

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA, PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS DE UNA FABRICA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Jose Rodrigo Alfaro Minchola

Jorge Andoni Diaz Garcia

Asesor:

Mg. Oscar Alberto Goicochea Ramirez

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional. A Regina Minchola, mi madre, por su apoyo incondicional y motivación a lo largo de todos mis años de estudio. A mi padre, José Alfaro, que, a pesar de no estar de manera presencial, siempre siento que estás conmigo y este momento hubiera sido tan especial para ti, lobito. Agradecerles a ambos el esfuerzo que hicieron a lo largo de mi carrera universitaria.

Rodrigo Alfaro Minchola

A mis familiares, a mis padres, Koky & Socorro, les debo tanto, sé que sin Uds. no hubiese podido forjarme como un profesional, y les agradezco por su eterno amor, paciencia, sus valiosos consejos, a mis hijos Gino & Gaela, que son mi más grande orgullo, fueron y serán siempre mi motivación para salir adelante. Y especialmente a mi madre, que se encuentra en el cielo siempre iluminándome, sé lo contenta que debes estar por cada paso, y logro que doy en esta vida.

Andoni Diaz García

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis hermanos y demás familia, quienes siempre están dispuestos a escucharme y apoyarme en lo que yo necesite, me brindaron palabras de apoyo y motivación para seguir avanzando en mi vida profesional.

De igual manera, agradezco a mi asesor de tesis Oscar Goicochea, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Rodrigo Alfaro Minchola

Agradezco a Dios por darme la vida y guiar mis pasos, en todo lo que realizo, a mis familiares por siempre creer en mí, a esas personas que estuvieron conmigo para motivarme, a mis maestros, compañeros de la universidad, al Ing. Oscar Goicochea, por su apoyo en este trabajo, y a la empresa Inversiones ESTANS, por permitirnos realizar nuestro trabajo de investigación.

Andoni Díaz García

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	I
AGRADEDIMIENTO .....	II
INDICE DE TABLAS .....	IV
INDICE DE FIGURAS .....	V
INDICE DE ANEXOS .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad problemática .....	1
Técnica de estudio de tiempo .....	19
1.2. Formulación del problema .....	36
1.3. Objetivos .....	36
1.4. Hipótesis .....	36
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	39
2.1. Tipo de investigación .....	39
2.2. Población y Muestra .....	39
2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos .....	39
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	42
2.5. Procedimiento .....	43
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	91
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	96
REFERENCIAS .....	99
ANEXOS .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de análisis de defectos en un calzado .....	15
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	38
Tabla 3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos .....	39
Tabla 4. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos .....	42
Tabla 5. Principales proveedores .....	46
Tabla 6. Principales clientes .....	46
Tabla 7. FODA de la empresa .....	47
Tabla 8. Priorización por impacto económico .....	50
Tabla 9. Matriz de indicadores .....	51
Tabla 10. Matriz de distancias y frecuencias de traslado.....	54
Tabla 11. Recorrido actual para confeccionar estantes.....	55
Tabla 12. Características de LPG vs GN .....	56
Tabla 13. Cálculo de pérdidas de calor actual en horno .....	57
Tabla 14. Costo de desplazamiento por estante fabricado .....	59
Tabla 15. Compras reactivas de materiales .....	60
Tabla 16. Costeo de LPG por estante .....	61
Tabla 17. Monetización sobre costo del aislamiento deficiente del horno .....	62
Tabla 18. Resumen costo del consumo de LPG .....	63
Tabla 19. Índice de producción .....	65
Tabla 20. Balance de línea.....	66
Tabla 21. Iteración 1 del balance de línea .....	67
Tabla 22. Iteración 2 del balance de línea .....	68
Tabla 23. Iteración 3 del balance de línea .....	69
Tabla 24. Resumen de balance de línea.....	69
Tabla 25. Matriz de desplazamientos .....	73
Tabla 26. Resumen de recorrido con layout propuesto .....	74
Tabla 27. Lista de materiales .....	75
Tabla 28. Cálculo de horas-hombre.....	75
Tabla 29. Plan maestro .....	76
Tabla 30. Plan de requerimientos del sku Estans .....	77
Tabla 31. Planeamiento de requerimientos de planchas de 1200 x 2400 x 1/32 .....	78
Tabla 32. Planeamiento de requerimientos de planchas de 1200 x 2400 x 1.5 mm .....	79
Tabla 33. Planeamiento de requerimientos de pernos de ¼ x 1 caja x 50 .....	80
Tabla 34. Planeamiento de requerimientos de pintura al horno, galón .....	81
Tabla 35. Planeamiento de requerimientos de thinner, galón .....	82
Tabla 36. Lanzamiento de órdenes de aprovechamiento.....	83
Tabla 37. Tabla comparativa de costo LPG vs GN .....	86
Tabla 38. Costo de fuga de calor con la propuesta .....	87
Tabla 39. Resumen beneficio de la causa raíz 4.....	88
Tabla 40. Flujo de caja de la propuesta de mejora.....	89
Tabla 41. Estado de resultados .....	90
Tabla 42. Costo actual de un estante Estans .....	91
Tabla 43. Costo con la propuesta de mejora de un estante Estans.....	92
Tabla 44. Planilla de mano de obra .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de muebles metálicos en el sector metalmeccánico del Perú .....	5
Figura 2. Participación en la facturación de los SKU.....	6
Figura 3. Diagrama de Pareto .....	13
Figura 4. Selección de causas más relevantes .....	16
Figura 5. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa .....	17
Figura 6. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa.....	18
Figura 7. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto.....	19
Figura 8. Colocación de actividades en CORELAP .....	33
Figura 9. Procedimiento de investigación .....	43
Figura 10. Organigrama.....	44
Figura 11. Layout actual.....	45
Figura 12. Mapa de procesos.....	47
Figura 13. Diagrama de actividades del proceso .....	48
Figura 14. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa.....	49
Figura 15. Pareto de causas raíz de la problemática .....	50
Figura 16. Layout y diagrama de recorrido para la confección de estantes .....	53
Figura 17. Instalación actual de LPG .....	61
Figura 18. Esquema general de la propuesta .....	63
Figura 19. DOP de producción de un estante modelo Estans .....	64
Figura 20. Gantt del proceso para confeccionar los 350 estantes .....	70
Figura 21. Matriz triangular de Muther .....	71
Figura 22. Diagrama de hexágonos de Muther.....	71
Figura 23. Layout propuesto.....	72
Figura 24. Diseño de estante Estans .....	74
Figura 25. Instalación domiciliaria de GN .....	84
Figura 26. Canalización del gas en La Esperanza .....	85
Figura 27. Reparación de aislamiento de hornos aislamiento de horno .....	86
Figura 28. Costo de producción por estante .....	93
Figura 29. Costo de mano de obra por estante.....	94
Figura 30. Costo del desplazamiento entre máquinas.....	94
Figura 31. Costo de reactivo por estante .....	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estudio de tiempos.....	102
Anexo 2. MRP.....	104

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística de una fábrica de estructuras metálicas, en la ciudad de Trujillo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para reducir sus costos operativos, ya sean por: Deficiente uso de mano de obra. Layout deficiente, deficiente gestión de compra e inapropiada fuente energética. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de peso posicional, estudio de tiempos, balance de línea, método de Muther, Corelap, termodinámica y MRP, 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 cuatro. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial, implementando dichas mejoras, se obtendría una ganancia total de S/12,131, de las cuales, al aplicar peso posicional se obtuvo un beneficio de S/9,216, al emplear Muther, un beneficio de S/113.40, al aplicar MRP, un beneficio de S/387 y al emplear Termodinámica, un beneficio de S/2,414.89. Asimismo, se redujeron los costos operativos en un 14.43% es decir, en S/110,767. Implementando dichas mejoras, se redujo el costo operativo de S/553,013 a S/509,960. El VAN fue S/2,306. El TIR, 87.05%; El Beneficio-Costo 1.54 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

**Palabras clave:** producción, logística, costos operativos, estructuras metálicas y Muther



## ABSTRACT

The general objective of this work is to apply the proposal for improvement in the production and logistics management of a metal structures factory, in the city of Trujillo, through the use of industrial engineering tools to reduce operating costs, either due to: Poor use of labor. Poor layout, poor purchasing management and inappropriate energy source. Once the problem, objectives, hypotheses and variables were raised, positional weight, time study, line balance, Muther's method, Corelap, thermodynamics and MRP were used, said improvement proposals were applied to each of the root causes that presented the company using the Ishikawa diagram, focusing on those that have the greatest impact on the company's operating costs with a total of four. The improvement proposals were based on the implementation of industrial engineering tools, implementing said improvements, a total gain of S / 12,131 would be obtained, of which, by applying positional weight, a benefit of S / 9,216 was obtained, when using Muther, a benefit of S / 113.40, when applying MRP, a benefit of S / 387 and when using Thermodynamics, a benefit of S / 2,414.89. Likewise, operating costs were reduced by 14.43%, that is, by S / 110,767. By implementing these improvements, the operating cost was reduced from S / 553,013 to S / 509,960. The NPV was S / 2,306. The IRR, 87.05%; The Benefit-Cost 1.54 and the Period of Return on Investment (PRI), 6 months. These indicators demonstrate the suitability of the proposal.

**Palabras clave:** production, logistics, operating costs, metallic structures and Muther

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel Internacional, la industria de manufactura tiene gran competitividad debido a sus costos, que se reducen debido a la innovación tecnológica de las industrias y la actualización en sus procesos.

De acuerdo con el análisis, basado en las respuestas de más de 500 directores, ejecutivos y altos directivos de compañías manufactureras alrededor del mundo, la competitividad en la manufactura se incrementará en los próximos cuatro años, entre otros factores, por los bajos costos de producción, la cercanía con Estados Unidos, un buen control monetario, la inversión extranjera directa, así como las regulaciones en salud y seguridad que brindan ventajas a la industria. Según proyecciones, indican que Estados Unidos se convertirá en la nación manufacturera más competitiva del mundo, mientras que China, líder actual, se colocará en la segunda posición y México avanzará del octavo al séptimo sitio (Nieblas, 2016)

Hoy en día la industria metalmecánica representa cerca de 16% del PIB industrial en América Latina, da empleo a 4.1 millones de personas en forma directa y 19.7 millones de forma indirecta. Tiene además una importante participación en el total de las exportaciones realizadas en la región, tan sólo en México representa 57% del total exportado.

Por países, en Argentina representó 17.0% del valor bruto de la producción en 2013; en Brasil fue 27.0% del valor agregado manufacturero en 2012; para Colombia significó 10.4% del valor agregado en el sector manufacturero en

2012; y en México fue 31.0% del valor agregado manufacturero en 2012, de acuerdo con datos de la Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero, 2017).

Sin embargo, en las últimas décadas, América Latina se ha tenido que enfrentar a dos retos importantes en su proceso de desarrollo económico: por un lado, la apertura de sus mercados y, por otro, la irrupción de China en la competencia global, lo que ha llevado a un proceso de desindustrialización.

La participación de la industria en el PIB de la región ha caído de 17.1% en el año 2000 a 12.1% en 2012, y “nos hemos convertido en importadores de manufacturas sobre todo desde China. En el caso de la metalmecánica es todavía más dramático, el flujo con China está en una proporción de 30 a 1” (Alacero, 2017).

El diseño y fabricación de anaqueles, góndolas y/o estantes metálicos, está presente en el mercado desde hace muchos años atrás, que son utilizados como mostradores para exhibir productos, distribuirlos, clasificarlos, etc. Siendo así los principales clientes las grandes y pequeñas empresas, cómo: ferreterías, farmacias, supermercados, bodegas, almacenes, y tiendas de otros tipos (Alcántara, 2015).

Un ejemplo de las más grandes empresas dedicadas al rubro de fabricación de góndolas y estantes es la PM LA PIEDAD ubicada en la ciudad de Guadalajara en México, dicha empresa no solo hace envíos a cualquier parte de México, sino también a EE.UU y algunos países Latinoamericanos que importan sus productos.

A nivel nacional algunas de las empresas que abarcan el mercado son ESMETALIC S.A.C que además de estantes y góndolas se dedica también a la fabricación de lockers, separadores y todo tipo de estructuras metálicas necesarias para hacer los equipamientos en almacén. Otra gran empresa a nivel nacional es El GRUPO FORT PERÚ, que se dedica además a la fabricación de anaqueles, racks, casilleros metálicos, armarios metálicos, entre otros, que son usados para el almacenaje, exhibición, y promoción de productos desde los que son usados en los grandes almacenes de distribución hasta lo usados en las pequeñas y medianas empresas.

Este desempeño negativo de la actividad exportadora del sector manufactura se debe a la disminución en la demanda de productos en los sectores de textiles (-6,7%), siderometalúrgico (-13,6%) y minería no metálica (-8,1%). Sin embargo, las industrias de metalmecánica y química lograron recuperarse de la caída que experimentaron en el 2013, al registrar un crecimiento de 6,7% y 0,3%, respectivamente.

Las exportaciones de este sector ascendieron a US\$ 589 millones, valor que representó un crecimiento de 6,7% en relación al año 2013. Esto se explica por el incremento en las exportaciones de cargadoras y palas cargadoras de carga frontal, vehículos automóviles para el transporte de más de 16 personas y tapones para envases de metal común, entre otros. Según Promperú, en el 2014 exportaron 2 117 empresas, 14 empresas más que las registradas en el periodo anterior. De estas, 1 718 fueron micro, 300 pequeñas, 91 medianas y 8 grandes empresas. Asimismo, el 58,0% de las exportaciones se realizaron a través de

medianas y pequeñas empresas, exportando un valor de US\$ 247 millones y US\$ 93 millones, respectivamente.

Metalmecánica: las exportaciones de este sector ascendieron a US\$ 534,9 millones, valor que representó una disminución en 9,2% con relación al año 2014. Este comportamiento se debe a una reducción importante en las ventas externas, en los mercados tales como Ecuador (-41,6%) por las menores exportaciones de alambre de cobre refinado, Bolivia (-11,4%) por perfiles de hierro y acero, Brasil (-29,2%) por alambre de cobre refinado y Colombia (-7,9%) por alambre de cobre refinado y aleaciones de zinc (Ministerio de la Producción, 2014).

El Sector Manufacturero participa en la composición del PBI nacional con el 13%, constituyéndose como el segundo sector más grande en la economía nacional. En relación al mercado laboral, este sector concentra 9.5% del total de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada y cuenta además con más de 85 mil empresas concentradas en Lima principalmente (Ministerio de la Producción, 2015).

Las cinco principales actividades de la industria manufacturera, en su conjunto representan el 65% del valor agregado bruto (VAB) del sector manufacturero, siendo estas las siguientes:

La industria de metales comunes, si bien presenta un leve descenso (-1.3%) en el VAB entre los años 2007 y 2016, es uno de los pilares de la manufactura nacional, debido a su estrecha relación con el sector minero, pues este último es

el encargado de proveer de materia prima. Esta actividad genera más de 11 mil puestos de trabajo directo anualmente (Ministerio de la Producción, 2015).

Dentro del sector metal mecánico del Perú, la producción de muebles metálicos, tiene una importante presencia en los montos de dinero generados (Ministerio de la Producción, 2016).



*Figura 1.* Participación de muebles metálicos en el sector metalmeccánico del Perú

El presente trabajo de investigación se realiza en la empresa Inversiones Estans S.A.C es una empresa ubicada en la ciudad de Trujillo, con RUC: 20602081444, dedicada a la fabricación de paneles y ángulos ranurados con sus marcas “ESTANSA” y “VIALSA”, para distintos sistemas de almacenaje de carga liviana y semi-pesada, como estantes, anaqueles y/o góndolas exhibidoras.

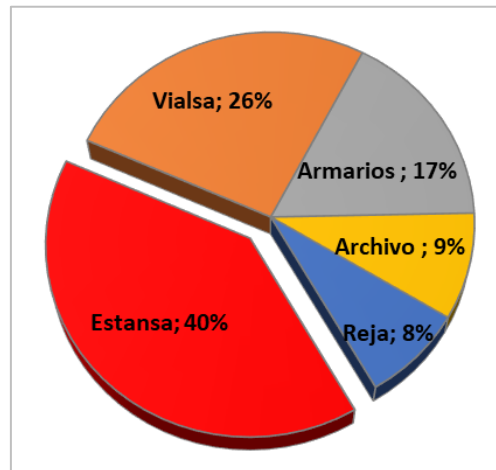


Figura 2. Participación en la facturación de los SKU

El producto de mayor participación en su facturación es el estante Estans, motivo por el que ha sido escogido para esta investigación.

Actualmente, al no haberse realizado un estudio de tiempos, la asignación de mano de obra es empírica. El promedio mensual de estantes fabricados, del modelo Estans es 350 y para ello, basándose en la experiencia, disponen siete operarios, que deben cumplir con esa tarea en cinco días.

Considerando que el jornal promedio horario es S/6.00, el costo de mano de obra por estante Estans es, S/4.80

El proceso empieza cuando se lleva la plancha laminada en frío a la mesa de corte, donde una guillotina mecánica la corta a lo ancho, en segmentos.

Luego la prensa troqueladora picadora de 20 toneladas, es la que se encarga de darle un corte en las esquinas del pre-panel para poder hacer luego el doblez frontal, y a su vez agujerear para que pueda ser empernado como anaquel.

A continuación, la prensa estampadora de 30 toneladas, imprime en relieve las marca de los *sku*.

Posteriormente la dobladora manual, dobla la plancha por la parte lateral obteniendo casi la forma final del panel. Seguidamente, con una dobladora manual lateral, del mismo modo que la dobladora anterior, se ingresa el retazo de la plancha y se dobla la parte frontal, aquí ya se obtiene la forma final del panel.

Seguidamente, se pintan con la técnica de inmersión, para que la pintura, cubra de manera uniforme la superficie.

Una vez pintado y secados, los paneles ingresan al horno a gas de 2.30 m x 1.41 m x 2.6 m, dotado de un quemador de 50,000 BTU/Hora , que hace que la pintura se cristalice y adquiera su acabado final.

El combustible utilizado es gas propano, que lo adquieren en bidones de 10 kilos. Con el último incremento en el precio de este hidrocarburo, el costo de hornear los estantes es S/0.784 por unidad.

El gas licuado de petróleo, es más denso que el aire y cuando suceden fugas, es muy peligroso, pues se acumula, de manera rastrera y puede causar accidentes.

El año pasado, sucedió un percance, cuando un tanque muy antiguo y en mal estado, tuvo fuga, que con las chispas que generan las máquinas, causo un amago de fuego, felizmente sin mayores complicaciones.

Otro aspecto deficiente respecto al sistema energético, lo constituye el mal aislamiento del antiguo horno de secado. Nunca fue reparado y la lana de vidrio que le sirve de aislante, se ha descompactado y permite fugas de calor. Esto se percibe al tocar las paredes externas del horno metálico, que se sienten demasiado calientes.



La temperatura que se registra es hasta 48°C. Un buen aislamiento, debe determinar que la temperatura externa de una máquina térmica, no registre más de 5°C, respecto a la temperatura ambiente.

Esta deficiencia, además de ser un foco de inseguridad, también lo es de mayor consumo de combustible.

