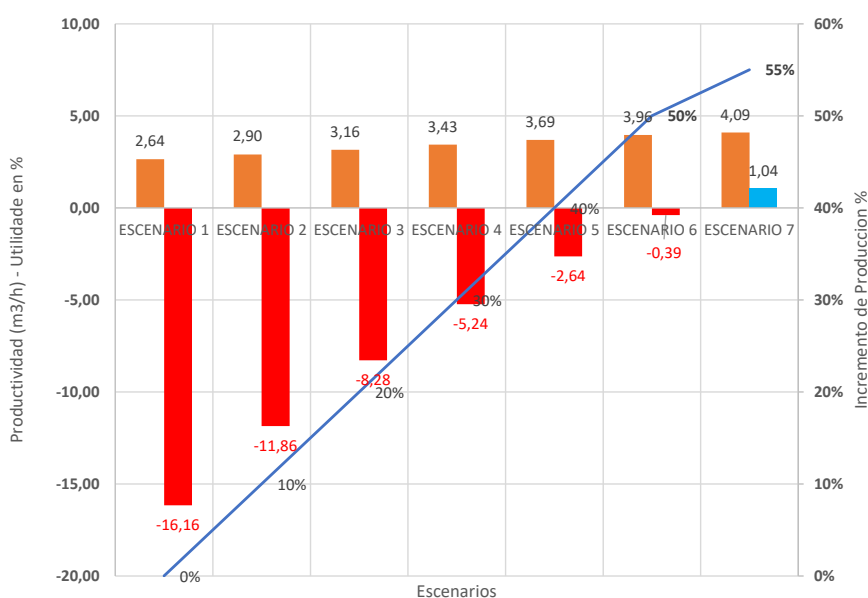


Figura 9. Análisis de la Rentabilidad y Escalabilidad del Corte de Tajibo

El corte de Tajibo enfrenta importantes desafíos operativos debido a la dureza de la madera, lo que hace que el proceso de aserrado sea lento y costoso. En el cuadro, se observa que, a pesar del aumento en la productividad (de 2,64 m³/h a 4,09 m³/h), las utilidades siguen siendo negativas en los primeros escenarios debido a los altos costos de producción asociados con este tipo de corte, particularmente cuando se compara con maderas más blandas o semiduras.

Según EMBRAPA (2020), los aserraderos industriales en Brasil alcanzan una productividad de entre 5 y 8 m³/h gracias al uso de alta tecnología en sus procesos de aserrado. Comparado con el corte de Tajibo, que en los primeros escenarios procesa aproximadamente 2.64 m³/h, la productividad de los aserraderos brasileños es significativamente mayor. Esto se debe a que Brasil emplea equipos modernos y sistemas de automatización que optimizan el tiempo de corte y reducen los costos operativos, haciendo a estos aserraderos más competitivos en términos de costos y producción. Además, la alta tecnología facilita una escalabilidad más eficiente, ya que permite aumentar la producción sin un incremento proporcional de los costos fijos, lo que mejora la rentabilidad a medida que se escala la operación.

En nuestro país, según CIFOR (2019), los aserraderos procesan aproximadamente 3 m³/h de maderas duras, como el Lapacho (*Handroanthus* spp.), un valor similar al rendimiento de Tajibo en los Escenarios 1 y 2. Sin embargo, la productividad en Bolivia sigue siendo inferior a la de Brasil, lo que plantea desafíos en términos de eficiencia operativa. A pesar de que la productividad en Bolivia es comparable con la de Tajibo, los costos de producción y la dureza de la madera siguen afectando la rentabilidad, en parte debido al bajo uso de tecnologías avanzadas. No obstante, existe un potencial de mejora significativo en Bolivia, que podría lograrse a través de inversiones en tecnología y en la optimización de procesos, lo que permitiría a los aserraderos aumentar su productividad y mejorar, de esta manera, su rentabilidad.

- Propuestas para Mejorar la Rentabilidad del Corte de Tajibo

1. Inversión en Tecnología y Equipos Modernos:

- Para mejorar la escalabilidad y la rentabilidad del corte de Tajibo, se recomienda invertir en tecnología avanzada y en maquinaria especializada para reducir el tiempo de corte y aumentar la eficiencia del proceso. El uso de sistemas automatizados podría mejorar los rendimientos por hora, acercándose a las cifras observadas en los aserraderos brasileños.

2. Optimización de Costos de Producción:

- A medida que se implementen turnos nocturnos y se optimicen los costos fijos (como alquiler de predios y alimentación solo en el turno diurno), los costos operativos podrían reducirse significativamente. Además, se podría revisar la gestión de la mano de obra para mejorar la eficiencia en el proceso de aserrado.

3. Ajuste en los Precios del Servicio:

- Dado que el corte de Tajibo es más complejo y costoso, es fundamental ajustar los precios del servicio para reflejar la dureza de la madera y la complejidad del corte. Un precio más alto podría compensar los costos adicionales asociados con el proceso de aserrado.

3.6. Análisis Estadísticos

3.6.1. Análisis de Estadística Descriptiva.

Con el objeto de simplificar, resumir y comprender los datos de manera efectiva se realizó el análisis de la estadística descriptiva sus resultados se observan en el cuadro 8. Este análisis de muestras, es fundamental para evaluar el rendimiento, la variabilidad y las tendencias de los datos. En el contexto del análisis forestal nos ayuda a mejorar la planificación y optimizar los recursos de manera más efectiva.

Cuadro 8. Estadística Descriptiva de los resultados de rendimientos (m^3 /hora) de lo diferentes tipos de corte de aserrío en el Aserradero YMABO.

