

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE  
HERRAMIENTAS LEAN Y TEORÍA DE  
RESTRICCIONES PARA REDUCIR SUS COSTOS  
OPERATIVOS DE UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Irvin Daniel Cardenas Garcia

Bryan Victor Sicche Buleje

**Asesor:**

Mg. César Enrique Santos Gonzales

<https://orcid.org/0000-0003-4679-1146>

Trujillo - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Walter Estela Tamay</b>	<b>16684488</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña</b>	<b>17806063</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ing. Alberto Geldres Marchena</b>	<b>18887273</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

*A nuestro Padre Dios por permitirme culminar mi carrera y  
guiarme siempre por el buen sendero.*

*A mis padres por todos sus cuidados y tiempo que se tomaron para  
convertirme en una persona de bien.*

*A mis hermanos y hermanas, por sus atenciones y alegrías en mi  
vida.*

*A mi pareja Johana por su cariño, cuidado, por estar siempre a mi  
lado y a mi hija AINHOA por todas las alegrías y fuerzas que me  
brinda cada día.*

*A mi abuela Irma por sus buenos consejos, disciplina, persistencia  
y exigencia.*

*Bryan.*

*A Dios y la Virgen de la Puerta, por permitirme llegar a uno de los momentos más especiales en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.*

*A mi madre Flor Noemi García Rodríguez y a mi Padre Daniel Manuel Cárdenas Gutiérrez, por haberme forjado con valores y ser la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyo este; por su apoyo incondicional que me brindan.*

*A mi pequeña hija Luanna, por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Fuiste y eres mi motivación más grande para concluir este paso tan importante en mi vida. Tu amor y tus alegrías son mi felicidad; de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti, y aun así a tu corta edad, me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas de esta vida.*

*A Luz Milagros Arroyo Aguilera, mi gran amor, por ser mi compañera de vida, así como mi apoyo incondicional que me brinda día a día y me alienta a alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales, además de su paciencia infinita.*

*A mi tía Patricia Mónica García Rodríguez, por encontrar el apoyo que necesitaba en un momento difícil de mi vida.*

*Irvin Daniel.*

## AGRADECIMIENTO

*A los docentes que la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE que participaron en mi formación durante todo este tiempo de estudios, quienes se han convertido en mi guía.*

*Al ING. CÉSAR SANTOS GONZÁLEZ por su sabia experiencia para alcanzar el desarrollo del presente trabajo de tesis y a todas las personas que confiaron en mí en todo momento con luz de apoyo.*

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Antecedentes	13
1.3. Bases teóricas	18
1.4. Formulación del problema	56
1.5. Objetivos	56
1.6. Hipótesis	57
1.7. Justificación	57
1.8. Aspectos éticos	58
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	59
CAPÍTULO III: RESULTADOS	61
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	117
REFERENCIAS	122
ANEXOS	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 TOC thinking Processes y Logic Trees .....	27
Tabla 2 <i>Metodología de Mantenimiento Autónomo según JIPM</i> .....	44
Tabla 3 <i>Motivo de productos no entregados a almacén de producto terminado</i> .....	79
Tabla 4 <i>Porcentaje de falta de control de la producción por parte de la alta dirección</i> ....	79
Tabla 5 Costo de oportunidad por falta de control de la producción por parte de la alta dirección .....	79
Tabla 6 <i>Porcentaje de desorden en la emisión de órdenes de trabajo</i> .....	80
Tabla 7 Costo de oportunidad por desorden en la emisión de órdenes de trabajo .....	80
Tabla 8 <i>Porcentaje de demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo</i> .....	80
Tabla 9 Costo de oportunidad por demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo .....	81
Tabla 10 Costo de oportunidad de productos no entregados a almacén de producto terminado .....	81
Tabla 11 Costo de oportunidad de productos no entregados a almacén de producto terminado .....	82
Tabla 12 <i>Inventarios de elementos innecesarios</i> .....	88
Tabla 13 <i>Cronograma de limpieza de la sección de pintura</i> .....	93
Tabla 14 <i>Ficha simplificada de declaración de Implementación de la herramienta 5s</i> ....	96
Tabla 15 <i>Consumos de pintura de color plomo de 2021</i> .....	98
Tabla 16 <i>Cálculo de tamaño de kanban</i> .....	98
Tabla 17 <i>Ficha simplificada de declaración de Implementación de la herramienta Kanban</i> .....	100
Tabla 18 <i>Ficha de declaración simplificada de implementación de herramienta Andon</i> .	103
Tabla 19 <i>Información de capacidades, utilización y holguras</i> .....	106
Tabla 20 <i>Capacidades instalada, no aprovechada y productiva actuales</i> .....	109
Tabla 21 <i>Capacidad instalada, no aprovechada y efectiva propuesta</i> .....	109
Tabla 22 <i>Diagrama de Gantt para la planificación de las actividades</i> .....	111