La disposición de las máquinas, no ha sido realizada técnicamente, priorizando el nivel de interacción entre ellas, de modo que se realiza un desplazamiento excesivo. Actualmente, repiten aproximadamente en cinco oportunidades, un recorrido de 6,140 metros, durante el tiempo que les toma fabricar los 350 estantes.

El proceso de producción es relativamente sencillo, pero ello no debería ser motivo para que se esté obviando la capacitación. Más aun, cuando este servicio, lo brindan muchas empresas locales a precios cómodos.

El sobre costo por reprocesos, debido a errores en el proceso, específicamente de pintura y horneado, es de S/0.016.

Aunque en muy escasas ocasiones han tenido que recurrir a compras reactivas, por rotura de stocks de materiales, por una deficiente gestión de inventarios, se entiende que es necesario sistematizarla, para evitar que el problema pueda llevarlos a afrontar incumplimiento de órdenes de compra.

El promedio anual de compras reactivas, para estos estantes, es S/516, generando un sobre costo prorrateado por cada estante Estans, de S/0.123.

Por el mismo concepto, pero más específicamente, por no mantener el *kardex* debidamente actualizado, han tenido que descartar 1 galón de pintura, que se reseco por obsolescencia y dos cajas de pernos, que se enmohecieron.

El sobre costo prorrateado de esta deficiencia fue S/0.016, por cada estante Estans.

### 1.1.1 Antecedentes

#### Antecedentes internacionales

Cabrera (2016) en su tesis “Estudio para la estandarización de métodos de trabajo y tiempos de producción en la empresa de muebles modulares metálicos para oficinas “Rueda Cabrera Cia. Ltda.”, de la ciudad de Quito. Tesis para optar el título de ingeniero industrial y de procesos. Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.

aplicó Ingeniería de Métodos, con sus herramientas Estudio de Tiempos y diagramas de recorrido que le permitieron registrar información como distancias, tiempos, equipos, herramientas, materiales, secuencias cronológicas de actividades, recorridos y de esta manera se estandarizaron dichos procesos con sus respectivos Tiempos Estándar.

La aplicación del Estudio de Tiempos permitió determinar el tiempo justo para desempeñar las funciones del proceso y así poder calcular el costo por unidad. Con la implementación de los diagramas de Ingeniería de Métodos y el programa para estudio de tiempos, la empresa cuenta con los lineamientos para estandarizar todos sus procesos productivos e identificar los cuellos de botella donde se puedan plantear propuestas de mejora.

Burbano (2017), en su tesis “Diseño optimizado de distribución en planta, de una pyme fabricante de muebles metálicos, polímeros termoformados y mixtos”. Tesis para optar el grado de ingeniero en diseño industrial. Universidad central del Ecuador, sostiene que Mediante la utilización de los cursogramas analíticos se identificó el óptimo recorrido de material para la fabricación de los siete tipos de productos que se pueden fabricar en la empresa y con el respectivo tiempo de las actividades y tiempo de transporte.

Se verificó que las dimensiones satisfacen el espacio necesario para la ubicación de la maquinaria y espacio para tránsito de personas y de material; así como también está previsto de espacio para futuras expansiones.

Los lugares de cada proceso están ubicados de manera que optimizan el flujo continuo de material de acuerdo a la absoluta cercanía de los procesos. Con ayuda de la tabla y del diagrama de relación de actividades se diseñó el óptimo recorrido de material disminuyendo el tiempo de cuello de botella del proceso de metalmecánica.

### **Antecedentes nacionales**

Sánchez (2019), en sus tesis “Propuesta de mejora en el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa edificaciones metálicas Savi S.A.C. para incrementar su productividad”. Tesis para obtener el grado de ingeniero industrial, por la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo”. Chiclayo, Perú, manifiesta que el principal problema era la baja productividad, debido a la falta de estandarización de tiempos, la línea de producción de desbalanceada, demoras en espera de materiales, transportes excesivos y la sobrecarga de actividades al operario respectivo en la estación cuello de botella.

Su propuesta de propuesta de mejora incluye una redistribución de la planta con el objetivo de reducir transportes largos. También la estandarización de tiempos y el balance de líneas,

Morocho (2019), en su tesis “Propuesta de mejora del proceso productivo de muebles de melanina en la empresa fabricaciones metálicas Fametal S.A.C. para aumentar la rentabilidad” Tesis para obtener el grado de ingeniero industrial, por la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo”. Chiclayo, Perú, estandarizó el método de producción a través de la asignación de procedimientos a los operarios y el uso de tiempos estándar.

Disminuyó los cruces en el flujo de material, redistribuyendo la planta y eliminó el acumulamiento de material en proceso, con el balance de línea.

#### **Antecedentes locales**

Cruz (2017) En su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad, para reducir los costos operativos de la empresa Estructuras metálicas Virgen de la Puerta” Trujillo., expone que, con el estudio de tiempos, pudo tomar decisiones que le permitieron reducir a la mitad los tiempos improductivos y con el uso del MRP, redujo los costos administrativos del abastecimiento en 40%.

Benites (2018), en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y de mantenimiento preventivo, para incrementar la rentabilidad de la panificadora Panoti S.R.L”, manifiesta que el horno de producción había perdido aislamiento, como consecuencia natural del tiempo y condiciones severas en las que opera. Esta pérdida que era evidente al estar las paredes del horno muy calientes, la calculó con fórmula termodinámica de *Stefan-Boltzmann* en 8,893 BTU/hora. Considerando que el calor que genera la quema de 1 galón de

combustible Diésel es 136,567 BTU/Hora, y el costo del galón de Diésel 2 es S/12, la corrección de esta deficiencia, con la reparación del horno y cambio del aislamiento de 2” por otro de 4”, será de S/2,811 anuales.

### **1.1.2 Bases teóricas**

#### **Metodología de Pareto**

Perrin (2008) en su libro “Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies”, menciona que la metodología de Pareto está basada en un método gráfico que ayuda a definir las causas más importantes de una situación en particular y por tanto las prioridades de acción a seguir. El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.

9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico. Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores, su interpretación se lleva de la siguiente manera: "existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos. La figura 6, representa un Diagrama de Pareto en el que se observa que el 20 % de la línea de productos ofrecidos son los que generan la facturación del 80% de las ventas.

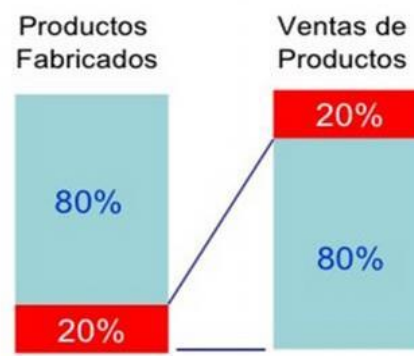


Figura 3. Diagrama de Pareto

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

El análisis de Pareto es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

1. Las “Pocas Vitales”: Elementos muy importantes en su contribución
2. Los Muchos Triviales: Elementos de contribución poco importante

### **- Características de la Metodología de Pareto**

Entre las características de la Metodología de Pareto podemos mencionar:

1. Priorización: Identifica los procesos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo
2. Unificación de Criterios: Enfoca o dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común
3. Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

### **Construcción del Diagrama de Pareto**

Para la construcción del Diagrama de Pareto son necesarios los siguientes elementos:

1. Un efecto cuantificado y medible: Sobre el que se quiere priorizar (Costos, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.)
2. Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas productivos, servicios, etc.)
3. La Magnitud de la contribución de cada elemento factor al efecto total.

Todos estos datos bien existan o bien haya que recolectarlos deberán ser:

- Objetivos: Es decir basados en hechos, no en opiniones

- Consistentes: Debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyente y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
- Representativos: Deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
- Verosímiles: Evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para toma de decisiones, si no se crean los datos, no apoyarán las decisiones.

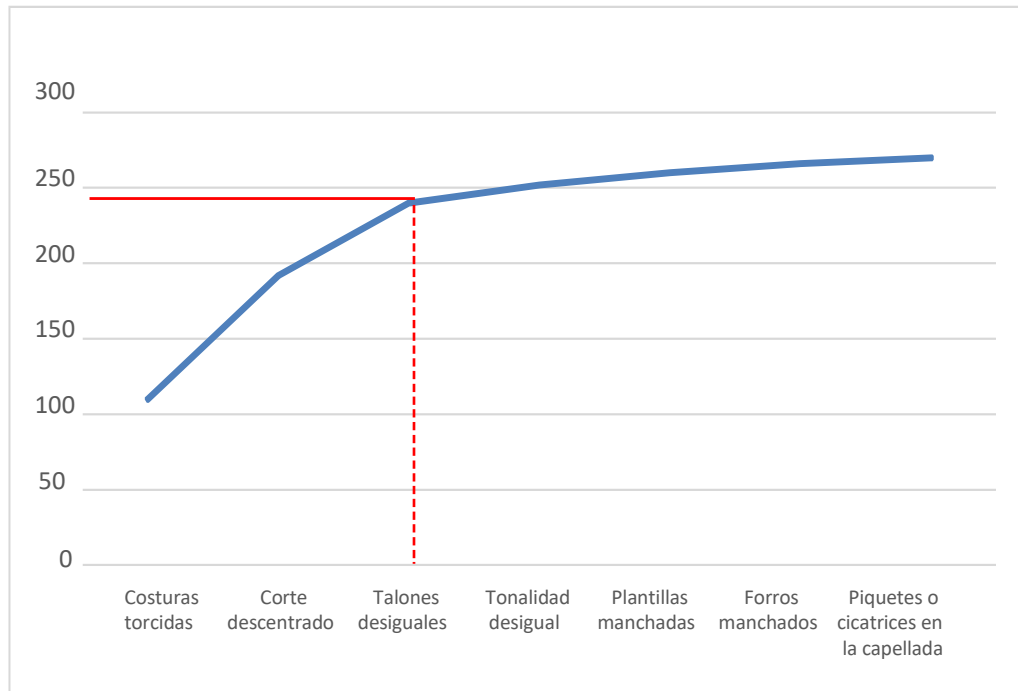
Como ejemplos de la metodología de análisis se muestra una Tabla de Conteo para el caso de análisis de defectos en una empresa de fabricación de calzado. La Tabla nos muestra los tipos de defectos más comunes y ordenados por su porcentaje de contribución.

Tabla 1.  
*Ejemplo de análisis de defectos en un calzado*

Tipo de defecto	Número de defectos	Porcentaje Total	Total acumulado de	Porcentaje
Costuras torcidas	110	40.74%	110	40.74%
Corte descentrado	82	30.37%	192	71.11%
Talones desiguales	48	17.78%	240	88.89%
Tonalidad desigual	12	4.44%	252	93.33%
Plantillas manchadas	8	2.96%	260	96.30%
Forros manchados	6	2.22%	266	98.52%
Piquetes o cicatrices en la capellada	4	1.48%	270	100.00%
TOTAL	270			

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)





*Figura 4.* Selección de causas más relevantes

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

En la figura 4, se presenta el gráfico de selección de causas más relevantes para el ejemplo presentado. Se puede apreciar que los tres tipos de defecto que se pueden considerar como “Pocas Vitales”, generan el 89% de defectos en la fabricación de un calzado.

### **Metodología Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

#### **- Elementos del diagrama de Ishikawa**

Los elementos que estructuran un Diagrama de Causa – Efecto son:

1. El Problema

2. Causas Mayores: Considerados como Variables Críticas
3. Causas Menores: Causas que inciden sobre las variables críticas
4. Sub Causas: Las que inciden sobre las causas menores

#### **- Construcción del Diagrama de Ishikawa**

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el "efecto" del lado derecho.



*Figura 5.* Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.



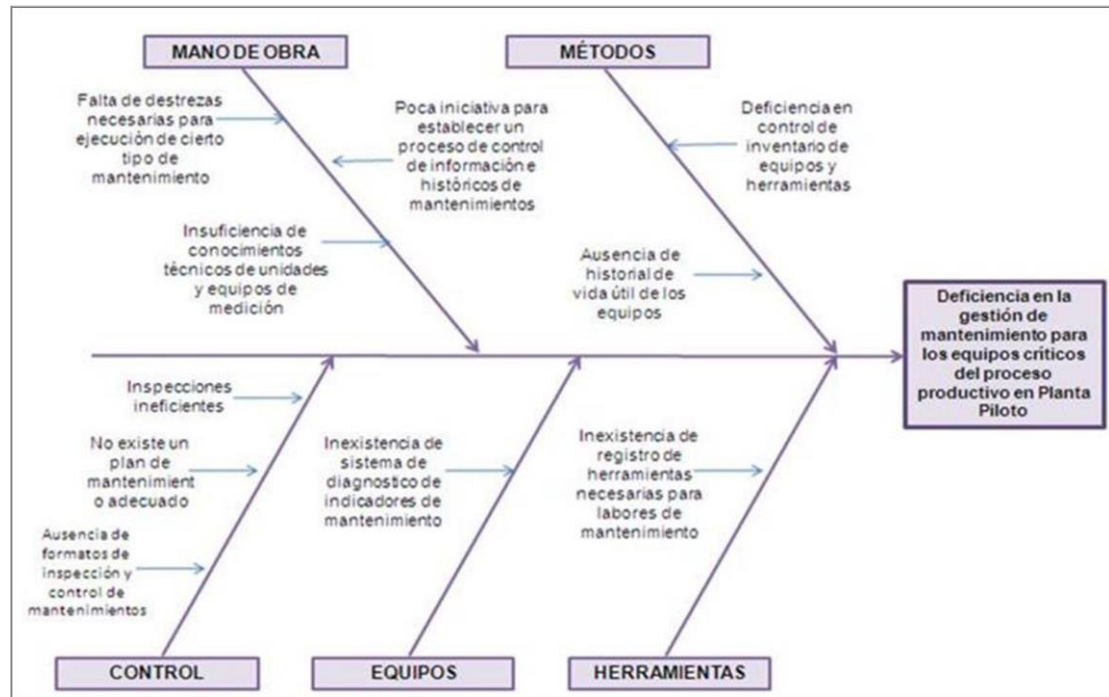


Figura 7. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto

Fuente. Diseño modelo de gestión de mantenimiento equipos críticos, Ing. Iván Turmero  
Astros (2013)

### Relación entre los Métodos de Pareto e Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa en primer lugar permite clasificar los defectos y priorizarlos. Una vez priorizados los defectos se procede a realizar un Diagrama de Pareto de causas, el cual nos ayuda a procesar la causa o causas que representan u originan el 80% de los problemas o incidencias.

### Técnica de estudio de tiempo

Según Niebel (2010), en su libro Ingeniería industrial, estudio de tiempos y movimientos, manifiesta que el estudio de tiempos es un arte y una ciencia. A fin de asegurarse el éxito en este terreno, el analista debe desarrollar el arte de inspirar confianza, ejercitar su juicio y crear un trato caballeroso hacia todos los que se ponen en contacto con él. Además, es esencial que su experiencia y entrenamiento hayan sido tales, que pueda comprender en todo su alcance y llevar a cabo diversas funciones relacionadas con cada etapa del estudio. Estos elementos incluyen la

selección del operario, el análisis del trabajo y la división del mismo, en elementos, anotación de los Valores de los elementos transcurridos, calificación de la actuación del operario, asignación de las tolerancias que se ponen en contacto con él.

Según Caso (2006) “es una técnica de medida del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, realizada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar una tarea de acuerdo con una norma de ejecución preestablecida”.

Su objetivo es registrar los tiempos empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronometro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (Baca, 2013).

El estudio de tiempo con cronómetro suele constar de los siguientes pasos:

- Obtener y registrar toda la información que se disponga acerca de la tarea a medir, del operario y de las condiciones de trabajo que puedan influir en el desempeño de la misma.
  - Dividir la operación en elementos, describiendo y registrando el método de ejecución.
  - Determinar el tamaño de la muestra, asegurándose que se está utilizando el mejor posible para su ejecución por el operario.
  - Medir el tiempo que tarda el trabajador en completar cada elemento
- Al mismo tiempo que lo anterior, valorar el ritmo o la actividad con que el operario realiza la operación.
- Calcular el tiempo básico

- Determinar los suplementos que hay que aplicar
- Calcular el tiempo tipo de la operación

### **Balance de línea**

Según Niebel (2010), el problema de determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse a una producción en línea, es análogo al problema del número de trabajadores que deben asignarse a una máquina, en donde se recomendó el uso del diagrama de proceso en grupo. Tal vez, la situación más elemental de balanceamiento de línea, la que se encuentra por todas partes, es en donde varios operarios, cada uno llevando operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad. En tal situación es obvio que la velocidad de producción, a través de la línea, depende del operador más lento.

Según Rau (2012), el balance de línea es un método que se asienta en la sincronización de un grupo de puestos y estaciones de trabajo con el fin de nivelar sus cargas. Este método consiste en disminuir tiempos de esperas e inventarios en procesos, recortar las esperas por recibir trabajo de un puesto precedente, reducir los inventarios en el proceso (acumulación entre puestos) y eliminar cuellos de botella.

### **Objetivos del Balanceo de líneas:**

- El principal objetivo es asignar una carga de trabajo entre diferentes estaciones o centros de trabajo que busca una línea de producción balanceada (carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo requerimientos de producción).
- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.

- Sistema de pago por productividad.
- Para poder llevar acabo la aplicación de balance de línea en primer lugar se debe de conocer los siguientes indicadores:

### **Distribución de planta**

Núñez (2014) plantea que “la distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.”

Domínguez (1995) define a la distribución de planta como “el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”. El mismo autor plantea cuatro objetivos básicos que debe conseguir una buena distribución de planta, los cuales son:

- Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que funcione como una comunidad de objetivos.

- Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc.
- Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.
- Adaptar la distribución de planta a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que aconsejable la adopción de distribuciones flexibles. Las decisiones sobre distribución de planta son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia de las operaciones a largo plazo.

Heizer (2007), manifiesta que el layout de las operaciones tiene muchas implicaciones estratégicas, ya que “establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen”. Además, el autor dice que el objetivo principal de la estrategia de la distribución de planta es “desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa”.

Chase (2009), plantea que “las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva”. Además, plantea que el objetivo principal “es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una



organización de servicios)”. “El objetivo principal de la distribución eficaz de una planta consiste en desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere ya bajo costo.”

Niebel (2010) plantea que la distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción que incluye tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, enrutamiento y despacho. Todos estos elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido. “El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, más que cualquiera otra decisión corporativa importante. La calidad y el costo del producto y, por tanto, la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación.”

Meyers (2006) plantea que el diseño de instalaciones de manufactura se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. El diseño de instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. Los autores anteriormente expuestos llegan a las mismas conclusiones sobre la distribución de planta, la cual se debe realizar de una forma que: disminuya la circulación del material o del producto o de las personas según sea enfoque, utilizar de forma óptima el espacio de las instalaciones y se pueda cambiar ante cualquier eventualidad. Además, mencionan que una correcta distribución de la planta se

traduce en un lugar seguro y grato para el trabajador, y, además, una reducción de costos operacionales.

### **Factores que influyen en la selección de la distribución de planta**

Domínguez (1995). Al realizar una buena distribución de planta es necesario conocer todos los factores implicados y además las relaciones entre ellos, la influencia e importancia de éstos pueden variar con cada organización y situación en específico.

