

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE UN ASERRADERO, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Industrial

Autores:

Edinson Marius Ordoñez Quispe

Gerson Orlando Barrueto Irigoin

Asesor:

Mg. Teodoro Alberto Geldres Marchena

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada a mis padres Edinson y Juana por su absoluto apoyo para poder culminar mis estudios universitarios. Asimismo, a Dios por guiarme e iluminar mi camino.

En primer lugar, lo dedico a mis padres por haberme forjado. En segundo lugar, a mi hermano que fue mi principal ejemplo seguir y que siempre me motivo. Por último y no menos importante, agradezco a Dios que siempre está a mi lado y no dejo que me rindiera en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad por haber inculcado los conocimientos necesarios para poder consolidar y llegar a ser un profesional de bien.

Agradezco a la universidad que me dio la bienvenida y me dio las herramientas para crecer como ingeniero, me brindaron la oportunidad de conocer grandes mentores y amigos. Agradezco a mis maestros, que me forjaron en mi carrera y con sus anécdotas pasadas que me enseñaron lecciones de vida.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ANEXOS.....	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	42
CAPÍTULO III. RESULTADOS	85
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	95
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	42
Tabla 2. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos	45
Tabla 3. Operacionalización de variables	47
Tabla 4. Principales productos	50
Tabla 5. FODA de la empresa	51
Tabla 6. Resumen del DOP	52
Tabla 7. Priorización por impacto económico	56
Tabla 8. Matriz de indicadores	57
Tabla 9. Detalles de CR1: deficiente asignación de compra	58
Tabla 10. Detalles de CR3: falta capacitación.....	59
Tabla 11. Detalles de CR4: layout inapropiadode indicadores	59
Tabla 12. Compra de trozas 2020	60
Tabla 13. Compra mensual promedio de trozas 2020	62
Tabla 14. Mano de obra actual por troza.....	63
Tabla 15. Madera descartada por defectos provenientes de la alta humedad.....	65
Tabla 16. Matriz actual de desplazamientos (en metros)	66
Tabla 17. Costo de mano de obra actual por tabla.....	68
Tabla 18. Costo de descarte por tabla	68
Tabla 22. Planteamiento del Solver	71
Tabla 23. Asignación óptima de compra de madera a proveedores.....	73
Tabla 24. Costo óptimo de madera y flete	73
Tabla 25. Balance de línea para habilitar madera	75
Tabla 26. Costo actual y propuesto de habilitación de una tabla.....	75
Tabla 27. Curso de capacitación en aspectos básicos de la madera	76
Tabla 28. Desplazamiento con el nuevo layout.....	79
Tabla 29. Costo de desplazamiento por tabla, con nuevo layout.....	79
Tabla 30. Costo de desplazamiento por tabla, con layout actual	80
Tabla 19. Precio de determinador de humedad.....	81
Tabla 20. Especificaciones de la cámara de secado	83
Tabla 21. Cotización de la cámara de secado	83
Tabla 31. Flujo de caja proyectado	84
Tabla 32. Costo actual de las tablas de capirona.....	85
Tabla 33. Costo actual de las tablas de tornillo	86
Tabla 34. Costo mejorado de las tablas de capirona	87
Tabla 35. Costo mejorado de las tablas de tornillo.....	88
Tabla 36. Planilla actual	89
Tabla 37. Planilla con la propuesta de mejora.....	90
Tabla 38. Planilla con la propuesta de mejora.....	90
Tabla 39. Resultados de la propuesta de mejora	91
Tabla 40. Resultados de la propuesta de mejora	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Países con más área forestal 2020 área forestal 2020 en millones de hectáreas	10
Figura 2. Participación de tipos de madera en la empresa en estudio	13
Figura 3. Humedad de la madera en su proceso de habilitado	17
Figura 4. Diagrama de Ishikawa.....	22
Figura 5. Diagrama de Pareto.....	23
Figura 6. Distribución de planta - Mejora	25
Figura 7. Principios de la distribución de planta.....	26
Figura 8. Estudio de tiempos Westinghouse	36
Figura 9. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad.....	37
Figura 10. Procedimiento de investigación	46
Figura 11. Organigrama	48
Figura 12. Layout actual.....	49
Figura 13. Mapa de procesos	51
Figura 14. Diagrama de operaciones actual	52
Figura 15. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa - Producción.....	54
Figura 16. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa - Logística.....	55
Figura 17. Pareto de causas raíz de la problemática	56
Figura 18. Habilitación de trozas	60
Figura 19. Humedad de la madera en el tiempo	64
Figura 20. Layout actual.....	66
Figura 22. Solver.....	72
Figura 23. Diagrama de operaciones actual	74
Figura 24. Matriz de interacción del método de Muther.....	78
Figura 25. Matriz de panal de abeja de Muther	78
Figura 26. Layout propuesto	78
Figura 21. Determinador de humedad	82
Figura 27. CR1 Costo promedio directo de 1 tabla de tornillo	92
Figura 28. CR1 Costo promedio directo de 1 tabla de capirona	92
Figura 29. Pérdida por CR2 falta de estudio de tiempos.....	92
Figura 30. CR3 Costo promedio directo de merma de 1 tabla de tornillo	93
Figura 31. CR3 Costo promedio directo de merma de 1 tabla de capirona	93
Figura 32. CR4 Layout inapropiado.....	93
Figura 33. Pérdida por CR5 Deficiente asignación de viajes.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estudio de tiempos.....	102
Anexo 2. Defectos de la madera.....	103
Anexo 3. Cámara de secado	103
Anexo 4. Llenado de cámara de secado de madera	104
Anexo 5. Tornillo	104
Anexo 6. Capirona amarilla	105

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general, determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, sobre los costos operativos de un aserradero, de la ciudad de Trujillo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial, para atender la deficiente asignación de compras; deficiente asignación de viajes; falta de estudio de tiempos; falta de capacitación y layout inapropiado. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de Solver, Balance de línea, capacitación y método Muther, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en los costos operativos de la empresa con un total de cinco. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial, implementando dichas mejoras, se reducirán los costos operativos de un aserradero, en la ciudad de Trujillo en un 4.4% equivalente a S/166,157. El VAN fue S/13,800. El TIR, 58.98%; El Beneficio-Costo 1.67 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 10 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

Palabras clave: producción, logística, costos operativos, aserradero, Muther.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La producción y el comercio mundial de los principales productos madereros, como la madera en rollo industrial, la madera aserrada y los tableros derivados de la madera, han alcanzado su nivel más alto desde que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación comenzó a registrar estadísticas forestales en 1947, como se puede leer en el portal cesefor.com, de inicios del 2020 (FAO, 2019)

Este mismo reporte añade que, según los últimos datos publicados hace unas semanas por la FAO (2019) en el informe Global forest products facts and figures, en 2018 se produjeron y comercializaron volúmenes récord de productos madereros en todo el mundo. El valor del comercio internacional fue un 11 por ciento más alto que en 2017.

La producción de madera aserrada creció un 2% en todo el mundo en 2018 y la producción tanto de madera aserrada como de tableros alcanzó un nivel récord. La producción y el comercio mundial de pulpa de madera también crecieron un 2 por ciento para alcanzar nuevos niveles en 2018 - 188 millones de toneladas y 66 millones de toneladas respectivamente (FAO, 2020)

China ha crecido en importancia tanto como productor como consumidor de productos forestales y recientemente ha superado a EE.UU. en la producción de madera aserrada. El país es, con mucho, el mayor productor y consumidor de paneles y papel a base de madera (FAO, 2016)

En 2018, las importaciones de madera en rollo industrial de China aumentaron en un 8 por ciento, mientras que su producción y consumo de madera aserrada y tableros siguió creciendo más rápidamente que el resto del mundo (FAO, 2020)

En el mundo actualmente hay unos 4,000 millones de hectáreas de bosque presentes en los diferentes continentes. Así mismo no todos los recursos están accesibles para su uso y consumo; ya que, por diferentes razones ciertas áreas no se pueden explorar (FAO, 2016)

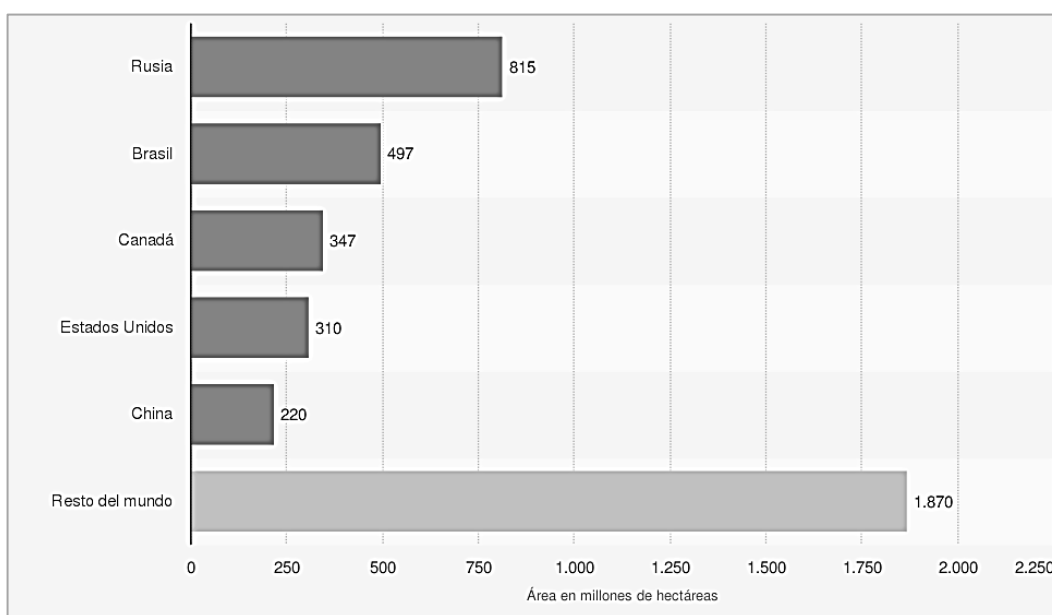


Figura 1. Países con más área forestal 2020 área forestal 2020 en millones de hectáreas

Fuente. FAO (2020)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, los principales países exportadores de madera aserrada a nivel mundial son: Canadá 22%, Federación de Rusia 17%, Suecia 9%, Alemania 6%, Finlandia 6% y Austria 4%. Mientras que entre los principales importadores de madera se encuentra China con 21%, Estados Unidos 17%, Japón 5% y Reino Unido 5% (FAO, 2019)

El Perú es un país forestal, el 82.4% de la superficie (alrededor de 106 millones de hectáreas) están cubiertas por bosques húmedos (53.7%), pastos naturales (14.8%), bosques secos

(3.2%), bosques relictos (0.2%), lomas (0.2%) y matorrales (7%). De este total, solo el 36% de la superficie forestal tiene potencial para la producción forestal permanente. (MINAGRI, 2014).

En América Latina Perú es el segundo país con mayor superficie forestal y el noveno a nivel mundial, con más de la mitad de su territorio cubierto por bosques que alcanzan los 73 millones de hectáreas. Sin embargo, dichas hectáreas aún no han sido puestas en valor por las altas tasas de deforestación y desgravación, por lo que actualmente se están desarrollando diversos mecanismos e iniciativas públicas y privadas que impulsen el comercio legal de madera (Cametradeplus, 2020)

Dentro del sector maderas orientado a la exportación tenemos cuatro subsectores: productos semi manufacturados, madera aserrada, productos manufacturados, leña y carbón vegetal (Cametradeplus, 2020)

En el año 2020, las exportaciones peruanas de madera sumaron US\$ 94 millones, mostrando una reducción del 24% respecto al año 2019 (Cametradeplus, 2020)

Asimismo, en los últimos cinco años (2016-2020), las exportaciones del sector evidenciaron un decrecimiento promedio anual del 7,1%, debido en gran medida a las malas prácticas de la tala ilegal y manejo de madera y, definitivamente, a la coyuntura sanitaria mundial por la COVID-19, donde muchas empresas del sector tuvieron que detener sus actividades de producción y comercialización (Cametradeplus, 2020)

Entre los principales productos madereros exportados en el 2020 destacan: productos semi-manufacturados (US\$ 63 millones), que equivale al 67% de las exportaciones totales; madera aserrada (US\$ 25 millones), con un 27%; productos manufacturados (US\$ 5,3 millones), con un 6%; y leña carbón vegetal (US\$ 0,17 millones), con un 0,2% (Cametradeplus, 2020)

Dentro de los principales destinos de exportaciones de madera peruana figuran China con US\$38 millones, con envíos de tablillas y frisos para parquet, madera moldurada y demás maderas aserradas (Cametradeplus, 2020)

Le siguen México (US\$ 8,8 millones), con adquisiciones de madera virola, imbuia y balsa aserrada, madera contrachapada y demás maderas aserradas; y Estados Unidos (US\$ 8,7 millones), con tableros ensamblados para revestimiento de suelo, madera densificada en bloques y demás muebles de madera (Cametradeplus, 2020)

De igual manera, las principales empresas peruanas exportadoras en el periodo 2020 fueron Imk Maderas (14%), Maderera Bozovich (13%), Grupo Maderero Amaz (11%) y Maderacre Timber S.A.C (5%) (Cametradeplus, 2020)

La industria de la madera en el Perú, representa el 0.3% de las exportaciones totales. Cabe mencionar que en la última década las exportaciones descendieron como consecuencia del aumento de la importación. Es así que, las exportaciones pasaron de US\$ 200 millones en el 2007 a menos de US\$ 150 millones en 2017, por lo tanto, el sector de la madera se convirtió en negativo para el país. Teniendo como principal consumidor a China, siendo no así con Estados Unidos y México (Forest, 2021)

En la ciudad de Trujillo, capital del departamento de La Libertad, se encuentra la empresa en estudio, que comercializa diferentes tipos de madera, siendo las de mucho mayor presencia, las maderas tornillo y capirona (Forest, 2021)

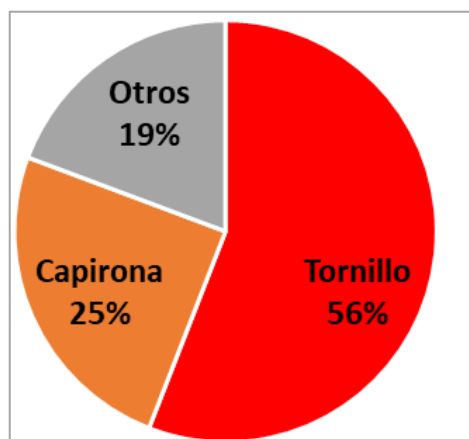


Figura 2. Participación de tipos de madera en la empresa en estudio

La capirona o *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook, es una madera de color blanco pardo con vetas de color marrón claro, observándose entre ambas capas muy poco contraste en el color. Es muy pesada; presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta (MEF, 2016)

Es moderadamente fácil de aserrar y de buen comportamiento a la *trabajabilidad*. Al secado artificial se comporta en forma regular, requiere un programa suave para evitar los riesgos de agrietamiento. Tiene buena resistencia al ataque biológico, no requiere preservación, madera durable, especialmente en elementos fuera del contacto con el suelo (MEF, 2016)

Puede ser utilizada para pisos, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas vigas, carrocerías, tornería, artículos deportivos raquetas de tenis y ping pong, mangos de herramientas (MEF, 2016)

El tornillo o *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke, es de color rosado y las capas internas de color rojizo claro y de forma regular, observándose entre ambas capas un gradual contraste de color (PROMPEX, 2016)

El Tornillo es una madera medianamente pesada, presenta contracciones lineales medianas y contracción volumétrica estable. La resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media. La madera, es moderadamente fácil de aserrar por su mediana resistencia mecánica (PROMPEX, 2016)

Presenta buena trabajabilidad y acabado apropiado para la producción de piezas estructurales para construcción de viviendas, puertas y ventanas. Se ca en forma rápida, puede soportar horario fuerte en secado artificial demorando aproximadamente 55 horas, es estable con bajo riesgo de alabeo (PROMPEX, 2016)

La albura es susceptible al ataque biológico, la pieza con albura requiere ser preservada por sistema de vacío presión; el duramen es resistente y por ello las piezas enteramente de duramen no requieren de preservación (PROMPEX, 2016)

Actualmente es usada en pisos, estructuras de casas, armaduras, vigas, columnas, carpintería de interiores, artesanía y en la fabricación de puertas, ventanas y carrocerías (PROMPEX, 2016)

El aserradero en estudio, como es común en la industria, se abastece de troncos aserrados por los extremos, denominados trozas, con suficiente margen para habilitarlas y obtener 4 tablas de 8" de ancho x 1" de espesor x 10 pies de largo.

También habilitan en otras dimensiones, cuando las solicitan, pero su participación es poca.

El año 2020 proceso mensualmente, un promedio de 821 trozas de capirona y 1,852 trozas de tornillo.

La ausencia de un estudio de tiempos, ha generado que sus estándares sean muy deficientes, ocasionando haya personal sub empleado. Operan con cuatro tableadoras; cuatro cepillos y

tres garlopas. Además de dos volantes para el movimiento de materiales, entre máquinas y almacenes.

Estas máquinas fueron dispuestas en el área de producción, de manera intuitiva. El personal se cruza cuando se desplazan entre estas e invaden su área de trabajo. La rutina de trabajo consiste en traer 4 trozas del almacén de materiales, sobre una carretilla hidráulica, hasta la tableadoras, donde se inicia el proceso. Las 4 tablas formadas de esa troza, pasan seguidamente por el cepillo y la garlopa.

Este desplazamiento es de aproximadamente 65 metros/troza de 4 tablas. Considerando que se realiza lentamente, a 1 Km/hora, se emplean 0.065 horas/troza, equivalentes a 0.016 Horas/tabla. Considerando que este recorrido lo hace principalmente el operario volante, cuya remuneración horaria es S/5.00, el costo del desplazamiento por cada tabla es S/0.081. El tiempo de producción actual es 1.012 Horas-Hombre/troza o su equivalente, 0.253 Horas-Hombre/tabla o S/1.799/tabla.

Consecuentemente la productividad actual es 0.247 tablas/Horas-Hombre. Se entiende que puede ser significativamente mejor.

Deficiencias en el planeamiento de la producción, hace necesario, además, incurrir en sobretiempo. El año pasado se pagaron 28 horas, con tarifa con 25% de recargo. Esto significa un sobre costo de S/0.023 por cada tabla habilitada.