Tabla 23 <i>Matriz de indicadores del área de logística de la empresa metalmecánica .....</i>	112
Tabla 24 <i>Matriz de indicadores del área de producción de la empresa metalmecánica ..</i>	113
Tabla 25 <i>Costos de implementación de las herramientas Lean. ....</i>	114
Tabla 26 <i>Implementación de Mecanismo de control.....</i>	114
Tabla 27 <i>Total inversión de propuesta .....</i>	115
Tabla 28 <i>Total ahorros anuales por la propuesta de mejora.....</i>	115
Tabla 29 <i>Total de costos anuales generados por la propuesta de mejora .....</i>	115
Tabla 30 <i>Flujo de efectivo de la propuesta de mejora .....</i>	116
Tabla 31 <i>Indicadores de evaluación económica de la propuesta de mejora .....</i>	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mediciones para el desempeño operacional</i> .....	20
Figura 2. Identificación del cuello de botella en un proceso de servicios .....	23
Figura 3. Identificación del cuello de botella en un proceso de manufactura .....	23
Figura 4. <i>Método Drum-Buffer- Rope</i> .....	25
Figura 5. Las seis herramientas lógicas como un proceso de pensamiento integrado.....	25
Figura 6. Ejemplo de VSM aplicado a una empresa industrial. ....	32
Figura 7. Organigrama general de la empresa .....	63
Figura 8. Diagrama de producción de la línea de panel ranurado .....	68
Figura 9. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado .....	69
Figura 10. Distribución de planta de la empresa metalmecánica .....	72
Figura 11. Diagrama de Ishikawa del área de logística .....	75
Figura 12. Diagrama de Ishikawa del área de producción .....	76
Figura 13. Diagrama de Pareto del área de logística .....	77
Figura 14. Diagrama de Pareto del área de producción.....	78
Figura 15. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Corte.....	84
Figura 16. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Troquelado .....	84
Figura 17. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Doblado.....	85
Figura 18. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Pintado .....	85
Figura 19. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Horneado.....	86
Figura 20. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Embalado .....	86
Figura 21. Cartilla informativa de la etapa clasificar .....	87
Figura 22. Cartilla Informativa de tarjeta roja 5s .....	89
Figura 23. Cartilla informativa 5s de la etapa ordenar .....	90
Figura 24. Cartilla informativa del ordenamiento de las cajas de pinturas .....	91
Figura 25. Cartilla informativa de tabla de frecuencia de uso .....	92
Figura 26. Procedimiento de ejecución del programa 5s en la sección de pintura.....	94
Figura 27. Checklist de verificación del programa de 5s .....	95
Figura 28. Cálculo de indicador de cumplimiento de 5s .....	95

Figura 29. Flujograma de Implementación de Reposición por Kanban .....	97
Figura 30. Orden de recojo de las cajas para el kanban .....	99
Figura 31. Establecimiento del kanban físico en pintura de color blanco .....	100
Figura 32. Checklist de la herramienta Kanban .....	100
Figura 33. Situación actual en sección de pintura .....	101
Figura 34. Instructivo de luces Andon para el horno de secado.....	102
Figura 35. Mecanismo de control de luces en el horno de secado .....	103
Figura 36. Checklist de la herramienta Andon .....	103
Figura 37. Diagrama de operaciones de elaboración de ángulos ranurados.....	104
Figura 38. Distribución de planta propuesta de la empresa metalmecánica.....	105
Figura 39. Gráfica de utilización y holgura en HH .....	107
Figura 40. Flujograma de proceso de subordinación.....	108

## RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo determinar una propuesta de mejora mediante herramientas lean y teoría de restricciones para reducir los costos operativos de una empresa metalmeccánica. Se utilizó un diseño de investigación pre experimental considerando una muestra de los procesos durante el desarrollo de la investigación. Concluyendo que la propuesta logró una mejora económica mediante la utilización de las herramientas lean y la teoría de restricciones Dichas herramientas fueron: 5S; Kanban, Andon con lo que se logro reducir una pérdida en el área logística del orden de S/12 925,95 a S/1 278,76; lo que representa una reducción del 90,11%. En el área de producción se redujo de S/39 643,15 a S/3 455,10 lo que representa un 91,28%.disminuyen sus pérdidas en el área logística del 90,11% y en el área de producción del 91,28%. Asimismo, la propuesta de mejora del presente estudio tendrá un VAN de S/23 396,32; una TIR de 78%; y un beneficio-costo igual a a 1,79; lo que indica que el proyecto es viable económicamente.

**PALABRAS CLAVES:** Lean manufacturing, teoría de restricciones, Propuesta de mejora..

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Actualmente las empresas manufactureras a nivel global, desarrollan planes de producción y logísticos, con el fin de establecer volúmenes y tiempos de manufactura oportunos, satisfaciendo así la demanda de los mercados dinámicos en los cuales compiten conjuntamente con otras empresas. Deben lograr la satisfacción del mercado, clientes y/o usuarios, de lo contrario, se verán aventajadas por organizaciones más competitivas. Es entonces que para que una empresa sea eficiente, sus procesos deben estar bien planificados, definidos, organizados y controlados.

En el Perú, muchas de las micro y pequeñas empresas carecen de estas herramientas que permitan tener una gestión administrativa integral; una de ellas es lean manufacturing y por otro lado la teoría de restricciones, puesto que, por su condición de pequeña empresa, éstas producen en base a pedidos y no consideran relevante la aplicación de herramientas de gestión, a diferencia de las grandes compañías, que lo hacen mediante lotes por volumen.

También influye el desconocimiento por parte de los emprendedores y/o representantes legales, en su mayoría, que creen poco en su aplicación en la pequeña empresa, o en su defecto, la idea errónea basada en que dichas herramientas son de uso exclusivo de aquellas grandes compañías manufactureras o de servicios.

Esto genera que, en la mayoría de los casos, frente al uso de recursos productivos tales como materia prima, mano de obra, insumos, entre otros, surja un intento de planificación empírica, que escasamente contribuirá con la mejora de la producción y logística de la empresa.