Tipos de corte	Curupau Flitches m ³ /hora	Tipa Flitches m ³ /hora	Tajibo Barraca m ³ /hora	Mixta m ³ /hora	Roble barraca m ³ /hora
Media	4,41	3,13	2,58	3,24	3,38
Error estándar	0,12	0,05	0,07	0,07	0,28
Media	4,18	3,13	2,57	3,17	3,58
Moda	#N/D	3,28	#N/D	#N/D	#N/D
Desviación estándar	0,95	0,67	0,52	0,80	1,07
Varianza muestral	0,90	0,45	0,27	0,64	1,14
Curtosis	1,15	0,37	2,12	0,87	-0,29
Asimetría	0,98	0,38	0,57	0,57	0,16
Rango	4,65	3,61	2,94	4,89	3,54
Mínimo	2,77	1,85	1,45	1,52	1,76
Máximo	7,42	5,46	4,40	6,41	5,30
Suma	260,42	465,81	139,33	459,62	50,74
Recuento	59,00	149,00	54,00	142,00	15,00
Mayor (1)	7,42	5,46	4,40	6,41	5,30
Menor (1)	2,77	1,85	1,45	1,52	1,76
Nivel de confianza (95.0%)	0,25	0,11	0,14	0,13	0,59

Fuente: Elaboración propia (2025)

Analizando las medidas de tendencia central según los datos del cuadro 8, tenemos los siguientes indicadores claves que nos permiten evaluar el rendimiento de los diferentes tipos de corte en función de su rendimiento en metros cúbicos por hora (m³/hora):

1. Curupaú Flitches

Su media de 4,41 m³/h es el valor más alto entre todos los demás tipos de corte, lo que sugiere un rendimiento superior en términos de productividad. Esto es un factor importante en el rendimiento del aserradero dependiendo de los objetivos específicos de la maximización del consumo de volumen de madera en tronca en la prestación de los servicios de aserraje.

Su Desviación Estándar de 0,95 m³/h mostrando una moderada variabilidad. Sus valores están en el rango más grande de 2,77 – 7,42 m³/h.

Presenta una curtosis de 1,15 muestra que los datos están más concentrados en torno a la media y tienen colas más pronunciadas a la derecha en comparación con la

distribución normal ver figura 7. Una curtosis de 1,15 para el corte Flitches de Curupaú implica que el rendimiento se concentra en torno a la media, pero con una mayor frecuencia de valores extremos. Esto indica que el corte tiene un rendimiento relativamente constante en la mayoría de las ocasiones, pero también puede haber fluctuaciones significativas debido a los outliers. Esto podría afectar la planificación operativa y sugiere la necesidad de gestionar la variabilidad para minimizar los rendimientos extremos y mantener la eficiencia.

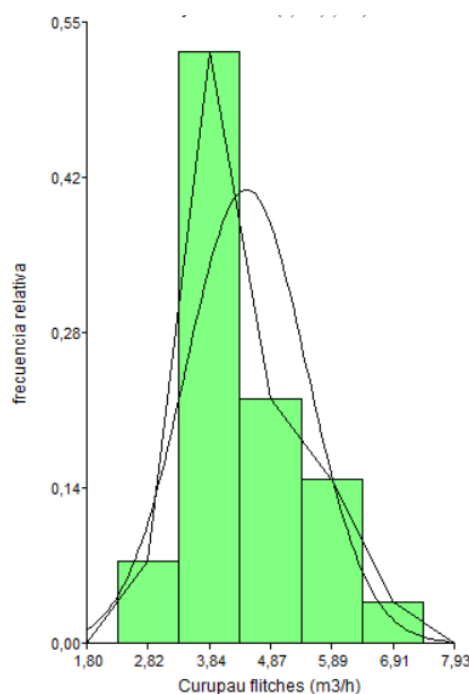


Figura 7. Distribución de la muestra de la producción del tipo de corte de la especie curupaú para la producción de flitches, comportamiento respecto de la media, su normal y su curtosis de 1,15

Su Asimetría es de 0,98 presenta un sesgo positivo (cola hacia la derecha). Esto significa que la distribución de los datos tiene una cola más larga hacia la derecha, es decir, los valores tienden a ser más altos, pero hay algunos valores extremos que son más grandes que la mayoría de los datos

El nivel de confianza de 95% significa que, si repitieras el muestreo o experimento muchas veces del tipo de corte de Curupaú Flitches, el valor estimado de la media o de cualquier otra medida calculada estaría dentro del intervalo definido por $\pm 0,25 \text{ m}^3/\text{h}$ en

el 95% de los casos. Esto indica que el valor real de la medida (como la media) se espera que esté dentro de un rango de $\pm 0,25$ m³/h alrededor del valor estimado siendo una estimación precisa, este tipo de corte es más eficiente, pero con mayor dispersión.

2. Típa Flitchs

Su media de 3,13 m³/h, su Desviación estándar de 0,67 m³/h mostrando una variabilidad de baja a media del corte de la típa para flitchs, sus valores están en el rango de 1,85 – 5,46 m³/h. Presenta una curtosis de 0,37 muestra que los datos están más *cercanos a una distribución normal*. ver grafica 8. La **curtosis de 0,37** en el **corte Flitchs de la Típa** sugiere que la distribución es **relativamente uniforme** y **menos concentrada** en torno a la media. Esto implica que el rendimiento de este corte es **más constante**, con **menos presencia de valores extremos**. En términos operativos, esto podría traducirse en **mayor estabilidad y previsibilidad** en la productividad, lo que facilita la planificación y toma de decisiones a largo plazo.