La madera se contrae y se expande de diferentes maneras en los sentidos radial y tangencial de los anillos de crecimiento, además de en el sentido de la veta. Este fenómeno se denomina anisotropía. A medida que se seca, la madera se contrae, desde su punto máximo de humedad hasta que se seca por completo, una media del 8 % en sentido tangencial, un 4 % en sentido radial y tan solo un 0.2-0.4 % en el sentido de la veta. El duramen siempre está

más seco que la madera de la superficie, lo que implica que el secado de la madera es un proceso complejo. El alabeo o combado de la madera al secarse provoca tensiones internas en la madera y anisotropía. En la construcción siempre se debe tener en cuenta la dinámica de la humedad de la madera. La dinámica de la humedad puede provocar, por ejemplo, que la estructura de una construcción se hunda por su punto medio. Además, la gran contracción de la madera en sentido tangencial provoca que la madera de gran tamaño se agriete. La madera se suele agrietar en el punto más cercano entre la superficie y el meollo.

A medida que aumenta la densidad de la madera, suelen aumentar la contracción y la expansión provocadas por la humedad. A medida que la madera se seca, mejoran sus propiedades de resistencia. Por ejemplo, la resistencia de la madera a la compresión y a la flexión se duplica a medida que la madera se seca un 12-15 % desde su punto más fresco.

La resistencia a la tensión de la madera alcanza su punto más alto en el rango de contenido de humedad del 6-12 %. A medida que la madera se seca, mejoran sus propiedades de resistencia de forma significativa cuando el contenido de humedad cae por debajo del punto de saturación de la veta.

También se debe tener en cuenta el contenido de humedad de la madera en el dimensionamiento de estructuras de madera, ya que afecta su resistencia.

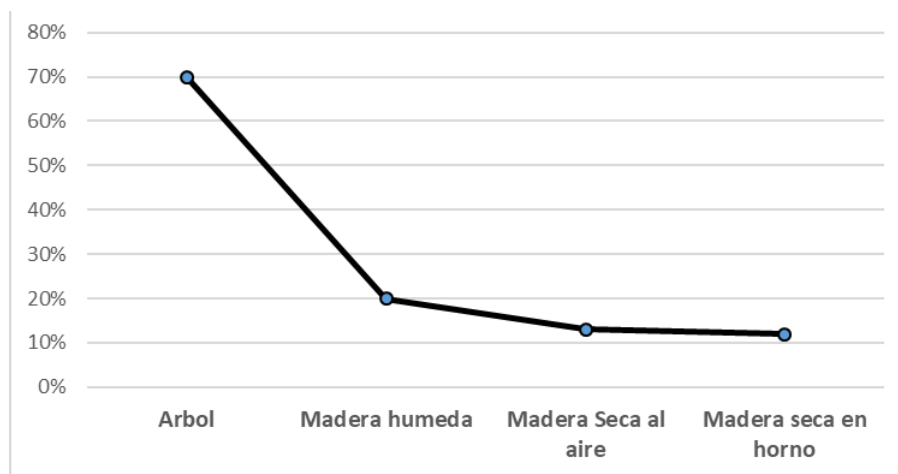


Figura 3. Humedad de la madera en su proceso de habilitado

Estas consideraciones las tienen muy en cuenta los aserraderos proveedores. Estos acopian madera recién talada y la procesan, combinando secado al medio ambiente y en hornos y la entregan a las madereras listas para su uso. No obstante, es conveniente que localmente se verifique su idoneidad. La empresa en estudio, lo hace de manera empírica.

El personal es experimentado en el manejo de las máquinas, pero nunca han recibido capacitación, que les permita afrontar los inconvenientes, derivados de desajustes en las características de la madera y que viene ocasionando 0.91% de defectos en la habilitación del tornillo y 1.57%, en la capirona.

El abastecimiento de trozas es de cuatro importantes empresas que acopian madera de la Amazonía, donde las descortezan; trocean y secan en hornos industriales, para entregar a las madereras un producto estandarizado.

La política del aserradero donde se realiza la presente tesis, es comprar, por lo menos, 15 toneladas mensuales de madera a cada proveedor o su equivalente a medio viaje de tráiler, para no perder su fidelización. El precio de cada uno de ellos varía ligeramente, por sus propios costos operativos, derivados de la zona de donde proviene esta materia prima. La calidad es similar.

La asignación de compra a cada proveedor, que están ubicados en Lima, es totalmente empírica. No se hace una evaluación minuciosa de costos y requerimientos.

Por ello, se asume que los costos directos promedio de material del tornillo, S/24.45 y capirona, S/17.70, pueden ser mejorados.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Muñoz (2018), en su artículo “Balance de línea para mejorar el flujo de producción de la línea Busstar 360 de la empresa Busscar de Colombia SAS”, producida por la Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, establece un Balance de línea para resolver los problemas de deficiencia en la programación de la producción, incumplimiento de entregas a clientes y deficiencia en el flujo de producción de la línea Busstar 360, llegando a las siguientes conclusiones y resultados:

- El estudio realizado permitió la actualización de la secuencia de actividades, tiempos de ejecución y el nombramiento correcto de algunas de ellas, logrando la disminución del tiempo de ciclo del año 2016 vs 2017 en 26 días.
- El balance de línea ejecutado permitió conocer el número de colaboradores necesarios para la línea de producción en estudio, se disminuyó en 12% el número de operarios de 2016 al 2017, reflejando una disminución del 4% del costo de fabricación de un vehículo Busstar 360.
- El balance de línea ejecutado mejoró el flujo de la línea de producción, logrando aumentar en 7% la cantidad de vehículos entregados en el año 2017 respecto al año 2016

Barrios y Méndez (2016) en su artículo “Propuesta de mejoramiento el proceso de compras, teniendo en cuenta su integración con los procesos comercial y planeación para la empresa ARTPRINT LTDA”, producida por la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, realizaron un análisis minucioso a la empresa, donde se encontraron oportunidades de mejora en el área de compra, mediante herramientas que permiten la planeación de requerimientos. Las conclusiones a las que llega el tesista basándose en su análisis y su recomendación de mejora, es que la realizar los pedidos de material tienen que ejecutarlos con la mayor precisión y eficiencia posible con la finalidad de la disminución de tiempos en las operaciones y la reducción de pedidos no conformes. Las recomendaciones fueron usar y ejecutar indicadores en los procesos, con el objetivo de una mejora continua en sus procesos.

Antecedentes Nacionales

Espino (2018) en su artículo titulada “La disposición de planta en la fabricación de productos de madera y su relación con la productividad en la empresa derivados de la madera S.R.L.- Cajamarca, producida por la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, recopiló y analizó la situación actual de la empresa Derima SRL, en el cual se pudo ver que en el área de producción se dificultaba el desplazamiento de los materiales y operarios entre las estaciones de trabajo. Asimismo, se definió una nueva distribución en planta mejorando la utilización de sus espacios necesarios, disminuyendo el área de fabricación de 1,168 m² a 1098 m². Esto también logró disminuir los tiempos de recorrido entre operaciones y con ello también disminuyó el tiempo de fabricación de cada producto. Además, con esto se lograron mejorar los porcentajes de actividades productivas de piezas y tableros de madera. Por último, de acuerdo a los análisis de los indicadores VAN, TIR, IR, el proyecto

resulta factible; pues se obtuvo un VAN = S/. 587,468.63; TIR = 57%, mayor al costo de oportunidad del 2.97%.

Alva y Paredes (2016), en su artículo “Diseño de la distribución de planta de una fábrica de muebles de madera y propuesta de nuevas políticas de gestión de inventarios”, producida por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, concluyó que, tener una sola fábrica de producción permite integrar todas las áreas de producción logrando una reducción de S/.172,465.00 al año por la eliminación de recorridos innecesarios y ahorro en los costos de almacenamiento. Asimismo, al lograr reducir los recorridos innecesarios, esperas por dificultad en el transporte y almacenamiento, falta de espacios, retrocesos y otros, se logra reducir los tiempos muertos y en consecuencia alcanzar una utilización esperada de 87%, 11 % mayor a la actual. Se redujo al mínimo la fatiga del operador originada por la carga y descarga por el transporte de materiales, muebles y otros ya que la propuesta planteada incluye el uso de un montacargas, un retráctil y 10 carretillas. Adicionalmente, se contrata a un montacarguista y a un habilitador que agilizaran las operaciones de traslado. El proyecto planteado fue factible ya que los indicadores financieros son favorables: VAN>0, TIR> Cok, B/C >1 y Periodo de Recuperación es menor a 7 años.

Antecedentes Locales

López (2020), en su artículo titulado “Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, para incrementar la rentabilidad de una empresa de calzado en la ciudad de Trujillo, 2020”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, tuvo como objetivo general el desarrollo de una propuesta de mejora en las gestiones de producción y logística, mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para incrementar la

rentabilidad de la fábrica de zapatos MD Leather Corp. Se empleó Estudio de tiempos; balance de línea y planeamiento de suministros con MRP, para mejorar el índice de rotación de inventarios. Se aplicó el método de Westinghouse para normalizar la toma de tiempos y, se consideró los suplementos de OIT por necesidades personales; cansancio físico y por trabajar de pie. En el balance de línea se consideró la demanda promedio. La proyección de la demanda se hizo por el método estacional, por existir marcadas tendencias durante los años tomados como referencia. Además, se propuso que los operarios reciban capacitación técnica en el Cite de calzado y pieles de Trujillo, para reducir los reprocesos. Implementando dichas mejoras, se incrementó la rentabilidad sobre ventas de 15.91% a 22.96%. Los costos se redujeron de S/38.66 a S/22.96 por par. El VAN fue S/5,249. El TIR, 58.05%; El Beneficio-Costo, 2.48 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 9 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

Alcántara (2016) en su artículo titulado “Estrategia Integral de Gestión de personas y su relación con el Desempeño Laboral de los trabajadores de la empresa de seguridad ZEUS SECURITY AND SERVICIE S.A.C.” producida por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, el autor concluyó: Las estrategias de recursos humanos que aplica Zeus son coherente con la visión estratégica de la empresa. La estrategia de adquisición de recursos humanos de Zeus es positiva porque sus objetivos son alcanzables, la selección de personal es basada en evaluaciones y la inducción es realizada por las áreas cruciales de la empresa. El desempeño laboral de los trabajadores de la empresa Zeus es bueno, porque relativamente asisten puntalmente a su puesto de trabajo, cuentan con las capacidades o los conocimientos necesarios para el tipo de trabajo que desempeñan y su rendimiento laboral es bueno. La estrategia Integral de Gestión de Personas se relaciona sinérgicamente con el

desempeño laboral de los trabajadores de la empresa de seguridad Zeus Security and Service S.A.c.

1.1.2. Bases Teóricas

El uso de las herramientas para encontrar los problemas que incurren en la empresa ayudara a encontrar la soluciones optimas y detectar las herramientas de mejora más convenientes, además brindan una visión más allá para detallar los problemas que se encuentran en el aserradero.

Diagrama de Ishikawa

Creado por Kaoru Ishikawa, es un diagrama de causa-efecto denominado como diagrama de Ishikawa o espina del pescado es una herramienta efectiva para detectar problemas y estudiar los procesos que se encuentran en las organizaciones. Como indica Peinado & Reis (2007): el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades de que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente.

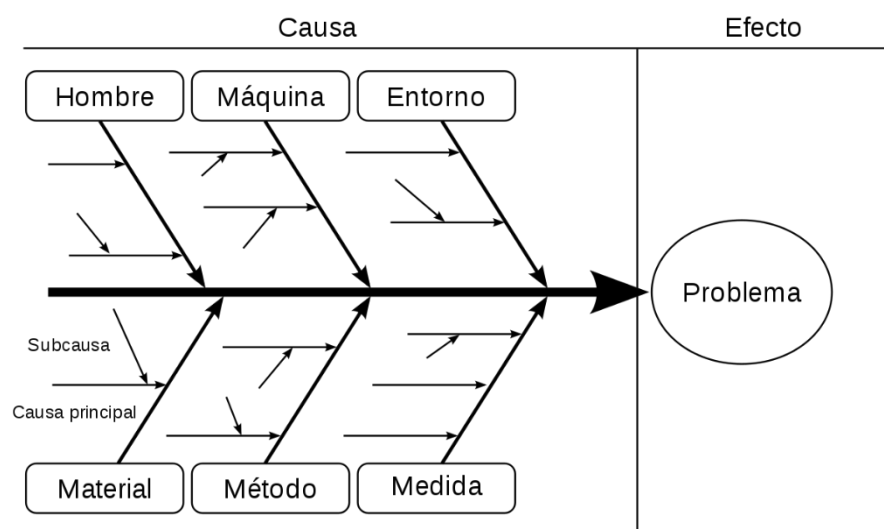


Figura 4. Diagrama de Ishikawa

Diagrama de Pareto

Es una herramienta de análisis que sirve para visualizar detalladamente los problemas presentados donde: Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él. Domenech, j. (2011).

Como se muestra en la siguiente figura, donde claramente podemos visualizar la regla del 80-20, que el 80% son los problemas más críticos presentado y el 20% que son los problemas más triviales.

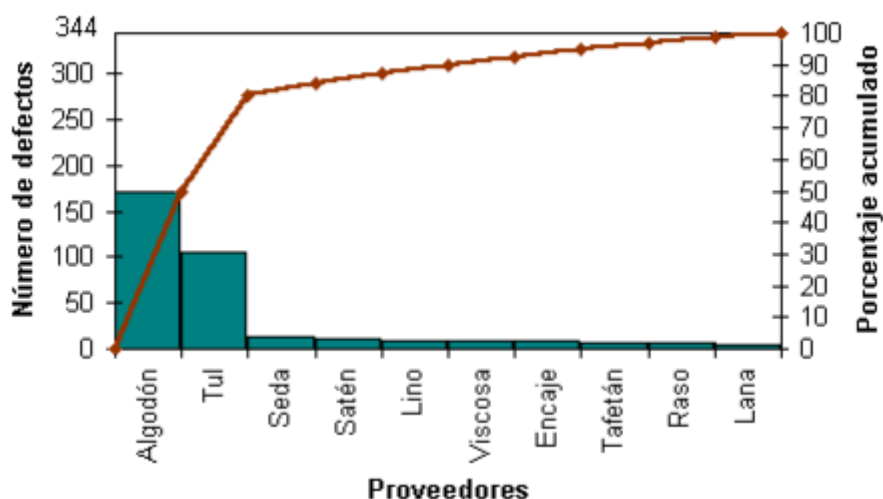


Figura 5. Diagrama de Pareto

Matriz de priorización

La AEC (2019) nos indica que: La matriz de priorización o matriz multicriterio es una herramienta verbal que se utiliza para evaluar distintas opciones puntuándolas respecto a criterios de interés para un problema, de manera que se intenta objetivar la elección.

Para elaborar y utilizar la matriz de priorización debemos seguir rigurosamente los siguientes pasos:

- Primer paso: elaborar una lista con las opciones del problema a calificar.
- Segundo paso: escoger criterios.
- Tercer paso: diseñar la matriz señalando las opciones y los criterios.
- Cuarto paso: establecer un baremo para evaluar las diferentes opciones.
- Quinto paso: otorgar a cada opción un valor, resultado de operar las calificaciones de cada criterio.
- Sexto paso: valorar los resultados.

Distribución de planta – Método Muther

Según García (2005), la distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición física de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios reducidos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta y servicios auxiliares. La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez de los procesos de trabajos, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

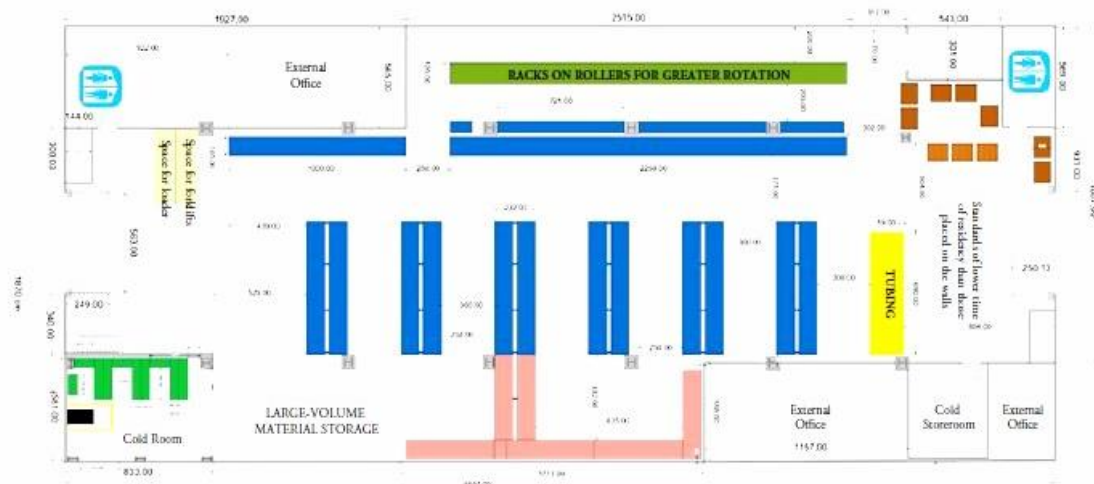


Figura 6. Distribución de planta - Mejora

A. Objetivos de la distribución de planta

Los objetivos básicos que han de conseguirse tras una buena distribución en planta, según Rojas (1996), son:

- Reducir los costos y ciclos de los trabajadores.
- Fomentar la calidad del producto.
- Incrementar la flexibilidad.
- Minimizar el manejo de materiales.
- Mejorar el uso del espacio.
- Mejorar el mantenimiento.
- Reducir demoras en el trabajo y pérdidas de tiempo.
- Mejorar los métodos de trabajo y con ello la utilización de la mano de obra.
- Identificar y eliminar los cuellos de botella.

B. Principios de la distribución de planta

Las distribuciones de espacios no se realizan al azar. Estas deben estar orientadas por reglas o normas para que su aplicación cumpla con los objetivos de la organización que lo realice. De acuerdo con lo sustentado por D'Alessio (2004), se deben de seguir una serie de principios básicos con los que se podrá sacar provecho a la efectividad de este:



Figura 7. Principios de la distribución de planta

- Principio de la integración total: La distribución óptima será aquella que integre coherentemente mano de obra, materiales, maquinarias, métodos y actividades auxiliares, de tal manera que funcionen como un equipo único. No es suficiente conseguir una distribución adecuada para cada área, sino que debe ser también adecuada para otras áreas que tengan que ver indirectamente con ella.
- Principio de la distancia mínima a mover: En igualdad de circunstancias, será aquella mejor distribución la que permita mover el material a la

distancia más corta posible entre operaciones consecutivas. Al trasladar el material se debe procurar el ahorro, reduciendo las distancias de recorrido; esto significa que se debe tratar de colocar operaciones sucesivas inmediatamente adyacentes unas a otras.