La empresa metalmecánica dedicada a la fabricación y comercialización de estantería metálica, ubicada en la Mz. E1, Lote 1 - Parque Industrial, distrito de la Esperanza, es un claro ejemplo de la problemática citada líneas arriba. Debido a la ausencia de una planificación de la producción, lo cual le ocasiona contratiempos e inconvenientes referidos al retraso en la producción, desabastecimiento de materia prima e incumplimiento del plazo de entrega de pedidos.

Es así que no se cuenta con una planificación de la producción establecida para un determinado periodo de tiempo, de manera formal y que permita poder controlar las actividades, al contrario, sólo se comunican las actividades diarias a desempeñarse de manera verbal y/o transcritas en una pizarra, lo cual no da opción a un análisis más detallado, como por ejemplo, conocer el número de piezas que se están produciendo en el momento, la cantidad exacta de materia prima e insumos que están siendo utilizados, cuánto es el tiempo de horas hombre que se requieren para la jornada diaria, entre otros. Por otro lado, esto origina problemas para el abastecimiento y la entrega de productos, generando una falta de competitividad frente al resto de empresas del sector.

## **1.2. Antecedentes**

Por otro lado se reviso antecedentes a nivel internacional, nacional y local que apoyen la presente investigación, las cuales se presentan a continuación.

Guerra y Orozco (2017) en su tesis Diseño de una propuesta para la reducción de los tiempos de entrega en Indumetálicas Carz empleando herramientas de lean manufacturing presentada a la Universidad de La Salle para optar el título de ingeniero industrial cuyo objetivo Indumetálicas Carz se ha visto en la necesidad de reducir los tiempos de entrega; por lo tanto, el grupo de trabajo decidió establecer una propuesta en la cual se reducirán los tiempos de ciclo usando metodología Lean Manufacturing. Inicialmente se planteó una

caracterización enfocada a los tiempos de producción, utilidades, cuellos de botella, principales problemáticas en la producción (Pareto) y el ROIC actual de la organización. Posteriormente, se plantearon diferentes metodologías enfocadas a Lean (SMED, 5'S, Diseño y distribución en planta y VSM) en donde cada una de estas herramientas enfatizan aspectos totalmente diferentes ya que SMED está enfocada en el cambio rápido de las herramientas, 5'S enfatiza en la estandarización (kaizen), orden, limpieza y disciplina que debe tener una organización y la distribución en planta que está orientada a la reducción de las distancias en el proceso. Finalmente, se establece una evaluación financiera (ROIC) y así de determinar cuál de las metodologías planteadas es la mejor solución para la minimización de los tiempos de ciclo con el fin de cumplir con los tiempos establecidos con el cliente.

Guananga (2017) en su tesis Aplicación de la teoría de restricciones y su incidencia en los costos de producción en la empresa Mirvin de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo presentada a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para optar el grado de maestro en gestión industrial y sistemas cuyo objetivo es la elaboración de una propuesta de mejora para la empresa MIVIRN aplicando la Metodología de la Teoría de Restricciones (TOC), para minimizar los costos de producción. En el desarrollo de la investigación se logra establecer la demanda histórica y en base a esta se proyecta la demanda futura, que permite evaluar y determinar los tiempos estándar, se costea los centros de producción mediante el costeo directo, con estos datos se establece la restricción del sistema aplicando la metodología propuesta por Goldratt para explotar la restricción que impide alcanzar un mejor desempeño productivo en relación a la meta de la empresa, es esencial entonces, tener en cuenta la mejor combinación de recursos para subordinar la restricción, seguidamente se realiza la programación lineal con la ayuda de la herramienta Solver de Excel que permite obtener resultados en tiempo real y así determinar las necesidades de producción, lo que

conduce a una adecuada planificación de la producción que contribuye a la mejora continua mediante la optimización del recurso humano y el incremento de las unidades producidas para lograr maximizar la utilidad de la empresa en un 37%. Al elevar la restricción en el proceso de mecanizado de materiales, se propone aumentar la capacidad del sistema, finalmente se comparan los costos luego de eliminada la restricción, demostrando que con la aplicación de la Teoría de Restricciones se disminuyen los costos de producción en la empresa MIVIRN se reducen en \$495,94 para concreteiras y \$476,17 para elevadores por bimestre. Se recomienda la oportuna aplicación de la Metodología de Goldratt, para identificar y balancear el recurso restrictivo, que incrementa la eficiencia de trabajo al reducir el tiempo en 1104 minutos ocioso maximizando la utilidad objetivo de toda empresa.

Hernández (2022) en su tesis Propuesta de reducción del retraso de productos terminados en el área de producción de una empresa metalmeccánica mediante la Teoría de las Restricciones y herramientas Lean presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas para optar el título de Ingeniero Industrial tuvo como objetivo reducción del retraso de productos terminados en el área de producción de una empresa metalmeccánica mediante la Teoría de las Restricciones y herramientas Lean. Se identificó el principal problema que tenía debido a las entregas tardías de productos terminados a sus clientes, lo cual le origina pérdidas debido a las penalizaciones que estos clientes imponían a la empresa. Asimismo, se identificó que el 61% de estos retrasos eran por demoras en el área de Producción, después un análisis más profundo concluyó que existe un recurso cuya capacidad demandada es mucho mayor a su capacidad disponible; por lo tanto, este recurso, identificado como la sección de Pintura, se definió como el cuello de botella del sistema de producción, además se analizó y se verificó que esta capacidad disponible se veía reducida debido a ineficiencias y tiempos muertos que existían. El análisis económico realizado bajo

2 escenarios: optimista e intermedio nos brinda resultados favorables con un VAN de S/. 22,297 para el primer caso y un VAN de S/.15,000 para el segundo escenario.