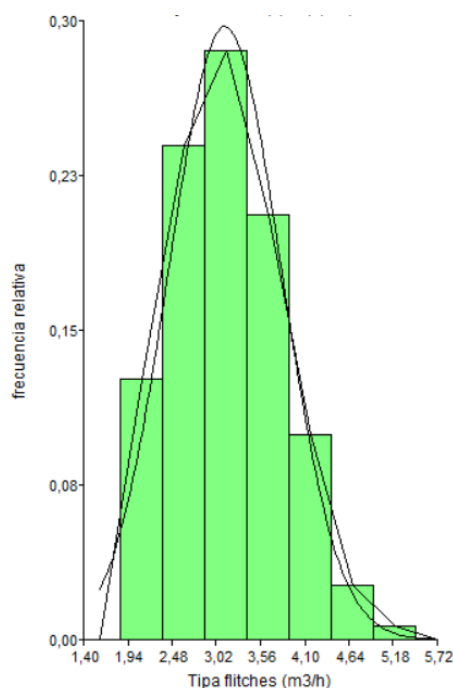


Figura 8. Distribución de la muestra de la producción del tipo de corte de la especie típa para la producción de flitchs, comportamiento respecto de la media, su normal y su curtosis de 0,37

Su Asimetría es de 0,38 presenta un sesgo leve a la derecha. Esto significa que hay algunos **valores más grandes** que se encuentran en el extremo derecho de la distribución, pero no en una cantidad significativa y la mayoría de los datos se agrupan hacia los valores más bajos (en el lado izquierdo de la distribución), pero hay algunos valores más altos que son menos frecuentes, lo que causa la cola hacia la derecha. Por todas estas características el corte de la tipa para flitches es estable y consistente, aunque con un rendimiento más bajo que curupaú.

3. Tajibo Barraca

Su media de 2,58 m³/h, un valor bajo que representa un menor rendimiento entre todos los tipos de corte, su Desviación estándar de 0,52 m³/h mostrando una variabilidad uniforme del corte del Tajibo para barraca, sus valores están en el rango de 1,16 – 4,70 m³/h.

Presenta una curtosis de 2,12 para el tipo de corte del tajibo indica que la distribución de los datos de rendimiento de corte presenta un pico más alto y colas más gruesas en comparación con una distribución normal. En otras palabras, la distribución es más concentrada alrededor de la media y tiene una mayor frecuencia de valores extremos (outliers¹) en ambas colas (aunque especialmente en la cola derecha) ver figura 9. Las implicaciones operativas:

- La mayoría de los valores del rendimiento (m³/h) se encuentran cerca de la media, lo que indica que el rendimiento promedio de este corte es relativamente constante.
- Aunque los datos están concentrados en la media, la presencia de outliers podría significar que en algunos momentos el rendimiento es mucho más alto o mucho más bajo que el promedio. Esto fue producto de reflejar **la** variabilidad en el

¹ La presencia de outliers, o valores atípicos, se da cuando hay observaciones que se desvían de la tendencia general de un conjunto de datos.

tipo del porte de la madera de su gran mayoría troncas cortas y delgadas y con el corte de troncas gruesa y más largas.

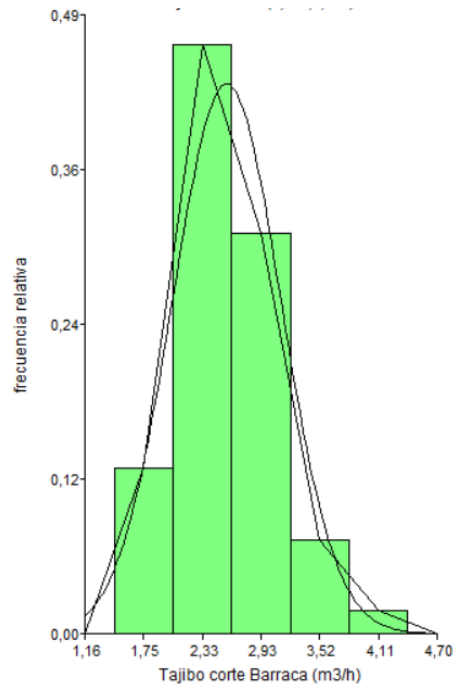


Figura 9. Distribución de la muestra de la producción del tipo de corte de la especie tajibo para la producción de tabla, comportamiento respecto de la media, su normal y su curtosis de 2,12

Su Asimetría es de 0,57 presenta un sesgo leve. Esto significa que hay valores pequeños predominantes hacia el lado izquierdo de la media, los valores más grandes, pero no en una cantidad significativa presentan una tendencia hacia la derecha, siendo un sesgo leve la distribución no tiende a inclinarse significativamente hacia un lado u otro.

Para el rendimiento del corte Barraca del Tajibo su Asimetría de 0,57 implica lo siguiente:

- Mayor concentración en valores bajos: La mayoría de los rendimientos de este tipo de corte son relativamente bajos o cercanos a la media, con algunos picos más altos.
- Presencia de algunos valores extremos: Aunque los valores más altos son menos frecuentes, hay algunos rendimientos extremos que se encuentran más

allá de la media, lo que podría indicar fluctuaciones o picos inusuales en el rendimiento de este tipo de corte.

- Interpretación operativa: Esta ligera asimetría positiva estuvo asociada con factores como variabilidad en las condiciones de la materia prima a su porte y calidad del fuste, circunstancias que favorecen un rendimiento superior en ocasiones puntuales.

Aunque es el más uniforme de todos los tipos de corte, produce el menor volumen por hora, lo que limita su eficiencia operativa técnica y económica en el servicio de aserrío de troncas.

4. Mixta (Barraca + Flitches)

El análisis de los datos para el corte Mixto de Flitches y Corte Barraca tienen varias implicaciones operativas y de rendimiento cuando se realizan ambos tipos de corte en el mismo turno de trabajo:

El valor de 3,24 m³/h es relativamente bajo en comparación con otros tipos de corte (como Curupau Flitches con una media de 4,41 m³/h). Esto sugiere que el corte Mixto de Flitches y Corte Barraca es menos eficiente en términos de rendimiento promedio. Podría ser una opción menos atractiva en términos de productividad. El bajo rendimiento promedio indica la necesidad de optimizar el proceso de trabajo, ajustando mejor la planificación de la producción de un solo tipo de producto, el aserradero debe contar con la suficiente cantidad de sierras preparadas para madera dura, semidura o blandas, mejorar la capacitación de los trabajadores, evaluar la calidad de la materia prima.