- Principio de flujo: Se debe lograr que la interrupción entre los movimientos de los elementos entre operaciones sea mínima. Este es un complemento del principio de la mínima distancia y significa que el material se moverá progresivamente de cada operación a la siguiente, sin que existan retrocesos o movimientos transversales, buscando un progreso constante hacia su terminación sin interrupciones e interferencias. Esto no implica que el material tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita el movimiento en una sola dirección.
- Principio del espacio: Será más económica aquella distribución que utilice los espacios horizontales y verticales, ya que se obtienen ahorros de espacio. Una buena distribución es aquella que aprovecha las tres dimensiones en igual forma.
- Principio de satisfacción y seguridad: La mejor distribución será la que proporcione a los trabajadores seguridad y confianza para el trabajo satisfactorio de los mismos. La seguridad es un factor de gran importancia, una distribución nunca puede ser efectiva si somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.
- Principio de flexibilidad: La distribución en planta más efectiva, será aquella que pueda ser ajustada o reordenada con el mínimo de

inconvenientes y al costo más bajo posible. Las plantas pierden a menudo dinero al no poder adaptar sus sistemas de producción con rapidez a los cambios constantes del entorno, de ahí que la importancia de este principio es cada vez mayor.

C. Factores que afectan a la distribución de planta

Al momento de realizar una distribución o redistribución, se debe tener mucha cautela y evaluar consideraciones. De acuerdo a D'Alessio (2004), los factores que más influyen en el planteamiento de una distribución en planta son:

- Material: Este factor es uno de los más importantes, ya que en él se incluye el diseño, características, variedades, cantidades y las operaciones necesarias y su secuencia. No se debe ignorar este factor, porque la mayor parte de la calidad de un producto depende también del material del que ha sido hecho.
- Maquinaria: Se deberá escoger la maquinaria idónea para la creación del producto. El equipo de proceso y la maquinaria son factores que influyen mucho en la distribución de una planta.
- Mano de obra: Este factor también influye en la distribución de la planta, pero con este factor tenemos un grado de ventaja, ya el personal es un elemento muy flexible, el cual se adapta a cualquier tipo de distribución con un mínimo de problemas, y también, es muy importante en este factor tomar las condiciones de trabajo.

- Movimiento: El movimiento de los materiales, el cual se le aconseja a la industria que pueda tener un departamento especializado para el manejo de materiales.
- Almacenamiento y retrasos: Este factor tiene relación con el movimiento del material, pero el objetivo es reducir los circuitos de flujo de material a un costo mínimo. Cuando se detiene el material se detiene el proceso de fabricación, se tendrá una pérdida de dinero, el cual es vital para la industria.
- Servicios: Los servicios son las actividades y los elementos que laboran a la producción, ya sea con diferentes herramientas, personal, maquinaria, etc. Los servicios pueden ser al personal, al material o a la maquinaria.
- Edificio: El dueño de la industria y sus asesores deben ser muy inteligentes en cuanto a esto, más si se habla de una fábrica de producto, ya sea tóxico, electrónico, alimento, o cualquier otra clase de producto, y no de servicio, aunque en algunos casos dependerá de lo que ofrece a los clientes. Muchas industrias requieren diseños y procesos específicos de producción.
- Flexibilidad: Se debe planear la distribución de tal forma que se adapte a cualquier cambio de los elementos básicos de la producción y evitar la sorpresa de que la distribución propuesta no funcione.

Para realizar una correcta distribución, debe existir un conjunto de pasos, un método general que organice de la mejor manera el ordenamiento de las áreas

productivas y nos guíe hacia el objetivo de mejora en la organización. Muther (1981) sostiene que el planeamiento sistémico de la distribución es una forma racional y organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases o niveles que a la vez constan de una serie de procedimientos o pasos, para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación. Este método es igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. Los proyectos de distribución no siempre empiezan desde la primera fase, la mayoría de ellos solo abarca las fases I y II, centradas totalmente en el diseño de la distribución, y un pequeño porcentaje de la fase IV.

Fases para el desarrollo de una distribución de planta

FASE I: Localización Es donde se decide dónde va a estar el área que va a ser organizada, esta fase no necesariamente se incluye en los proyectos de distribución.

FASE II: Distribución general del conjunto Es donde se planea la organización completa a modo general. Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser organizada y se indica también el tamaño y la interrelación de áreas, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

FASE III: Plan de distribución detallada Es la preparación en detalle del plan de organización e incluye planear donde van a ser localizados los puestos de trabajo, así como cada pieza de maquinaria o equipo.

FASE IV: Instalación Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

Proceso

La metodología y pasos a seguir, toman como base el método del Planeamiento Sistémico de la Distribución adaptado al contexto del taller de la empresa y a las facilidades para la realización del trabajo; los pasos en el proceso son los siguientes:

PASO 1: Obtención de datos básicos Contempla la identificación de información requerida, el análisis de los distintos diagramas del proceso y los datos proyectados hacia futuro.

PASO 2: Análisis de factores Que constituye el levantamiento de información de acuerdo a cada uno de los factores que afectan a la distribución, siendo uno de los pasos primordiales para que el diseño de la distribución tenga éxito.

PASO 3: Análisis de flujos y áreas

- Establecer los factores de proximidad, que indiquen que área deben de estar localizada cerca unas de otra, y conseguir el gráfico de trayectoria, que refleja cualitativamente los factores de proximidad de áreas.
- Elaboración del Diagrama Relacional de Actividades (DRA), a partir del gráfico de trayectoria, que permita observar un panorama visual más claro del análisis del flujo e interrelación de actividades.

PASO 4: Desarrollo del diagrama general de conjunto (DGC)

- Establecer los requisitos de espacio. A través de la estimación de la demanda, de la tasa de producción del proceso o de la estimación de la cantidad de equipo y personal.
- Elaborar el DGC o plano de bloques en el cual se bosquejan las áreas con sus respectivas proporciones de espacios y los factores de proximidad previamente establecidos. En este diagrama se deja de lado el detalle de la distribución para poner énfasis en la ubicación de las distintas áreas de la empresa.

PASO 5: Diseño de las Áreas de la Empresa Que consiste en la disposición física detallada de todos los elementos de cada área de manera que encajen en el diagrama general de conjunto que se ha elaborado.

PASO 6: Presentación del Diseño Final de la Distribución Consistente en preparar los planos finales de la distribución para proceder posteriormente a la instalación.

Balance de línea

Para Nahmias & Co. (2007), el balanceo de líneas es un problema clásico de ingeniería industrial que se caracteriza por un conjunto de n tareas diferentes que deben terminarse para obtener cada artículo. El objetivo es organizar las tareas en grupos, ejecutándose cada grupo en una sola estación de trabajo. Sin embargo, existen varios factores que dificultan este procedimiento. Así se puede mencionar a la existencia de restricciones de precedencia, es decir, que algunas tareas deben terminarse según cierta secuencia.

El balance de línea es una herramienta muy importante para el control de la producción, dado que una línea de fabricación equilibrada permite la optimización de variables que

afectan la productividad de un proceso tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. El objetivo fundamental corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. Asimismo, establecer una línea de producción balanceada requiere de una completa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas (Universidad Privada Telesup, 2017)

El balance de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso. (Salazar, 2016: p.1).

“El Balance de Línea es un control fundamental para lograr el desarrollo interno de una empresa, ya que consiste en mantener un control de Producción en el área de confección, esto en consecuencia de un estudio de tiempos y movimientos”. Tobón (2013)

“La instalación de una línea de ensamblaje¹ es una decisión a largo plazo que usualmente requiere de una gran inversión de capital. Por lo tanto, es importante que tal sistema esté diseñado y balanceado lo más eficientemente posible. Además de balancear el nuevo sistema, mantenerlo funcionando en forma óptima, desde el punto de vista de labor y flujo de producto, requiere balancear periódicamente la línea para incorporar cambios en la demanda o en el proceso de producción”.

“Dice establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo

de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones”. Tales condiciones son:

- Cantidad: El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).
- Continuidad: “Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub ensambles”. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso.”. (Salazar, 2016: p.1).

Se deben considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todos los procesos justifican la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones (Universidad Privada Telesup, 2017)

La mayoría de los problemas en empresas con un gran porcentaje de automatización como Tejidos Los Ruices y Textiles Gams lo constituyen fallas ocasionadas por la mano de obra o artesanal, se refiere a áreas operativas. Razón por la cual, Solano (2001) propone un plan de capacitación para el mejoramiento de la calidad del trabajo, así como, crear una cultura de mejoramiento continuo tanto a operarios, técnicos como a gerentes. Se tomará en cuenta desde el inicio de la producción al cliente como objetivo, la adaptabilidad a sus requerimientos y a los sectores vinculados.

Estudio de tiempos

Según Vélez, Montoya y Oliveros (1999) el estudio de tiempos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo empleados en una actividad productiva y se realiza con el fin de:

- Desarrollar las mejores secuencias y sistemas.
- Normalizar dichos sistemas y métodos.
- Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada, y convenientemente entrenada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal.
- Ayudar a la capacitación de operarios, siguiendo el mejor método.

El estudio de tiempos es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso (Tejada, N.; Gisbert, V.; Pérez, A.; 2017). En cuanto al tiempo estándar, este es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Los tiempos elementales concebidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión esto para poder determinar con la calificación Westinghouse.

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Figura 8. Estudio de tiempos Westinghouse

Capacitación

Según Chiavenato, I. (2011) La persona, por medio de la capacitación y el desarrollo asimila información, aprende habilidades, desarrolla actitudes y comportamientos diferentes y elabora conceptos abstractos, estableciendo estándares. La mayor parte de los programas de capacitación se concentra en transmitir al colaborador cierta información acerca de la organización, sus políticas y directrices, las reglas y los procedimientos, la misión y la visión organizacionales, sus productos/servicios, sus clientes, sus competidores, etc. La información guía el comportamiento de las personas y las vuelve más eficaces. Otros programas de capacitación se concentran en desarrollar las habilidades de las personas a efecto de capacitarlas mejor para su trabajo. Otros más buscan el desarrollo de nuevos hábitos y actitudes para lidiar con los clientes internos y externos, con el trabajo propio, con los subordinados y con la organización.

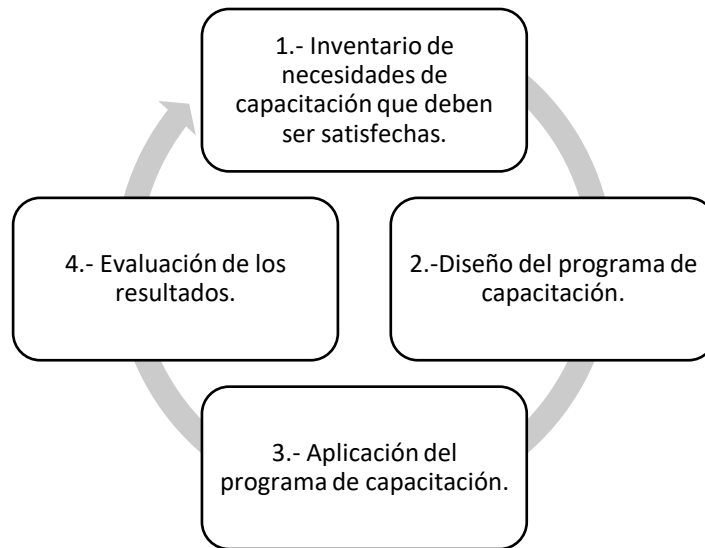


Figura 9. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad
Fuente. Chiavenato, I. (2011).

Solver

El *Solver* es una herramienta de análisis que tiene el programa Excel, aplicado sobre todo en el mundo empresarial, permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse (Microsoft Office, 2019)

Solver realiza los cálculos para la resolución de problemas de programación lineal, en donde a partir de una función lineal a optimizar (encontrar el máximo o mínimo) y cuyas variables están sujetas a unas restricciones expresadas como inecuaciones lineales, el fin es obtener valores óptimos bien sean máximos o mínimos (Microsoft Office, 2019)

Costos operativos

Los costes operativos, también conocidos como costes de operación o costes operacionales, son el tipo de costes en los que incurre una empresa en el desarrollo de la propia actividad

del negocio. Algunos de los ejemplos de costes operativos son los salarios, alquiler de locales, compra de suministros, etc.

Para garantizar la marcha de una empresa, es necesario incurrir en una serie de costes para que el desarrollo de la actividad se realice adecuadamente. Dentro de estos costes, encontramos dos tipos de costes operativos:

- Costes operativos fijos. Se trata de un coste operacional que no varía. Es decir, al margen del nivel de producción que abarque la empresa, este coste será siempre igual. Sería el caso, por ejemplo, del alquiler del local, cuya cuantía mes a mes no varía.
- Costes operativos variables. Este coste operativo, por el contrario, sí que variará en función del nivel de producción de la empresa. En el caso, por ejemplo, de que haya un nivel de producción mayor, posiblemente se necesiten horas extra de trabajo, lo que provoca que el sueldo a pagar a estos empleados sea mayor.

Los costes operativos de una empresa, por tanto, son aquellos en los que incurre una empresa una vez se realiza la inversión inicial y, por regla general, engloban los gastos operativos y de mantenimiento. Es decir, los que se dan en el desarrollo de la actividad del negocio.

Además, es importante recalcar que los costes operativos de una empresa se dan y generan mientras que el proyecto empresarial o negocio esté en pleno funcionamiento y desarrollo.

En el momento que el negocio cesara su actividad, este tipo de costes, como es lógico dejarían de producirse: ya no habría personal al que pagar, ni el material de oficina sería necesario, tampoco nos haría falta un local donde desarrollar la actividad. Por tanto, como su propio nombre indica, los costes operacionales se dan mientras que haya en marcha una

operación, una marcha en el negocio. En el momento que cesa, cesan con ella los costes operativos.

1.1.3. Definición de Términos

- Balance de líneas. consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que, en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella.
- Capacitación. Proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.
- Costos operativos. El costo operativo de una empresa incluye todos los gastos relacionados con el funcionamiento de una organización, tales como materiales, salarios de los empleados, impuestos comerciales, logística, entre otras necesidades diversas.
- Distribución de planta. es la ordenación de los equipos industriales y de espacios necesarios para que un sistema productivo alcance sus objetivos con la eficiencia adecuada. Los equipos industriales es cualquier elemento que necesite un espacio y que intervenga en un proceso productivo.
- Eficiente. Con poco o nada de desperdicios. En forma alternativa, un término conciso que se refiere al enfoque hacia la eliminación de desperdicios de la producción y distribución a través de la participación activa y la motivación a los trabajadores y el

enfoque hacia el valor para el cliente. Ser eficiente significa sacarles el jugo a los recursos escasos.

- Estudio de tiempos: actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.
- Solver. Solver es una herramienta de análisis en el programa Excel, aplicado sobre todo en el mundo empresarial, permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora sobre la gestión de producción y logística, en los costos operativos de un aserradero en la ciudad de Trujillo, 2021?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, sobre los costos operativos de un aserradero en la ciudad de Trujillo, 2021.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción y logística del aserradero.
- Diseñar y desarrollar la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística del aserradero.
- Determinar la variación de costos del aserradero.

- Evaluar económicamente la propuesta.

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística disminuye los costos operativos de un aserradero en la ciudad de Trujillo, 2021.

1.5. Aspectos éticos

La información para esta tesis fue proporcionada por la gerencia de la empresa y se utilizó con su consentimiento.

Los tesisistas se comprometen a dar uso apropiado a esta información y a guardar absoluta reserva de los temas financieros y estratégicos que los directivos compartieron con ellos.

El personal operativo en todo momento estuvo al tanto de la naturaleza de la presencia de los tesisistas en la planta. Su colaboración fue solicitada expresamente por los directivos.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

La presente tesis es una investigación diagnóstico propositiva, ya que, como afirma Gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población y Muestra

Población: Todos los procesos del aserradero.

Muestra: Todos los procesos de producción y logística del aserradero.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 1.
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En el área de producción.
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a producción.	-Guía de entrevista-cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el jefe de producción
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de producción.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno de apuntes	Base de datos de la empresa en estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la producción.	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta -Lapiceros	Personas que labora en el área de producción.

Fuente. Elaboración propia

Observación directa

Objetivo:

Identificar fallas críticas en el área de producción y las consecuencias que este genera con respecto a sus costos operativos.

Procedimiento:

Mantener un seguimiento continuo, toma de tiempos, entre otros; de los procesos en el área de producción de la empresa.

Instrumentos:

Breviario de apuntes y lápices.

Entrevista

La entrevista se realizará al jefe de producción.

Objetivo:

Determinar la situación actual de la empresa, conocer con mayor detalle el funcionamiento y gestión de la empresa. De tal modo, puntualizar los problemas fundamentales en el área de producción que están directamente relacionados con los altos costos operativos.

Parámetros:

Duración: 45 minutos

Lugar: Oficina del jefe de producción

Procedimiento:

Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas.

Instrumentos:

Guía de entrevista, cámara fotográfica y lapiceros.

Análisis de documentos

Objetivo:

Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.

Procedimiento:

Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica.

Instrumentos:

USB, laptop, breviarío de apuntes, lapicero.

Encuesta

Objetivo:

Obtener información de todos los procesos del área de producción para verificar el periodo de producción y la ejecución de los trabajadores. Se aplican las encuestas a expertos para conocer más de las causas raíces.

Parámetros:

Duración: 50 minutos

Lugar: Aserradero

Procedimiento:

Realizar una serie de preguntas a los trabajadores del área de producción, fin de conocer los puntos resaltantes del área.