Batallanos (2022) en su tesis Aplicación de la teoría de Restricciones para el diagnóstico y mejora del proceso de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de artículos de madera, presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas para optar el título de Ingeniero Industrial tuvo como objetivo de que la planta de operaciones de Maderick cumpla la demanda y los plazos establecidos a los clientes para así lograr la competitividad que el mercado exige con el enfoque de desarrollar las fases y/o pasos de la Teoría de Restricciones: Identificar la restricción, Decidir cómo EXPLOTAR las restricciones, Subordinar toda lo demás a lo efectuado en explotar la restricción, elevar la restricción y finalmente Aplicar el nexo de mejora continua volviendo al paso 1. En este trabajo se describe la situación actual de la de la empresa Maderick y se expone una aplicación práctica para la mejora de procesos, el cumplimiento de tiempos de entrega con la metodología de Teoría de Restricciones (TOC, por su sigla en inglés). Este proyecto de investigación es una guía para las posibles mejoras que se pueden obtener en una planta, siguiendo los pasos de la mejora de procesos y las herramientas del TOC utilizando los recursos en el momento correcto. La Eficiencia Económica obtenida del 129% nos demuestra que la empresa tiene un margen de ganancia del 29% de lo invertido. Es decir que, si se invierte como 100, la empresa logra recuperar lo invertido y obtiene una ganancia de como 29. Finalmente se valida el proyecto mediante una simulación del modelo de producción para poder anticiparnos a las próximas demandas fluctuantes del mercado.

López (2020) en su tesis Aplicación del lean manufacturing para mejorar la productividad del taller de carrocería y pintura en la empresa Autonort Trujillo SAC presentada a la Universidad Nacional de Trujillo para optar el título de ingeniero industrial.



El presente estudio de investigación surge de la necesidad de implementar mejoras en el sistema productivo actual del taller de carrocería y pintura de la empresa Autonort Trujillo S.A.C. Ello, mediante la aplicación de Lean Management para optimizar tanto los procesos productivos, uso de equipos y recurso humano a través de la eliminación de los desperdicios y problemas presentes en dicho proceso, con la finalidad de asegurar la competitividad de la empresa en el mercado de automovilístico que actualmente se encuentra dinámico y variable. La empresa en estudio se dedica a la comercialización de vehículos Toyota, así como, repuestos y servicio de postventa mecánico, carrocería y pintura. El objetivo de este trabajo de investigación es analizar la situación actual de la empresa en estudio, encontrar las oportunidades de mejoras, determinar las causas raíces y mediante ello, proponer la implementación de contramedidas que permita mejorar la calidad del servicio, reducir el tiempo muerto y responder de manera rápida a las necesidades cambiantes del cliente para así poder mejorar su competitividad en el mercado. Se realizó la revisión de indicadores históricos de productividad, BPUS y el uso de la metodología del Toyota Business Practice, en base a ello, se procede al análisis y desarrollo de las herramientas necesarias para la propuesta de mejora como son Poka Yoke, Sistema Kanban, Jidoka y la estandarización como propuesta de solución a los actuales problemas de la empresa. Con la implementación propuesta se espera un incremento de la productividad en un 10% para el primer semestre del año 2019. Se expone las conclusiones de la propuesta de implementación del Lean Management seleccionadas y las recomendaciones para el sostenimiento y correcta implementación de las herramientas mencionadas en otras líneas dentro de la empresa en estudio.

Villegas (2017) en su tesis Aplicación de la teoría de restricciones en el proceso productivo para aumentar la productividad de la empresa curtiembre piel Trujillo presentada

a la Universidad César Vallejo para optar el título de ingeniero industrial cuyo objetivo aplicar la teoría de restricciones en el proceso productivo de la curtiembre Piel Trujillo S.A.C. para aumentar su productividad en el año 2016, para lograr esto se diseñó un diagrama de operaciones, se halló la frecuencia diaria de la productividad, tiempo promedio es 4.37 pie<sup>2</sup> / min y la productividad de materia prima es igual a 34.10 pie<sup>2</sup> / piel. Luego se calculó el tiempo estándar del proceso que es la actividad “secado al ambiente” (1563 min/lote) que significa una restricción para el sistema productivo, luego se hizo uso del software del Promodel en dos momentos, momento inicial y en el momento final después de aplicar TOC Donde se simuló la situación actual y luego con la máquina de cámaras de secado, además del costo de inversión y financiamiento de la máquina calificado como viable porque nos da un VNA de S/. 1384091.71 con TIR de 161%, cual es mayor al CPPC del proyecto de inversión de 17.64%. De esta manera se ha logrado minimizar las restricciones teniendo al inicio un porcentaje de bloqueo de 49.144% lo que significa que es casi la mitad en tiempo esperando una locación desocupada hasta un porcentaje de 24.36% al final de la aplicación del Promodel. La variación de la productividad después de aplicar TOC en el Promodel, se verifica que hay un incremento de 22.9%.

### **1.3. Bases teóricas**

Por otro lado se revisaron las bases teóricas existentes sobre las variables de estudio las cuales se presentan a continuación.