En cualquier caso, la distribución de planta debe equilibrar las características y consideraciones de cada factor, obteniendo la máxima ventaja de cada uno de ellos. (agrupan estos factores en ocho grupos:

- Los materiales “Los elementos fundamentales a considerar que influyen decisivamente en los métodos de producción son, el almacenamiento y manipulación son tamaño, la forma, el volumen, el peso y características físicas y químicas
- La maquinaria “Para una distribución de planta es necesario conocer la maquinaria, las herramientas y equipos indispensables para la producción del producto, como también los requerimientos y su utilización. Habrá que tener en cuenta para la maquinaria su tipología y el número de máquinas correspondiente a cada tipo, el espacio requerido, la forma, la altura y peso, la cantidad y clase de operarios requeridos, el riesgo para el personal, la necesidad de servicios auxiliares, entre otros. Además, se debe considerar el tipo y clase de los equipos y herramientas utilizados en la producción del producto.”

· La mano de obra. El factor hombre, como factor de producción, es considerado mucho más flexible que cualquier material o maquinaria; ya que se puede trasladar, capacitar en actividades diversas y adaptar a distintas tareas. Además, es factible dividir o repartir su trabajo.

- El movimiento de materiales es un factor muy importante en la reducción de costos de producción, pues permite que los trabajadores se especialicen en las operaciones y no en el traslado de materiales, para ello recomienda tener en cuenta la siguiente:
  - o Reducir el retroceso y cruce en la circulación, además de establecer una dirección única de los materiales.
  - o Cuidar que los pasillos sean rectos con espacio para el movimiento.
  - o Reducir el manejo innecesario, a fin de establecer la distancia más corta.
  - o Analizar la secuencia o ruta de operaciones para mejorar los movimientos del material.
  - o Vigilar que los operarios calificados no realicen operaciones de manejo.
  - o Reducir el tiempo invertido en recoger y dejar material o piezas fuera del área asignada.
  - o Reducir los acarreos, levantamientos a mano y traslados que impliquen esfuerzos.
  - o Disminuir los traslados de larga distancia y demasiado frecuentes.
  - o Descongestionar los pasillos, evitar manejos excesivos y transferencias.

El movimiento de materiales no es una actividad productiva, ya que no brinda valor al producto, por lo que hay que intentar que sean mínimas y que su relación se combine con otras operaciones. Para el proceso de distribución se debe considerar la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de estos o lugares de desembarque, así como también el movimiento de materiales auxiliares, maquinaria, equipos y personal.

- Las esperas. La distribución de planta busca minimizar los costos ligados a las esperas del material que ocurren dentro de un proceso productivo, pero hay veces que una espera puede acrecentar la economía, (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entrega programa, etc.), por lo cual se hace necesario designar espacios para los materiales en espera.
- Los servicios auxiliares que permiten y facilitan las actividades principales dentro de una organización. Entre ellos, están los relacionados al personal (por ejemplo, vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), relativos al material (como por ejemplo inspección y control de calidad), y los relacionados a la maquinaria (ejemplo mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares).
- El edificio. Las empresas pueden operar en edificios que cuenten con la infraestructura y las instalaciones adecuadas, o adaptar un inmueble a las necesidades de los productos y servicios, ya que el edificio es el caparazón que resguarda a empleados, operarios, materiales, maquinaria, equipo y actividades auxiliares, por lo que constituye una parte importante de la distribución de planta. Por lo que respecta a este factor el autor recomienda tener en cuenta lo siguiente: o Delimitar las áreas de productos, proceso, equipos o similares, con pared y divisiones. o Evitar la sobrecarga de los montacargas o la excesiva espera de los mismos. o Contar con pasillos principales, pasos y calles, rectos y amplios o Evitar edificios distribuidos sin ningún orden o Evitar edificios repletos, interferencia de tránsito entre trabajadores, almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo sobrecargadas.

· Los cambios. Plantea que la distribución debe ser flexible, por lo que se debe tener en cuenta posibles variaciones futuras, identificando posibles cambios y su magnitud, por lo cual se debe buscar una distribución capaz de adaptarse dentro de límites razonables y realistas. Para alcanzar la flexibilidad se debe mantener la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación ante cualquier emergencia y variaciones inesperadas de las actividades productivas normales sin tener que realizar un reordenamiento de los departamentos o zonas de trabajo.

Núñez (2014) plantea que para alcanzar los objetivos de la distribución de planta hay que considerar los siguientes aspectos:

- a) La manera en que los materiales circulan por la instalación
- b) La cantidad de equipos que se utilizarán, así como sus dimensiones, utillajes y espacios auxiliares necesarios a su alrededor.
- c) La mano de obra, no sólo en cuestiones relativas a la calidad de vida en el trabajo o condiciones ambientales (seguridad, iluminación, ventilación, etc.), sino también en aspectos vinculados a las relaciones personales.
- d) Las necesidades de espacio para servicios auxiliares (sistemas de seguridad, mecanismos de prevención de incendios, sistemas de refrigeración, etc.).
- e) Las limitaciones que impone el edificio en cuanto a estructura de la planta, localización de columnas, escaleras, ventanas, desniveles del suelo, etc., y los costes de construcción o modificación de las instalaciones.

### **Tipos de distribución de planta**

Como se mencionó anteriormente las decisiones de layout buscan la mejor ubicación de la maquinaria, de despachos y mesas de trabajo y demás mobiliario, o de centros de servicio dentro de la organización, con el fin de un flujo de materiales, personas e información eficaz.

Heizer (2007) expone que un diseño de distribución de planta debe tener en cuenta cómo conseguir lo siguiente:

- Mayor utilización del espacio, equipo y personas.
- Mejora del flujo de información, materiales y personas.
- Mejora de la moral y la seguridad de las condiciones de trabajo de los empleados.
- Mejora de la interacción con el cliente.
- Flexibilidad (sea como sea actualmente el layout, tendrá que cambiar en algún momento).

Este autor plantea que al desarrollar un layout eficaz, éste puede ayudar a una organización a obtener estrategias en diferenciación, bajos costos o rapidez de respuesta, logrando así una ventaja competitiva por sobre otras empresas del mismo rubro, o sea sus competidores.

### **Planificación y control de la producción.**

El proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos, además establece una relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía (Sipper y Bulfin, 1998).

Debe incorporar a la planificación de la demanda, programa maestro de producción, planificación de requerimiento de materiales, planificación de capacidades y sistema de abastecimiento.

### **Plan de Aprovisionamiento.**

Es un conjunto de pedidos de compras de referido a un cierto periodo futuro, requerido por el sector de Planeamiento y Control de la producción al sector de compras, para que este último proceda a realizar los pedidos a los proveedores externos en las cantidades, fechas y condiciones que fueron estipulados por la “función de planeamiento”.

Producción le entrega a ventas los ingresos de materiales que necesitará habitualmente para un trimestre especificando en que cantidad y fechas específicas; compras selecciona el proveedor que contratará de acuerdo al precio, calidad, entre otros (Guardiet, 1999)

### **MRP (Material Requirement Planning)**

El objetivo principal de estos sistemas es controlar el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. Sin excesos innecesarios que encubren gran parte de los problemas de producción existentes, ni rigideces que impidan la adecuación a los cambios continuos en el entorno en que actúa la empresa.

Las técnicas MRP son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son precisos y al propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo inventario.

Inicialmente se usaba el MRP para programar inventarios y producción (MRP I) luego se fue incluyendo la planificación de capacidad de recursos (MRP II).

En múltiples aplicaciones se considera como sistema MRP II a todos los avances posteriores al sistema MRP I, es decir, planeamiento de capacidad de recursos, e integración de todas las áreas funcionales de la empresa. A estas soluciones tecnológicas se les conoció como los primeros sistemas para la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP). A fines de los años 50, la mayoría de empresas estadounidenses adoptan los sistemas MRP, ya que les permitía llevar un control de diversas actividades con información veraz y exacta.

### **MPS (Plan Maestro de Producción)**

Es la programación de las unidades que se han de producir en un determinado periodo de tiempo dentro de un horizonte de planeación. El horizonte de planeación es el tiempo a futuro en el cual se van a producir los artículos, puede ser 3 meses, 6 meses, 1 año.

El MPS se inicia a partir de los pedidos de los clientes de la empresa o de pronósticos de la demanda anteriores al inicio del MRP; llega a ser un insumo del sistema. Diseñado para satisfacer la demanda del mercado, el MPS identifica las cantidades de cada uno de los productos terminados y cuándo es necesario producirlo durante cada periodo futuro dentro del horizonte de planeación de la producción. El MPS proporciona la información focal para el sistema MRP, controla las acciones recomendadas por el sistema MRP en el ritmo de adquisición de los materiales y en la integración de los subcomponentes, los que se engranan para cumplir con el programa de producción del MPS.



### **BOM (Bill of materials o Lista de materiales)**

Identifica cómo se manufactura cada uno de los productos terminados, especificando todos los artículos subcomponentes, su secuencia de integración, sus cantidades en cada una de las unidades terminadas y cuáles centros de trabajo realizan la secuencia de integración en las instalaciones. La información más importante que proporciona a la MRP es la estructura del producto.

Se realiza por cada producto y esta es elaborada en forma de árbol o matriz conteniendo una descripción de cada una de las partes que componen el producto indicando el número de partes requeridas para cada producto y el nivel o posición que ocupan dentro del árbol. A la lista de materiales deberá agregarse información por separado que contenga el live time de cada producto, las unidades disponibles y las unidades programadas para ser recibidas.

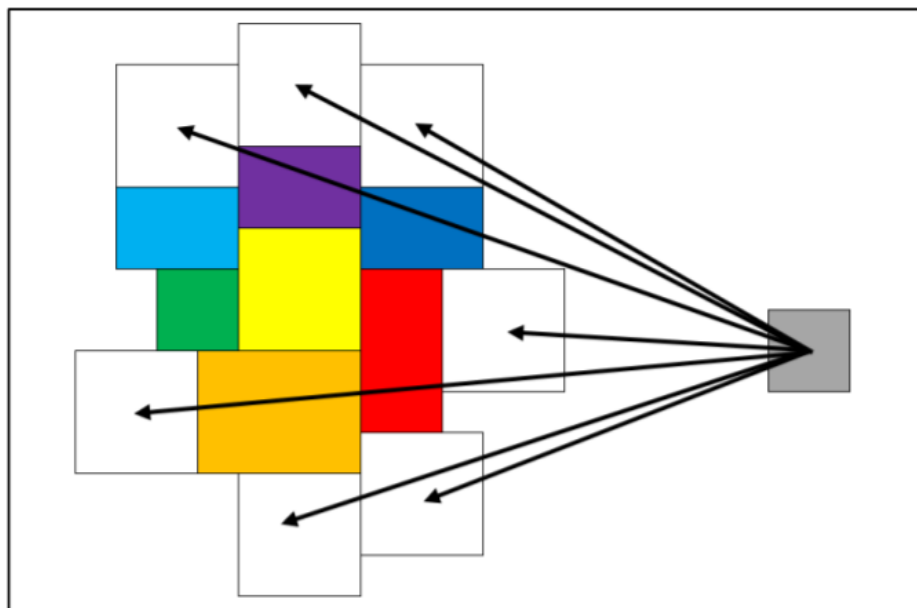
### **Corelap**

Leyva (2013) expresa que CORELAP fue desarrollado por Lee & Moore en el año 1967. Este algoritmo usa las relaciones de cercanía de cada instalación para determinar una distribución. Bajo este criterio, la instalación con la calificación de cercanía más alta es seleccionada y asignada al centro del área de la planta, para orientar la distribución de los departamentos restantes. Las instalaciones subsiguientes son adicionadas al layout dependiendo de sus relaciones a las instalaciones ya localizadas. Según el autor (SEGURA, 2010), CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) es un procedimiento constructivo que introduce secuencialmente las actividades en la distribución. La primera actividad seleccionada es aquella con un mayor TCR y es colocada en el centro geométrico de la distribución. El criterio para establecer la ubicación adecuada

de cada una de las siguientes actividades se basa en el Índice de colocación (IC).

La ubicación con un mayor IC será la seleccionada.

Cuando existen varias alternativas con igual puntuación se escoge la más compacta, es decir, la inscrita en un rectángulo con menor área. En la siguiente figura se muestra la colocación de actividades del programa:



*Figura 8.* Colocación de actividades en CORELAP

Fuente. Segura (2010)

“CORELAP es un programa que puede ordenar hasta 45 departamentos. Entre otros, requiere como inputs la especificación de los tamaños de los departamentos y algunas dimensiones de la planta. En lo que será el centro de la distribución sitúa el departamento que está más interrelacionado con lo demás y va colocando los demás en función de su necesidad de cercanía con lo ya colocados” (Domínguez, 1995)

### **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.

### **1.1.3 Definición de términos**

- Balance de energía. es una relación de la energía que entra y sale de un sistema, es decir, se trata del estudio de los cambios energéticos de un sistema. La aplicación del balance de energía es fundamental en procesos industriales y transformaciones físicas en diferentes áreas de la industria, como la del petróleo, manufacturas, alimentos, entre otras.

- 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.
- MRP. Es un planificador de requerimientos de material, un sistema de información que -en su versión más básica- permite planear y programar las tareas relacionadas con nuestra producción.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, en los costos operativos de una empresa de muebles metálicos en la ciudad de Trujillo, 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar cuál es el impacto de una propuesta de mejora en la gestión de producción y logística sobre los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas, Trujillo 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción y logística, de una empresa de muebles metálicos.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de producción y logística, de la empresa de producción de muebles metálicos.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora y su impacto en los costos operativos de la empresa fabricante de muebles metálicos.

## **1.4. Hipótesis**

La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística reduce los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas, Trujillo 2021.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable independiente**

Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística

### **1.6.2. Variable dependiente**

Costos operativos.

### **1.7. Aspectos éticos**

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

Los tesisas se comprometen a dar uso apropiado a esta información y a guardar absoluta reserva de los temas financieros y estratégicos que el directivo compartió con ellos.

El personal operativo en todo momento estuvo al tanto de la naturaleza de la presencia de los tesisas en la planta.

Se agradece la colaboración brindada por los directivos y operarios de la empresa, que, en todo momento, facilitaron información indispensable para la presente tesis.

## 1.8. Operacionalización de variables

Tabla 2.  
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.(Nebel, B)	La propuesta permite mejorar la gestión de producción y con ello, reducir los costos operativos.	Eficiencia	Costo de la mano de obra requerida para producir un estante <i>Estans</i>	Horas-hombre empleadas x Costo M.O.
				Costo del tiempo en desplazamientos para fabricar un estante <i>Estans</i>	(Distancia x costo M.O.)/Velocidad
				Costo del gas, utilizado para hornear la pintura de los paneles, prorrateada por cada estante <i>Estans</i>	Galones consumidos/Estante
Variable independiente: Gestión logística	La gestión logística se ocupa de integrar el flujo de información y sus herramientas de gestión, manipulación de materiales, producción de embalaje, inventario, transporte, almacenamiento y, a veces, seguridad.	La propuesta permite mejorar la gestión logística y con ello, reducir los costos operativos	Eficiencia	Sobrecosto en compras reactivas .	$\frac{\text{Costo reactivo} - \text{costo std}}{\text{Costo std}}$
Variable dependiente: Costo de producción	Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento.( <a href="http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm">http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm</a> )	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 de producción		$\frac{\text{Costos directos} + \text{costos indirectos}}{\text{Uniforme}}$

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente tesis es una investigación diagnóstica y 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 de la fábrica de muebles metálicos.

**Muestra:** Los procesos de producción y logística, para producir estantes marca *Estans*.

### 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 3.  
*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 y logística de la fábrica de muebles metálicos
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 gerente de la empresa.
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 y logística..

Fuente. Elaboración propia



### **Observación directa**

#### **Objetivo:**

Identificar la problemática en las áreas de producción y logística, de la fábrica de muebles metálicos y las consecuencias que esta 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 y logística de la empresa fabricante de muebles metálicos.

#### **Instrumentos:**

Breviario de apuntes y lápices.

### **Entrevista**

La entrevista se realizará al jefe de producción.

#### **Objetivo:**

Determinar la situación actual de la empresa fabricante de muebles metálicos y conocer con mayor detalle su funcionamiento y gestión de producción. para puntualizar los problemas fundamentales en el área de fabricación y logística, que están directamente relacionados con los altos costos operativos.

#### **Parámetros:**

Duración: 60 minutos

Lugar: Oficina del jefe del gerente de la empresa

#### **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, breviarario de apuntes, lapicero.

**Encuesta**

**Objetivo:**

Obtener información de todos los procesos del área de producción y logística, 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: 60 minutos

Lugar: Empresa de muebles metálicos

**Procedimiento:**

Realizar una serie de preguntas a los trabajadores del área de producción y al gerente, 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 4.  
*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

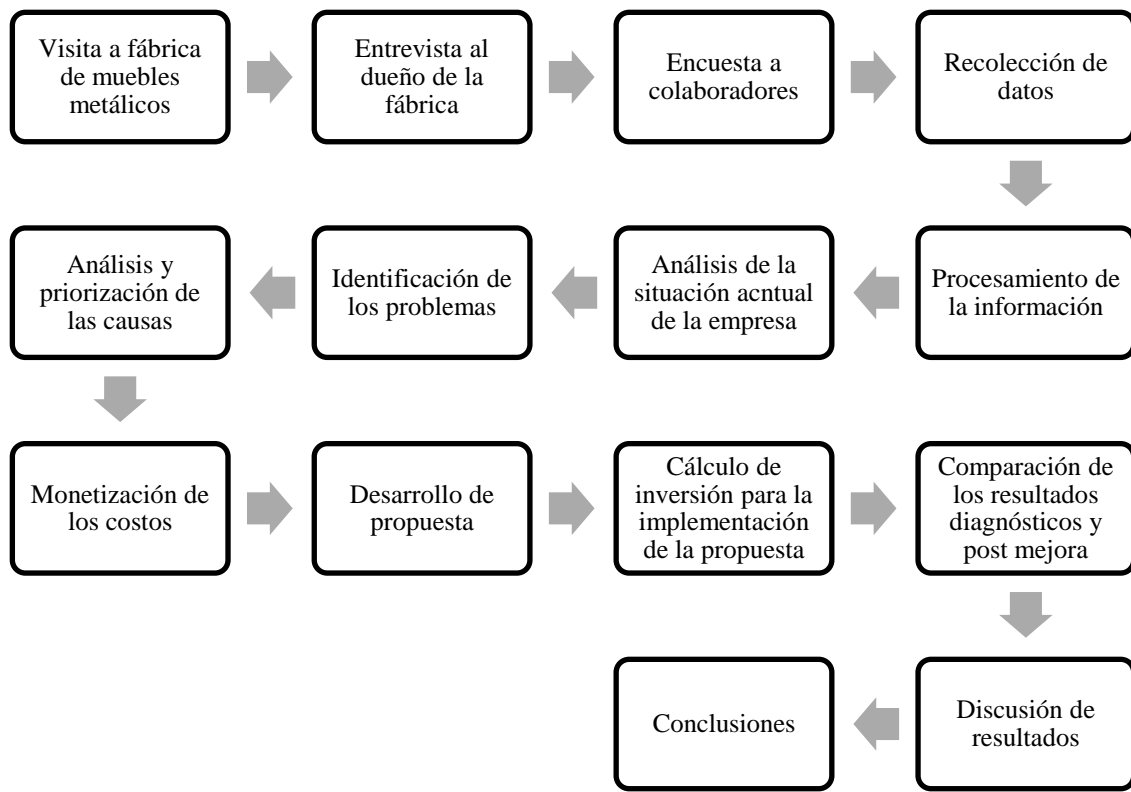


Figura 9. Procedimiento de investigación

### 2.5.1. Misión y Visión

#### Misión

Somos una empresa que fabrica muebles y estructuras metálicas de excelente calidad, empeñados permanentemente en exceder las expectativas de nuestros clientes.