La desviación estándar de 0,87 m³/h indica que hay variabilidad en el rendimiento del corte, pero no es extremadamente alta. Esto sugiere que los rendimientos de este tipo de corte son relativamente consistentes, aunque aún pueden existir fluctuaciones en los valores. Este nivel de variabilidad es moderado, lo que significa que, aunque los valores del rendimiento no siempre sean iguales, se mantienen dentro de un rango predecible. Los operadores y supervisores pueden esperar una variabilidad moderada en el

rendimiento durante el turno de trabajo, lo que implica que hay ciertas fluctuaciones en la eficiencia del corte que están relacionadas con condiciones como los cambios constantes del cambio de la dureza de la madera y los diferentes tipos de producto de madera (flitches y tabla).

El rango de $1,52 - 6,41 \text{ m}^3/\text{h}$ es relativamente amplio, lo que significa que el rendimiento puede variar significativamente entre el valor más bajo ($1,52 \text{ m}^3/\text{h}$) y el valor más alto ($6,41 \text{ m}^3/\text{h}$). Esto indica que existen momentos de bajo rendimiento, así como también de alto rendimiento, reflejo de la presencia de outliers y los factores operativos de los cambios de especies y tipos de productos que afectan el rendimiento de manera más significativa en ciertas situaciones.

Altas fluctuaciones en el rendimiento pueden ser problemáticas si se busca una producción constante y predecible. Las fluctuaciones extremas en el rendimiento (como un rendimiento de $1,52 \text{ m}^3/\text{h}$ o $6,41 \text{ m}^3/\text{h}$) son causadas por factores externos, como la calidad de las troncas, dureza de la madera, los tipos de productos que se producen en el mismo turno, las condiciones de las sierras cinta para adaptarse a la variabilidad de la dureza de las especies a cortar, en la habilidad de los operarios. Estos picos de bajo rendimiento son indeseables si no se planifica adecuadamente la producción.

Si se realizan tanto el corte Mixto de Flitches como el corte Barraca en el mismo turno de trabajo, la variabilidad del rendimiento afecta la producción total. La desviación estándar de $0,87 \text{ m}^3/\text{h}$ muestra que los rendimientos variarán dentro de un rango predecible, pero la combinación de tipos de corte genera fluctuaciones adicionales si las condiciones de la maquinaria, la madera o los operarios no son óptimas.

Con el rango amplio ($1,52 - 6,41 \text{ m}^3/\text{h}$), es difícil prever con precisión el rendimiento en el turno de trabajo, especialmente si el corte Barraca y el corte Mixto de Flitches tienen características operativas y de materia prima muy diferentes. Esto resulta en una disminución de la eficiencia general si no se alinean adecuadamente las capacidades

del equipo o si se realiza una mala planificación de las especies que se procesan durante el turno.

La variabilidad en el rendimiento sugiere que los operadores deben estar preparados para ajustar sus técnicas de trabajo y optimizar el uso del equipo según la dureza de la especie y sus productos. Los picos de bajo rendimiento podrían ser manejados de manera más efectiva con monitoreo constante y ajustes en tiempo real, asegurando que no haya momentos de inactividad o producción insuficiente.

Una curtosis de 1,15 para el corte Mixto de Flitches y Corte Barraca en un mismo turno de trabajo tiene varias implicaciones importantes en términos de rendimiento y variabilidad. La curtosis de 1,15 indica que la distribución de los datos tiene un pico más alto y colas más gruesas en comparación con una distribución normal. Esto implica que la distribución de los datos es más concentrada en torno a la media, pero también presenta valores extremos (outliers) más frecuentes ver figura 10.

Las variaciones extremas dificultan la previsión del rendimiento en el turno, lo que complica la preparación de las sierras y la planificación de la producción. Un rendimiento bajo inesperado (o un pico muy alto) podría afectar la eficiencia total del turno.

Una Asimetría positiva de 0,57 significa que, aunque la mayoría de los datos se agrupan en los valores más bajos, hay una cola más larga hacia la derecha, lo que indica que algunos rendimientos son más altos que la media. En otras palabras, hay una probabilidad mayor de que se presenten rendimientos superiores a la media, aunque en menor cantidad.

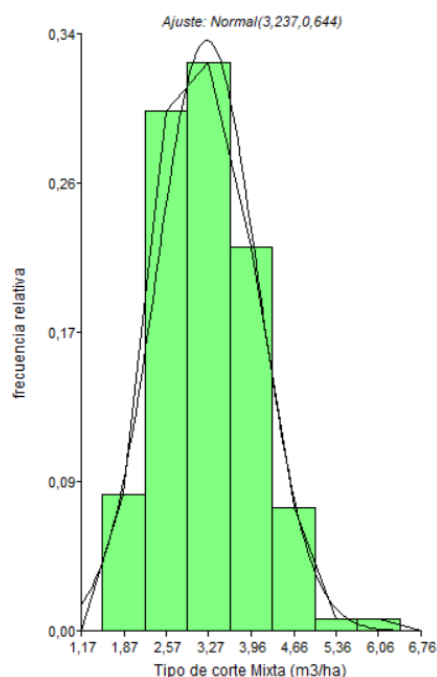


Figura 10. Distribución de la muestra de la producción del tipo de corte mixto para la producción de tabla y Flitchs, comportamiento respecto de la media, su normal y su curtosis de 1,15

5. Roble Barraca

La media de 3,38 m³/h es relativamente baja en comparación con otros tipos de corte, como el Curupaú Flitches (4,41 m³/h). Esto implica que, en promedio, el rendimiento del corte Barraca del Roble es inferior en términos de productividad. Este bajo rendimiento refleja los factores limitantes en el proceso de corte, como la calidad de la madera en tronca, las condiciones de la maquinaria, o la eficiencia de los trabajadores. La optimización de los procesos de trabajo será clave para mejorar la productividad.

La desviación estándar de 1,07 m³/h indica que hay una variabilidad moderada en los rendimientos. Aunque la media es relativamente baja, la desviación estándar sugiere que los rendimientos no son completamente constantes y fluctúan dentro de un rango. La variabilidad moderada significa que el rendimiento no es completamente predecible y que, en algunos momentos, puede haber picos o caídas en la productividad. Este

comportamiento puede estar relacionado con factores como la calidad de la madera en tronca, el estado de la maquinaria, o la variabilidad en la habilidad de los trabajadores.