#### **TEORÍA DE RESTRICCIONES**

Es una metodología multidisciplinaria concebida por primera vez en los años 70's como un algoritmo de programación de manufactura, ha sido desarrollada progresivamente para ayudar a las empresas y gerentes a pensar sobre los problemas existentes, desarrollar soluciones de gran avance (con poder intuitivo y rigor analítico) e implementar estas

soluciones de manera exitosa. El TOC está siendo aplicado de manera creciente en situaciones fuera del contexto de manufactura incluyendo distribución, marketing, gerenciamiento de proyectos y contabilidad, en realidad puede ser aplicado en cualquier situación que requiera un cambio en el sistema (Malbin y Balderstone, 2003).

La teoría de restricciones se basa en el siguiente principio:

La existencia de una restricción representa una oportunidad de mejora. Contrariamente al pensamiento convencional, el TOC ve a una restricción como algo positivo, no negativo ya que la restricción determina el desempeño de un sistema un aumento gradual de la restricción elevará el desempeño de todo el sistema (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

El enfoque del TOC representa el pensamiento sistémico: una filosofía que reconoce que el todo es mucho más que la suma de sus partes y que una compleja red de interrelaciones existe dentro de un sistema. El cuerpo de conocimiento del TOC se puede organizar en los siguientes componentes: (Malbin y Balderstone, 2003)

Medición del desempeño: El TOC postula que la meta y el desempeño de una organización pueden ser medidos a través de un conjunto de 3 indicadores definidos de manera cuidadosa para observar el rendimiento operacional: throughput, inventario y gastos operativos (Gupta y Boyd, 2008).

Mejora del desempeño usando una de las siguientes técnicas: (Malbin y Balderstone, 2003)

Administración de las restricciones usando los 5 pasos de enfoque en el proceso de mejora continua.

Resolución de problemas/TOC Thinking Processes: herramientas para resolver problemas del entorno de producción asociados a una restricción (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

## Medición del desempeño

Las mediciones para el desempeño operacional se pueden apreciar de manera gráfica en la Figura 1 y sus definiciones son:

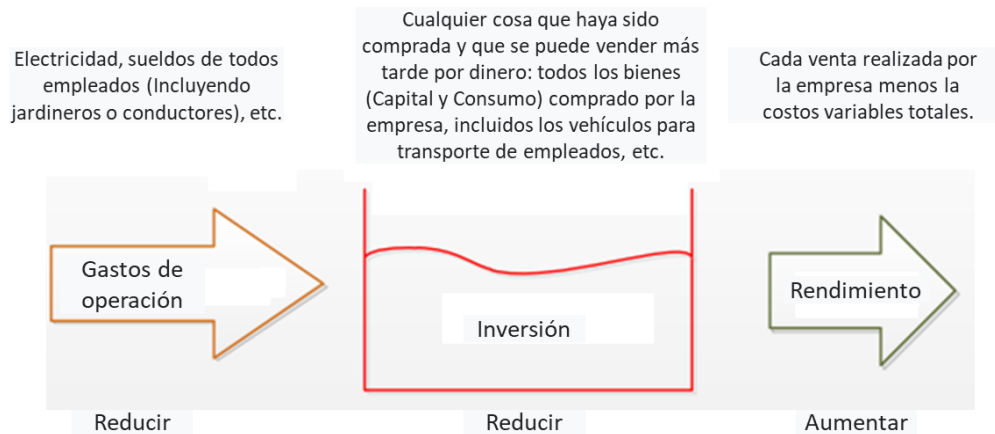


Figura 1. Mediciones para el desempeño operacional

Fuente: Varguese, 2012.

**Throughput (T):** es definido como la razón en el cual el sistema genera dinero mediante las ventas de los productos elaborados. Cualquier producto manufacturado que no es vendido no es considerado throughput. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Gupta y Boyd, 2008).

**Inventario (I):** se reporta como el costo de materia prima, así como también el dinero invertido en adquirir otras cosas que se venderán después, y además todo el dinero estancado dentro de la organización como la infraestructura, equipos, herramientas, pallets y otras inversiones en activos son considerados en esta categoría (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Gupta y Boyd, 2008).

**Gastos operativos (Operating Expenses):** Se refiere a todo el dinero que sale de la organización para sueldos y jornadas extras, renta, utilidades para el personal y cualquier otro costo no variable al volumen de producción (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Gupta y Boyd, 2008).

Las mediciones más comunes para el rendimiento financiero en el TOC son: (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Ganancia neta (Net Profit): esta medición se puede definir como el Throughput menos los Gastos Operativos (T - OE)

Retorno de la inversión (Return of Investment): es la Ganancia neta dividido entre el Inventario (NP / I)

Flujo de caja: es una medida que incorpora el tiempo de los ingresos y los gastos de la producción.

Estos indicadores proveen una simple y efectiva manera de relacionar acciones locales con el bienestar financiero de toda empresa, además permiten “realizar decisiones de operaciones y diseñar indicadores para conducir acciones que están alineadas con los objetivos estratégicos de la compañía y maximizar el retorno de la inversión”.

### **Mejora del desempeño**

Así como el eslabón más débil limita la fuerza de toda una cadena, el recurso o factor de producción que tenga la menor capacidad limita el throughput de un sistema. Goldratt creó un proceso de enfoque de 5 pasos para guiar la administrar la restricción del sistema, concentrando tiempo y energía en administrar el cuello de botella, los gerentes pueden concentrar sus esfuerzos en aquellos aspectos que mejorarán el rendimiento total del sistema (Reid y Shoemaker, 2006).