Instrumentos:

- Guía de encuesta, lapiceros y cámara fotográfica.
- Estadísticas de producción y ventas oficiales.
- Estadística aplicada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 2.
Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2021.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de elevados costos operativos.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.5. Procedimiento

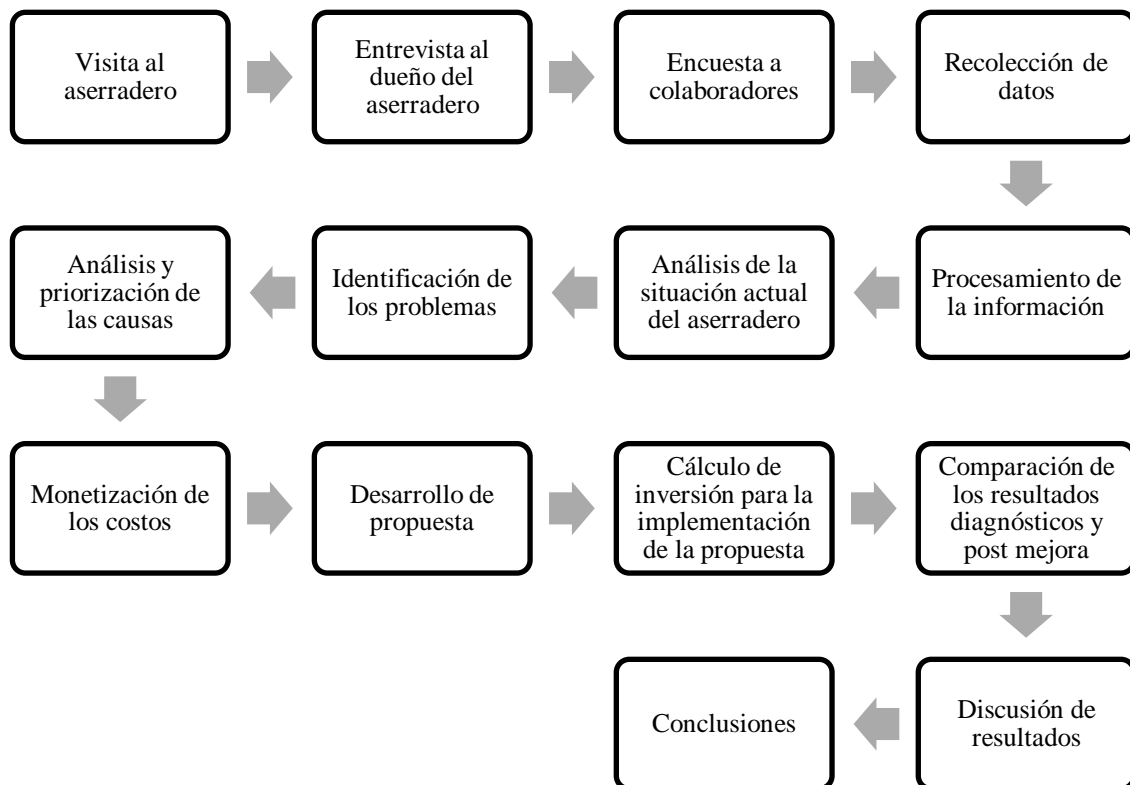


Figura 10. Procedimiento de investigación

2.5.1. Operacionalización de variables

Tabla 3.
Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Variable independiente: Gestión de producción	Procedimiento que aplica el ingeniero de métodos, para analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, con la idea de mejorarla.(Niebel, B)	La propuesta permite mejorar la gestión de producción y con ello, reducir los costos operativos.	Eficiencia	Costo habilitación por tabla de 8" x 10'x 1"	Horas-hombre empleadas x Costo M.O.
				Costo Desplazamiento por tabla de 8" x 10'x 1"	Horas-hombre en desplazamiento x Costo M.O.
			Eficacia	Costo merma por tabla de 8" x 10'x 1"	Costo de 1 tabla x % de merma
Variable independiente Gestión logística	La gestión logística es un proceso detallado para organizar e implementar una operación. Cuando se trata de negocios, este proceso es el flujo de trabajo desde el principio hasta el final con el fin de cumplir las expectativas de los clientes, así como las de la organización.	La propuesta permite mejorar la gestión de logística y con ello, reducir los costos operativos	Eficiencia	Costo de flete	$\frac{\text{Costos de flete por origen y transportista}}{\text{Tabla transportadas}}$
			Eficiencia	Costo adquisición promedio directo por tabla de 8" x 10'x 1"	Costo de troza por origen /4
Variable dependiente: Costo operativo	Los costos operativos son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento.(http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm)	Son los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación, son los componentes que suministran la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto.	Costo operativo		$\frac{\text{Costos directos} + \text{costos indirectos}}{\text{Cantidad}}$

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Diagnóstico de la realidad actual

2.5.2.1. Generalidades de la empresa

Misión. Ser líderes diferenciados en la comercialización de todo tipo de productos para la industria de la construcción, que brinde atención profesional y personalizada buscando la satisfacción total de nuestros clientes, acorde con nuestra política de responsabilidad Social.

Visión. Ser líderes diferenciados en la comercialización de todo tipo de productos para la industria de la construcción, que brinde atención profesional y personalizada buscando la satisfacción total de nuestros clientes, acorde con nuestra política de responsabilidad Social.

Organigrama.

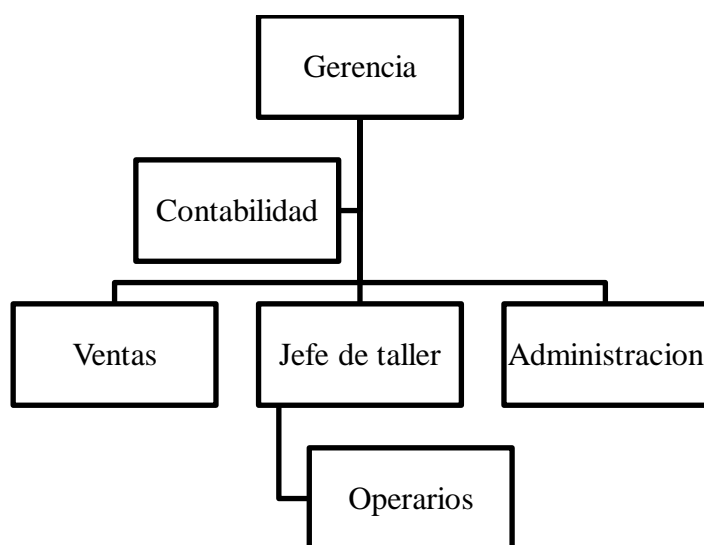


Figura 11. Organigrama

Distribución de la Empresa.

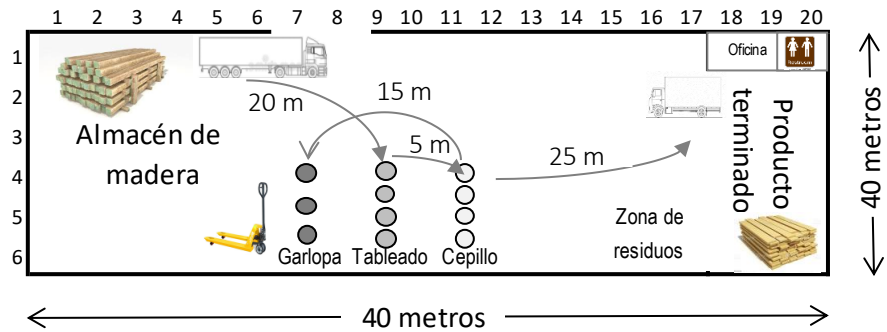


Figura 12. Layout actual

Principales clientes.

- Constructoras
- Empresas públicas y privadas
- Público en general

Principales proveedores.

- Maderera Bozovich
- Maderera Villasol
- Maderera Andina
- Forestales Daxsa

Principales productos.

Tabla 4.
Principales productos

Tipo de Madera	Trozas/año	%
Tornillo	22,221	55.91%
Capirona	9,855	24.80%
Copayba	780	1.96%
Catahua	758	1.91%
Mohena	751	1.89%
Papelillo	748	1.88%
Cedro	704	1.77%
Pumaquiro	600	1.51%
Ishpingo	589	1.48%
Huayruro	539	1.36%
Caoba	520	1.31%
Rifari	502	1.26%
Cachimbo	305	0.77%
Estoraque	301	0.76%
Cumala	152	0.38%
Mary mary	130	0.33%
Pachico	88	0.22%
Quimilla	80	0.20%
Shihuahuco	50	0.13%
Cedro amarillo	42	0.11%
Utucuro	30	0.08%
TOTAL	39,745	

Fuente. Información de la empresa

Foda

Tabla 5.
FODA de la empresa

<p>Fortalezas</p> <p>Cumplimiento Seriedad Variedad de productos Calidad Precios competitivos Clientes fidelizados Capacidad instalada disponible</p>	<p>Oportunidades</p> <p>Nuevos mercados Nuevos clientes Exportación Nuevos productos Aprovechamiento de residuos Reducción de costos Mejor layout Mayor valor agregado Nueva tecnología</p>
<p>Debilidades</p> <p>Maquinaria obsoleta Estándares deficientes Layout inapropiado Mermas por falta de capacitación Difícil manejo de residuos</p>	<p>Amenazas</p> <p>Subida de la paridad de la moneda Nuevos competidores Contrabando Obsolescencia de la tecnología Reducción de la demanda</p>

Mapa de procesos.

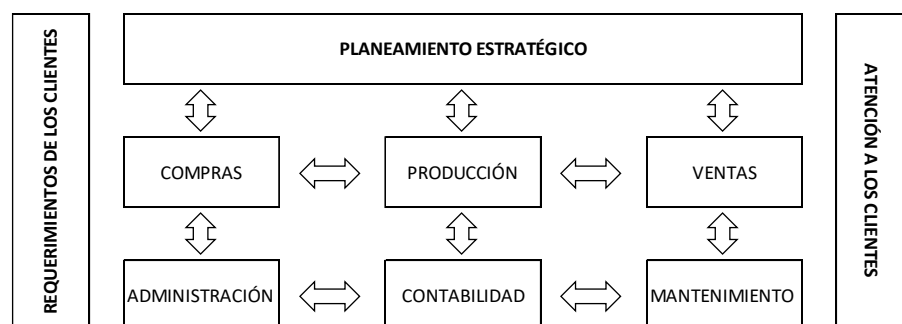


Figura 13. Mapa de procesos

Diagrama de operaciones del proceso

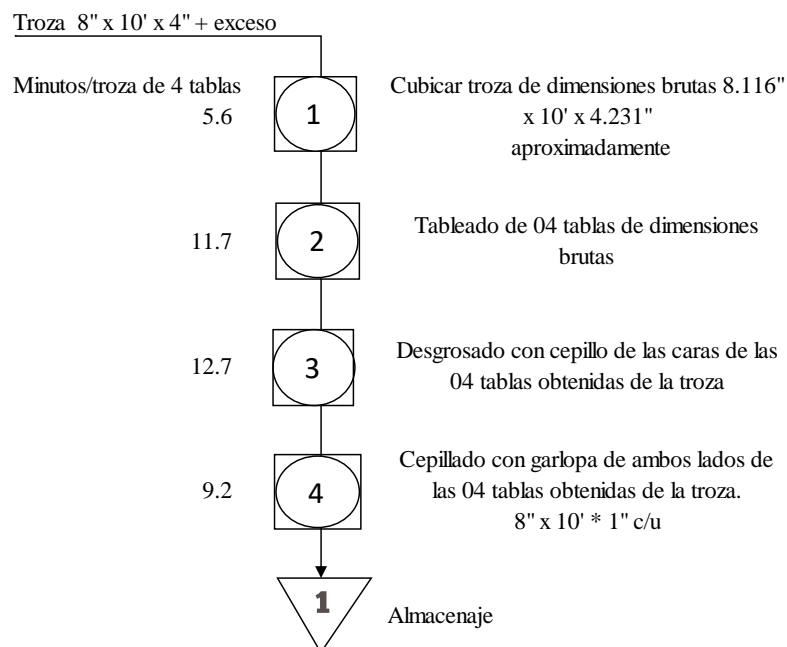


Figura 14. Diagrama de operaciones actual

Nota. Elaboración propia

Tabla 6.
Resumen del DOP

Actividades	Productivas	No productiva
Combinadas	04	
Almacenamiento		01
%	80%	20%

1. La materia prima de las madereras, se extrae de los bosques amazónicos, manualmente, con un gran esfuerzo, bajo costo y con volúmenes poco significativos o, mecanizadamente, con maquinaria pesada, como motosierras y tractores forestales, de alto costo y efectos colaterales, por la trocha abierta que requiere abrirse y que ocasiona mayor deforestación.

El traslado desde el bosque es con tractores: que, dependiendo de la accesibilidad del terreno, pueden conducirse hasta el bosque o, ser llevados por río, para lo cual se emplea una chata y un remolcador. El traslado de los árboles cortados, es por carretera o río.

En los aserraderos los troncos son habilitados con sierras y garlopas, cuadrando las dimensiones en forma gruesa, en trozas de 8" x 10' x 4", más un exceso, como tolerancias para los siguientes procesos, a los que se someterá en las madereras.

2. Los aserraderos abastecen de trozas de madera a las diferentes madereras, como en la que se desarrolla la presente tesis, donde generalmente las cortan longitudinalmente para obtener cuatro tablas, con dimensiones brutas. Aunque hay otras presentaciones, para fines específicos.
3. Seguidamente estas tablas en bruto son desgrasadas y cepilladas, a las dimensiones finales de 8" x 10' x 4". Al igual que el punto anterior, podría haber otras presentaciones, para fines específicos.

2.5.2.2. Diagnóstico de problemáticas principales

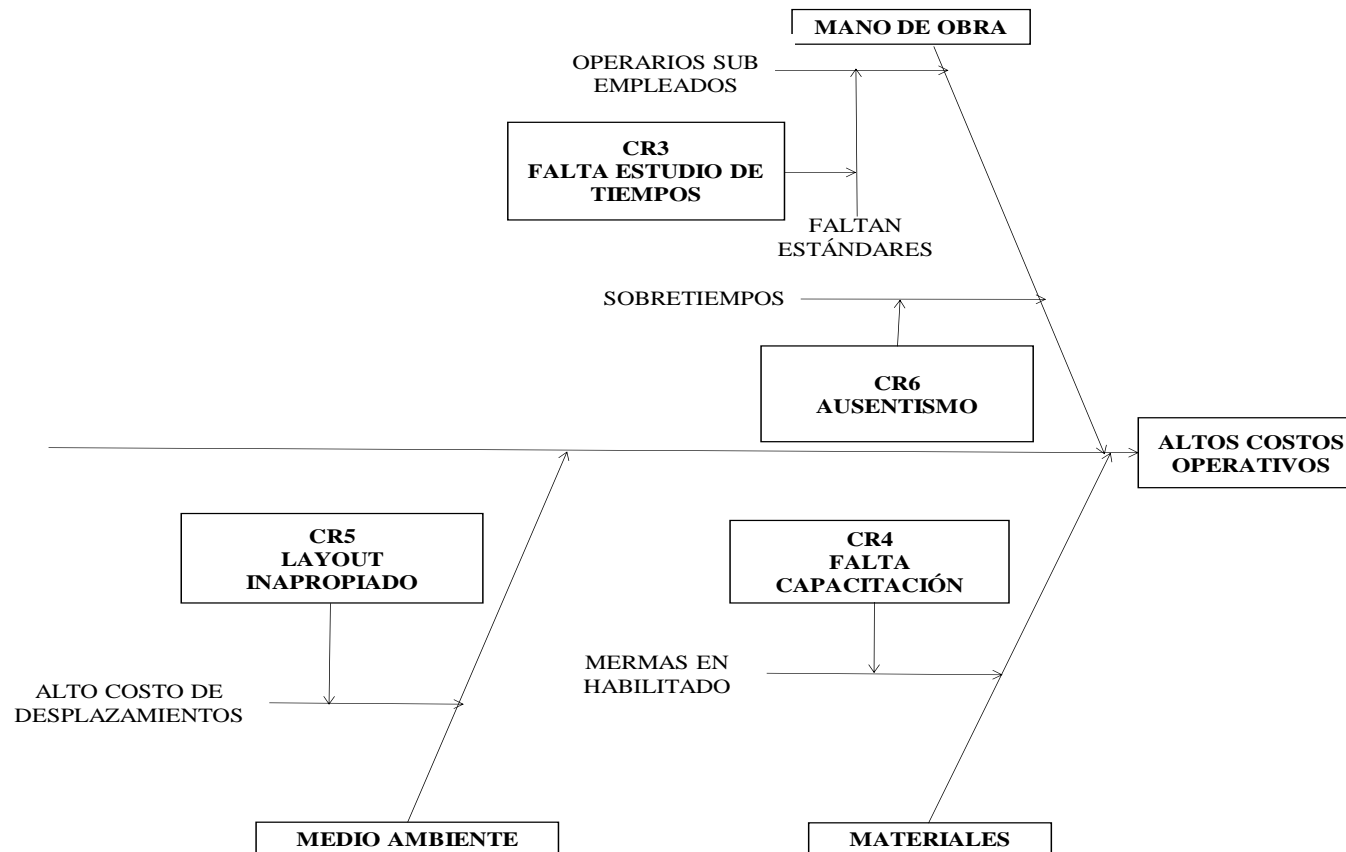


Figura 15. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa - Producción

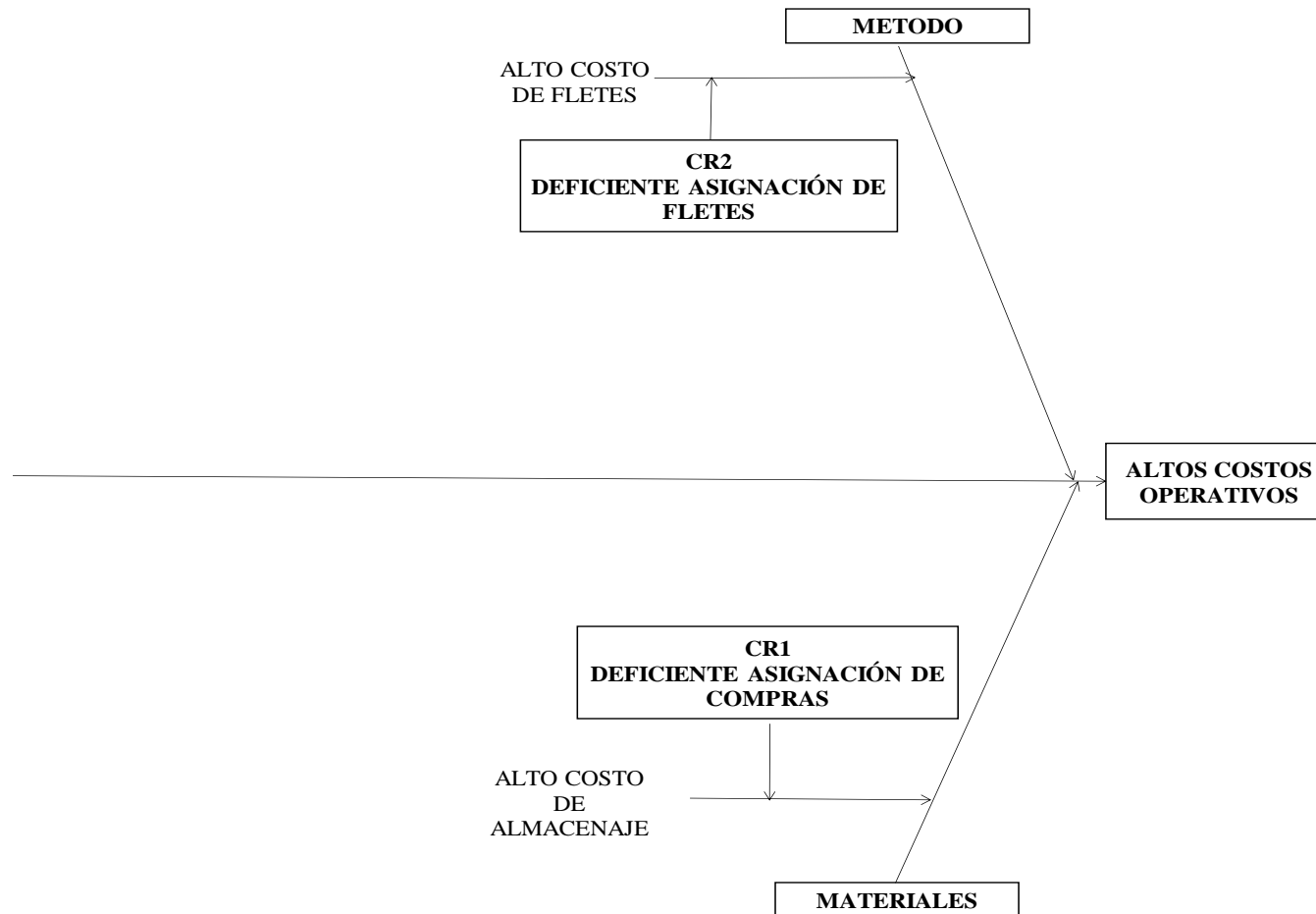


Figura 16. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa - Logística

Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el impacto económico en el periodo anterior por incurrir en ellas, tal como se muestra a continuación:

Tabla 7.
Priorización por impacto económico

		Sobrecosto /tabla	%	% Acum
CR1	Deficiente asignación de compras	1.035	42%	42%
CR2	Deficiente asignación de fletes	0.561	23%	64%
CR3	Falta estudio de tiempos	0.438	18%	82%
CR4	Falta capacitación	0.381	15%	98%
CR5	Layout inapropiado	0.037	1%	99%
CR6	Ausentismo	0.023	1%	100%
		S/ 2.475		

Nota. Fuente: El aserradero. Elaboración propia

Diagrama de Pareto de las causas raíz

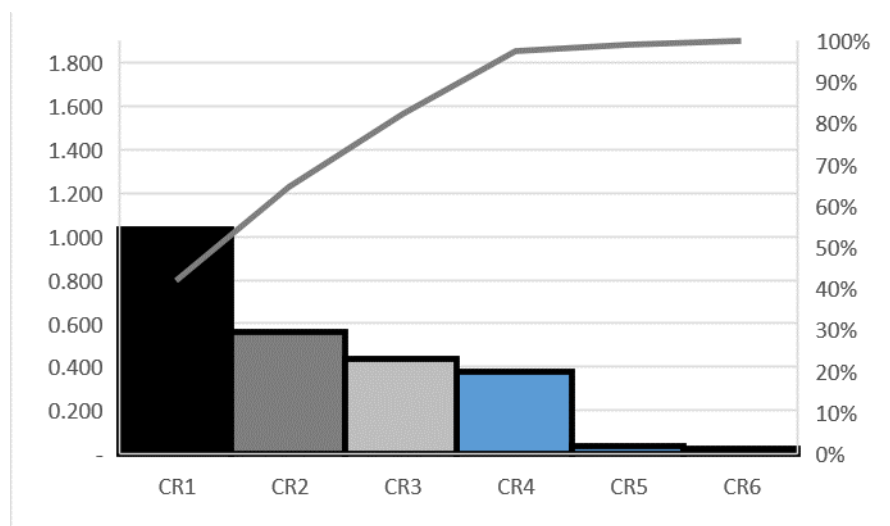


Figura 17. Pareto de causas raíz de la problemática

2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 8.

Matriz de indicadores

N° Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida	Beneficio	Herramienta	Métodos	Inversión
CR1	Deficiente asignación de compras	Costo por tabla 8" x 10' x 4"	Costo promedio directo de 1 tabla de tornillo	S/ 25.454	1.039%	S/ 25.189	0.000%	S/ 0.265	Optimización	Solver	Capacitación S/1,000
			Costo promedio directo de 1 tabla de capirona	S/ 17.709	3.94%	S/ 17.012	0.00%	S/ 0.697			
CR5	Deficiente asignación de viajes		(Viajes x costo unit)/(Total tablas adquiridas)	S/ 2.525	S/ 6,750.0	S/ 1.684	S/ 4,500	S/ 0.842			
CR2	Falta estudio de tiempos	Costo de mano de obra en habilitado de madera	(H-H de habilitación de una pieza de madera) x (Costo de mano de obra)	0.253	S/ 1.799	0.195	S/ 1.362	S/ 0.438	Estudio del trabajo	Balance de línea	Capacitación S/1,000
CR3	Falta capacitación	Costo de merma, por cada tabla habilitada	Costo promedio directo de merma de 1 tabla de tornillo	S/ 0.230	0.91%	S/ 0.058	0.23%	S/ 0.173	Capacitación	Desarrollo de habilidades	Determinador de humedad de la madera S/1,890
			Costo promedio directo de merma de 1 tabla de capirona	S/ 0.277	1.57%	S/ 0.069	0.39%	S/ 0.208			
CR4	Layout inapropiado	Costo del tiempo en desplazamientos para habilitar cada tabla	(Distancia en desplazamiento para habilitar una pieza de madera) x (Costo de mano de obra)/Velocidad de desplazamiento	65	S/ 0.116	45	S/ 0.079	S/ 0.037	Estudio del trabajo	Método de Muther	Capacitación S/1,000

Nota. Elaboración propia

Detalle de los Cálculos de Valor actual y valor meta

Tabla 9.

Detalles de CR1: deficiente asignación de compra

TIPO DE MADERA	TROZAS COMPRADAS EN EL MES	ACTUAL			CON LA PROPUESTA		
		Costo mensual incurrido	Costo/tabla		Costo mensual incurrido	Costo /tabla	
Tornillo	1,852	S/ 188,562.00	S/ 25.45		S/ 184,936.06	S/ 24.96	
Capirona	821	S/ 58,157.10	S/ 17.71		S/ 56,371.30	S/ 17.17	

Detalles de CR5 : deficiente asignación de viajes

- a) Cada viaje de 30 Tn cuesta S/1,500
- b) Si no completa las 30 Tn, pero lleva más de 15 Tn, se paga el costo completo
- a) Si no completa las 30 Tn, pero lleva menos de 15 Tn, se paga el 50%.
- b) El tornillo pesa mucho más que la capirona, por ello, en un viaje entran menos trozas de tornillo que de capirona
- a) El año de estudio hubo 4.5 viajes, para transportar 2673 trozas, entre ambos tipos.
- b) El costo promedio actual es S/2.53 por troza y con la optimización del flete con solver, baja a S/1.96

Detalles de la CR2: falta estudio de tiempos

a) Operarios actuales	13	
b) Costo promedio HH	S/.7.12	
c) Operarios balanceados	10	
d) Costo promedio HH	S/.7.00	
e) Horas disponibles/mes	208	
f) Trozas procesadas	2,673	
g) Tablas producidas	10,692	
h) Hora-Hombre/troza actual	1.012	S/.1.80
i) Hora-Hombre troza propuesta	0.7782	S/.1.36

Detalles de CR3: falta capacitación

Tabla 10.

Detalles de CR3: falta capacitación

Madera	Tablas falladas por falta de capacitación	Actual	Propuesta (25%)
Tornillo	0.91%	S/ 0.230	S/ 0.058
Capirona	1.57%	S/ 0.277	S/ 0.069

Detalle de la CR4: layout inapropiado

Tabla 11.

Detalles de CR4: layout inapropiado

	Actual	Propuesta
Recorrido actual (Km)	0.065	0.045
Velocidad (Kim/hora x troza)	1	1
Trozas desplazadas	2,673.00	2,673.00
H-H/troza	0.065	0.045
H-H/tabla	0.01625	0.01125
	S/.0.116	S/.0.079

2.5.3. Solución propuesta

Descripción de causas raíz

Causa raíz 1: Deficiente asignación de compra

La empresa en estudio tiene por política, comprar como mínimo, medio tráiler o 15 toneladas mensuales de madera, entre capirona y tornillo, a cada una de las cuatro madereras, que los proveen regularmente, para mantenerse vigentes, en su lista de clientes.

Tabla 12.
Compra de trozas 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Prom
Capirona	750	810	778	808	901	882	870	825	892	779	759	801	9,855	821
Tornillo	1750	1620	1810	1782	1901	1871	1998	1882	1918	1875	1942	1872	22,221	1,852

El año 2020 compró, un promedio mensual de 821 trozas de capirona y 1,852 trozas de tornillo, distribuídas entre las madereras Bozovich, Villasol, Andina y forestales Daxsa.

Cada troza es habilitada, para obtener cuatro tablas de 8" x 1" x 10 pies, como se observa en la siguiente figura.

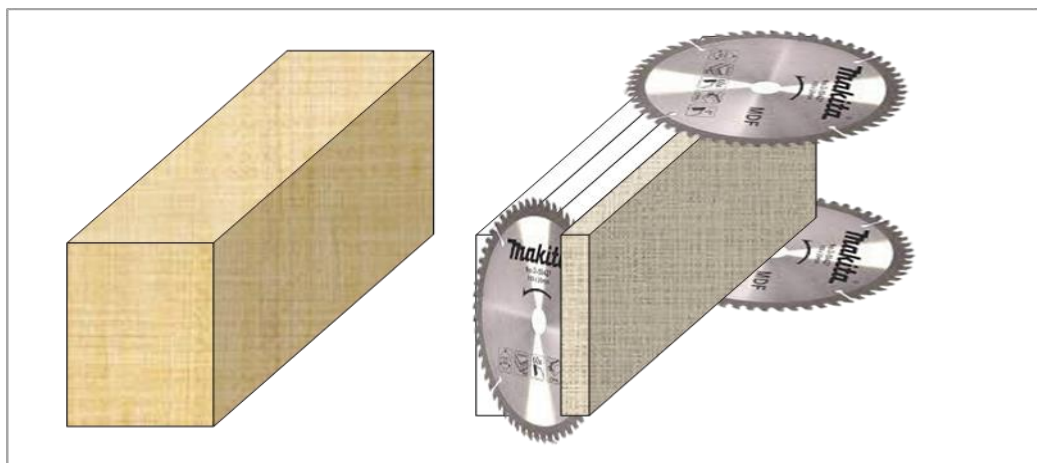


Figura 18. Habilitación de trozas

Estas variedades tienen precios ligeramente diferentes entre los proveedores, pero su calidad es muy homogénea, de manera que en pocas ocasiones han tenido problemas, derivados generalmente, por madera húmeda, que tiende a encogerse o deformarse conforme va secando.

La asignación de compras es empírica. No realizan mayor análisis de precios y esto puede generar que estén gastando más de lo necesario, en el abastecimiento.

El año pasado, en promedio, se invirtió S/253,469 mensuales en madera.

Causa raíz 2: Deficiente asignación de fletes

Cada tipo de madera tiene diferente densidad. La capirona tiene una densidad de 21.52 Kilos/pie³, mientras que la del tornillo es 12.74 Kilos/pie³.

Esta notable diferencia en las densidades, que determina que las trozas de capirona sean sensiblemente más pesadas que las de tornillo, tiene significativo impacto en la carga de los *trailers*, cuya capacidad es de 30 toneladas métricas.

Cada viaje de madera, de los aserraderos de Lima hasta la maderera en Trujillo, tiene un costo de S/1500.

En caso de uso parcial del tráiler, el costo se redondea a medio o a tráiler completo.

A continuación, se muestra la asignación mensual actual de compra de madera, a los cuatro proveedores de la empresa y los fletes pagados.

Tabla 13.

Compra mensual promedio de trozas 2020

Kg/pie ³	Madera	Kg/troza	Villasol		Bozovich		Andina		Forestales Daxsa		Tablas		Total viajes al mes	Costo/mes
			Costo troza	Compra	Costo tabla	Compra	Costo tabla	Compra	Costo tabla	Compra	Trozas compradas	Trozas requeridas		
21.52	Capirona	51.32	S/ 68.1	0	S/ 71.00	700	S/ 70.10	71	S/ 69.60	50	821	821		S/ 58,157
12.74	Tornillo	30.38	S/ 102.8	885	S/ 99.80	100	S/ 102.00	452	S/ 100.00	415	1,852	1,852		S/ 188,562
	Total			885		800		523		485		2,673		S/ 246,719
Viajes/30 TM				0.90		1.30		0.58		0.51				
Redondeo				1.0		1.5		1.0		1.0			4.5	S/ 6,750
<i>Mínimo de viajes/mes</i>				0.5		0.5		0.5		0.5				S/ 253,469

Actualmente se compra un promedio de S/246,719 mensuales en maderas, a lo que debe añadirse S/6,750 en flete.

Causa raíz 3: Falta estudio de tiempos

El aserradero, opera de lunes a sábado, de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00 horas.

Nunca han hecho un estudio de tiempos, que les permita asignar el número correcto de máquinas y operarios. Actualmente lo hacen empíricamente, operando con 03 garlopas, 04 tableadoras y 04 cepillos. Se desconoce si están sub utilizando al personal y a las maquinarias.

En un mes promedio de 26 días de ocho horas, procesan 2,673 trozas. El costo de mano de obra por cada tabla, indistinto a si es de capirona o de tornillo, es el siguiente.

Tabla 14.
Mano de obra actual por troza

Máquinas	Jornal hora	Operarios Actual
Tableadora	S/ 7.50	4
Cepillo	S/ 7.50	4
Garlopa	S/ 7.50	3
Volantes	S/ 5.00	2
Total operarios		13
Costo promedio H-H	S/ 7.12	
Trozas habilitadas/mes	2,673.00	
Horas disponibles	208.00	
H-H/troza	1.01	
H-H/tabla 8"x 1" x 10'	0.25	

En la situación actual, se requieren 0.25 Horas-hombre para habilitar cada tabla, indistintamente de su variedad.

Causa raíz 4: Falta capacitación

La humedad de la madera varía, desde su tala, hasta cuando se encuentra lista para el uso al que se la tiene destinada.

Las madereras comercializan las trozas de madera, cuyo proceso de secado al medio ambiente y luego en horno, ha sido controlado, de modo que puedan habilitarse de inmediato, los aserraderos.

Esta variable no se verifica técnicamente en la empresa en estudio. Su valor se estima empíricamente, pues se desconoce el procedimiento, que permite garantizar la idoneidad del producto final.

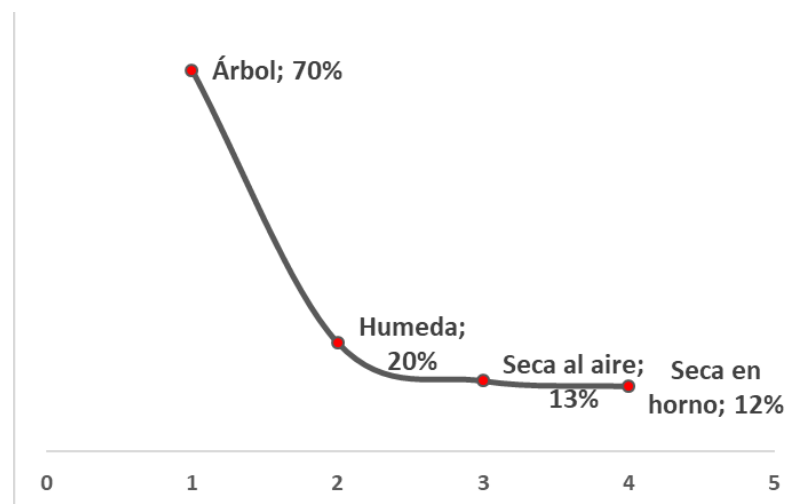


Figura 19. Humedad de la madera en el tiempo

Cuando la madera al habilitarse, no está debidamente seca, con una humedad inferior al 12%, es muy probable que se agriete y se contraiga o deforme, perjudicando seriamente el acabado de los productos confeccionados con esta.

También aparecerán manchas grisáceas o verdes, que denotan la presencia de hongos, que obliga a pintar el producto, para ocultarlas.

Los adhesivos utilizados en las uniones de la madera son solubles en agua. Por ello, si hay mucha humedad, las uniones se verán debilitadas. Igual sucede con el barniz, laca o pintura que pudiera usarse, como parte del acabado. Estos se desprenderán, pues los poros de la madera, a los cuales se fija el solvente, están “ocupados” por agua.

En el siguiente cuadro, se muestra el descarte, por problemas derivados del exceso de humedad en las trozas habilitadas.

Tabla 15.
Madera descartada por defectos provenientes de la alta humedad

Trozos														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Prom
Capirona	750	810	778	808	901	882	870	825	892	779	759	801	9,855	821
Tornillo	1,750	1,620	1,810	1,782	1,901	1,871	1,998	1,882	1,918	1,875	1,942	1,872	22,221	1,852
Tablas														
Capirona	3,000	3,240	3,112	3,232	3,604	3,528	3,480	3,300	3,568	3,116	3,036	3,204	39,420	
Descarte	45	55	42	48	68	42	49	50	57	47	55	59	618	1.57%
Tornillo	7,000	6,480	7,240	7,128	7,604	7,484	7,992	7,528	7,672	7,500	7,768	7,488	88,884	
Descarte	97	76	73	84	91	52	50	83	58	39	54	48	805	0.91%

Se observa que el 1.57% de las tablas de capirona y el 0.91% de las de tornillo, fueron descartadas, por haber presentado defectos de grietas o curvado, por haberse habilitado, cuando tenían una humedad superior a 12%.

Esta diferencia, se podría atribuir a que cada especie de árbol, responde distintamente a los diversos programas de secado.

Causa raíz 5: *Layout* inapropiado

Las máquinas de habilitado de madera de la empresa en estudio, no han sido ubicadas técnicamente. Su distribución es deficiente. Motiva incómodos cruces de los operarios.

Además, los desplazamientos, entre máquinas, para el traslado de las tablas procesadas, es excesivo, ocasionando desaprovechamiento del tiempo y sobrecostos.

Seguidamente se muestra el *layout* actual, previo al balance de línea que se planteará como propuesta de mejora, a la causa raíz N°2.