#### Visión

Ser una empresa fabricante de muebles y estructuras metálicas, reconocida por su calidad de servicio y contribución al desarrollo de la comunidad.

### 2.5.2. Organigrama

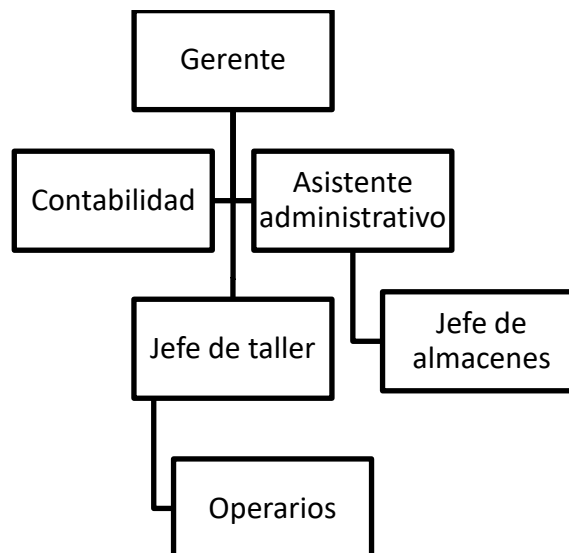


Figura 10. Organigrama

### 2.5.3. Distribución de la empresa

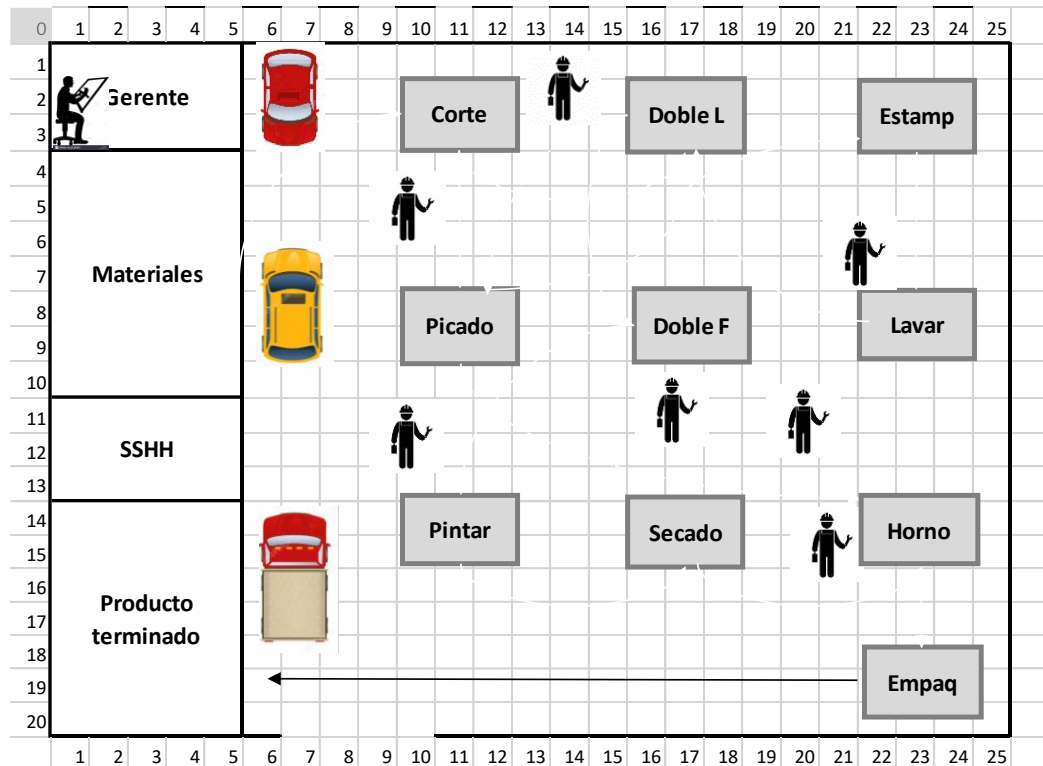


Figura 11. Layout actual

### 2.5.4. Principales Competidores

- Fabricaciones metálicas Palomino EIRL
- Industrias metálicas RYC SAC
- Industrial San Jorge EIRL
- Fabricaciones Cosavalente SAC
- Servicios generales Sol Naciente EIRL

### 2.5.5. Principales Proveedores

Tabla 5.  
*Principales proveedores*

NOMBRE COMERCIAL	RUC	LUGAR	PRODUCTO
METALMARK	20600849019	Trujillo	Planchas LAF
COMERCIAL RC S.A.C.	20131609290	Trujillo	Planchas LAF
AMSEQ S.A.	20600853318	Trujillo	Planchas LAF
DURON	20126015900	LIMA	Pintura
QUIMICA NOR PERUANA E.I.R.L.	20132335941	Trujillo	Thinner

### 2.5.6. Principales Productos

- Estantes
- Armarios
- Archivos
- Rejillas

### 2.5.7. Principales Clientes

Tabla 6.  
*Principales clientes*

Razón social	RUC
– Apevisa EIRL	– 20230634921
– Carlos Juárez Navarro	– 10277462791
– Magna Chavez Rupay	– 10328027114
– Nikitin Alarce Edquen Bonilla	– 10464046505
– Distribuidora, vidrios, y aluminios Romero	– 20570676327

**2.5.8. Foda**

Tabla 7.  
FODA de la empresa

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clientes fidelizados</li> <li>Estructuras metálicas de calidad</li> <li>Costos controlados</li> <li>Procesos bien controlados</li> <li>Proveedores selectos</li> <li>Velocidad de reacción</li> <li>Cumplimiento en entregas</li> <li>Prestigio</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Insumos de primera calidad</li> <li>Baja capacidad de producción</li> <li>Layout deficiente</li> <li>Alto costo de mantenimiento</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innovación</li> <li>Nuevos mercados</li> <li>Reducción de costos</li> <li>Mejor layout</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tendencia ascendente del tipo de cambio</li> <li>Disminución de la demanda</li> <li>Alargamiento de la pandemia de Covid 19</li> </ul>

**2.5.9. Mapa de procesos**

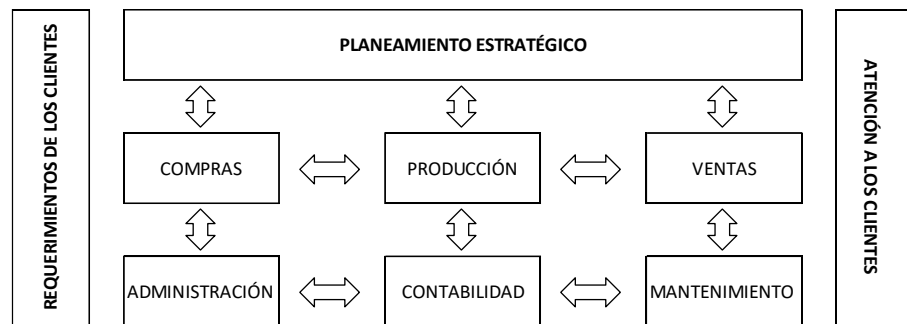


Figura 12. Mapa de procesos



### 2.5.10. Diagrama de actividades del proceso

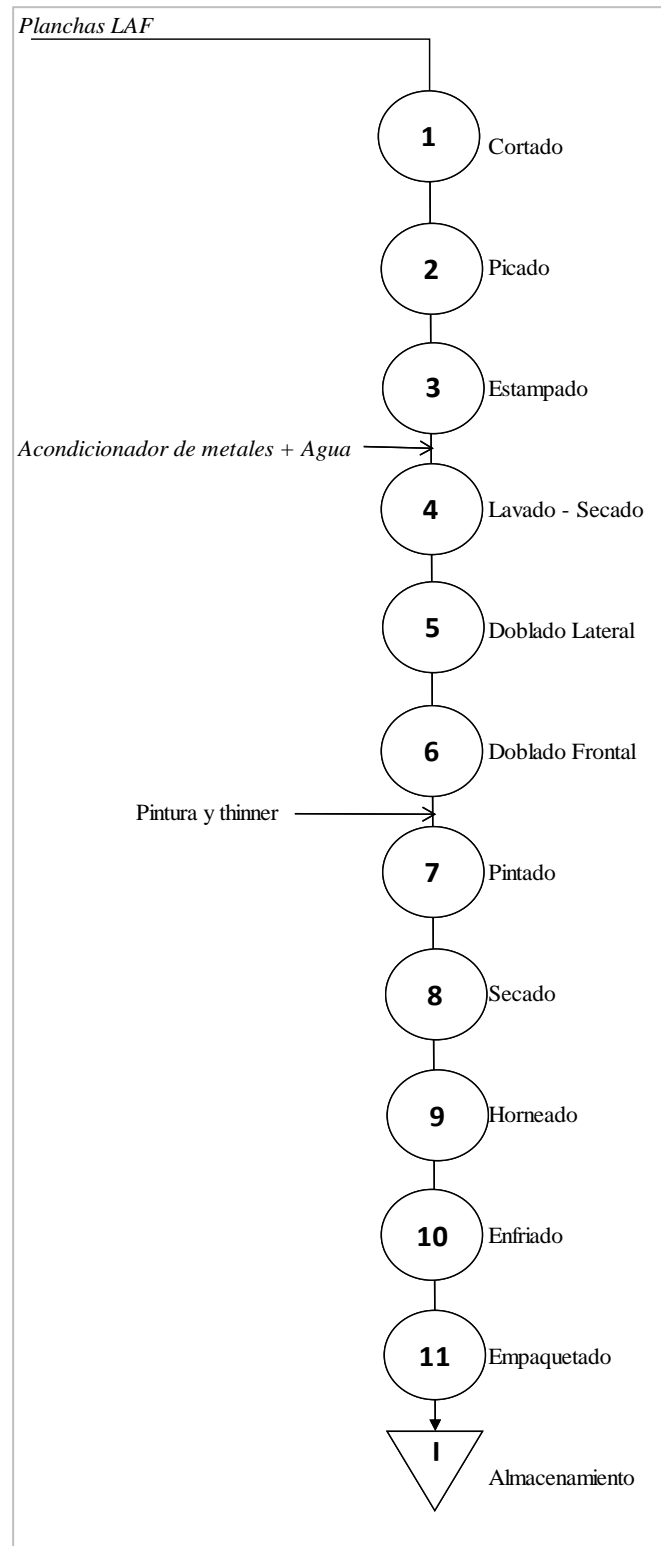


Figura 13. Diagrama de actividades del proceso



## Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el impacto económico unitario.

Tabla 8.  
*Priorización por impacto económico*

	Impacto unitario	%	% acum
CR1 Deficiente uso de mano de obra	2.571	69%	69%
CR4 Inapropiada fuente energética	0.847	23%	99%
CR2 Layout deficiente	0.132	4%	73%
CR3 Deficiente gestión de compra	0.123	3%	76%
CR5 Falta capacitación	0.023	1%	100%
CR6 Kardex desactualizado	0.016	0%	100%
	<b>3.712</b>		

Nota. Fuente: Empresa de estructuras metálicas. Elaboración propia

## Diagrama de Pareto de las causas raíz

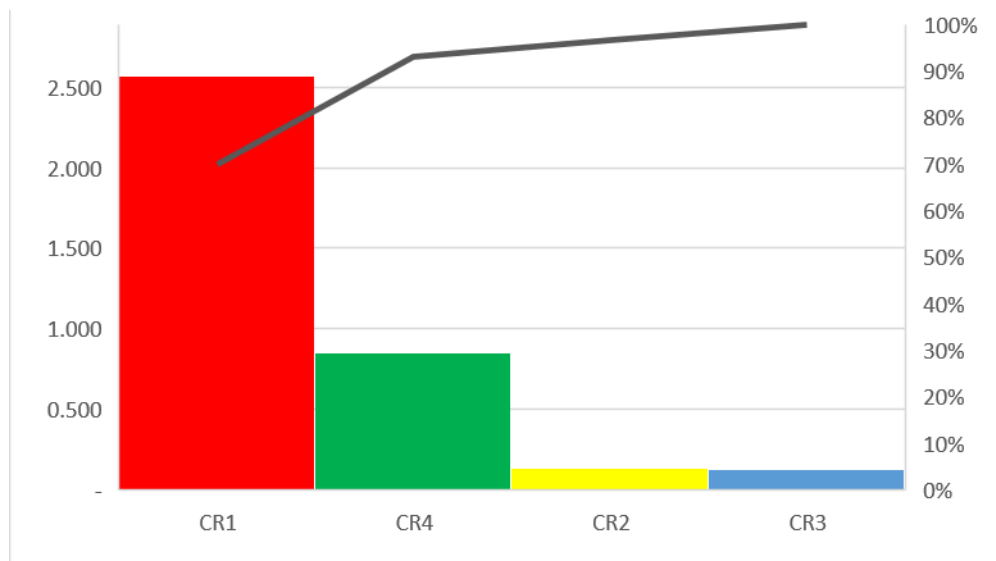


Figura 15. Pareto de causas raíz de la problemática

### 2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 9.  
Matriz de indicadores

N° Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida	Beneficio	Herramienta	Métodos
CR1	Deficiente uso de mano de obra	Costo de mano de obra por estante marca <i>Estans</i>	Costo promedio de mano de obra por estante <i>Estans</i>	S/ 5.486	3.508%	S/ 3.291	2.145%	S/ 2.194	Balance de línea estudio de tiempos	Peso posicional
CR2	Layout deficiente	Costo del tiempo en desplazamientos para fabricar un estante <i>Estans</i>	Costo promedio en desplazamientos entre máquinas por cada estante <i>Estans</i>	0.022	S/ 0.132	0.017	S/ 0.105	S/ 0.027	Balance de línea	Muther Software Corelap 01
CR3	Deficiente gestión de compra	Compra reactiva, prorrateada por cada estante <i>Estans</i>	Costo promedio en compras de último minuto por cada estante <i>Estans</i>	S/ 0.123	0.984%	S/ 0.031	0.25%	S/ 0.092	Gestión táctica	MRP
CR4	Inapropiada fuente energética	Costo de gas, utilizado para hornear la pintura de los paneles, prorrateada por cada estante <i>Estans</i>	Costo promedio gas para horneado de paneles, por cada estante <i>Estans</i>	S/ 0.784	0.50%	S/ 0.268	0.175%	S/ 0.575	Termodinámica	Balance de capacidad térmica-económica de los combustibles
		Sobrecosto por aislamiento deficiente, que ocasiona fuga de calor del horno	Sobrecosto por fuga de calor (BTU)	4032.529	S/ 0.063	317.090	S/ 0.004			Cálculo del aislamiento

Nota. Elaboración propia

## 2.6. Solución propuesta

### 2.6.1. Descripción de causas raíz

#### Descripción de la causa raíz 1: Deficiente uso de mano de obra

Nunca se hizo un estudio de tiempos en la empresa, que permita asignar la mano de obra de manera apropiada.

La producción de un estante tiene 13 pasos, que son asignados de manera informal, entre los siete operarios del área. Las tareas no revisten complejidad y todo el personal puede realizarlas de manera indistinta.

Normalmente, los operarios terminan la tarea que venían realizando y empalman con la siguiente, de modo que se avance con el producto en proceso. La costumbre les permite avanzar sin mayores discrepancias.

Se observa que existen oportunidades de mejora en la organización de la producción de los estantes.

#### Descripción de la causa raíz 2: Layout deficiente

Las máquinas para confeccionar los estantes han sido ubicados sin analizar el flujo del proceso y se produce muchos cruces del personal, que, como trasladan materiales con mucho filo, podrían ocasionar accidentes. Esto ha sucedido algunas veces, según comentan el personal.

Seguidamente se puede ver el *layout* actual, con flechas que muestran los desplazamientos rutinarios de los operarios, transportando el material en proceso, de una máquina a otra.

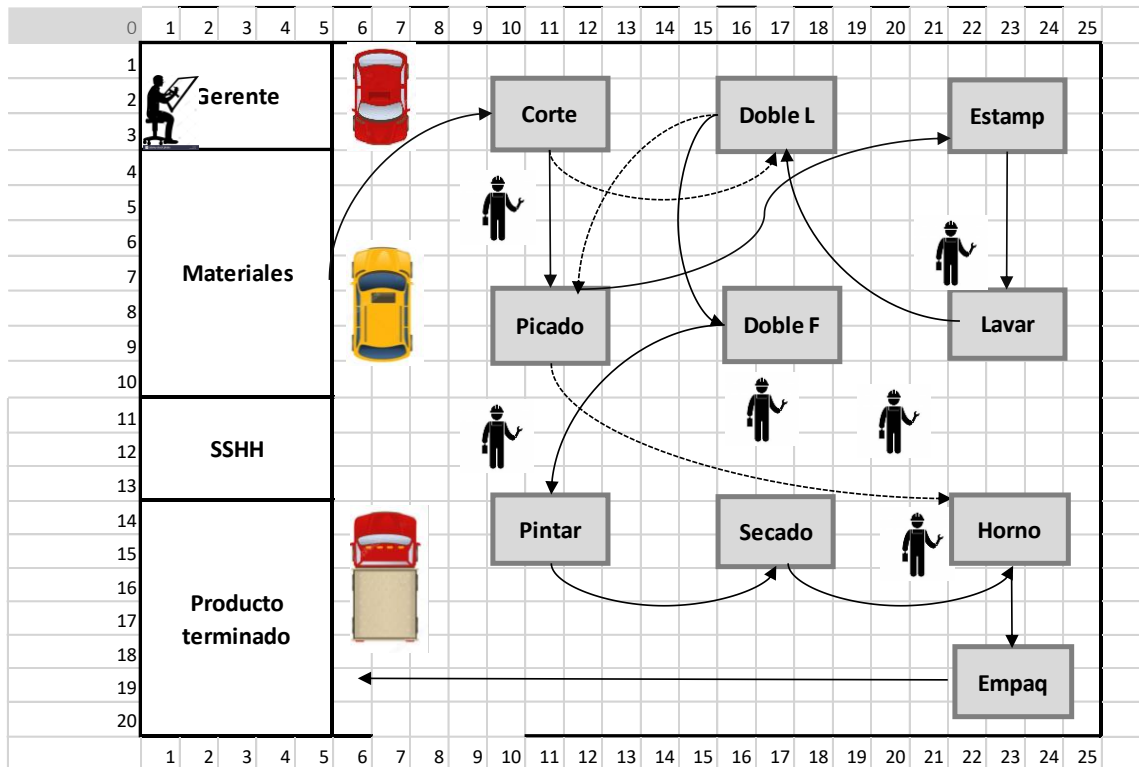


Figura 16. Layout y diagrama de recorrido para la confección de estantes

La secuencia, frecuencia de desplazamientos y la distancia entre las máquinas, se consignan en la siguiente matriz.