Los 5 pasos de enfoque en las restricciones

El TOC nos indica que, en la planta, las partes que son abastecidas a una estación de trabajo de manera muy lenta, son las que provienen de un cuello de botella. Por definición, un cuello de botella es una operación que no tiene suficiente capacidad para mantenerse en línea con el nivel deseado de throughput, por esta razón los cuellos de botella generalmente

tienen una gran cantidad de producto en proceso y los procesos siguientes al cuello de botella se quedan sin componentes que procesar.

Se debe procurar que este recurso limitante sólo trabaje partes aceptables, no se debería desperdiciar tiempo en el cuello de botella procesando partes que no generarán throughput. Esto se puede lograr mediante análisis de causa raíz, control de procesos o con esfuerzos para reducir variaciones en las operaciones anteriores.

También se puede incluir la instalación de un simple poka yoke (un dispositivo a prueba de errores que previene la creación de un defecto o rechazo).

Cuando la empresa mitiga el cuello de botella aparecen uno o más nuevos cuellos de botella por lo tanto el ciclo de administrar la empresa respecto a una nueva restricción se repite, dando a lugar a mejoras sucesivas en las operaciones de la empresa. Este ciclo es continuo debido que la gerencia busca mejorar el desempeño organizacional con el fin de permanecer en un ambiente altamente competitivo. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Reid y Shoemaker, 2006). Este enfoque puede ser representado en la forma de 5 pasos, los cuales son:

*Identificar la restricción del sistema:* puede ser físico (materiales, máquina o gente) de mercado (insuficiente demanda) o administrativas (políticas o procedimientos erróneos), esta restricción es la que limita el desempeño del sistema. En caso la restricción sea física la identificación será basada en la escasez económica del recurso. También se puede considerar comparar la carga de trabajo esperada con la carga disponible para encontrar el cuello de botella (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Kasemset y Kachitvichyanukul, 2010). En la Figura 2 se puede observar un flujograma de procesos de servicio, en las cuales se toma como cuello de botella a la operación 2 que es la que toma mayor tiempo que las demás.

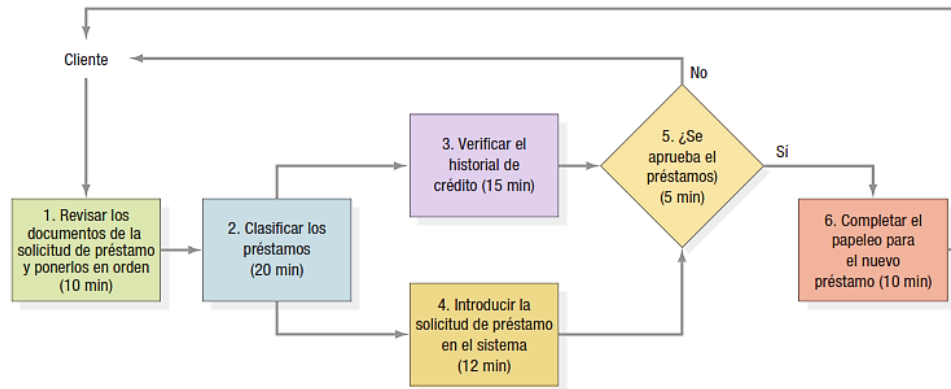


Figura 2. Identificación del cuello de botella en un proceso de servicios

Fuente: Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.259.

En la Figura 3 se puede ver una matriz en la cual se calcula la carga de trabajo por cada estación de trabajo, esto se obtiene multiplicando el tiempo de ciclo de estación respecto a un producto por la cantidad demandada de dicho producto y se observa que la estación de trabajo posee una carga de 2 600 minutos/semana cuando tiene una capacidad de solo 2 400 minutos/semana, se concluye así que es el recurso cuello de botella.

Estación de trabajo	Carga del producto A	Carga del producto B	Carga del producto C	Carga del producto D	Carga total (min)
V	$60 \times 30 = 1,800$	0	0	0	1,800
W	0	0	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 15 = 1,500$	1,900
X	$60 \times 10 = 600$	$80 \times 20 = 1,600$	$80 \times 5 = 400$	0	2,600
Y	$60 \times 10 = 600$	$80 \times 10 = 800$	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 5 = 500$	2,300
Z	0	0	$80 \times 5 = 400$	$100 \times 10 = 1,000$	1,400

Figura 3. Identificación del cuello de botella en un proceso de manufactura

Fuente: Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.260.

*Decidir cómo explotar la restricción:* si la restricción es física el objetivo es usarlo de la manera más efectiva posible. La utilización del cuello de botella tiene que ser la máxima posible y se puede lograr mediante: evitando tiempo ocioso, averías en la máquina, la baja calidad y producir partes innecesarias; y otra forma es colocando un inventario de amortiguación para evitar la falta de abastecimiento de partes. En el caso de una restricción

administrativa no puede ser explotada pero sí puede ser eliminada o modificada para apoyar el incremento del throughput. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010) (Kasemset y Kachitvichyanukul, 2010).

*Subordinar todos los procesos a la restricción:* significa que el nivel de utilización de todo recurso no restrictivo está determinado por el cuello de botella ya que utilizarlas a su máxima capacidad conducirá a excesos de inventarios y partes innecesarias (Kasemset y Kachitvichyanukul, 2010).