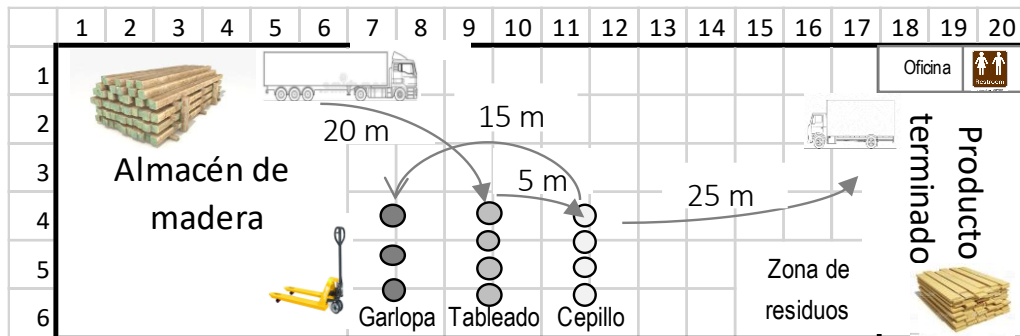


Figura 20. Layout actual

El número de desplazamientos y la distancia recorrida, se muestra en la siguiente matriz.

Tabla 16.

Matriz actual de desplazamientos (en metros)

Operaciones	Almacén de madera	Tableadora	Cepillo	Garlopa	Almacén de P.T.
Almacén de madera	0	1 20	0	0	0
	0	20	0	0	0
Tableadora	0	0	1 5	0	0
	0	0	5	0	0
Cepillo	0	0	0	1 15	0
	0	0	0	15	0
Garlopa	0	0	0	0	1 25
	0	0	0	0	25
Almacén de P.T.	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0

La sumatoria de recorridos entre máquina es 65 metros por cada troza, que rinde cuatro tablas.

Monetización de pérdidas

Solución propuesta

Monetización de la causa raíz 1: Deficiente asignación de compra

Actualmente se compra un promedio de S/246,719 mensuales en maderas. El costo promedio de cada troza de capirona fue S/70.84 y de tornillo, S/101.82

El costo por cada tabla, considerando que, de cada troza, se obtienen cuatro unidades, fue S/17.71 y S/25.45, respectivamente.

Monetización de la causa raíz 2: Deficiente asignación de fletes

El costo de cada viaje, transportando 30 toneladas de madera de los aserraderos de Lima, a Trujillo, cuesta S/1,500.

Para viajes de 15 toneladas o menos, se paga como si fuese medio viaje. Si excede las 15 toneladas, se considera viaje completo.

Se pagó en promedio 4.5 viajes de Lima a Trujillo. El costo de cada uno es S/1,500.

En total se paga S/6,750

Monetización de la causa raíz 3: Falta estudio de tiempos

Tomando como promedio mensual de producción, 2,673 trozas y el número actual de máquinas y operarios actuales, se calculó, de la siguiente manera, el costo de mano de obra, para habilitar cada tabla.

Tabla 17.
Costo de mano de obra actual por tabla

Máquinas	Jornal hora	Operarios Actual
Tableadora	S/ 7.50	4
Cepillo	S/ 7.50	4
Garlopa	S/ 7.50	3
Volantes	S/ 5.00	2
Total operarios		13
Costo promedio H-H	S/ 7.12	
Trozas habilitadas/mes	2,673.00	
Horas disponibles	208.00	
H-H/troza	1.01	
H-H/tabla 8"x 1" x 10'	0.25	
Costo mano de obra/tabla	S/ 1.80	

Se observa que el costo actual para habilitar cada tabla es S/1.80.

Monetización de la causa raíz 4: Falta capacitación

El costo de las tablas descartadas, por deficiente secado, que les ocasionó grietas o curvado, se detalla seguidamente.

Tabla 18.
Costo de descarte por tabla

Tablas	% descarte	Total/mes	Costo de prod	Costo descarte
Capirona		821		
Descarte	1.57%	13	S/ 28.17	S/ 362.50
Tornillo		1,852		
Descarte	0.91%	17	S/ 35.92	S/ 602.15
		-		
Total descarte				S/ 964.65

Mensualmente se descarta S/964.65 en madera con defectos, producidos por deficiente secado.

Propuesta de mejora de la causa raíz 5: Layout inapropiado

Actualmente, un operario recorre 65 metros, para recoger del almacén, una troza, de la cual se habilitarán 4 tablas.

El desplazamiento es lento, por el peso de la madera y por los obstáculos propios del aserradero. Se calcula que la velocidad de desplazamiento es 1 kilómetro por hora.

De acuerdo a ello, el tiempo del desplazamiento, prorrateado entre las cuatro tablas obtenidas, es 0.016 horas.

Con el costo promedio de la hora-hombre, S/7.12, se determina que, el costo de movimiento de cada tabla es S/0.116

Propuesta de mejora

Propuesta de mejora de la causa raíz N°1, deficiente asignación de compra

El aserradero en estudio tiene cuatro proveedores importantes, ubicados en Lima. Estos, comercializan maderas, provenientes del oriente peruano, principalmente de Pucallpa.

Los aserraderos, tienen diferentes precios de venta, con pequeñas variaciones entre ellos. Su calidad es homogénea y rara vez, ha habido problemas por esta razón.

Con esta data, se buscará optimizar la asignación de compra a proveedores, usando la herramienta de Excel, *Solver*.

Propuesta de mejora de la causa raíz N°2, deficiente asignación de fletes

Cada viaje de 30 toneladas de madera, tiene un costo de S/1,500. Por las características de este servicio, que no permite consolidar carga, con otro tipo de material, se tiene pactado con las empresas de transporte, que la facturación mínima, será de medio viaje o, 15 toneladas.

Si la carga excediese los 15 mil kilos, se facturará carga completa del tráiler.

Es necesario tener en cuenta que la capirona y el tornillo, tienen diferente peso específico. Las trozas de capirona son sensiblemente más pesadas que las de tornillo. Esto influye directamente en la asignación más económica que se pretende determinar.

Por otro lado, con los proveedores se tiene acordado que, la compra mínima mensual, será de 15 toneladas, para mantenerse en la nómina de clientes.

Al igual que la causa raíz anterior, con esta data, se buscará optimizar la asignación de compra a proveedores, usando la herramienta de Excel, *Solver*.

Tabla 19.
Planteamiento del Solver

Kg/pie ³	Madera	Kg/troza	Villasol		Bozovich		Andina		Forestales Daxsa		Tablas		Total viajes	Costo
			Costo troza	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Trozas compradas	Trozas requeridas		
21.52	Capirona	51.32	S/ 68.1		S/ 68.00		S/ 70.10		S/ 68.00			821		S/ 56,371
12.74	Tornillo	30.38	S/ 102.8		S/ 99.80		S/ 101.20		S/ 102.10			1,852		S/ 184,936
	Total											2,673		S/ 241,307
Viajes/30 TM														
Redondeo														S/ 5,250
<i>Mínimo de viajes/mes</i>				0.5		0.5		0.5		0.5				S/ 246,557

			Villasol		Bozovich		Andina		Forestales Daxsa		Tablas		Total viajes	Costo
Kg/pie ³	Madera	Kg/troza	Costo troza	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Trozas compradas	Trozas requerida		
21.52	Capirona	51.32	S/ 68.1		S/ 68.00		S/ 70.10		S/ 68.00			821		
12.74	Tornillo	30.38	S/ 102.8		S/ 99.80		S/ 101.20		S/ 102.10			1,852		
	Total											2,673		
Viajes/30 TM														
Redondeo														
Mínimo de viajes/mes														
				0.5										

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

- \$E\$38 >= \$E\$41
- \$G\$38 >= \$G\$41
- \$I\$38 >= \$I\$41
- \$K\$38 >= \$K\$41
- \$L\$35 = \$M\$35
- \$L\$36 = \$M\$36

Figura 21. Solver

Tabla 20.

Asignación óptima de compra de madera a proveedores

Kg/pie ³	Madera	Kg/troza	Villasol		Bozovich		Andina		Forestales Daxsa		Tablas		Total viajes	Costo
			Costo troza	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Costo tabla	Compra trozas	Trozas compradas	Trozas requeridas		
21.52	Capirona	51.32	S/ 68.1	292	S/ 68.00	-	S/ 70.10	237	S/ 68.00	292	821	821		S/ 56,371
12.74	Tornillo	30.38	S/ 102.8	0	S/ 99.80	1,758	S/ 101.20	94	S/ 102.10	-	1,852	1,852		S/ 184,936
	Total			292		1,758		331		292		2,673		S/ 241,307
Viajes/30 TM				0.50		1.78		0.50		0.50				
Redondeo				0.50		2.00		0.50		0.50			3.50	S/ 5,250
<i>Mínimo de viajes/mes</i>				<i>0.5</i>		<i>0.5</i>		<i>0.5</i>		<i>0.5</i>				S/ 246,557

Con esta asignación se conseguiría los siguientes beneficios, respecto a la asignación empírica actual.

Tabla 21.

Costo óptimo de madera y flete

	Actual	Propuesta de mejora
Costo de la madera	S/ 246,719	S/ 241,307
Flete	S/ 6,750	S/ 5,250

Propuesta de mejora de la causa raíz N°3, Falta estudio de tiempos

El aserradero consideró sin haber mediado un estudio de tiempos, que operarían con cuatro tableadoras; cuatro cepillos y tres garlopas. Cada una de estas máquinas es operada por un trabajador y además, se emplea a dos operarios volantes, para el traslado de las tablas y al recojo y almacenamiento del aserrín.

En primer lugar, se hizo un estudio de tiempos, con el cual se obtuvo el tiempo estándar, de cada operación, que consta en el siguiente diagrama de operaciones de procesos.

El estudio de tiempos, obra en anexos.

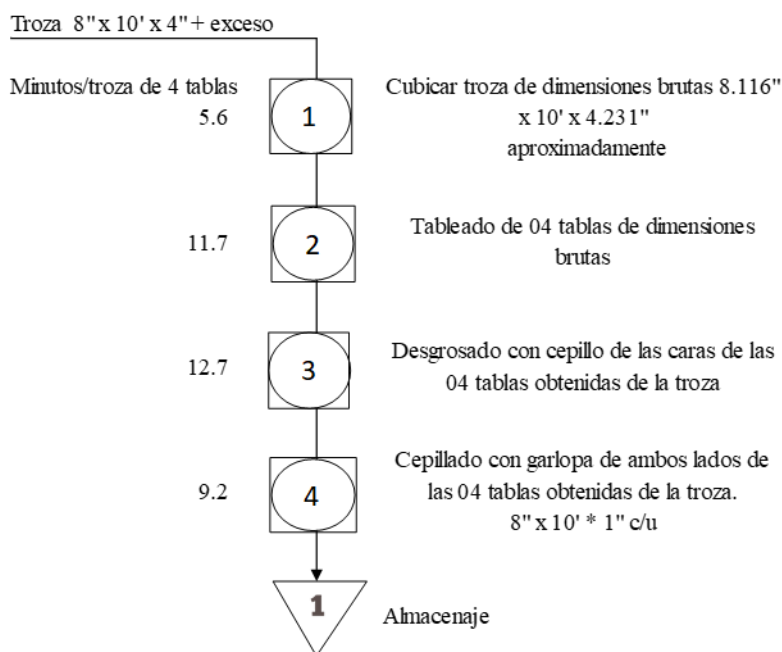


Figura 22. Diagrama de operaciones actual

Nota. Elaboración propia

Con los tiempos estándar, se procedió a balancear la línea de producción, considerando que se necesitan procesar 2673 trozas mensualmente y que se trabaja en promedio 26 días de ocho horas.

Tabla 22.
Balance de línea para habilitar madera

	Minutos /troza	Índice prod (Horas/troza)	Máquinas requeridas	Redondeo
Tableadora	11.69	0.214	2.50	3
Cepillo	12.69	0.214	2.72	3
Garlopa	9.19	0.214	1.97	2

Cada máquina es operada por un hombre. A ello, se le añadirá la mano de obra de dos operarios volantes.

De esta manera, el costo actual y el mejorado, de la mano de obra, requerida para habilitar una tabla de capirona o tornillo, sería el siguiente:

Tabla 23.
Costo actual y propuesto de habilitación de una tabla

Máquinas	Jornal hora	Operarios Actual	Operarios Propuesta
Tableadora	S/ 7.50	4	3
Cepillo	S/ 7.50	4	3
Garlopa	S/ 7.50	3	2
Volantes	S/ 5.00	2	2
Total operarios		13	10
Costo promedio H-H	S/ 7.12		S/ 7.00
Trozas habilitadas/mes	2,673.00		
Horas disponibles	208.00		
H-H/troza	1.01		0.78
H-H/tabla 8"x 1" x 10'	0.25		0.19
Costo mano de obra/tabla	S/ 1.80		S/ 1.36

Propuesta de mejora de la causa raíz N°4, Falta capacitación

El gerente del aserradero, asistirá al curso de capacitación sobre aspectos básicos de la madera, dictado por el Cite Madera, en su local del parque industrial de Villa El Salvador

Costo: S/2,000

Tabla 24.
Curso de capacitación en aspectos básicos de la madera

Objetivos por módulo	Contenidos
Módulo 1 (M1) Anatomía de la madera	
Reconocer los elementos anatómicos de la madera que influyen en el proceso de secado.	Definición de madera.
	Partes del tronco.
	Anatomía de la madera.
	Tipos de corte de la madera.
	Propiedades de la madera.
Módulo 2 (M2) Secado de la madera	
Conocer los fundamentos del proceso de secado.	Movimiento del agua en la madera.
	Proceso básico de secado.
	Factores para un secado de calidad.
	Bases físicas del secado de madera.
	Condiciones básicas para un secado de calidad.
	Métodos de medición del contenido de humedad.
	Defectos producto de un mal secado de la madera.
Tipos de secado de la madera.	
Módulo 3 (M3) Secado natural	
Manejar criterios básicos para realizar adecuadamente el secado natural de la madera.	Condiciones para el secado natural.
	Proceso para el secado natural con pilas horizontales.
	Duración del proceso en el secado natural.
Módulo 4 (M4) Secado artificial	
Identificar el proceso y las características del secado artificial de la madera.	Variables de control del secado artificial.
	Proceso de secado artificial.
	Defectos en el secado artificial.
	Criterios para seleccionar un servicio de secado artificial.
Módulo 5 (M5) Relación costo beneficio del uso de madera seca	
Módulo 5 (M5) Relación costo beneficio del uso de madera seca	

Identificar los factores cuantitativos y cualitativos del secado de la madera.	Factores cuantitativos.
	Factores cualitativos.

Esta capacitación, unida al mejor control de la humedad de la madera con el determinador, antes de habilitarse, prevendrá la posibilidad de procesar trozas con mayor contenido de humedad de lo conveniente, superior al 12%, que ocasiona tablas agrietadas o curvadas, cuando al pasar de los días, se lleguen a secar convenientemente.

La madera, si estuviese con humedad alta, se colocará en el interior de la cámara de secado, que se está proponiendo adquirir, donde con la circulación de aire caliente, generado por el caldero, con el que cuenta la empresa, se conseguirá secarla, por debajo de 12%.

Los fluidos térmicos anteriormente citados se hacen circular a través de unos radiadores de calefacción especiales, instalados en el interior de la cámara de secado, los cuales ceden el calor a la madera al pasar a través de ellos el aire impulsado por los ventiladores de circulación y así mismo a través de la carga de madera.

El clima artificial dentro de la cámara permite el secado progresivo de la madera hasta el contenido de humedad final deseado.

Propuesta de mejora de la causa raíz N°5, *Layout* inapropiado

Se propone el uso del método de Muther, que promueve que las áreas o máquinas que tienen mayor interacción entre sí, estén más cerca, de modo que el tiempo en desplazamientos improductivos sea mínimo.

Las trozas son retiradas una por una del almacén y llevadas a la tableadora; cepillo y luego garlopa. Luego de maquinarse, las tablas habilitadas, son trasladadas al almacén de productos terminados.

Con este criterio, se elaboró la matriz de interacción.

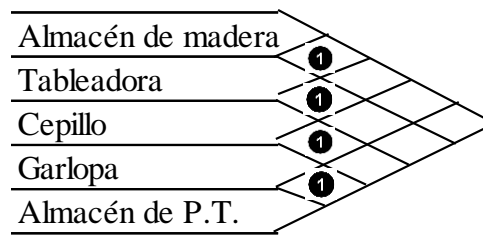


Figura 23. Matriz de interacción del método de Muther

Nota. Elaboración propia

A continuación, se elabora la matriz de panal de abeja o hexágonos, en los que las áreas de mayor interacción, deberían estar cercanas.

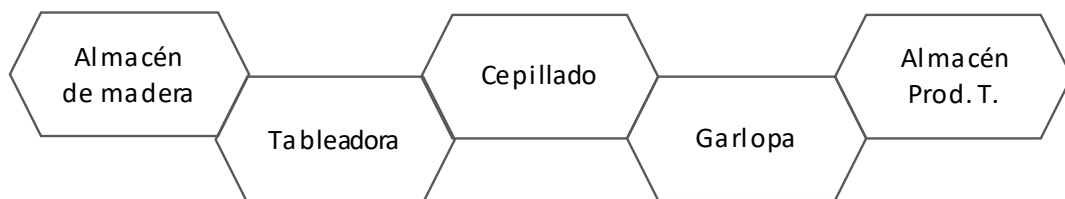


Figura 24. Matriz de panal de abeja de Muther

Nota. Elaboración propia

La posición que tienen las diferentes áreas y máquinas del aserradero, deberán adecuarse a la topografía del terreno. La distribución propuesta, cumpliendo estos criterios, se detalla seguidamente.

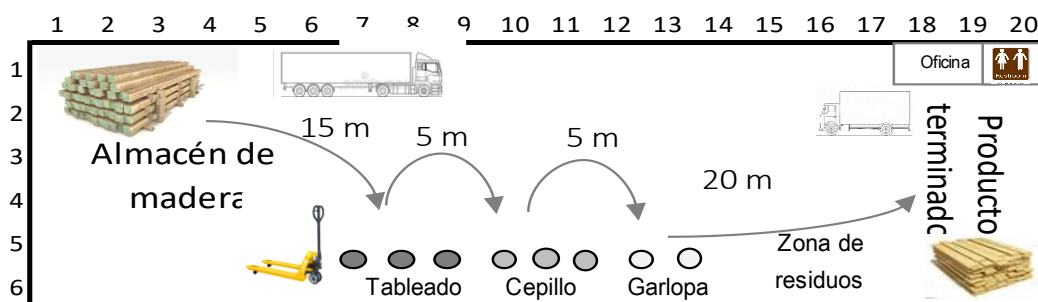


Figura 25. Layout propuesto

Nota. Elaboración propia

Se observa que, con esta nueva distribución, el proceso fluye de manera lineal, eliminándose los cruzamientos entre máquina.