Tabla 10.  
Matriz de distancias y frecuencias de traslado

Operaciones	Cortado	Picado	Estampado	Lavado	Doblado lateral	Doblado frontal	Pintado	Secado	Horneado	Empaquetado x 5 paneles	Materiales	Almacén de productos terminados
Cortado		35   4	0	0	175   3	0	0	0	0	0	0	0
		<b>140</b>			<b>525</b>							
Picado	0		35   10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<b>350</b>									
Estampado	0	0		35   4	0	0	0	0	0	0	0	0
				<b>140</b>								
Lavado	0	0	0		35   5	0	0	0	0	0	0	0
					<b>175</b>							
Doblado lateral	0	0	0	0		35   3	0	0	0	175   15	0	0
						<b>105</b>				<b>2625</b>		
Doblado frontal	0	0	0	0	0		35   5	0	0	35   10	0	0
							<b>175</b>			<b>350</b>		
Pintado	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0	0	0
								<b>140</b>				
Secado	0	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0	0
									<b>140</b>			
Horneado	0	0	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0
										<b>140</b>		
Empaquetado/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	210   16
												<b>210</b>
Materiales	185   5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	<b>925</b>											
Producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

La distancia recorrida por los operarios es 6,140 metros, mientras fabrican los 350 estantes. El tiempo improductivo en esta actividad, se calcula en la siguiente tabla.

Tabla 11.  
*Recorrido actual para confeccionar estantes*

Recorrido	6140	m
Repeticiones	5	
	30.7	Km
Velocidad caminata ( Km/hora)	0.8	Km/h
Tiempo usado (Horas)	38.375	horas
Tiempo caminata/estante (Horas)	0.110	horas

### **Descripción de la causa raíz 3: Deficiente gestión de compra.**

El planeamiento de producción y del abastecimiento de materiales, no es técnico. Se basa en la costumbre y rutinas, que normalmente funciona bien, pero en algunos casos, ha sido la causa de rotura de inventario, que tuvo que ser resuelta de emergencia, con compras de último momento, generalmente más costosas y difíciles de conseguir.

La gravedad de esta deficiencia, radica que en algún momento podría complicarse la disponibilidad de materiales y se pierdan ventas o incurran en el pago de penalidades por incumplimiento en la fecha de entrega.

### **Descripción de la causa raíz 4: Inapropiada fuente energética.**

Los paneles, luego de ser pintados con esmaltes de secado por polimerización, son horneados, para obtener su endurecimiento, que les da un acabado atractivo y duradero.

El horno de secado, utiliza como fuente energética el gas licuado de petróleo, LPG.

En la siguiente tabla, se muestran características comparativas entre ambos gases.



Tabla 12.  
*Características de LPG vs GN*

	<b>Gas licuado de petróleo LPG</b>	<b>Gas natural GN</b>
Fórmula	<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>
Peso mol(g)	<b>44</b>	<b>16</b>
Descripción	El gas licuado del petróleo es una mezcla de hidrocarburos derivados del gas natural o de ciertos procesos durante el refinado del petróleo. Se compone principalmente de propano, propileno, butilenos y butanos. Inicialmente el producto se encuentra en estado gaseoso, pero se comprime en una planta de procesamiento, para pasar a estado líquido y poder transportarse con mayor facilidad.	El gas natural proviene de una fuente de energía fósil. Aunque la composición del gas natural cambia en función del yacimiento, su principal elemento es el gas metano.
Capacidad térmica	93.2Mjoulles/M <sup>3</sup> 2572 BTU/pe <sup>3</sup> 52.50 Mjoulles/Kg 47830 BTU/Kilo	38.7 Mjoulles/M <sup>3</sup> 1011 BTU/pe <sup>3</sup> 49.58 Mjoulles/Kg 53448 BTU/Kilo
Densidad Kg/M <sup>3</sup> a 15°C	1.899	0.668
Gravedad específica	1.521	0.553
Temperatura de flama	1967°C	1950°C
Costo/M <sup>3</sup>	S/.11.39	S/.1.53
a)	Su combustión emite pocos contaminantes	Su combustión emite pocos contaminantes
b)	No requiere red de tubería	Requiere red de tuberías
c)	Se vacía el tanque y se acaba el servicio	Siempre hay disposición de servicio
d)	Manipuleo seguro. Al ser mas denso que el aire, en caso de fugas, el gas es rastrero y se acumula, pudiendo causar explosiones e incendios.	Manipuleo seguro. Al ser mucho menos denso que el aire, en caso de fugas, se va al medio ambiente, sin causar riesgos de explosión o incendio.

La deficiencia adicional de este sistema, es el pobre aislamiento de las paredes del horno.

La lana de vidrio que es el material aislante, ha perdido completamente su compactación y ha dejado muchos resquicios, por donde se pierde mucho calor.

Prueba de ellos, es que la temperatura de las paredes externas del horno, está a 48°C.

Temperatura demasiado alta. La pérdida de calor, se calcula de la siguiente manera:

Tabla 13.

*Cálculo de pérdidas de calor actual en horno*

<b>Datos generales del sistema actual con LPG y aislamiento defectuoso</b>				
Area de las paredes del horno	24.00	M <sup>2</sup>	258.33	pies <sup>2</sup>
T° de las paredes del horno	48.00	°C	118.40	°F
Temperatura ambiente	20.00	°C	68.00	°F
Capacidad calorífica	47,830	BTU / Kilo		
Soles/Kilo	6.00			

#### **Pérdida de calor por las paredes**

Fórmula de Stephen Boltzmann

ξ Emisividad de las paredes acero tratado	0.52
T Temperatura pared (F°)	118.40
t Temperatura ambiente(F°)	68.00

$$\text{Pérdida de calor} = (\xi \times 0.1714 \times 10^{-6} \times (T^4 - t^4) \times A) \text{ BTU/hora}$$

$$\text{Pérdida de calor} = 4,033 \text{ BTU/Hora}$$

Se observa que cada hora, se pierden 4033 BTU, por las paredes mal aisladas.

## 2.6.2. Monetización de pérdidas

### Monetización de la causa raíz 1: Deficiente uso de mano de obra

Actualmente se emplea a 7 operarios, para confeccionar 350 estantes del modelo Estans, en 5 días, con jornadas de 8 horas.

El cálculo es el siguiente:

7	operarios
8	Horas/día
5	días
S/6	Jornal
350	Estantes
S/4.80	Costo actual de mano de obra por estante.

### Monetización de la causa raíz 2: *Layout* deficiente

Los siete operarios asignados, realizan un desplazamiento de 6500 metros, para producir los 350 estantes, en los cinco días que les toma confeccionarlos...

El cálculo del costo que genera, se calcula de la siguiente forma.

Tabla 14.  
*Costo de desplazamiento por estante fabricado*

Recorrido	6140	m	
Repeticiones	5		
Total recorrido	30.7	Km	
Velocidad caminata ( Km/hora)	0.8	Km/h	
Tiempo usado (Horas)	38.375	horas	
Tiempo caminata/estante (Horas)	0.110	horas	
Costo/hora	S/ 6.00		
Costo del desplazamiento por estante	S/ 0.658		

Recorrido	6140	m	
Total recorrido	6.14		Km
Velocidad caminata ( Km/hora)	0.8	Km/h	
Tiempo usado (Horas)	7.68		horas
Tiempo caminata/estante (Horas)	0.02	horas	
Costo/hora	S/ 6		
Costo del desplazamiento por estante	S/ 0.132		

### **Monetización de la causa raíz 3: Deficiente gestión de compra**

El plan de abastecimiento deficiente ocasionó rotura de inventario, que conllevó a generar compras reactivas, que se procede a costearlas.

Tabla 15.  
*Compras reactivas de materiales*

	Costo std (S/)	Uso anual	Importe anual (S/)
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1/32" LAF	95.000	4,200	399,000
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1.5 mm LAF	145.000	840	121,800
Pernos de 1/4 x 1"	0.350	168,000	58,800
Pintura al horno	60.000	630	37,800
Thinner	14.000	840	11,760
Total compra de materiales			<b>S/ 629,160</b>
Sobrecosto en compras reactivas			<b>S/ 516</b>
% sobrecosto reactivo			<b>0.082%</b>

El importe es muy pequeño, pero la recomendación es que se guarde vigilancia sobre estas deficiencias del sistema, pues, también se observa problemas por defecto en la gestión de inventarios. Algunos ítems mantienen inventarios altos, perjudicando la disponibilidad de efectivo.

#### **Monetización de la causa raíz 4: Inapropiada fuente energética**

La empresa emplea gas licuado de petróleo, para hornear la pintura de los componentes de los estantes.



Figura 17. Instalación actual de LPG

El costo de este combustible, por cada estante, hecho en función de su capacidad calorífica, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16.  
Costeo de LPG por estante

Combustible	Soles/kilo	Kg/M <sup>3</sup>	Soles/M <sup>3</sup>	BTU/M <sup>3</sup>	Soles/BTU	Quegador BTU/Hora	Soles/Hora	Horas horneado Actual /20 paneles	Horas horneado propuesta/20 paneles	Costo actual (Soles/estante)
LPG	S/ 6.00	1.899	S/ 11.394	90,829	S/ 0.0001254	50,000	S/ 6.27	0.50		S/ 0.7840

Se observa que el costo actual de LPG, utilizado para hornear cada estante es S/0.784.

Adicionalmente a esta situación, el sobrecosto por fuga de calor, debido al aislamiento, se calcula seguidamente.

Tabla 17.  
*Monetización sobre costo del aislamiento deficiente del horno*

<b>Datos generales del sistema actual con LPG y aislamiento defectuoso</b>				
Area de las paredes del horno	24.00	M <sup>2</sup>	258.33	pies <sup>2</sup>
T° de las paredes del horno	48.00	°C	118.40	°F
Temperatura ambiente	20.00	°C	68.00	°F
Capacidad calorífica	47,830	BTU / Kilo		
Soles/Kilo	6.00			

**Pérdida de calor por las paredes**

Fórmula de Stephen Boltzmann

ξ Emisividad de las paredes acero tratado	0.52
T Temperatura pared (F°)	118.40
t Temperatura ambiente(F°)	68.00

**Pérdida de calor =**  $(\xi \times 0.1714 \times 10^{-6} \times (T^4 - t^4) \times A)$  BTU/hora

**Pérdida de calor =** 4,033 BTU/Hora

<b>LPG perdido</b>	0.0843 Kilos/hora	
	0.0422 Kilos LPG/hornada	30.00
	0.2529 Soles/hornada	180.00
	265.5744 Soles/año	

<b>Sobrecosto/estante</b>	<b>S/</b>	<b>0.0632 Soles/estante</b>
---------------------------	-----------	-----------------------------

Esta causa raíz, inapropiada fuente energética, incluye el sobre costo por el uso de LPG y además, del proveniente del mal aislamiento, que ocasiona mayor consumo de combustible.

Tabla 18.  
Resumen costo del consumo de LPG

Costo por uso de LPG	S/0.7840	Soles/estante
Sobrecosto por deficiente aislamiento	S/0.0632	Soles/estante
<b>Total</b>	<b>S/0.847</b>	Soles/estante

### 2.6.3. Propuesta de Mejora

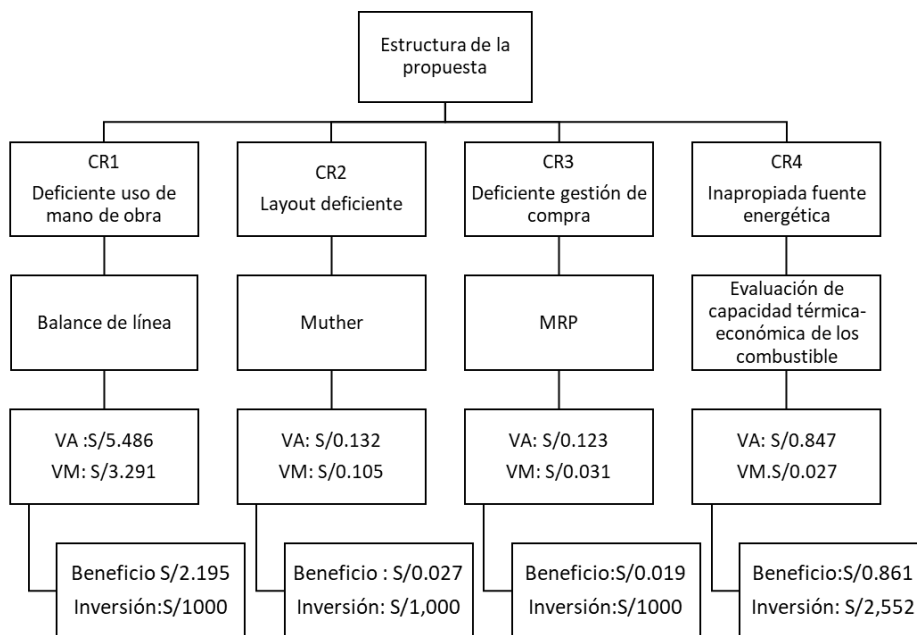


Figura 18. Esquema general de la propuesta

#### Propuesta de mejora de la Causa Raíz 1: Deficiente uso de mano de obra

En primer lugar, se hizo un estudio de tiempos, que es la base para el balance de línea que se hará a continuación. El estudio de tiempos se encuentra en el Anexo 1.

Los tiempos determinados, han sido colocados en el diagrama de operaciones de proceso.



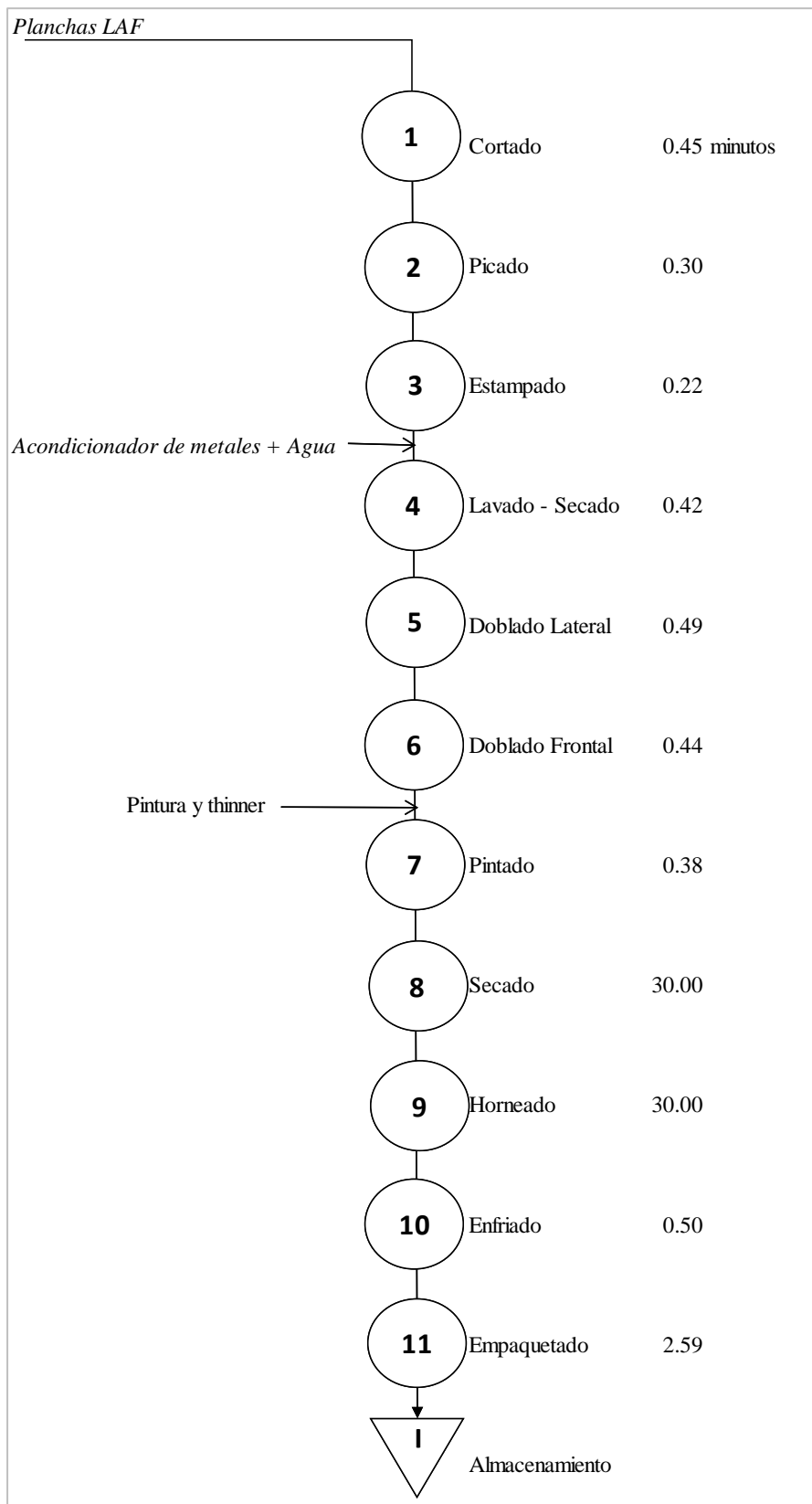


Figura 19. DOP de producción de un estante modelo Estans

Luego se calculó el índice de producción o, velocidad a la que se debería trabajar, para cumplir con la confección de 350 estantes en 5 días.

Tabla 19.  
*Índice de producción*

Estantes/mes	350
Días de labor	5
Horas/día	8
Minutos/día	480
índice de producción	0.146 estantes/min

Con este índice de producción, se determina el número de operarios requeridos.

Tabla 20.  
*Balance de línea*

Actividad	Minutos/panel	Componentes/e stante	Min/estante	Minutos requeridos	horas requeridas	turnos requeridos	Índice de producción	Operarios balanceados
1 Cortado	0.446	5	2.231	780.885	13.015	1.6	0.146	0.33
2 Picado	0.298	5	1.490	521.561	8.693	1.1	0.146	0.22
3 Estampado	0.223	5	1.116	390.443	6.507	0.8	0.146	0.16
4 Lavado	0.418	5	2.090	731.351	12.189	1.5	0.146	0.30
5 Doblado lateral	0.490	5	2.448	856.643	14.277	1.8	0.146	0.36
6 Doblado frontal	0.440	5	2.198	769.230	12.821	1.6	0.146	0.32
7 Pintado	0.381	5	1.906	667.249	11.121	1.4	0.146	0.28
8 Secado	0.500	5	30.000	30.000	0.500	0.1	0.146	4.38
9 Horneado	0.500	5	30.000	30.000	0.500	0.1	0.146	4.38
10 Empaquetado/5	0.518	5	2.592	907.342	15.122	1.9	0.146	0.38
11 Cortado parantes	0.446	4	1.785	624.708	10.412	1.3	0.146	0.26
12 Picado parantes	0.298	4	1.192	417.249	6.954	0.9	0.146	0.17
13 Doblado parantes	0.440	4	1.758	615.384	10.256	1.3	0.146	0.26
						122.367		<b>11.78</b>

Se observa que, para cumplir con el programa mensual de producción, se requiere 12 operarios.