El rango de $1,76 - 5,30 \text{ m}^3/\text{h}$ sugiere que el rendimiento puede variar significativamente dentro de un intervalo de aproximadamente $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Esto significa que, aunque el rendimiento promedio es de $3,38 \text{ m}^3/\text{h}$, los valores pueden fluctuar considerablemente, con rendimientos bajos alrededor de $1,76 \text{ m}^3/\text{h}$ y rendimientos altos hasta $5,30 \text{ m}^3/\text{h}$. Las fluctuaciones en el rendimiento pueden dificultar la planificación de la producción y hacer que la gestión de recursos (como el personal, la maquinaria y el tiempo) sea más desafiante. La existencia de rendimientos extremos (tanto bajos como altos) podría afectar la eficiencia global si no se gestionan adecuadamente.

La curtosis negativa (en este caso, $-0,29$) sugiere que la distribución de los datos es menos concentrada alrededor de la media en comparación con una distribución normal. Es decir, los datos están más dispersos y no tienen un pico alto en el centro ver figura 4. Las colas más delgadas indican que los valores extremos (outliers) son menos frecuentes. Esto significa que, en general, no se experimentan grandes fluctuaciones en el rendimiento del corte, ya que los valores atípicos o extremos son menos comunes.

La dispersión mayor de los rendimientos implica que se necesitarán estrategias más flexibles para la planificación de la producción. Aunque no hay valores extremadamente bajos o altos, la incertidumbre en los rendimientos puede dificultar la predicción exacta de los resultados de cada turno. Esto puede hacer que las estimaciones de producción sean más difíciles de realizar con alta precisión.

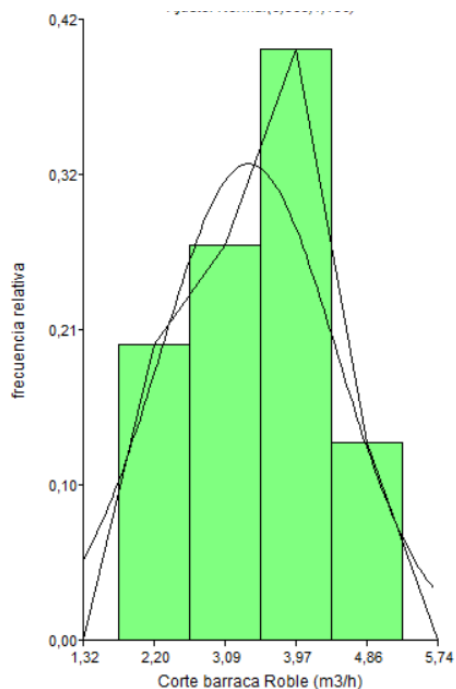


Figura 11. Distribución de la muestra de la producción del tipo de corte Barraca para el Roble en la para la producción de tabla, comportamiento respecto de la media, su normal y su curtosis de -0,29

La asimetría de 0,16 en el corte Barraca del Roble indica una ligera asimetría positiva, lo que implica que la distribución de los rendimientos se extiende ligeramente más hacia los valores más altos que hacia los más bajos. Sin embargo, este valor de asimetría es bastante cercano a cero, lo que sugiere que la distribución es casi simétrica. Por lo tanto, las implicaciones operativas para el rendimiento del corte Barraca del Roble son mínimas, ya que no se observan sesgos significativos en la distribución de los rendimientos. A pesar de su media aceptable, la alta dispersión lo hace poco confiable en cuanto a rendimiento.

3.6.2. Análisis de varianza

La producción del aserradero está definida por un turno fijo durante el día, además de un turno de 4 horas por la noche, con el objetivo de recuperar los días de trabajo perdidos. Debido al volumen ingresado, se tuvo que incrementar un turno de noche de 8 horas. Para uniformizar los datos, se decidió trabajar en m³/h para todos los análisis.

3.6.2.1. Comparación de la Producción de metros cúbicos por hora

El ANOVA demostró que el tipo de corte influyó significativamente en el rendimiento ($R^2=0.33$), con una variabilidad moderada entre muestras ($CV=23.09\%$), indicando que el tipo de corte y especie explica parcialmente el comportamiento del sistema productivo. En este apartado se dará respuesta a la hipótesis:

HE3: *El índice de consumo de troza por hora es diferente entre especies forestales, afectando el tiempo de procesamiento y, por ende, los costos asociados.*

Cuadro 9. Análisis de Varianza para la producción de aserrío en m³/hora

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
m3/hora	347	0,33	0,33	23,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95,25	4	23,81	42,85	<0,0001
tipo de corte	95,25	4	23,81	42,85	<0,0001
Error	190,08	342	0,56		
Total	285,33	346			

Como el valor calculado de F (42,85) es mucho mayor que el valor tabulado con grados de libertad de F(4, 342) a un nivel de significancia de 0.05 tabulado de F (2,38), podemos rechazar la hipótesis nula y concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de corte

Se confirma con un p-valor de <0,0001 menor a $p=0,05$. Este valor es muy pequeño, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre al menos uno de los tratamientos.

- **Prueba de Tukey:**

Se realizó una prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre los tratamientos, utilizando un valor alfa de 0,05 y una diferencia mínima significativa (DMS) de 0,44715.

Los resultados de la prueba de Tukey indican lo siguiente:

Cuadro 10. Prueba de Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51014
 Error: 0,5558 gl: 342

tipo de corte	Medias	n	E.E.	
Barraca Tajibo	2,58	54	0,10	A
Conjunto	3,12	116	0,07	B
Flit tipa	3,13	120	0,07	B
Barraca Roble	3,55	10	0,24	B
Flitch curupau	4,44	47	0,11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Infostat - 2008

Tajibo Barraca tiene un rendimiento promedio de 2,58 m³/hora, y se clasifica con la letra A. Esto significa que su rendimiento es significativamente diferente de los otros tratamientos que tienen letras diferentes.