Ahora, se procede a medir las nuevas distancias que se recorren.

Tabla 25.
Desplazamiento con el nuevo layout

Operaciones	Almacén de mader	Tableadora	Cepillo	Garlopa	Almacén de P.T.
Almacén de madera	0 1 15	0	0	0	0
	0	15	0	0	0
Tableadora	0 0 1 5	0	0	0	0
	0	0	5	0	0
Cepillo	0 0 0 1 5	0	0	0	0
	0	0	0	5	0
Garlopa	0 0 0 0 1 20	0	0	0	0
	0	0	0	0	20
Almacén de P.T.	0 0 0 0 1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0

Se observa que, con esta nueva distribución, los operarios recorren 45 metros por cada troza, de capirona o tornillo, indistintamente.

Considerando, de manera idéntica que en la situación actual, que los operarios se desplazan a un kilómetro por hora, el tiempo y costo por tabla, por este concepto, es el siguiente.

Tabla 26.
Costo de desplazamiento por tabla, con nuevo layout

Recorrido	45 m
	0.045 Km
Velocidad caminata:	1 Km/hora
Tiempo usado	0.045 Horas/04 tablas
	0.011 H-H/tabla
	0.079 Soles/tabla

Con el *layout* actual, la distancia y costo del tiempo en desplazamientos, fueron los siguiente.

Tabla 27.
Costo de desplazamiento por tabla, con layout actual

Recorrido	65 m
	0.065 Km
Velocidad caminata:	1 Km/hora
Tiempo usado	0.065 Horas/04 tablas
	0.016 H-H/tabla
	0.116 Soles/tabla

El beneficio que se obtendría en tiempo perdido y en costo, sería de 31%

Evaluación Económica

Inversión propuesta

1. **Curso de secado de madera**, dictado por el Centro de Innovación Tecnológica de la Madera,

Cite Madera.

Lugar: Cite Madera. Distrito de Villa El Salvador. Calle Solidaridad, cuadra 3. Parque industrial de Villa El Salvador.

Duración: 5 días.

Costo S/2,000

Víaticos S/1,500

Total S/3,500

2. **Determinador de humedad de la madera**

Hay diferentes modelos de detector de humedad de madera para determinar la humedad absoluta de diversos tipos de madera. Con la ayuda del detector de humedad de madera podrá medir con gran precisión la humedad de laminados, madera forestal, listones, vigas, contra chapados, paneles, conglomerados, vigas maestras, marcos de ventanas.

Existen dos maneras de medición de la humedad: con o sin daños en el material. El detector de humedad de madera se diferencia por el principio de medición y por los sensores de humedad que se les puedan adaptar.

Algunos modelos de detector de humedad de madera cuentan con compensación de temperatura automática, almacenamiento y posterior transmisión de valores de medición al PC o programación de curvas características específicas de madera (solo el modelo FMD).

Existen muchas curvas características almacenadas dependiendo del tipo de aparato (roble, haya, abedul, álamo, caoba); nuestro modelo superior cuenta con 500. Son fáciles de seleccionar. De este modo queda garantizada la alta precisión de medición.

Tabla 28.
Precio de determinador de humedad

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Determinador de humedad de madera	5	56	280	1,120
Flete				336
Seguro	3%			34
Base imponible				1,490
Ad valorem	4%			60
Agente aduana	2%			22
Impuestos				
IGV	18%			268
Total				1,840
Flete local				50
Total				1,890
Montaje local				-
Total				S/ 1,890

Fuente : *alibaba.com*

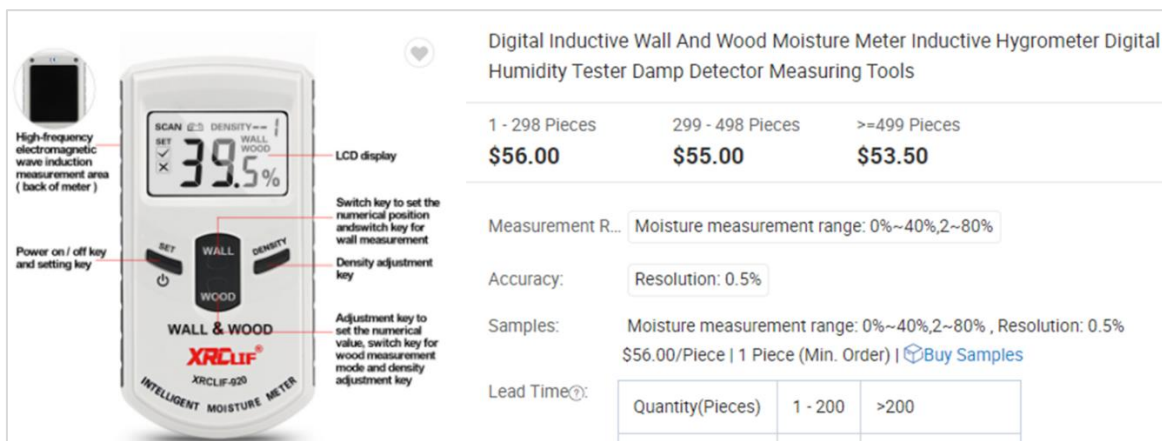


Figura 26. Determinador de humedad

Fuente: alibaba.com

3. Cámara de secado de madera

Es un recinto cerrado, dentro del cual se establecen climas artificiales progresivamente más cálidos y secos. Cada clima o etapa del secado se mantiene durante un determinado tiempo, de acuerdo con un programa determinado según el tipo y dimensión de la madera y controlado por un ordenador.

En su interior tiene ventiladores para la recirculación de aire a través de la madera, poseen elementos de calefacción, humidificación, control y registro de las condiciones ambientales, tales como la humedad relativa del aire, la temperatura y la humedad residual de la madera.

Para dar calor a estas cámaras se utilizan diferentes fuentes térmicas, siendo las más comunes el vapor de agua, el agua caliente y el aceite térmico. Estos diferentes fluidos térmicos se consiguen a través de calderas de calefacción industrial que utilizan como combustible derivados del petróleo, gas.

Tabla 29.
Especificaciones de la cámara de secado

Heating equipment	30kw, 3sets
Dryer	6.4x4x3.15(LxWxH), Inner face is Aluminium thickness 0.5mm, outer face color coated plate thickness 0.5mm
Control box	Automatic control temperature, humidity display instrument
Guide plate	Aluminium alloy
High temperature line	1set
Tidal outlet	6pcs, automatically
Fan frame	Carbon steel
Axial flow fan	1.1kw 3pcs

Fuente : alibaba.com

Tabla 30.
Cotización de la cámara de secado

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Cámara de secado para madera	1	8000	8,000	32,000
Flete				9,600
Seguro	3%			960
Base imponible				42,560
Ad valorem	4%			1,702
Agente aduana	2%			638
Impuestos				
IGV	18%			7,661
Total				52,562
Flete local				1,500
Total				54,062
Montaje local				-
Total				S/ 54,062

Fuente : alibaba.com

Flujo de caja proyectado

Tabla 31.

Flujo de caja proyectado

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
Inversión														
Determinador de humedad (5)	-	1,890												
Cámara de secado de madera	-	54,062												
Total inversión	-	55,951												
Ingresos														
Mejor asignación de compras		4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	4,258	51,102
Mejor asignación de flete		2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	27,000
Mejor uso de mano de obra		1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	14,040
Reducción de rechazo por humedad		820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	9,836
Mejor layout		99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	1,183
Total ingresos		8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	103,161
Total ingresos actualizados		8,491	8,386	8,282	8,180	8,079	7,979	7,881	7,783	7,687	7,592	7,499	7,406	95,246
Egresos														
Capacitación en solver y aplicaciones	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Total egresos	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Total egresos actualizados	-	988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	988
Flujo bruto		7,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	102,161
Impuesto a la renta (con deducciones)	-	1,975	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 2,235	- 26,562
Flujo neto		5,622	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	75,599
Flujo actualizado	-	55,951	5,552	6,205	6,129	6,053	5,978	5,905	5,832	5,760	5,689	5,618	5,549	69,751
TMAR		15.00%	anual											
		1.25%	mensual											
VAN	S/	13,800												
TIR		58.98%												
PRI		0.80	años											
		10	meses											
B/C		1.67												

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 32.
Costo actual de las tablas de capirona

COSTO ACTUAL TABLA DE CAPIRONA

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Formula	Costo troza (Soles)	Costo tabla (Soles)
Troza de capirona de 8" x 4" x 10 pies	Troza	1.000	70.837	17.709
Horas-Hombre obreros	HH	0.253	7.115	1.799
Transporte Lima - Trujillo				0.631
Costo desplazamiento entre máquinas				0.116
Costo descarte por humedad				0.277
TOTAL COSTOS DIRECTOS				S/ 20.533

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,000	Trozados/mes referencial	
Mano de obra indirecta			1.000
Essalud (El 9% de total planilla)			0.229
Vacaciones (1/12 de planilla total)			0.212
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)			0.424
Mantenimiento de la maderera (S/500/mes)			0.042
Electricidad (S/2000 al mes)			0.667
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)			0.200
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			S/ 2.773

TOTAL COSTO DE 1 TABLA DE CAPIRONA	S/ 23.306
---	------------------

PRECIOS DE 1 TABLA DE 8" x 10' x 4"		
Costo de Hacer v Vender		S/ 23.306
Margen de utilidad del Fabricante	45.45%	S/ 10.592
Valor Venta al publico		S/ 33.898
IGV	18.00%	S/ 6.102
PRECIO DE VENTA AL PUBLICO		S/ 40.000

Tabla 33.
Costo actual de las tablas de tornillo

COSTO ACTUAL TABLA DE TORNILLO

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Formula	Costo troza (Soles)	Costo tabla (Soles)
Troza de tornillo de 8" x 4" x 10 pies	Troza	1.000	101.815	25.454
Horas-Hombre obreros	HH	0.253	7.115	1.799
Transporte Lima - Trujillo				0.631
Costo desplazamiento entre máquinas				0.116
Costo descarte por humedad				0.230
TOTAL COSTOS COMPLEMENTARIOS				2.777

TOTAL COSTOS DIRECTOS	S/ 28.231
------------------------------	------------------

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,000	Trozadas/mes referencial	
Mano de obra indirecta			1.000
Essalud (El 9% de total planilla)			0.229
Vacaciones (1/12 de planilla total)			0.212
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)			0.424
Mantenimiento de la maderera (S/500/mes)			0.042
Electricidad (S/2000 al mes)			0.667
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)			0.200
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			S/ 2.773

TOTAL COSTO DE 1 TABLA DE TORNILLO	S/ 31.003
---	------------------

PRECIOS DE 1 TABLA DE 8" x 10' x 4"		
Costo de Hacer y Vender		S/. 31.003
Margen de utilidad del Fabricante	39.41%	S/. 12.217
Valor Venta al publico		S/. 43.220
IGV	18.00%	S/. 7.780
PRECIO DE VENTA AL PUBLICO		S/. 51.000

Tabla 34.
Costo mejorado de las tablas de capirona

COSTO MEJORADO TABLA DE CAPIRONA

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Formula	Costo troza (Soles)	Costo tabla (Soles)
Troza de capirona de 8" x 4" x 10 pies	Troza	1.000	68.641	17.160
Horas-Hombre obreros	HH	0.195	7.115	1.384
Transporte Lima - Trujillo				0.491
Costo desplazamiento entre máquinas				0.079
Costo descarte por humedad				0.069

TOTAL COSTOS DIRECTOS				S/ 19.184
------------------------------	--	--	--	------------------

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,000	Trozas/mes referencial	
Mano de obra indirecta			1.000
Essalud (El 9% de total planilla)			0.195
Vacaciones (1/12 de planilla total)			0.181
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)			0.361
Mantenimiento de la maderera (S/500/mes)			0.042
Electricidad (S/2000 al mes)			0.667
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)			0.200
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			S/ 2.645

TOTAL COSTO DE 1 TABLA DE CAPIRONA			S/ 21.829
---	--	--	------------------

PRECIOS DE 1 TABLA DE 8" x 10' x 4"		
Costo de Hacer y Vender		S/. 21.829
Margen de utilidad del Fabricante	55.29%	S/. 12.069
Valor Venta al publico		S/. 33.898
IGV	18.00%	S/. 6.102
PRECIO DE VENTA AL PUBLICO		S/. 40.000

Tabla 35.
Costo mejorado de las tablas de tornillo

COSTO MEJORADO TABLA DE TORNILLO

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Formula	Costo troza (Soles)	Costo tabla (Soles)
Troza de tornillo de 8" x 4" x 10 pies	Troza	1.000	99.871	24.968
Horas-Hombre obreros	HH	0.195	7.115	1.384
Transporte Lima - Trujillo				0.491
Costo desplazamiento entre máquinas				0.116
Costo descarte por humedad				0.058

TOTAL COSTOS DIRECTOS	S/ 27.016
------------------------------	------------------

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,000	Trozas/mes referencial	
Mano de obra indirecta			1.000
Essalud (El 9% de total planilla)			0.229
Vacaciones (1/12 de planilla total)			0.212
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)			0.424
Mantenimiento de la maderera (S/500/mes)			0.042
Electricidad (S/2000 al mes)			0.667
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)			0.200
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			S/ 2.773

TOTAL COSTO DE 1 TABLA DE TORNILLO	S/ 29.789
---	------------------

PRECIOS DE 1 TABLA DE 8" x 10' x 4"		
Costo de Hacer y Vender		S/. 29.789
Margen de utilidad del Fabricante	45.09%	S/. 13.432
Valor Venta al publico		S/. 43.220
IGV	18.00%	S/. 7.780
PRECIO DE VENTA AL PUBLICO		S/. 51.000

Tabla 36.
Planilla actual

PLANILLA MANO DE OBRA DIRECTA

	Cantidad	Costo H-H	Costo mes
Operarios	11	S/. 7.50	S/. 16,500
Volantes	2	S/. 5.00	S/. 2,000
Total mano de obra directa			S/. 18,500

PLANILLA MANO DE OBRA INDIRECTA

	Cantidad	Costo H-H	Costo mes
Gerente	1	S/. 40.00	S/. 8,000
Asistente	2	S/. 10.00	S/. 4,000
Total mano de obra indirecta			S/. 12,000
Total planilla			S/. 30,500

Tabla 37.
Planilla con la propuesta de mejora

PLANILLA MANO DE OBRA DIRECTA

	Cantidad	Costo H-H	Costo mes
Operarios	8	S/. 7.50	S/. 12,000
Volantes	2	S/. 5.00	S/. 2,000
Total mano de obra directa		S/.	14,000

PLANILLA MANO DE OBRA INDIRECTA

	Cantidad	Costo H-H	Costo mes
Gerente	1	S/. 40.00	S/. 8,000
Asistente	2	S/. 10.00	S/. 4,000
Total mano de obra indirecta		S/.	12,000
Total planilla		S/.	26,000

La reducción de costos total, obtenida con la presente propuesta, se resume en la siguiente tabla.

Tabla 38.
Planilla con la propuesta de mejora

	Tablas procesada en el año	Costo de producción actual unitario	Total costo Actual	Costo de producción mejorado unitario	Total costo Mejorado
Capirona	39408	S/ 23.31	S/ 918,428	S/ 21.83	S/ 860,220
Tornillo	88884	S/ 31.00	S/ 2,755,689	S/ 29.79	S/ 2,647,740
			S/ 3,674,117		S/ 3,507,960
				S/166,157	
				4.5%	

La aplicación de esta propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, permitirá conseguir un ahorro de costos de S/166,157, equivalente al 4.5% del costo de producción promedio.

Además, el aserradero quedará equipada con una cámara de secado, que permitirá comercializar madera debidamente seca. El uso de determinadores de humedad, que son instrumentos muy económicos y de bajo costo, ayudará decididamente a verificar el estado de las trozas, antes de su habilitación.