La propuesta es trabajar con 6 operarios, en dos ciclos. En primer lugar, realizarán las actividades, de la 01 a la 06. Luego, continuarán con la 07 a la 12 y finalmente la actividad 13.

A continuación, se muestran las iteraciones, que se realizaron para estandarizar el proceso de fabricación de los estantes.

Tabla 21.  
*Iteración 1 del balance de línea*

Actividad	Inicio	Fin	Fin con precedentes	Operario
0 Inicio	0.000	0.000	-	-
1 Cortado	0.000	780.885	780.885	A
2 Picado	0.446	521.859	780.885	B
3 Estampado	0.744	391.187	780.885	C
4 Lavado	0.967	732.319	780.885	D
5 Doblado lateral	1.385	858.028	858.028	E
6 Doblado frontal	1.875	771.10479	858.028	F
7 Pintado				
8 Secado				
9 Horneado				
10 Empaquetado/5				
11 Cortado parantes				
12 Picado parantes				
13 Doblado parantes				

Como son actividades secuenciales, la actividad siguiente tiene que esperar que la precedente esté terminada.

El operario A, es el primero en desocuparse y emprenderá con la actividad 7 y así continuarán el resto de operarios.

Tabla 22.  
*Iteración 2 del balance de línea*

Actividad	Inicio	Fin	Fin con precedentes	Operario
Inicio	-	-	-	-
Cortado	-	780.885	780.885	A
Picado	0.446	521.859	780.885	B
Estampado	0.744	390.889	780.885	C
Lavado	0.967	391.187	780.885	D
Doblado lateral	1.385	858.028	858.028	E
Doblado frontal	1.875	771.105	858.028	F
Pintado	780.885	1,448.134	1,448.134	A
Secado	780.885	1,478.134	1,478.134	B
Horneado	780.885	1,508.134	1,508.134	C
Empaquetado/5	780.885	1,688.227	1,688.227	D
Cortado parantes	858.028	1,482.736	1,688.227	E
Picado parantes	858.028	1,275.277	1,688.227	F
Doblado parantes				

El operario C es nuevamente el que primero termina su labor y es el que cierra el proceso, haciendo la actividad 13.

Tabla 23.  
*Iteración 3 del balance de línea*

Actividad	Inicio	Duración (minutos)	Fin	Fin con precedentes	Duración real (minutos)	Operario
0 Inicio	-		-	-		
1 Cortado	-	780.885	780.885	780.885	780.885	A
2 Picado	0.446	521.413	521.859	780.885	780.439	B
3 Estampado	0.744	390.144	390.889	780.885	780.141	C
4 Lavado	0.967	390.219	391.187	780.885	779.918	D
5 Doblado lateral	1.385	856.643	858.028	858.028	856.643	E
6 Doblado frontal	1.875	856.643	858.517	858.517	856.643	F
7 Pintado	780.885	667.249	1,448.134	1,448.134	667.249	A
8 Secado	780.885	697.249	1,478.134	1,478.134	697.249	B
9 Horneado	780.885	727.249	1,508.134	1,508.134	727.249	C
10 Empaquetado/5	780.885	907.342	1,688.227	1,688.227	907.342	D
11 Cortado parantes	858.028	417.249	1,275.277	1,275.277	417.249	E
12 Picado parantes	858.517	417.249	1,275.766	1,275.766	417.249	F
13 Doblado parantes	1,275.766	615.384	1,891.150	1,891.150	615.384	C

Se puede ver que, de la manera propuesta, los 350 estantes serán culminados en 1,891 minutos o 32 horas, equivalentes a solo cuatro días.

El resumen de información es la siguiente:

Tabla 24.  
*Resumen de balance de línea*

Propuesta	Actual
6 operarios	8 operarios
4 días	5 días
8 horas	8 horas
192 H-H/(350 Estantes)	320 H-H/(350 Estantes)
0.549 H-H/Estante	0.914 H-H/Estante
3.291 Soles/estante	5.486 Soles/estante

Gráficamente, se puede observar más claramente. Seguidamente el diagrama Gantt de este proceso.

El proceso total, toma 1891 minutos.

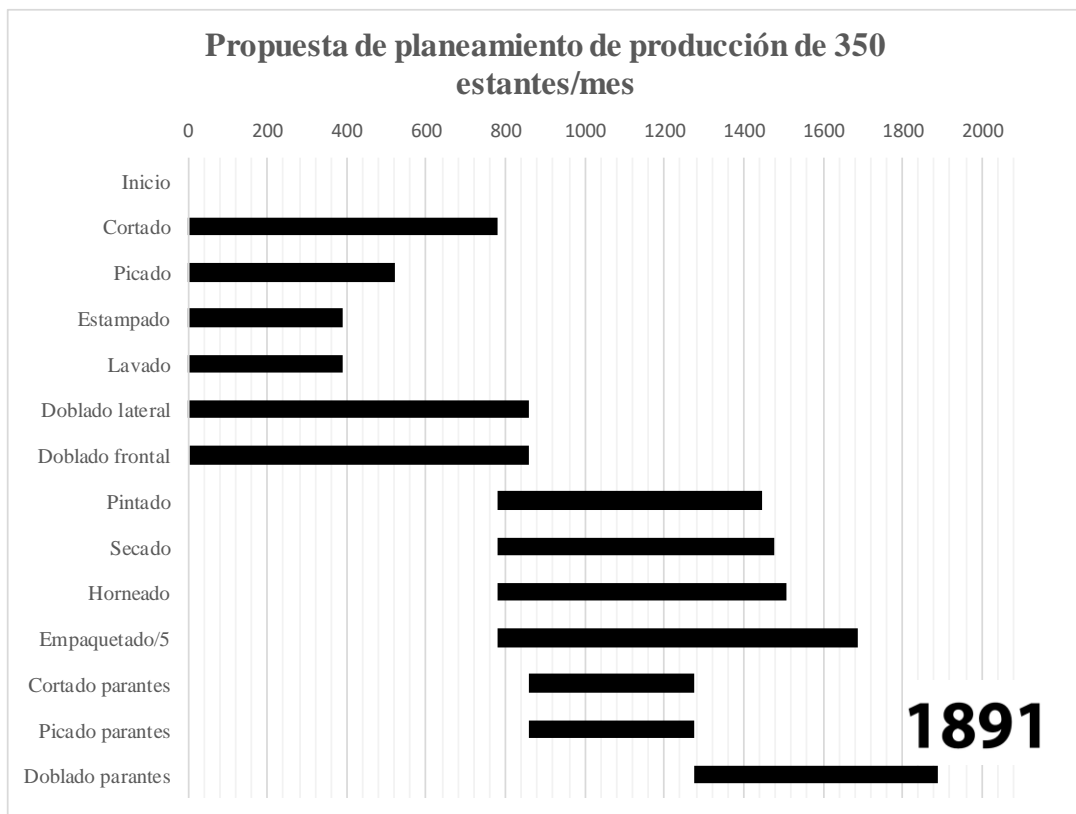


Figura 20. Gantt del proceso para confeccionar los 350 estantes

### Propuesta de mejora de la Causa Raíz 2 : Layout deficiente

Se propone el uso del método de Richard Muther. Para ello, se utiliza una matriz triangular, donde se muestra la interacción que existe entre áreas y la frecuencia de desplazamientos entre ello.

De esta manera, se priorizará la frecuencia de desplazamientos entre maquinas, para ubicarlas. Las máquinas que tienen mayor interacción entre si, deben estar más cercanas.

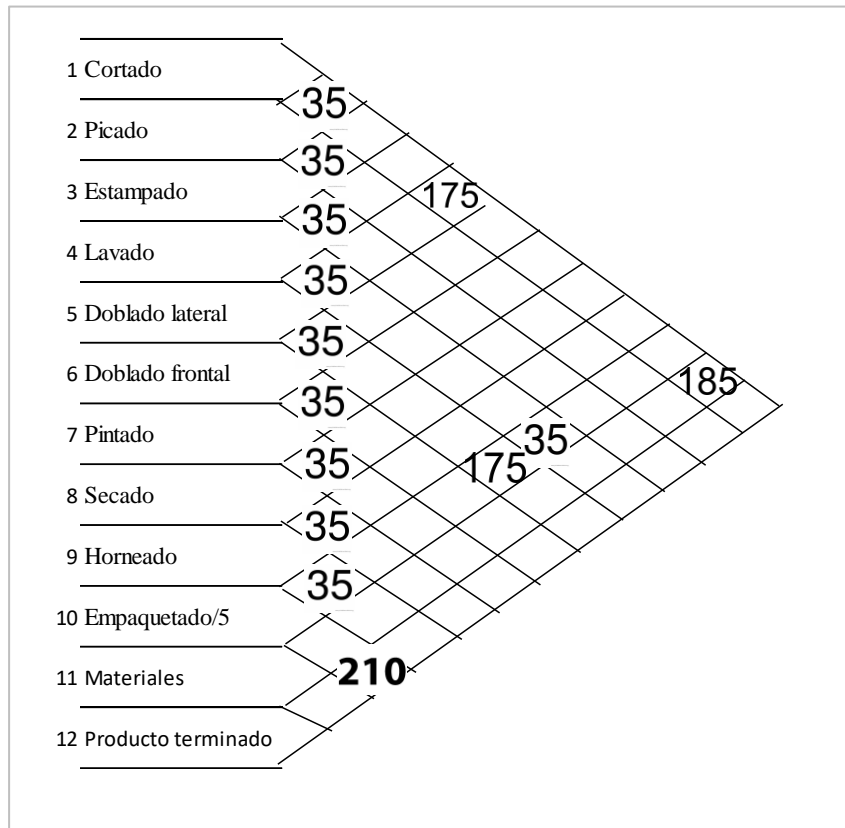


Figura 21. Matriz triangular de Muther

Seguidamente, aquellas interacciones más altas, se buscará ubicarlas lo más cerca posible, en la matriz de hexágonos siguiente.

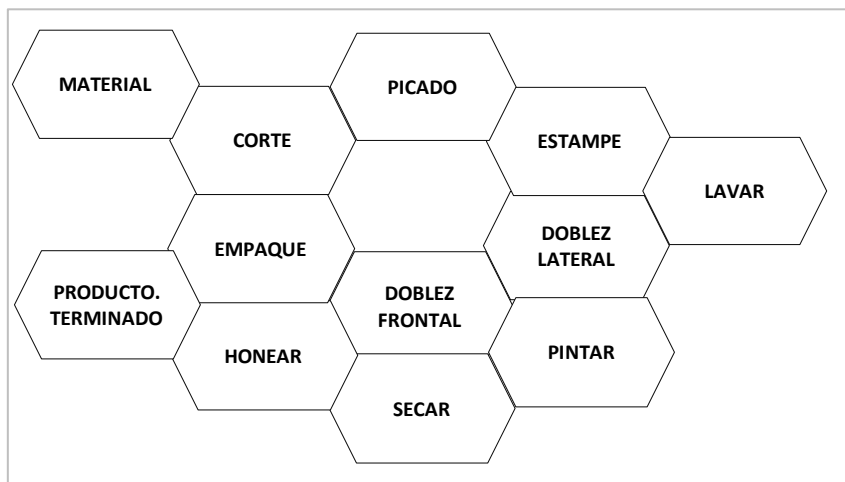


Figura 22. Diagrama de hexágonos de Muther



Basándose en la distribución que sugiere la matriz de hexágonos, se prepara el nuevo layout propuesto.

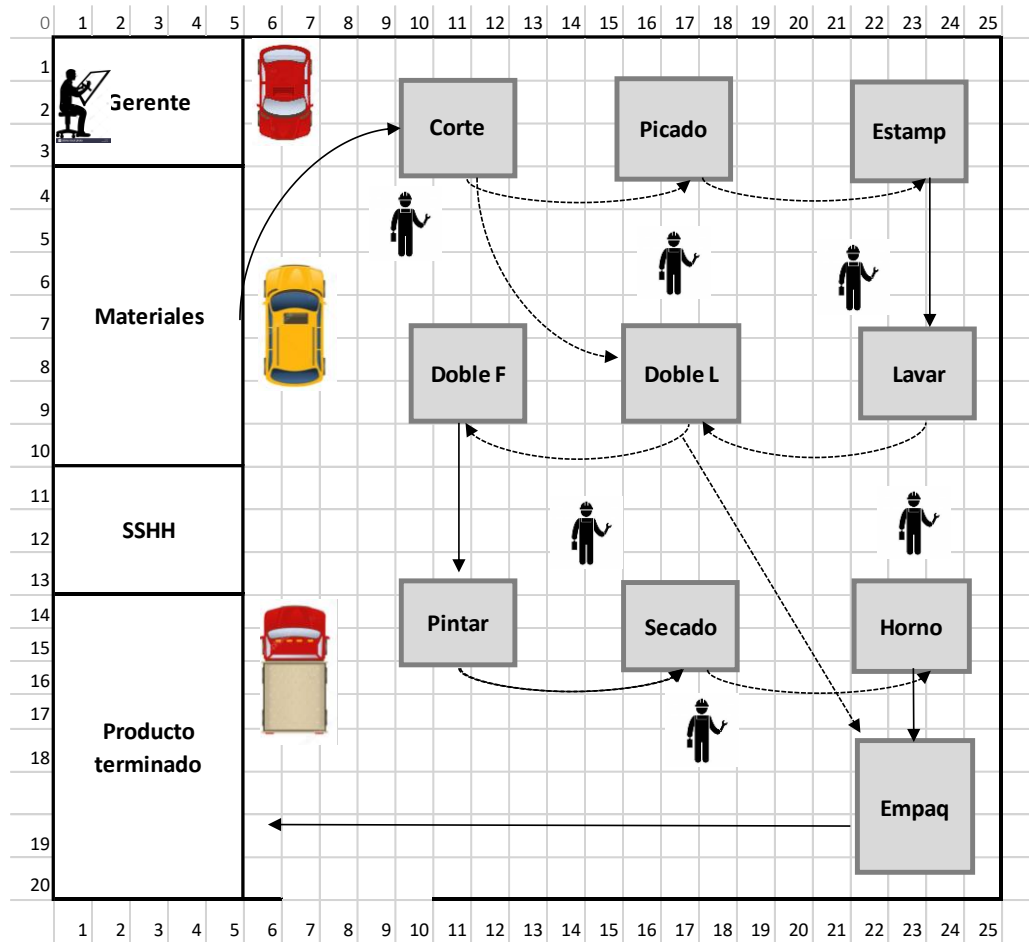


Figura 23. Layout propuesto

A continuación se presenta la matriz de frecuencia de desplazamientos y la distancia recorrida.

Tabla 25.  
Matriz de desplazamientos

Operaciones	Cortado	Picado	Estampado	Lavado	Doblado lateral	Doblado frontal	Pintado	Secado	Horneado	Empaquetado x 5 paneles	Materiales	Almacén de productos terminados
Cortado		35   4	0	0	175   3	0	0	0	0	0	0	0
		<b>140</b>			<b>525</b>							
Picado	0		35   3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<b>105</b>									
Estampado	0	0		35   3	0	0	0	0	0	0	0	0
				<b>105</b>								
Lavado	0	0	0		35   3	0	0	0	0	0	0	0
					<b>105</b>							
Doblado lateral	0	0	0	0		35   3	0	0	0	175   10	0	0
						<b>105</b>				<b>1750</b>		
Doblado frontal	0	0	0	0	0		35   4	0	0	35   10	0	0
							<b>140</b>			<b>350</b>		
Pintado	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0	0	0
								<b>140</b>				
Secado	0	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0	0
									<b>140</b>			
Horneado	0	0	0	0	0	0	0	0		35   4	0	0
										<b>140</b>		
Empaquetado/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	210   16
												<b>210</b>
Materiales	185   5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	<b>925</b>											
Producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

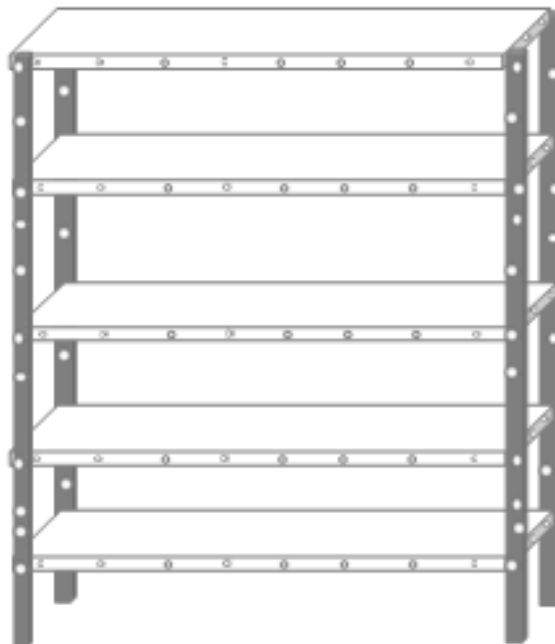
El resumen de la distancia recorrida es el siguiente.

Tabla 26.  
*Resumen de recorrido con layout propuesto*

Recorrido (metros)	4,880
Repeticiones	1
Km	4.88
Velocidad caminata ( Km/hora)	0.8
Tiempo usado (Horas)	6.100
Tiempo caminata/estante (Horas)	0.017
Costo del desplazamiento por estante	S/ 0.105

### **Propuesta de mejora de la Causa Raíz 3 : Deficiente gestión de compra**

Se propone mejorar el planeamiento de producción y abastecimiento, empleando el MRP.



*Figura 24. Diseño de estante Estans*

En primer lugar, se prepara la lista de materiales, para confeccionar un estante Estans.

Tabla 27.  
*Lista de materiales*

Descripción	Unidad	Stock disponible	Lead Time (semana)	Tamaño de lote	Stock Seguridad	Mat/Und
Estante Estans	Estante	25.000	2	1.000	5.000	1.000
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32" LAF	Plancha	362.000	2	1.000	10.000	1.000
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm LAF	Plancha	10.000	2	1.000	10.000	0.200
Pernos de 1/4 x 1"	Caja/50	23.000	2	50.000	500.000	0.800
Pintura al horno	Galón	12.000	2	1.000	5.000	0.150
Thinner	Galón	9.000	2	1.000	5.000	0.200

Tabla 28.  
*Cálculo de horas-hombre*

		Unidad
N° trabajadores	8	operarios
Horas de Trabajo	8	hr / día
Días de trabajo	5	días
Estantes por producir	350	Estantes/Hora
Capacidad prod	1.094	Estantes/Hora
% Disponibilidad	100%	
Tiempo std	0.914	HH/Estante

Tabla 29.  
*Plan maestro*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Estantes	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Horas-Hombre	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
Horas-Hombre disponible	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
Horas reasignables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 30.  
*Plan de requerimientos del sku Estantes*

SKU	lote	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
1	Estante Estans	350	0	0	0	350	0	0	0

**Estante Estans**                      **SKU**

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
14	1	1	5

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		350	0	0	0	350	0	0	0
Entradas Previstas									
Stock Final	25	5	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades Netas		330	0	0	0	350	0	0	0
Pedidos Planeados		330	0	0	0	350	0	0	0
Lanzamiento de órdenes		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>350</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>350</b>

Tabla 31.  
Planeamiento de requerimientos de planchas de 1200 x 2400 x 1/32

Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32" LAF		Ene-22				Feb-22			
¿Quién lo requiere?	Plancha/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32"	1.000	0	0	0	350	-	-	-	350

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
3	1	2	10

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		0	0	0	350	0	0	0	350
Entradas Previstas									
Stock Final	362	362	362	362	12	12	12	12	10
Necesidades Netas		0	0	0	0	0	0	0	348
Pedidos Planeados		0	0	0	0	0	0	0	348
Lanzamiento de órdenes		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>348</b>	<b>0</b>

Tabla 32.