Tipa Flitchs tiene un rendimiento promedio de 3,13 m³/hora, clasificado con la letra B. Esto significa que el rendimiento de Tipa Flitchs es significativamente diferente del de Tajibo Barraca, pero no es significativamente diferente de los otros tratamientos con letra B.

El roble barraca tiene un rendimiento de 3,55 m³/hora, también con la letra B. Este rendimiento no tiene diferencias significativas con el de Tipa Flitchs y el conjunto, pero tiene diferencias significativas con Tajibo Barraca y Barraca tajibo.

Curupau Flitchs tiene el rendimiento más alto con 4,41 m³/hora, y se clasifica con la letra C. Este tratamiento es significativamente diferente de todos los otros tratamientos con letras A y B.

3.6.2.2. Análisis de Varianza de los costos de producción

El análisis evalúa si existen diferencias significativas en el **costo de producción (USD)** entre cinco tipos de corte: conjunto general, flitch de curupay, flitch de tipa, barraca de roble y barraca de tajibo. En este apartado se dará respuesta a la hipótesis:

HE1: *El costo de transformación por metro cúbico de troza varía en función del tipo de producto elaborado (flitches o tablas simplemente aserradas corte barraca).*

El Análisis de Varianza (ANVA) realizado para los costos de producción en el aserradero ofrece una visión clara de cómo el tipo de corte influye en la variabilidad de los costos asociados a la producción de madera para barraca y flitches. A continuación, se explica detalladamente la información presentada en la tabla de ANVA, la cual forma parte de los resultados que se han utilizado para entender el comportamiento económico de los diferentes tipos de corte.

Cuadro 11. Analisis de Varianza de los costos de producción

Análisis de varianza de costos producción

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Costo SI Usd/hora	347	0,11	0,09	22,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9898,23	4	2474,56	10,05	<0,0001
tipo de corte	9898,23	4	2474,56	10,05	<0,0001
Error	84167,28	342	246,10		
Total	94065,52	346			

El valor de F observado (10.05) es mayor que el valor crítico que según la distribución F para $\alpha = 0.05$, con $gl1 = 4$ y $gl2 = 342$, el valor crítico de F es 2.38, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (que establece que no hay diferencias significativas entre los grupos). Esto significa que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de corte en cuanto a los costos de producción.

Los resultados del ANVA sugieren que el tipo de corte tiene un impacto significativo en los costos de producción, lo que es confirmado por el p-valor extremadamente bajo

(<0.0001) comparada con $p=0.05$. El modelo ha demostrado ser significativo en explicar las diferencias en los costos de producción entre los distintos tipos de corte, aunque la variabilidad total no es completamente explicada por el tipo de corte.

El Coeficiente de Variación (CV) de 22.48 indica una gran dispersión en los costos de producción, lo que señala que, aunque los costos promedio puedan ser similares, existen importantes fluctuaciones que deben ser analizadas más a fondo. La alta variabilidad residual sugiere que podrían existir otros factores, como el tamaño y la calidad de las trozas o el tiempo de trabajo, que afectan los costos y no han sido completamente explicados por el modelo.

- **Comparación de costos de producción con Tuckey**

En la tabla que se muestra, se presenta un análisis post-hoc ²utilizando el **Test de Tukey**, con el propósito de identificar si hay diferencias significativas en los costos de producción según el tipo de corte. El Test de Tukey compara las medias entre los diferentes tipos de corte y determina cuáles son significativamente diferentes entre sí

Cuadro 12. Comparaciones de los costos de producción

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,7347

Error: 246,1032 gl: 342

tipo de corte	Medias	n	E.E.	
Conjunto	63,55	116	1,46	A
Flit tipa	70,54	120	1,43	A B
Flitch curupau	70,88	47	2,29	A B
Barraca Roble	76,80	10	4,96	B
Barraca Tajibo	79,18	54	2,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las letras en la columna de "Medias" (A y B) indican cuáles tipos de corte son significativamente diferentes entre sí. Medias con una letra común (A o B) no son significativamente diferentes en cuanto a los costos de producción.

² consiste en un análisis estadístico que se especificaron después de examinar los datos. Suelen utilizarse para descubrir diferencias específicas entre tres o más medias de grupo cuando una prueba ANOVA resulta significativa

Conjunto es significativamente más barato que los otros tipos de corte (tiene la letra "A"), lo que significa que este tipo de corte es el más eficiente en cuanto a costo de producción.

Flitchs de tipa, Flitch curupay, Barraca Roble y Barraca Tajibo tienen letras "B" y, por lo tanto, no presentan diferencias significativas entre ellas en términos de los costos de producción. Esto indica que estos tipos de corte tienen costos similares, pero son significativamente diferentes porque todos son más caros que el "Conjunto tiene la letra A".

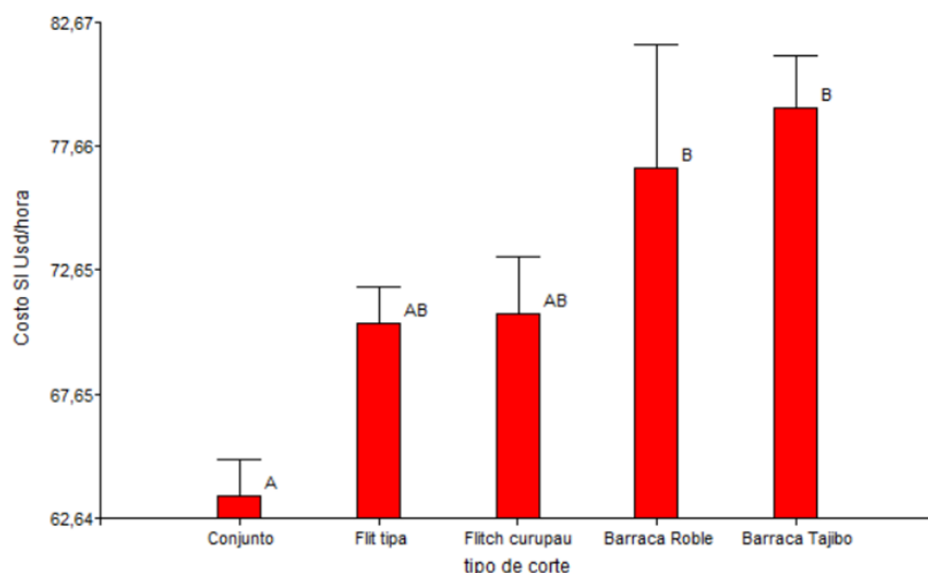


Figura 12. Costos dólares por hora del aserrío por tipo de corte, producto y especie