*Elevar la restricción:* en este paso se intenta aumentar la capacidad del cuello de botella, el cual puede lograrse mediante desplazando las partes a otros procesos o si es posible aumentando las horas-hombre, máquinas o subcontratando parte de la producción del cuello de botella. Estas decisiones dependerán de las características específicas del producto. (Kasemset y Kachitvichyanukul, 2010)

*Si la restricción fue rota,* regresar al paso uno, pero no dejar que la inercia se convierta en la restricción del sistema: al romper una restricción seguirán apareciendo otras nuevas por lo tanto en este paso promueve un reingreso al ciclo ya que a medida que avanza el tiempo nuevos cambios del negocio pueden cambiar por lo que es importante mantener una mejora y revisión continua de las restricciones. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Para la programación de operaciones se utiliza el método de drum-buffer-rope el cual se representa de manera gráfica en la Figura 4. Este método establece que el drum es velocidad de salida del proceso cuello de botella que marca el ritmo de paso para toda la producción. Para asegurar que el cuello de botella no se quede sin trabajo que realizar se establece un nivel de amortiguador de inventario en proceso o buffer, y para proteger a la producción de excesivo inventario en proceso, el rope establece los ritmos de salida de



materiales con la finalidad de no alimentar más materiales de que el cuello de botella pueda procesar evitando los inventarios en proceso. (Frazier y Reyes, 2000)

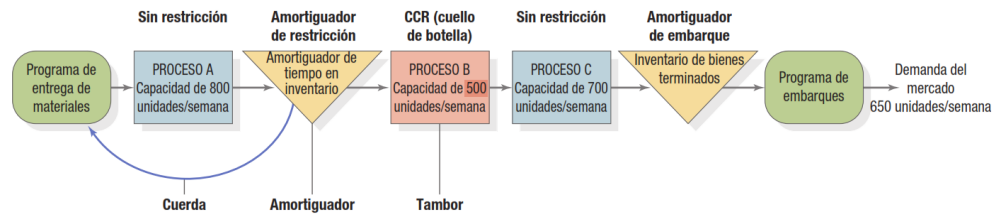


Figura 4. Método Drum-Buffer-Rope

Fuente: Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.646.

### Los TOC Thinking Processes

Son métodos que enfocan en identificar y administrar las restricciones para mejorar su desempeño, así como también se enfoca en factores que actualmente evitan que un sistema alcance sus metas. Identifican síntomas problemáticos, los cual evidencian que el sistema no se desempeña como se desea. Han sido desarrollados para facilitar un cambio benéfico en las cuales las circunstancias requieren derrotar la resistencia al cambio (Kim, Mabin y Davies, 2008). En la Figura 5 se puede apreciar una representación gráfica de ellos.

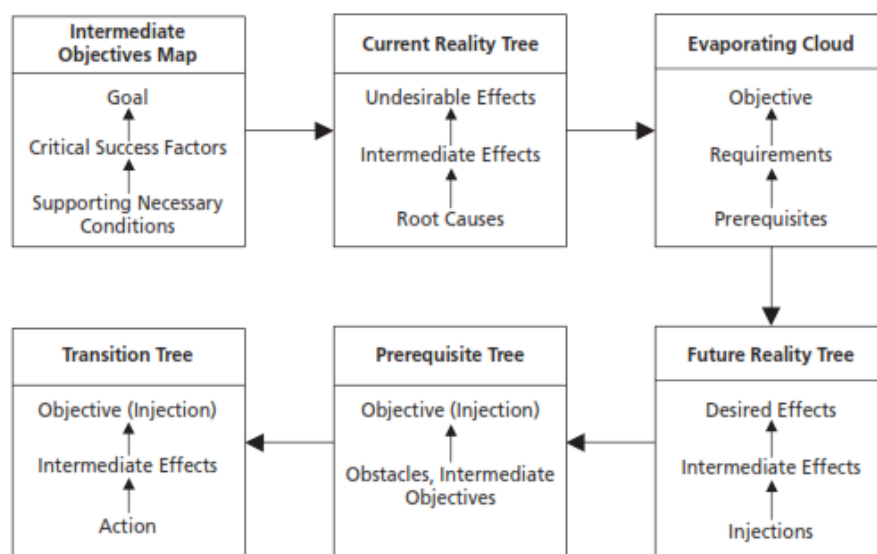


Figura 5. Las seis herramientas lógicas como un proceso de pensamiento integrado

Fuente: Dettmer, 2007, p.30.

Según Ajay Gupta, los TOC Thinking Processes están compuestos por:

Current reality tree: es usado para identificar el problema central en un sistema a través enlistando y relacionando todos los efectos indeseables juntos. Se observa que varios efectos indeseables pueden ser relacionados unos con otros a través de niveles sucesivos de relaciones causa-efecto y al final un problema central puede ser encontrado en muchas de la situación es, si se resuelve este problema central desaparecen varios efectos indeseables. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Evaporating cloud: se usa para encontrar la solución del problema central identificado en el paso anterior. No siempre es fácil resolver el problema central ya que es probable que el problema haya existido por un largo tiempo y además puede ser que sea conocido por todos, pero nadie sabe que eso es lo que causa sus mayores dolores de cabeza. Generalmente estos problemas no son resueltos porque existen conflictos de intereses entre departamentos o entre la alta gerencia y los mandos medios u operarios, al final la empresa prefiere convivir con estos problemas más que solucionarlos. Detrás de la mayoría de estos conflictos hay supuestos, si algunos supuestos se concluyen que son inválidos o pueden ser invalidados por nuestras acciones, el conflicto se evapora como una nube. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Future reality tree: intenta retratar la situación futura cuando la solución identificada en el paso previo este implementado, esto ayudará a juzgar la idoneidad de la solución antes de invertir tiempo, dinero y energía implementándolo; también ayuda a encontrar deficiencias en la propuesta, si es que la hubiera. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Pre requisite tree: este árbol ayuda a enfrentar y eliminar los obstáculos en el proceso de implementación de la solución escogida, para superar los obstáculos se definen los pasos intermedios, para construir este árbol se enlista todos los obstáculos que se anteponen entre

la empresa y el objetivo establecido. Después para cada obstáculo se identifica una condición que supera dicho obstáculo. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Transition tree: este árbol normalmente es trazado cuando el equipo que implementa la solución normalmente no es la que la formuló y desarrolló. Este árbol resalta los pasos necesarios para llevar a la empresa de la situación problemática hacia el futuro deseado. (Gupta, Bhardwaj y Kanda, 2010).