Planeamiento de requerimientos de planchas de 1200 x 2400 x 1.5 mm

Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm LAF		Ene-19				Febrero			
¿Quién lo requiere?	Plancha/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm	0.200	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
6	2	12	10

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
Entradas Previstas									
Stock Final	10	10.000	10.000	10.000	12.000	12.000	12.000	12.000	14.000
Necesidades Netas		-	-	-	70.000	-	-	-	68.000
Pedidos Planeados		-	-	-	72.000	-	-	-	72.000
Lanzamiento de órdenes		-	<b>72.000</b>	-	-	-	<b>72.000</b>	-	-



Tabla 33.  
Planeamiento de requerimientos de pernos de 1/4 x 1 caja x 50

Pernos de 1/4 x 1"		Ene-22				Feb-22			
¿Quién lo requiere?	Cajas/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Pernos de 1/4 x 1"	0.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	278.400	0.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
6	2	12	4

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	-	-	-	278.400	-
Entradas Previstas									
Stock Final	23	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	8.600	8.600
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	259.400	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	264.000	-
Lanzamiento de órdenes		-	-	-	-	<b>264.000</b>	-	-	-

Tabla 34.  
*Planeamiento de requerimientos de pintura al horno, galón*

<b>Pintura al horno</b>		<b>Ene-22</b>				<b>Feb-22</b>			
<b>¿Quién lo requiere?</b>	<b>Galones/estante</b>	<b>SEM1</b>	<b>SEM2</b>	<b>SEM3</b>	<b>SEM4</b>	<b>SEM1</b>	<b>SEM2</b>	<b>SEM3</b>	<b>SEM4</b>
Pintura al horno	0.15000000	0.000	0.000	0.000	52.500	0.000	0.000	0.000	52.500

<b>Stock inicial</b>	<b>Lead Time</b>	<b>Tamaño de lote</b>	<b>Stock de seguridad</b>
120	2	1	5

<b>Periodo</b>	<b>Inicial</b>	<b>Ene-22</b>				<b>Feb-22</b>			
		<b>SEM1</b>	<b>SEM2</b>	<b>SEM3</b>	<b>SEM4</b>	<b>SEM1</b>	<b>SEM2</b>	<b>SEM3</b>	<b>SEM4</b>
<b>Necesidades Brutas</b>		-	-	-	52.500	-	-	-	52.500
<b>Entradas Previstas</b>									
<b>Stock Final</b>	12	12.000	12.000	12.000	5.500	5.500	5.500	5.500	5.000
<b>Necesidades Netas</b>		-	-	-	45.500	-	-	-	52.000
<b>Pedidos Planeados</b>		-	-	-	46.000	-	-	-	52.000
<b>Lanzamiento de órdenes</b>		-	<b>46.000</b>	-	-	-	<b>52.000</b>	-	-

Tabla 35.  
*Planeamiento de requerimientos de thinner, galón*

Thinner		Ene-22				Feb-22			
¿Quién lo requiere?	Galones/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Thinner	0.200	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000	0.000	70.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
220	2	1	5

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
<b>Necesidades Brutas</b>		-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
<b>Entradas Previstas</b>									
<b>Stock Final</b>	9	9.000	9.000	9.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
<b>Necesidades Netas</b>		-	-	-	66.000	-	-	-	70.000
<b>Pedidos Planeados</b>		-	-	-	66.000	-	-	-	70.000
<b>Lanzamiento de órdenes</b>		-	<b>66.000</b>	-	-	-	<b>70.000</b>	-	-

Tabla 36.  
*Lanzamiento de órdenes de aprovechamiento*

Material	Unid	Ene-19				Febrero			
		SEMI	SEM2	SEM3	SEM4	SEMI	SEM2	SEM3	SEM4
<b><u>Sku</u></b>									
Estante Estans	Estante	350.000	0.000	0.000	0.000	350.000	0.000	0.000	0.000
<b><u>Componentes</u></b>									
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32" LAF	Plancha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	348.000	0.000
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm LAF	Plancha	0.000	72.000	0.000	0.000	0.000	72.000	0.000	0.000
Pernos de 1/4 x 1"	Caja/50	0.000	0.000	0.000	0.000	264.000	0.000	0.000	0.000
Pintura al horno	Galón	0.000	46.000	0.000	0.000	0.000	52.000	0.000	0.000
Thinner	Galón	0.000	66.000	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000

Con esta herramienta, se minimizará las compras reactivas, reduciendo el sobrecosto actual, que es S/0.123 por estante, a un estimado de S/0.031

### Propuesta de mejora de la Causa Raíz 4: Inapropiada fuente energética

Se propone migrar de gas licuado de petróleo, LPG, a gas natural, GN, como combustible del horno de secado de pintura.

Los argumentos son los siguientes.

1. **Seguridad:** El gas natural es mucho menos denso que el aire. Por ese motivo, cualquier eventual fuga, se disipará en el medio ambiente.

El LPG es más denso que el aire y cualquier fuga, producto de averías de los bidones, se acumularía de manera rastrera y antes cualquier chispa, procedente de las maquinas, podría causar explosión o incendio, como ha sucedido una vez en el pasado, sin consecuencias que lamentar afortunadamente.

2. **Disponibilidad.** El LPG se maneja en bidones y obliga a mantener control sobre su uso, para no quedarse desabastecido en hora inconvenientes.

El gas natural se distribuye por red, como cualquier fluido y el distribuidor, Quavii, garantiza su desabastecimiento permanente.

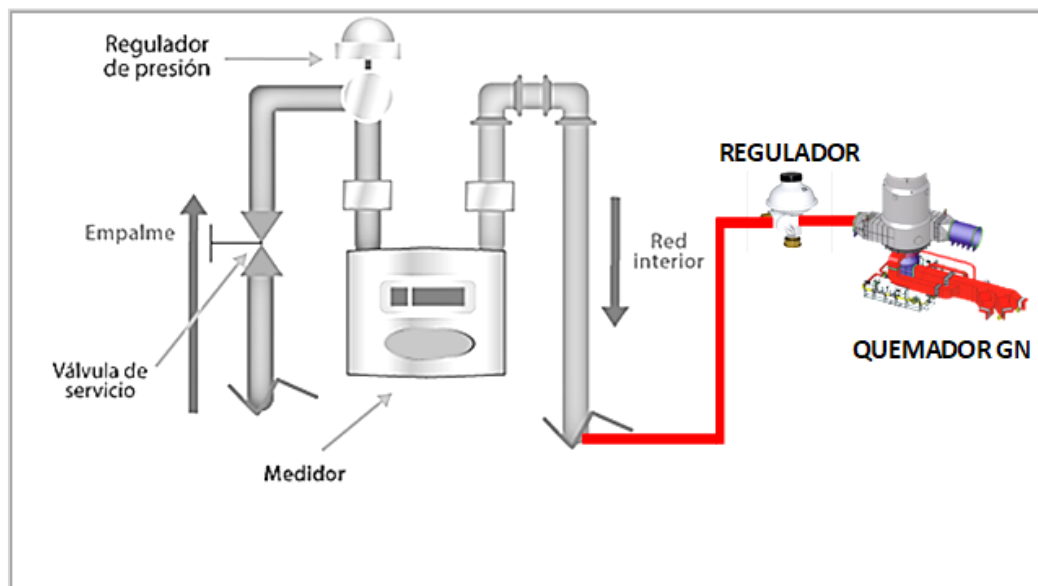


Figura 25. Instalación domiciliar de GN

Fuente : Quavii

La empresa metalmecánica, donde se desarrolla esta tesis, está ubicada en la calle Manuel Cedeño, del distrito de La Esperanza.

El gas en esa avenida, esta canalizada totalmente, por lo que solo se requerirá el empalme con la red.

Seguidamente se adjunta una foto, suministrada por Quavii, del tendido de la red en la zona .



*Figura 26. Canalización del gas en La Esperanza*

Fuente : Quavii

3. **Costo :** El Gas Natural GN, resulta más económico que el gas licuado de petróleo. Sopesando sus características caloríficas por kilo y por metro cúbico, se llega a esa conclusión, como se muestra seguidamente en un cuadro comparativo.

Tabla 37.  
Tabla comparativa de costo LPG vs GN

Combustible	Soles/kilo	Kg/M <sup>3</sup>	Soles/M <sup>3</sup>	BTU/M <sup>3</sup>	Soles/BTU	Quegador BTU/Hora	Soles/Hora	Horas horneado Actual /20 paneles	Horas horneado propuesta/20 paneles	Costo actual (Soles/estante)
LPG	S/ 6.00	1.899	S/ 11.394	90,829	S/ 0.0001254	50,000	S/ 6.27	0.50		S/ 0.7840
Gas natural		0.668	S/ 1.530	35,703	S/ 0.0000429	50,000	S/ 2.14		0.50	S/ 0.2678

Se puede ver que, con el uso del gas natural, se consigue reducir 65% el costo de horneado por estante, de S/0.784 a S/0.267.

También se propone, renovar el aislamiento del horno, para evitar fuga de calor, que origina sobrecosto en el consumo del combustible



Figura 27. Reparación de aislamiento de hornos

Fuente :aislamientotermico.com

Con el cambio de la lana de vidrio que está descompactada, se daría mucha hermeticidad al horno y se reduciría la fuga de calor, como se muestra en el siguiente cálculo.

Este cálculo también considera que:

Tabla 38.  
*Costo de fuga de calor con la propuesta*

<b>Datos generales del sistema con la propuesta de mejora con GN y horno bien aislado</b>				
Area de las paredes del horno	24.00	M <sup>2</sup>	258.33	pies <sup>2</sup>
T° de las paredes del horno	25.00	°C	77.00	°F
Temperatura ambiente	20.00	°C	68.00	°F
Capacidad calorífica	53,448	BTU / Kilo		
Soles/Kilo	6.00			

#### **Pérdida de calor por las paredes**

Fórmula de Stephen Boltzmann

ξ Emisividad de las paredes acero tratado	0.52
T Temperatura pared (F°)	77.00
t Temperatura ambiente(F°)	68.00

$$\text{Pérdida de calor} = (\xi \times 0.1714 \times 10^{-6} \times (T^4 - t^4) \times A) \text{ BTU/hora}$$

$$\text{Pérdida de calor} = 317 \text{ BTU/Hora}$$

<b>LPG perdido</b>	0.0059 Kilos/hora
	0.0030 Kilos LPG/hornada
	0.0178 Soles/hornada
	18.6880 Soles/año

<b>Sobrecosto/estante</b>	<b>S/</b>	<b>0.0044 Soles/estante</b>
---------------------------	-----------	-----------------------------

Se puede ver que, con el horno correctamente aislado, evitando una gradiente mayor a 5°C, entre la temperatura externa de las paredes del horno y el medio ambiente, no existiría pérdida de calor.



El beneficio obtenido al solucionar esta causa raíz sería:

Tabla 39.  
*Resumen beneficio de la causa raíz 4*

	<b>Actual</b>			<b>Propuesta</b>	
	Costo/estante			Costo/estante	
Combustible	LPG	S/	0.7840	GN	S/ 0.2678
Aislamiento	No	S/	0.0632	Si	S/ 0.0044
<b>Total costo</b>		<b>S/</b>	<b>0.8473</b>		<b>S/ 0.2723</b>

### Inversiones

- Instalación de gas natural por Quavii S/2,052
- 24 m<sup>2</sup> de lana de vidrio S/500

## Flujo de caja proyectado

Tabla 40.

*Flujo de caja de la propuesta de mejora*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Inversión</b>													
Conección Quavii gas natural	-	2,052											
Reposición lana de vidrio deteriorada	-	500											
<b>Total inversión</b>	-	<b>2,552</b>											
<b>Ingresos</b>													
Racionalización de la mano de obra	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	<b>9,216</b>
Menos recorrido por mejor layout	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	<b>113</b>
Menos costo de consumo de gas en horneado	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	<b>2,415</b>
Menos compras reactivas	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	<b>387</b>
<b>Total ingresos</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>12,131</b>
<b>Total ingresos actualizados</b>	<b>1,003</b>	<b>994</b>	<b>986</b>	<b>978</b>	<b>970</b>	<b>962</b>	<b>954</b>	<b>946</b>	<b>938</b>	<b>930</b>	<b>923</b>	<b>915</b>	<b>11,499</b>
<b>Egresos</b>													
Capacitación en gestión de abastecimiento	-	2,000	-	-									-
Capacitación en gestión de producción		-	3,000										-
<b>Total egresos</b>	<b>- 2,000</b>	<b>- 3,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>- 5,000</b>
<b>Total egresos actualizados</b>	<b>- 1,983</b>	<b>- 2,951</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>- 4,934</b>
Flujo bruto	-	<b>989</b>	<b>- 1,989</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>1,011</b>	<b>7,131</b>
Impuesto a la renta (con deducciones)	257	517	-	263	-	263	-	263	-	263	-	263	-
Flujo neto	-	732	-	1,472	748	748	748	748	748	748	748	748	<b>5,277</b>
<b>Flujo actualizado</b>	<b>- 2,552</b>	<b>- 726</b>	<b>- 1,448</b>	<b>730</b>	<b>724</b>	<b>718</b>	<b>712</b>	<b>706</b>	<b>700</b>	<b>694</b>	<b>689</b>	<b>683</b>	<b>4,858</b>
TMAR	10.00%	anual											
	0.83%	mensual											
VAN	S/	<b>2,306</b>											
TIR	<b>87.05%</b>												
PRI	0.53	años											
	6	meses											
B/C	1.54												

## Estado de resultados

Tabla 41.  
*Estado de resultados*

	<b>Actual</b>	<b>Mejorado</b>
Ventas de estantes	S/ 1,260,000	S/ 1,260,000
Costo de ventas	-S/ 780,091	-S/ 767,594
<b>Utilidad bruta</b>	<b>S/ 479,909</b>	<b>S/ 492,406</b>
Depreciación	S/ -	-S/ 205
<b>Utilidad operativa</b>	<b>S/ 479,909</b>	<b>S/ 492,200</b>
<b>Gastos financieros</b>	<b>S/ -</b>	<b>-S/ 255</b>
Utilidad antes de participación e impuestos	S/ 479,909	S/ 491,945
Impuesto a la renta	-S/ 124,776	-S/ 127,906
Utilidad neta	S/ 355,133	S/ 364,039
Reserva (10%)	S/ -	S/ -
<b>Resultado del ejercicio</b>	<b>S/ 355,133</b>	<b>S/ 364,039</b>
<b>Rentabilidad sobre ventas</b>	<b>28.2%</b>	<b>28.9%</b>
	<b>2.51%</b>	

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 42.  
Costo actual de un estante Estans

#### COSTO ACTUAL DE UN ESTANTE ESTANS

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Cantidad	Costo unitario (Soles)	Costo estante (Soles)
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1/32" LAF	120 x 60 mm x 1/32"	1.000	95.000	95.000
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1.5 mm LAF	60 x 60 x 240 mm □	0.200	145.000	29.000
Pernos de 1/4 x 1"	Perno	40.000	0.350	14.000
Pintura al horno	Galón	0.150	60.000	9.000
Thinner	Galón	0.200	14.000	2.800
Horas-Hombre obreros (8)	HH	0.914	6.000	5.486
Sobrecosto de compras reactivas	Varios			0.123
Costo desplazamiento en el taller	HH			0.132
Costo gas para homeo de pintura	Galón			0.784
Sobrecosto por mal aislamiento	Galón			0.063
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>S/ 156.387</b>

<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	42%			
Mano de obra indirecta				23.040
Essalud ( El 9% de total planilla)				2.074
Vacaciones (1/12 de planilla total)				0.411
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)				0.424
Mantenimiento del taller (mensual)				1.200
Electricidad (S/1000 al mes)				1.200
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)				1.000
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>S/ 29.349</b>

<b>TOTAL COSTO DE 1 ESTANTES ESTANS</b>				<b>S/ 185.736</b>
---	--	--	--	-------------------

PRECIOS DE 1 ESTANTE MARCA ESTANS DE 120 X 240 X 5 PANELES		
Costo de Hacer y Vender		S/. 185.736
Margen de utilidad del Fabricante	36.88%	S/. 68.501
Valor Venta al publico		S/. 254.237
IGV	18.00%	S/. 45.763
<b>PRECIO DE VENTA AL PUBLICO</b>		<b>S/. 300.000</b>

Tabla 43.  
Costo con la propuesta de mejora de un estante Estans

### COSTO CON LA PROPUESTA DE UN ESTANTE ESTANS

COSTOS DIRECTOS	Unidades	Cantidad	Costo unitario (Soles)	Costo estante (Soles)
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1/32" LAF	120 x 60 mm x 1/32"	1.000	95.000	95.000
Plancha de 120 mm x 240 mm x 1.5 mm LAF	60 x 60 x 240 mm ▽	0.200	145.000	29.000
Pernos de 1/4 x 1"	Perno	40.000	0.350	14.000
Pintura al horno	Galón	0.150	60.000	9.000
Thinner	Galón	0.200	14.000	2.800
Horas-Hombre obreros (6)	HH	0.549	6.000	3.291
Sobrecosto de compras reactivas	Varios			0.031
Costo desplazamiento en el taller	HH			0.017
Costo gas para horneado de pintura	Galón			0.268
Sobrecosto por mal aislamiento	Galón			0.004
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>S/ 153.412</b>

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	42%			
Mano de obra indirecta				23.040
Essalud ( El 9% de total planilla)				2.074
Vacaciones (1/12 de planilla total)				0.411
Gratificaciones 2 gratificaciones anuales)				0.424
Mantenimiento del taller (mensual)				1.200
Electricidad (S/1000 al mes)				1.200
Otros (materiales oficina, despachos locales, etc)				1.000
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>S/ 29.349</b>

**TOTAL COSTO DE 1 ESTANTE ESTANS** **S/ 182.760**

PRECIOS DE 1 ESTANTE MARCA ESTANS DE 120 X 240 X 5 PANELES			
Costo de Hacer y Vender			S/. 182.760
Margen de utilidad del Fabricante	39.11%		S/. 71.477
Valor Venta al publico			S/. 254.237
IGV	18.00%		S/. 45.763
<b>PRECIO DE VENTA AL PUBLICO</b>			<b>S/. 300.000</b>

Tabla 44.  
Planilla de mano de obra

<b>PLANILLA MANO DE OBRA DIRECTA</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Costo H-H</b>	<b>Costo mes</b>
Operarios	6	S/. 6.00	S/. 7,200
Total mano de obra directa			<b>S/. 7,200</b>
<b>PLANILLA MANO DE OBRA INDIRECTA</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Costo H-H</b>	<b>Costo mes</b>
Gerente	1	S/. 35.00	S/. 8,400
Asistente	1	S/. 8.00	S/. 1,920
Total mano de obra indirecta			<b>S/. 12,000</b>
Total planilla			<b>S/. 19,200</b>