- **Diferencias en Costos:** El análisis muestra que el tipo de corte "Conjunto" es considerablemente más barato que los otros, con un costo de producción promedio significativamente más bajo. Los otros tipos de corte tienen costos de producción más altos, pero la variabilidad entre ellos no es tan significativa.
- **Variabilidad:** Las barras de error más grandes en "Barraca Roble" y "Barraca Tajibo" indican que, aunque estos tipos de corte tienen un costo promedio más alto, la variabilidad en los costos de producción es mayor, lo que podría reflejar

la complejidad y los desafíos del proceso de aserrado de maderas más gruesas o con trozas de formas no ideales.

3.6.3. Comparación de utilidades entre diferentes tipos de corte por especie

El análisis de varianza (ANVA) presentado en la siguiente tabla muestra los resultados de un estudio sobre las utilidades de producción por tipo de corte en la empresa YMABO. El objetivo del ANVA es determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en las utilidades de los diferentes tipos de corte empleados en el proceso de aserrado, de este modo dar la respuesta a la

En la empresa YMABO, se cobra un precio plano de \$us25 por m³ aserrado, sin importar el tipo de producto (tabla o flitch), ni la dureza o porte de la troza. Sin embargo, la eficiencia de producción y, por tanto, la utilidad generada por turno varía significativamente según el tipo de corte y la especie trabajada, debido a diferencias en volumen, forma de la troza, complejidad del corte y calidad del producto final. Los resultados del ANOVA es el siguiente

Cuadro 13. Analisis de Varianza de las utilidades de producción

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Utilidad CI (Usd/m3)	347	0,94	0,94	46,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	49151,06	4	12287,77	1309,32	<0,0001
tipo de corte	49151,06	4	12287,77	1309,32	<0,0001
Error	3209,62	342	9,38		
Total	52360,68	346			

El valor de F observado (1309.32) es mayor que el valor crítico que según la distribución F para $\alpha = 0.05$, con gl1 = 4 y gl2 = 342, mucho mayor que el valor crítico de F (2.38). Esto significa que rechazamos la hipótesis nula (que indica que no hay diferencias significativas) y concluimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de corte en términos de las utilidades de producción.

Los resultados del ANVA sugieren que el tipo de corte tiene un impacto significativo en los costos de producción, lo que es confirmado por el p-valor extremadamente bajo (<0.0001) comparada con $p=0.05$. El modelo es altamente significativo. Esto significa que las diferencias en las utilidades entre los tipos de corte no son aleatorias y que el tipo de corte influye significativamente en las utilidades de producción.

- **Comparación de utilidades con Tukey**

Las comparaciones post-hoc entre los diferentes tipos de corte y determinar qué pares de ellos tienen diferencias estadísticamente significativas en las utilidades. Los resultados de este test son los siguientes:

Cuadro 14. Comparacion de las utilidades de producción

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,09627
 Error: 9,3849 gl: 342

tipo de corte	Medias	n	E.E.	
Barraca Tajibo	-15,61	54	0,42	A
Flit tipa	4,25	120	0,28	B
Barraca Roble	4,26	10	0,97	B
Conjunto	11,10	116	0,28	C
Flitch curupau	26,94	47	0,45	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Elaboracion propia (resultado INFOSTAT 2025)

Los resultados del análisis post-hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$) revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de corte evaluados en relación a la variable de respuesta analizada (DMS = 2.09627; Error cuadrático medio = 9.3849; g.l. residual = 342). Las medias ajustadas, agrupadas según letras (A, B, C, D), permiten identificar los siguientes patrones:

Barraca Tajibo registró el valor más bajo (-15.61), ubicándose en el grupo A, lo que indica que su desempeño difirió significativamente de todos los demás tratamientos ($p < 0.05$). Este resultado sugiere una efectividad notablemente menor o un comportamiento atípico en comparación con las alternativas evaluadas.

Flit tipa (4.25) y Barraca Roble (4.26) compartieron la letra B, lo que implica que no hubo diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$), a pesar de sus discrepancias en tamaño muestral ($n=120$ vs. $n=10$). Sin embargo, ambos superaron a Barraca Tajibo y fueron inferiores a los grupos C y D.

Conjunto (11.10) mostró un desempeño intermedio, asignado al grupo C, siendo estadísticamente superior a los grupos A y B, pero significativamente menor que el grupo D.

Flitchs curupau alcanzó la media más alta (26.94) y se clasificó en el grupo D, destacándose como el tratamiento con resultados significativamente mejores que todos los demás ($p < 0.05$). Su posición sugiere una efectividad óptima bajo las condiciones experimentales.

Según la gráfica sugiere que, para maximizar las utilidades, sería ideal priorizar aserrar de **Flitch Curupau** y explorar alternativas para mejorar la rentabilidad de **Barraca Tajibo**, que muestra pérdidas.