Tabla 39.
Resultados de la propuesta de mejora

	Capirona		Tornillo	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Costo por tabla	17.709	17.160	25.454	24.968
Mano de obra de habilitado por tabla	1.799	1.384	1.799	1.384
Desplazamiento entre áreas y máquinas	0.116	0.079	0.116	0.079
Descarte madera defectuosa por humedad	0.277	0.069	0.230	0.058
Flete Lima-Trujillo	0.631	0.491	0.631	0.491
	S/ 20.533	S/ 19.184	S/ 28.231	S/ 26.979
Reducción de costos	6.6%		4.4%	

Tabla 40.
Resultados de la propuesta de mejora

	Tablas procesada en el año	Costo de producción actual unitario	Total costo Actual	Costo de producción mejorado unitario	Total costo Mejorado
Capirona	39408 S/	23.31 S/	918,428 S/	21.83 S/	860,220
Tornillo	88884 S/	31.00 S/	2,755,689 S/	29.79 S/	2,647,740
			S/ 3,674,117		S/ 3,507,960
				S/166,157	
				4.5%	

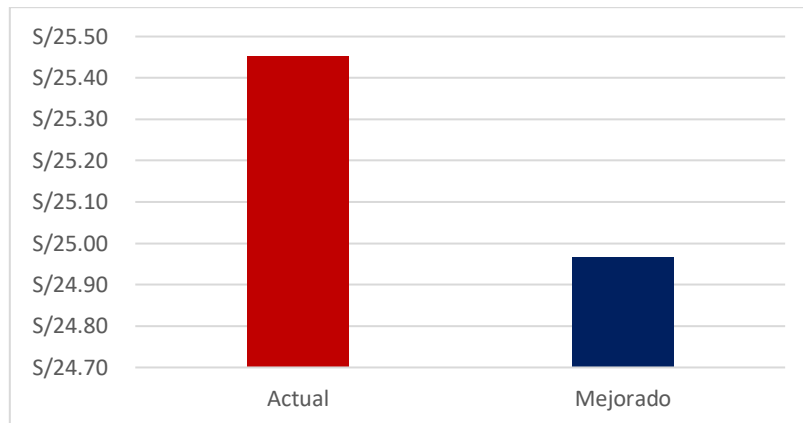


Figura 27. CR1 Costo promedio directo de 1 tabla de tornillo

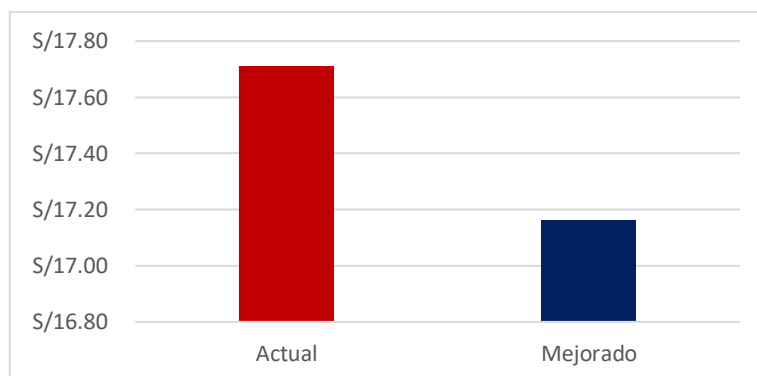


Figura 28. CR1 Costo promedio directo de 1 tabla de capirona

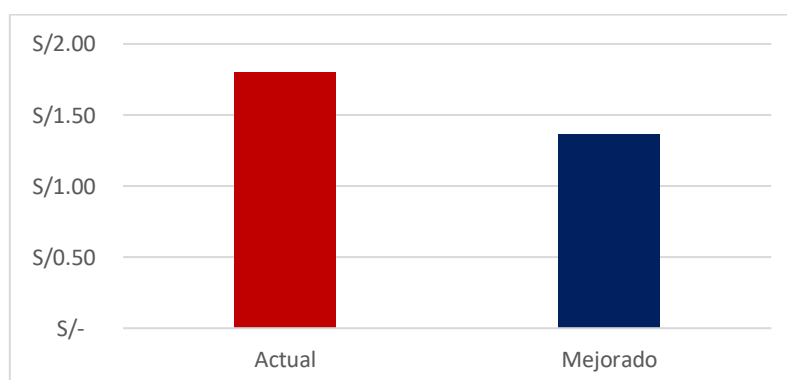


Figura 29. Pérdida por CR2 falta de estudio de tiempos

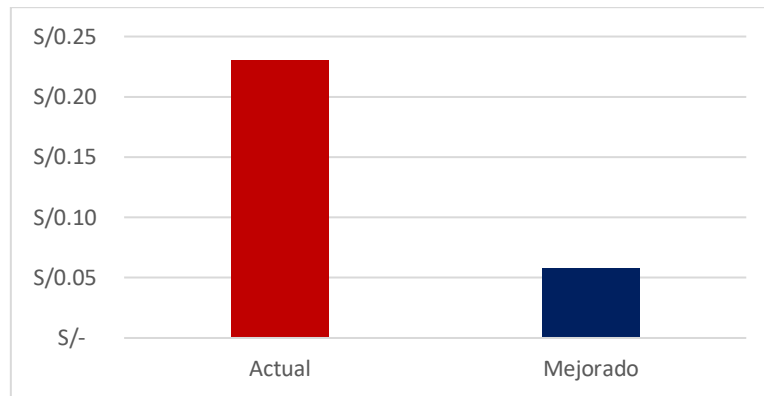


Figura 30. CR3 Costo promedio directo de merma de 1 tabla de tornillo

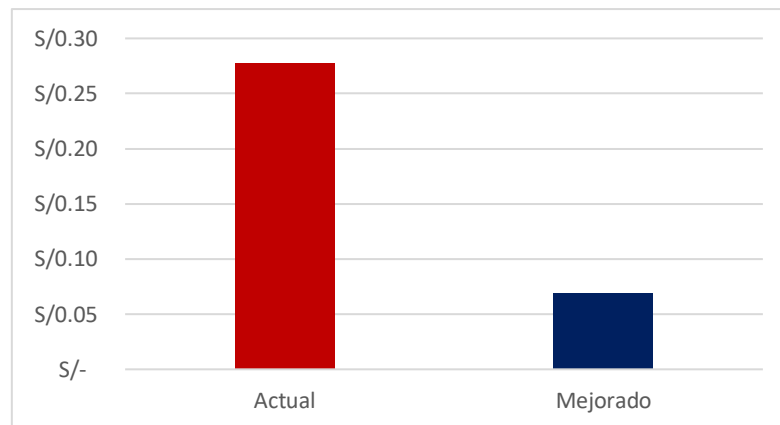


Figura 31. CR3 Costo promedio directo de merma de 1 tabla de capirona

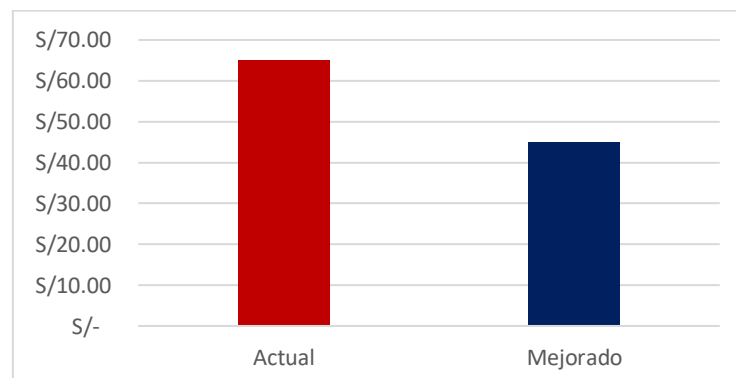


Figura 32. CR4 Layout inapropiado

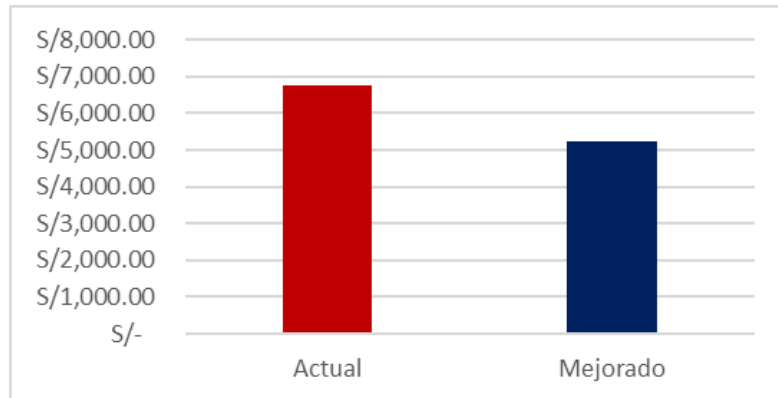


Figura 33. Pérdida por CR5 Deficiente asignación de viajes

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De igual forma que Muñoz (2018), el balance de línea que se realizó en el aserradero, permitió la actualización de la secuencia de actividades, tiempos de ejecución y el nombramiento correcto de algunas de ellas, logrando la disminución del tiempo de ciclo del proceso.

La reducción que logró Muñoz fue de 12%. En el aserradero, motivo del presente estudio, se obtuvo un ahorro de 23%, mientras que el costo de la mano de obra por hora, se redujo en 1.6%.

Barrios y Méndez (2016), recomienda realizar los pedidos de material con la mayor precisión y eficiencia posible con la finalidad de la disminución de tiempos en las operaciones y la reducción de pedidos no conformes.

En la presente tesis, se consideró la necesidad de evaluar el costo de las maderas, teniendo en cuenta la oferta de cada proveedor y, la política de la empresa, de comprar un mínimo de 15 toneladas mensuales, a cada uno, con la finalidad de mantenerse vigente en su lista de clientes y mantener fidelidad.

También se tuvo en consideración la densidad de la madera, que difiere significativamente entre el tornillo y la capirona, con la finalidad de asignar la carga, de modo que no se incurra en falso flete.

Se coincide con Espino (2018), quien analizó la situación actual de su empresa y observó que en el área de producción se dificultaba el desplazamiento de los materiales y operarios entre las estaciones de trabajo.

Luego de ello, definió una nueva distribución en planta mejorando la utilización de sus espacios necesarios, disminuyendo los tiempos de recorrido entre operaciones y con ello también disminuyó el tiempo de fabricación de cada producto.

En la presente tesis, se logró reducir el tiempo de traslado de las maderas, de 65 a 45 metros y con ello, el costo improductivo del traslado, de S/0.116 A S/0.079

En la misma línea, Alva y Paredes que integrar todas las áreas de producción , facilita la eliminación de recorridos.

También, añade que, al lograr reducir los recorridos innecesarios, esperas por dificultad en el transporte y almacenamiento, falta de espacios, retrocesos y otros, se logra reducir los tiempos muertos y en consecuencia, mejorar la utilización de la capacidad instalada.

Pero, algo muy significativo es que permite reducir la fatiga del operador originada por la carga y descarga. Este factor se tuvo en cuenta en la presente tesis, al momento de normalizar el tiempo cronometrado, de las operaciones.

De manera parecida a cómo procedió López (2020), que en su propuesta de mejora uso estudio de tiempos; balance de línea y planeamiento de suministros con MRP, para mejorar el índice de rotación de inventarios. Además, que empleó el método de Westinghouse para normalizar la toma de tiempos y, se consideró los suplementos de OIT por necesidades personales; cansancio físico y por trabajar de pie. También tuvo en cuenta en balance de línea, la demanda promedio.

En la presente tesis, se utilizó estudio de tiempos, pero estos fueron normalizados por la inspección del gerente, quien fue el que evaluó el factor de actuación de los operarios.

Las tolerancias o suplementos, fueron extraídos del manual del OIT y empleados, con la sugerencia del gerente de la empresa.

Se descartó el uso del MRP, pues solo se trataba de dos sku, sin productos en proceso de difícil control.

Alcántara (2016) sostiene que en su empresa, la selección de personal es basada en evaluaciones y la inducción es realizada por las áreas cruciales de la empresa. Añade que el desempeño laboral de los trabajadores de la empresa Zeus es bueno, porque cuentan con las capacidades o los conocimientos necesarios para el tipo de trabajo que desempeñan y su rendimiento laboral es bueno.

Al respecto, en el aserradero, se propone capacitar al personal, en aspectos relativos al proceso de la materia prima, para minimizar los rechazos, producto de la falta de control en la humedad de la madera que se procesa.

A pesar que la madera es suministrada regularmente, con humedad menor a 12%, que es ideal, circunstancialmente se ha trabajado con madera húmeda, generándose problemas de agrietamiento o curvatura de las tablas.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística reduce los costos operativos de un aserradero, en la ciudad de Trujillo en un 4.4% equivalente a S/166,157.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de producción y logística que afectan negativamente a los costos operativos de un aserradero en la ciudad de Trujillo. Estas son: Deficiente asignación de compras, Deficiente asignación de viajes, falta de estudio de tiempos, falta de capacitación y layout inapropiado.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para reducir los costos operativos de un aserradero, en la ciudad de Trujillo, como Solver, Balance de línea,

capacitación y método Muther. El costo por tabla de la capirona, mejorado con la asignación optimizada de compra, se reduciría de S/17.709 a S/17.160, equivalente a 3.1%. El costo por tabla del tornillo la capirona, mejorado con la asignación optimizada de compra, se reduciría de S/25.454 a S/24.968, equivalente a 1.9%. El costo de mano de obra para el habilitado de cada tabla, se redujo de S1.799 a S/1.384, o 23%. El costo del desplazamiento entre máquinas y áreas, se redujo de S/0.116 a S/0.079, equivalente a 32%. El descarte de manera húmeda, por mejor control de proceso y con el eventual uso de la cámara de secado, para las maderas que lo requiriesen, se reduciría de S/0.277 a S/0.069, por tabla. Esto significa un ahorro estimado de 75%. La mejor distribución de la carga entre los trailers, teniendo en consideración la mayor densidad de la capirona, respecto al tornillo, permitirá reducir el falso flete, de S/0.631 a S/0.491 por tabla. Equivalente a 22%.

- La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de un aserradero, es viable económica y financieramente. Esto se demuestra con un VAN de S/13,800. Además, la Tasa Interna de Retorno es 58.98% y el Beneficio/Costo de 1.67, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.67. El retorno de la inversión será en 10 meses.

REFERENCIAS

- Alcántara, R. (2016) en su tesis titulada "Estrategia Integral de Gestión de personas y su relación con el Desempeño Laboral de los trabajadores de la empresa de seguridad ZEUS SECURITY AND SERVICIE S.A.C." producida por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/956>
- Alva, D., & Paredes, D. (2016). *Diseño de la distribución de planta de una fábrica de madera y propuesta de nuevas políticas de gestión de inventarios* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6017/ALVA_DANIEL_PAREDES_DENISSE_DISE%c3%91O_DISTRIBUCI%c3%93N_PLANTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Asociación española de la calidad (AEC, 2019). Matriz de priorización. España.
- Barrios, J., & Méndez, M. (2016). *Propuesta de mejoramiento el proceso de compras, teniendo en cuenta su integración con los procesos comercial y planeación para la empresa ARTPRINT LTDA* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13637/BarriosRodriguezJeffreyMauricio2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- López, K. (2020). *Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, para incrementar la rentabilidad de una empresa de calzado en la ciudad de Trujillo, 2020* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1999380>
- Domenech, J. (2010). Diagrama de Pareto.

Espino, Á. (2018). *La disposición de planta en la fabricación de productos de madera y su relación con la productividad en la empresa derivados de la madera S.R.L.-Cajamarca* (Tesis de Grado).

Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13819/Espino%20Rodr%c3%adguez%20c%81lvaro%20Lizardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO (2019). *La producción mundial de productos madereros registra el mayor aumento de los últimos 70 años*. Recuperado de <https://www.fao.org/news/story/es/item/1256292/icode/>

García, R. (2005). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw-Hill.

Microsoft Office (2019). *Definir y resolver un problema con Solver*. Recuperado de <https://support.office.com/es-es/article/definir-y-resolver-un-problema-con-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>

Muñoz, J. (2018). *Balance de línea para mejorar el flujo de producción de la línea Busstar 360 de la empresa Busscar de Colombia SAS* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/68619/1112767055.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peinado, J. & Reis, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* Centro universitario positivo. Curitiba- Brazil 2007.

Tejada, N.; Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD. 3C Empresa, investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 39-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49>

Universidad Privada Telesup (2017). *Balanceo de Línea y Control de Producción*. Recuperado de

[https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-](https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-)

[control-de-](https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-)

[produccion/#:~:text=El%20objetivo%20fundamental%20de%20un,recursos%20e%20inclu](https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-)

[so%20inversiones%20econ%C3%B3micas](https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-)

Vélez, J. C., Montoya, E. C., & Oliveros, C. E. (1999). *Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café*.

ANEXOS

Anexo 1.
Estudio de tiempos

Estudio de tiempos de operaciones Maderera						
SKU :	s de 8" x 1" x 10'					
	10/12/2020		16/12/2020		22/12/2020	
Muestra	Tableado troza/4		Cepillado de 4 tablas		Garlopeado tabla	
	Tiempo (Min)	t ²	Tiempo (Min)	t ²	Tiempo (Min)	t ²
1	12	144	14	196	10	100
2	11	121	12	144	9	81
3	13	169	13	169	9	81
4	12	144	12	144	11	121
5	10	100	13	169	8	64
6	13	169	14	196	10	100
7	12	144	13	169	9	81
8	11	121	11	121	9	81
9	10	100	13	169	9	81
10	13	169	12	144	8	64
Sumatoria	117	1,381	127	1,621	92	854
Media	11.70		12.70		9.20	
σ	1.16		0.95		0.00	
Muestra	14		8		14	
Valoración del esfuerzo						
% actuación	90%		90%		90%	
Tpo Normal	10.53	seg	11.43	seg	8.28	seg
Suplementos						
Fatiga	5%		5%		5%	
Necesidades	4%		4%		4%	
Posición	2%		2%		2%	
Total	11%		11%		11%	
Tiempo Std /4 tablas	11.7 minutos		12.7 minutos		9.2 minutos	
	0.19 Horas		0.21 Horas		0.15 Horas	
Tiempo Std/tabla de 8" x 1" x 10'	2.922 minutos		3.172 minutos		2.298 minutos	
	0.049 Horas		0.053 Horas		0.038 Horas	

Anexo 2.
Defectos de la madera



Fuente : ecured.cu

Anexo 3.
Cámara de secado

Industrial woodworking drying machine wood timber board log kiln dryer oven processing equipment

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$5,000.00 - \$8,000.00 / Set | 1 Set/Sets (Min. Order)

SUPER SEPTEMBER • Super September 2021 selected products

Model Number: DR64

Lead Time:

Quantity(Sets)	1 - 1	>1
----------------	-------	----

Anexo 4.

Llenado de cámara de secado de madera



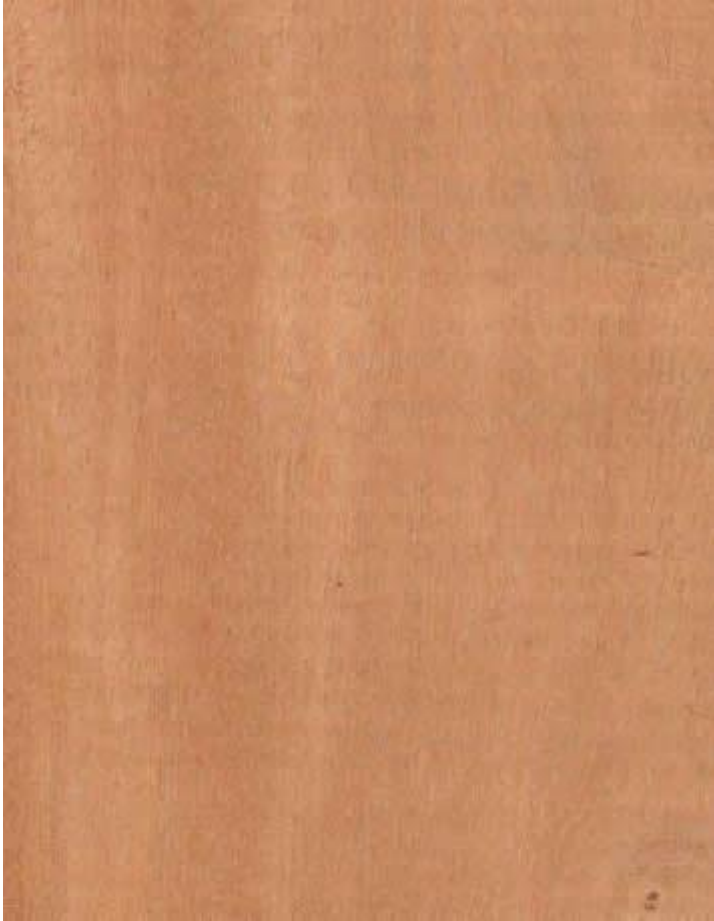
Anexo 5.

Tornillo



Fuente : altomaranon.com.pe

Anexo 6.
Capiroña amarilla



Fuente : altomaranon.com.pe