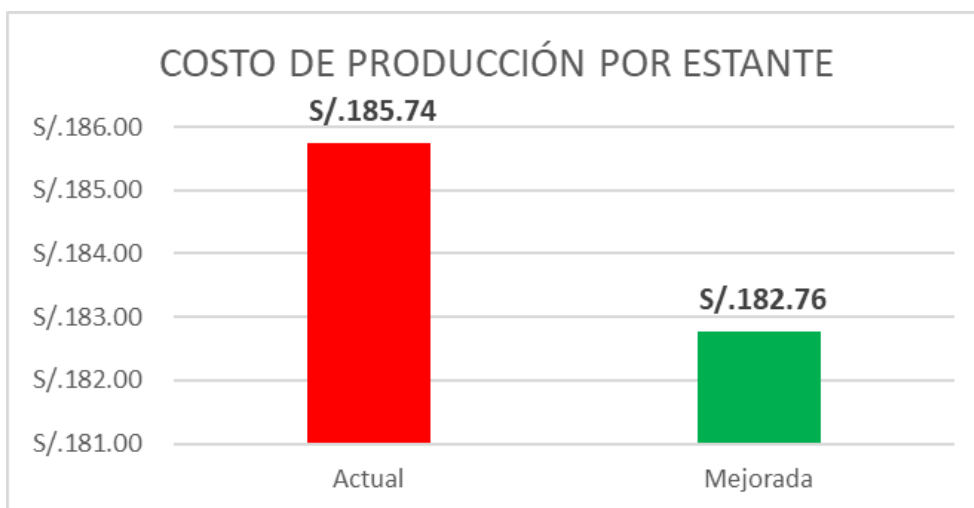


Figura 28. Costo de producción por estante

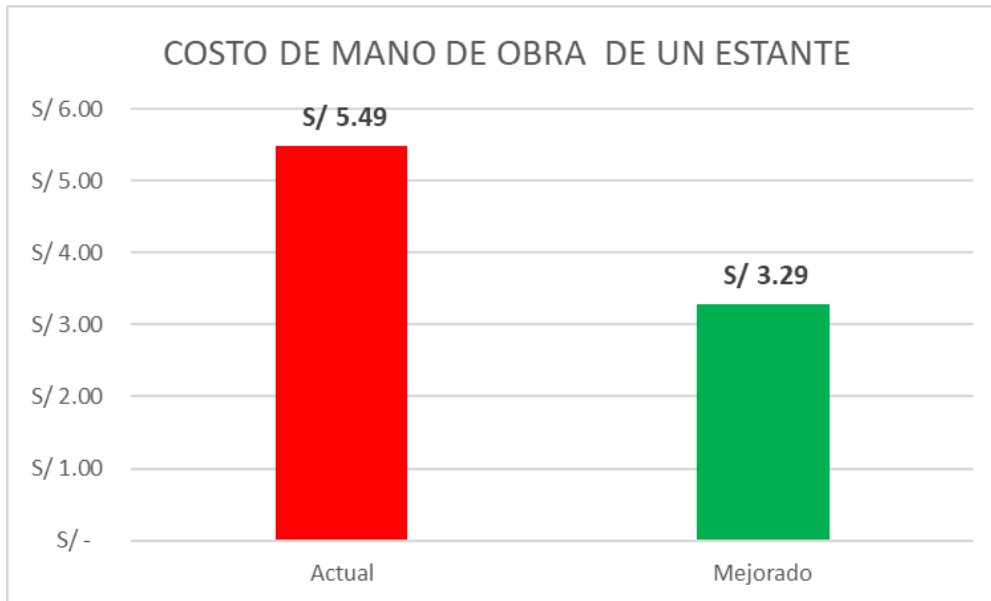


Figura 29. Costo de mano de obra por estante

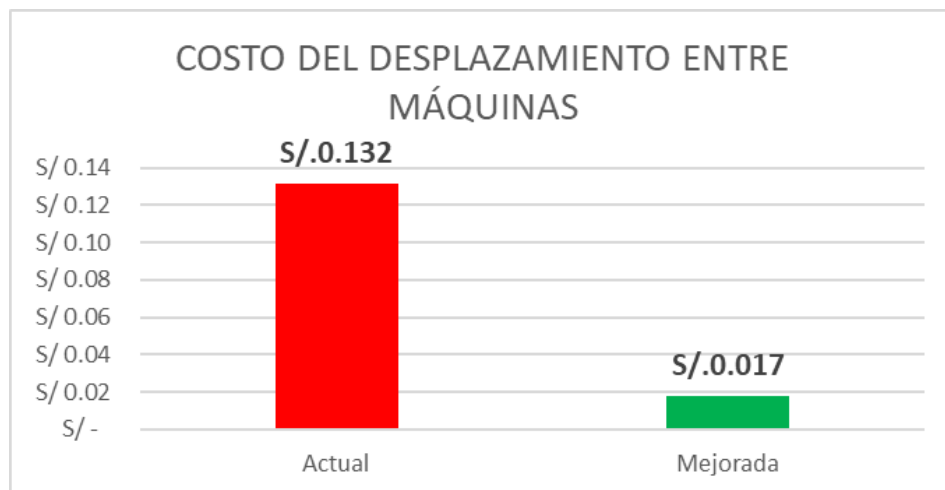


Figura 30. Costo del desplazamiento entre máquinas



*Figura 31.* Costo de reactivo por estante



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### **Antecedentes internacionales**

Al igual que Cabrera (2016), quien utilizó herramientas, como el Estudio de Tiempos y diagramas de recorrido que le permitieron registrar información como distancias, tiempos, equipos, herramientas, materiales, etc, para estandarizar el proceso, en la presente tesis también se las empleó, para crear información de base, que permitieron generar propuestas para reducir los costos operativos, de la confección de estantes.

Coincidiendo con Burbano (2017), en la presente tesis, mediante el análisis del proceso, se identificó el mejor recorrido de material para la fabricación de los estantes, de modo que se redujeran los cruces del personal y el tiempo improductivo del desplazamiento entre máquinas.

Igualmente, en visita a la planta, se verificó que las dimensiones satisfagan el espacio necesario para la ubicación de la maquinaria y para tránsito de personas y de material. También se verificó que permitiese planes de expansión.

#### **Antecedentes nacionales**

Sánchez (2019), manifiesta en su tesis, que la baja productividad, era causada por la falta de estandarización y mal balance de línea, transportes. Proponiendo la aplicación de un nuevo layout; estandarizar los tiempos del proceso y balancear la línea.

Con los mismos criterios, Morocho (2019), Disminuyó los cruces en el flujo de material, redistribuyendo la planta y eliminó el acumulamiento de material en proceso, con el balance de línea.

Coincidiendo con los autores precedentes, en la presente tesis, se elaboró un estudio de tiempos y un diagrama de operaciones de proceso. Ambas fueron la base para preparar un balance de línea, que dio como resultado, 25% de reducción del costo de mano de obra.

Aplicando el método de *Muther*, se confeccionó un nuevo *layout*, que logró disminuir en 21% la distancia y tiempo de traslados

Morocho (2019), Disminuyó los cruces en el flujo de material, redistribuyendo la planta y eliminó el acumulamiento de material en proceso, con el balance de línea.

De igual manera que Cruz García (2017) que sostiene que con el estudio de tiempos, pudo tomar decisiones que le permitieron reducir a la mitad los tiempos improductivos y con el uso del MRP, redujo los costos administrativos del abastecimiento en 40%, en la presente tesis, con el uso de esta herramienta de planeamiento, se minimizó las compras reactivas, derivadas de un débil planeamiento de producción y abastecimiento.

Se empleó el mismo criterio de Benites (2018), quien analizando las alternativas de reducción de costos, determinó que la falta de aislamiento, afectaba los costos de producción, por pérdida de calor, a través de las paredes mal aisladas, del horno

Al igual que cita dicha autora, esta pérdida que era evidente al estar las paredes del horno muy calientes, la calculó con fórmula termodinámica de *Stefan-Boltzmann*.

La propuesta de mejora, que consistió en renovar la lana de vidrio del aislamiento de horno, logró reducir en 93%, el sobre costo por fuga de calor, en el horneado de los tableros de los estantes.

## 4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística reduce los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas, en la ciudad de Trujillo en 14.43%, equivalente a S/110,767 anuales.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de producción y logística que afectan negativamente a los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas en la ciudad de Trujillo. Estas son: Deficiente uso de mano de obra. Layout deficiente, deficiente gestión de compra e inapropiada fuente energética.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para reducir los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas, en la ciudad de Trujillo, como peso posicional, estudio de tiempos, balance de línea, método de Muther, Corelap, termodinámica y MRP, obteniendo un beneficio total de S/12,131 al aplicar la propuesta de mejora.
- La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de una fábrica de estructuras metálicas es viable económica y financieramente. Esto se demuestra con un VAN de S/2,306. Además, la Tasa Interna de Retorno es 87.05% y el Beneficio/Costo de 1.54, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.54. El retorno de la inversión será en 6 meses.

## REFERENCIAS

- Asociación española de la calidad (AEC, 2019). Matriz de priorización. España.
- Benites, M. (2018). *Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y de mantenimiento preventivo, para incrementar la rentabilidad de la panificadora Panoti S.R.L.* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, sede Trujillo.
- Burbano, L. (2017). *Diseño optimizado de distribución en planta, de una pyme fabricante de muebles metálicos, polímeros termoformados y mixtos.* (Tesis de Grado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Cabrera, A. (2016). *Estudio para la estandarización de métodos de trabajo y tiempos de producción en la empresa de muebles modulares metálicos para oficinas “Rueda Cabrera cía. Ltda.”, de la ciudad de Quito.* (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Caruajulca, B. (2017). *Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industrias Fashion E.I.R.L.- Lima, 2017.* (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca\\_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Céspedes, P. (2016). *Propuesta de redistribución de planta y su efecto en la productividad, en el taller de maestranza turbinas de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8420/C%C3%A9spedes%20Baca%20Pablo%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chávez, E., Solís, E., Ticona, E. y Valdivia, J. (2017). *Diagnóstico operativo empresarial planta de producción de AiD Ingenieros S.A.C.* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11756/CHAVEZ\\_TICONA\\_DIAGNOSTICO\\_AID.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11756/CHAVEZ_TICONA_DIAGNOSTICO_AID.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cruz, A. y García, B. (2017). *Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad, para reducir los costos operativos de la empresa Estructuras metálicas Virgen de la Puerta.* (Tesis de Grado). Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Cruz, V. (2016). *Plan de Requerimiento de Materiales en la empresa Castro Maquinaria* (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/10701>
- Domenech, J. (2010). Diagrama de Pareto.
- García, R. (2005). Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw-Hill.
- Manual de usuario del corelap 01. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30082/fichero/DOCUMENTOS%252FMANUAL+PROGRAMA%252FManual+Corelap+01.pdf>
- Morocho, L. (2019). *Propuesta de mejora del proceso productivo de muebles de melamina en la empresa fabricaciones metálicas Fametal S.A.C.. para aumentar la rentabilidad.* (Tesis de Grado). Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Palacios, E. (2016). *Mejora de la Productividad de la Planta de Producción de la Empresa MB Mayflower Buffalos S.A. mediante la Implementación de un Sistema de*

*Producción Esbelta* (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15183>

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

Sánchez, L. (2019). *Propuesta de mejora en el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa edificaciones metálicas Savi S.A.C. para incrementar su productividad.* (Tesis de Grado). Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.

Sedano Ubaldo, Luis.(2021) Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de una empresa textil. Tesis para optar el título de ingeniero industrial. Universidad Peruana de los Andes Huancayo, Perú.

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-control-de-produccion/#:~:text=El%20objetivo%20fundamental%20de%20un,recursos%20e%20incluso%20inversiones%20econ%C3%B3micas.>

## ANEXOS

### Anexo 1. Estudio de tiempos

#### Estudio de tiempos de operaciones estructuras metálicas

SKU : Paneles de 120 x 38.5

Muestra	Cortado		Picado		Estampado		Lavado	
	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>
1	27	729	18	324	13	169	24	576
2	28	784	16	256	13	169	27	729
3	27	729	19	361	12	144	24	576
4	26	676	18	324	14	196	28	784
5	25	625	16	256	14	196	27	729
6	24	576	18	324	12	144	24	576
7	28	784	17	289	13	169	25	625
8	26	676	19	361	15	225	25	625
9	27	729	20	400	14	196	24	576
10	30	900	18	324	14	196	23	529

<b>Sumatoria</b>	268	7208	179	3219	134	1804	251	6325
<b>Media</b>	<b>26.80</b>		<b>17.90</b>		<b>13.40</b>		<b>25.1</b>	
<b>σ</b>	1.69		1.29		0.97		1.66	
<b>Muestra</b>	<b>6</b>		<b>7</b>		<b>7</b>		<b>6</b>	

#### Valoración del esfuerzo

% actuación	90%	90%	90%	90%
<b>Tpo Normal</b>	<b>24.12</b> seg	<b>16.11</b> seg	<b>12.06</b> seg	<b>22.59</b>

#### Suplementos

Fatiga	5%	5%	5%	5%
Necesidades	4%	4%	4%	4%
Posición	2%	2%	2%	2%
<b>Total</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>

Tiempo Std	26.77 segundos	17.88 segundos	13.39 segundos	25.07 segundos
	<b>0.45</b> minutos	<b>0.30</b> minutos	<b>0.22</b> minutos	<b>0.42</b> minutos

Doblado lateral		Doblado frontal		Pintado		Empaquetado	
Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>	Tiempo (Min)	t <sup>2</sup>
28	784	24	576	22	484	155	24,025
26	676	24	576	20	400	156	24,336
30	900	28	784	24	576	150	22,500
28	784	26	676	23	529	160	25,600
26	676	24	576	23	529	155	24,025
32	1,024	28	784	22	484	160	25,600
30	900	26	676	24	576	158	24,964
30	900	30	900	24	576	150	22,500
32	1,024	28	784	22	484	155	24,025
32	1,024	26	676	25	625	158	24,964
<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
294	8692	264	7008	229	5263	1557	242539
<b>29.4</b>		<b>26.4</b>		<b>22.9</b>		<b>155.7</b>	
2.32		2.07		1.45		3.56	
<b>9</b>		<b>9</b>		<b>6</b>		<b>1</b>	
<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
90%		90%		90%		90%	
<b>26.46</b>		<b>23.76</b>		<b>20.61</b>		<b>140.13</b>	
<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
5%		5%		5%		5%	
4%		4%		4%		4%	
2%		2%		2%		2%	
<b>11%</b>		<b>11%</b>		<b>11%</b>		<b>11%</b>	
<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
29.37 segundos		26.37 segundos		22.88 segundos		155.54 segundos	
<b>0.49 minutos</b>		<b>0.44 minutos</b>		<b>0.38 minutos</b>		<b>2.59 minutos</b>	



Anexo 2. MRP

PLAN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

PROGRAMA MAESTRO  
DE PRODUCCIÓN (PMP)

SKU	lote	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
1	Estante Estans	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	400	0	0	350	400	0	0

Estante Estans SKU

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
14	1	1	5

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0
Entradas Previstas																					
Stock Final	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Necesidades Netas		330	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0
Pedidos Planeados		330	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0
Lanzamiento de órdenes		0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350

PLAN DE NECESIDADES DE MATERIALES (MRP)

Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32" LAF		Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
¿Quién lo requiere?	Plancha/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1/32"	1.000	0	0	0	350	-	-	-	350	-	-	-	350	-	-	-	350	-	-	-	350

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
3	1	2	10

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350
Entradas Previstas																					
Stock Final	362	362	362	362	12	12	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Necesidades Netas		0	0	0	0	0	0	0	348	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350
Pedidos Planeados		0	0	0	0	0	0	0	348	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350
Lanzamiento de órdenes		0	0	0	0	0	0	348	0	0	0	350	0	0	0	350	0	0	0	350	0

Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm LAF		Ene-19				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
¿Quién lo requiere?	Plancha/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Plancha de 1200 mm x 2400 mm x 1.5 mm	0.200	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
6	2	12	10

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
Entradas Previstas																					
Stock Final	10	10.000	10.000	10.000	12.000	12.000	12.000	12.000	14.000	14.000	14.000	14.000	16.000	16.000	16.000	16.000	18.000	18.000	18.000	18.000	20.000
Necesidades Netas		-	-	-	70.000	-	-	-	68.000	-	-	-	66.000	-	-	-	64.000	-	-	-	62.000
Pedidos Planeados		-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000
Lanzamiento de órdenes		-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-	-	72.000	-	-

Pernos de 1/4 x 1"		Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
¿Quién lo requiere?	Cajas/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Pernos de 1/4 x 1"	0.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	278.400	0.000	0.000	0.000	280.000	0.000	0.000	0.000	280.000	0.000	0.000	0.000	280.000	0.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
6	2	12	4

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	-	-	-	278.400	-	-	-	280.000	-	-	-	280.000	-	-	-	280.000	-
Entradas Previstas																					
Stock Final	23	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	8.600	8.600	8.600	8.600	4.600	4.600	4.600	4.600	12.600	12.600	12.600	12.600	8.600	8.600
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	259.400	-	-	-	275.400	-	-	-	279.400	-	-	-	271.400	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	264.000	-	-	-	276.000	-	-	-	288.000	-	-	-	276.000	-
Lanzamiento de órdenes		-	-	-	-	264.000	-	-	-	276.000	-	-	-	288.000	-	-	-	276.000	-	-	-

Pintura al horno		Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
¿Quién lo requiere?	Galones/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Pintura al horno	0.15000000	0.000	0.000	0.000	52.500	0.000	0.000	0.000	52.500	0.000	0.000	0.000	52.500	0.000	0.000	0.000	52.500	0.000	0.000	0.000	52.500

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
120	2	1	5

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	52.500	-	-	-	52.500	-	-	-	52.500	-	-	-	52.500	-	-	-	52.500
Entradas Previstas																					
Stock Final	12	12.000	12.000	12.000	5.500	5.500	5.500	5.500	5.000	5.000	5.000	5.500	5.500	5.500	5.500	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.500
Necesidades Netas		-	-	-	45.500	-	-	-	52.000	-	-	-	52.500	-	-	-	52.000	-	-	-	52.500
Pedidos Planeados		-	-	-	46.000	-	-	-	52.000	-	-	-	53.000	-	-	-	52.000	-	-	-	53.000
Lanzamiento de órdenes		-	46.000	-	-	-	52.000	-	-	-	53.000	-	-	-	52.000	-	-	-	53.000	-	-

Thinner		Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
¿Quién lo requiere?	Galones/estante	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Thinner	0.200	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000	0.000	70.000	0.000	0.000	0.000	70.000

Stock inicial	Lead Time	Tamaño de lote	Stock de seguridad
220	2	1	5

Periodo	Inicial	Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22				May-22			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
Entradas Previstas																					
Stock Final	9	9.000	9.000	9.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Necesidades Netas		-	-	-	66.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
Pedidos Planeados		-	-	-	66.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000
Lanzamiento de órdenes		-	66.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-	-	70.000	-	-