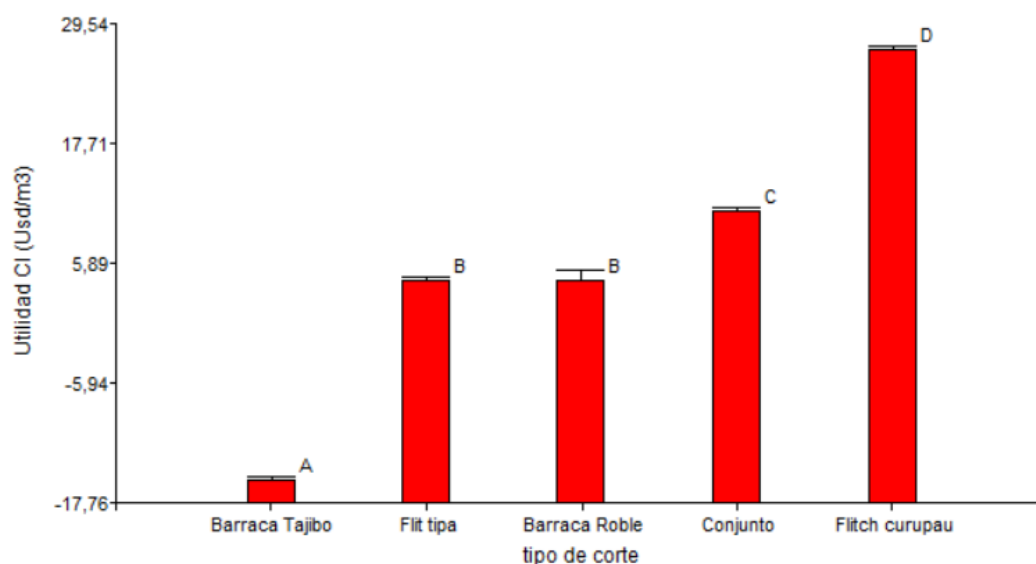


Figura 13. Utilidades en dólares por hora del aserrío por tipo de corte, producto y especie

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La investigación realizada sobre la rentabilidad de los servicios de transformación de troza a flitchs y tablas en el aserradero YMABO, ubicado en Concepción, ha permitido obtener resultados clave que contribuyen a la comprensión de los factores que afectan la productividad y rentabilidad en el proceso de aserrado de madera. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del análisis realizado:

Productividad y Rentabilidad Baja en Corte de Tajibo:

- Se ha determinado que la productividad por hora es más alta en los productos flitchs de Curupau (4,41 m³/h) y Tipa (3,13 m³/h), con Tajibo Barraca mostrando la productividad más baja (2,58 m³/h). Estos datos son fundamentales para comprender las diferencias en la eficiencia operativa de cada tipo de corte.
- Aunque se incrementó la productividad en términos de volumen procesado, el corte de Tajibo sigue siendo no rentable debido a los altos costos operativos asociados con la dureza de la madera. La baja eficiencia operativa genera un bajo margen de rentabilidad, que no se compensa con el precio fijo de 25 USD/m³ por servicio de aserrado.
- Los flitchs de Curupau son los productos más rentables, con una utilidad bruta de 10,92 \$us/m³. En contraste, el corte de Tajibo Barraca genera pérdidas, con una utilidad negativa de -3,00 \$us/m³ en los escenarios analizados, lo que evidencia que este producto es económicamente inviable bajo las condiciones actuales.

Desajuste entre Costos y Precios de Venta:

- El precio de venta de 25 USD/m³ no refleja la complejidad y tiempo de procesamiento que requiere el corte de Tajibo, especialmente cuando se compara con la producción de otros tipos de madera con mayor facilidad de aserrado. Este precio plano no permite cubrir los costos operativos más altos de los productos más difíciles de transformar, lo que repercute directamente en la rentabilidad de los servicios ofrecidos.
- Los costos asociados al corte de Tajibo Barraca son elevados debido a su dureza, lo que incrementa el tiempo y los esfuerzos necesarios para transformarlo en tablas. Este corte, aunque se cobra a un precio más alto (27,29 USD/m³), sigue siendo no rentable en todos los escenarios evaluados.

Falta de Diferenciación en Precios:

- El esquema de precios plano no tiene en cuenta las diferencias entre tipos de madera y la complejidad de los cortes, lo que lleva a una subestimación de los costos de algunos productos, como el corte de Tajibo. Esto limita la capacidad del aserradero para generar márgenes de utilidad adecuados.
- Se concluye que es necesario implementar un esquema de precios diferenciado que refleje los costos de transformación y tiempos de producción. La estructura tarifaria actual, que aplica una tarifa plana de 25 USD/m³, no toma en cuenta la complejidad del proceso de corte, lo que afecta la rentabilidad global del aserradero.

Costos Fijos y Escalabilidad:

- La **optimización de turnos nocturnos** y la **reducción de costos fijos** (alquiler de predios y alimentación solo para el turno diurno) han demostrado ser un enfoque viable para mejorar la **escalabilidad** del servicio. Sin embargo, los altos **costos de operación por volumen procesado** siguen siendo un obstáculo significativo en el caso del **corte de Tajibo**.

4.2.Recomendaciones

A partir de los hallazgos obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la rentabilidad del servicio de aserraje de Tajibo y optimizar los precios en relación con los costos operativos:

- Es crucial establecer un esquema de precios diferenciado que refleje las diferencias en los costos de transformación entre los distintos tipos de corte. Por ejemplo, el corte de Tajibo, que requiere más tiempo, mayor esfuerzo y mayor personal operativo, debería tener un precio superior al de las maderas semiduras o blandas. Este ajuste en los precios permitiría cubrir mejor los costos adicionales asociados con el proceso de transformación y mejoraría los márgenes de rentabilidad.
- Invertir en tecnología avanzada y en equipos de mayor eficiencia puede ayudar a reducir los costos operativos del corte de Tajibo, mejorando la velocidad de aserrado y reduciendo el desperdicio. La automatización de ciertos procesos puede aumentar la productividad por hora y disminuir los costos por metro cúbico procesado.
- Revisar y ajustar los costos fijos (alquiler de predios, alimentación, y otros gastos administrativos).
- Realizar un análisis continuo de los costos operativos y rentabilidad del servicio de aserrado, con el fin de ajustar los precios y procesos en tiempo real. La revisión periódica de estos parámetros permitirá mantener la rentabilidad en el tiempo y ajustarse a las fluctuaciones en los costos de los insumos y la demanda del mercado.
- Implementar turnos nocturnos porque bajan los costos de producción, especialmente en costos fijos.
- Realizar los mismos estudios para diferentes diámetros de volantes.