Para obtener mejores resultados de los TOC thinking processes se utilizan las siguientes 3 preguntas: (Wu, S. et al 2010)

¿Qué hay que cambiar?: encontrar los problemas más significativos y que tengan mayor impacto en la rentabilidad de la producción.

¿Hacia qué tenemos que cambiar?: una vez identificados los problemas centrales, el siguiente paso es encontrar la solución y para hallar la más adecuada se tiene que invertir mucho esfuerzo de lo contrario solo resultará caos y decepción.

¿Cómo producir ese cambio?: es la pregunta más difícil ya que se tiene que encontrar la manera de llevar a cabo la solución en el sistema de producción. En adición al tiempo, esfuerzo y capital requerido los gerentes tienen que enfrentar el problema de la resistencia emocional de las personas en la empresa que perciben este cambio como una amenaza.

Estas preguntas están ligadas a los 5 logic trees (Wu, S. et al 2010) tal como se puede apreciar en la Tabla 1:

Tabla 1

TOC thinking Processes y Logic Trees

Preguntas clave	Objetivos intermedios	Logic Trees
¿Qué cambiar?	Identificar problemas centrales y encontrar las causas raíces	1. Current Reality Tree (CRT) 2. Evaporating cloud Tree (EC) (para uso con objetivos en conflicto)

¿Hacia qué tenemos que cambiar?	Eliminar el problema central comenzando con un objetivo para cada solución	3. Future Reality Tree (FRT)
¿Cómo causamos ese cambio?	Identificar obstáculos para implementar y diseñar planes detallados para superar estos obstáculos	4. Prerequisites Tree (PT) 5. Transition Tree (TT)

Fuente: Wu y otros (2010)

### Mezcla de productos mediante TOC

La definición tradicional de productividad se enfoca en salida por unidad de tiempo, el throughput enfatiza el producto vendido más que una simple salida, ya que un producto terminado que no se vende no genera ganancias. Los gastos operativos son todos los costos no variables asociados a convertir inventario en throughput. De acuerdo con el enfoque de throughput, la mezcla óptima de producción se determina priorizando los productos que proporcionan el mayor throughput por unidad de tiempo en el cuello de botella. La mezcla de productos determinado mediante la contabilidad del throughput puede ser más rentable que las mezclas determinadas por el margen de contribución y que los métodos de ganancia unitaria.

### Teoría de Restricciones y Lean Manufacturing

El TOC y el Lean Manufacturing son complementarios el uno al otro, generando una gran sinergia cuando son implementados de manera conjunta, ya que han jugado un rol importante en la mejora de la productividad y del posicionamiento competitivo en los últimos años. El primero está diseñado para mejorar el throughput del sistema mientras la segunda mejora los procesos de manufactura a través de la eliminación del desperdicio y la mejora continua. Se requiere un total cambio cultural hacia el pensamiento Lean, la identificación y cuantificación de actividades que agregan valor y las que no agregan. La transformación requiere la participación y entrenamiento de todos. (Taj y Berro, 2005) Los pasos a seguir son:

Elaborar el Value Stream Map de los procesos de producción y determinar el nivel throughput requerido (Taj y Berro, 2005)

Identificar el recurso cuello de botella de la producción, sea el que demora más tiempo procesar una pieza o el que tenga mayor carga de trabajo en comparación a su capacidad. (Taj y Berro, 2005)

Determinar cómo explotar el proceso cuello de botella, identificando las operaciones que no agregan valor (set up, tiempos muertos debido a mala distribución) o innecesarias en el proceso cuello de botella (basándose en los principios de las 7 mudas) para después realizar un análisis para ver la manera de eliminarlas, reducirlas o modificarlas para que tomen menos tiempo del actual (Taj y Berro, 2005).

Subordinar todos los recursos no restrictivos hacia el cuello de botella.

Elevar el rendimiento del cuello de botella.

Si se ha roto una restricción regresar a los pasos anteriores.

Esta combinación provee un balance entre las ganancias a corto y largo plazo dentro de una mejora de la total de la producción. Las mejoras del Lean Manufacturing se aprecian mucho más aplicándose según el objetivo de la teoría de restricciones es decir en el cuello de botella (Taj y Berro, 2005).

### **Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no

deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo (Hernández & Vizán, 2013, p.12).

#### Principios del Sistema Lean

Además de la casa Toyota los expertos recurren a explicar el sistema identificando los principios sobre los que se fundamenta el Lean Manufacturing. Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son (Hernández & Vizán, 2013, p.20):

Trabajar en la planta y comprobar las cosas in situ.

Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros

Interiorizar la cultura de “parar la línea”

Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.

Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.

Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.

Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.

Promover equipos y personas multidisciplinarios.

Descentralizar la toma de decisiones.

Integrar funciones y sistemas de información.

Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.

Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.

Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.

Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.

Utilizar el control visual para la detección de problemas.

Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.

Reducir los ciclos de fabricación y diseño.

Conseguir la eliminación de defectos.

Aspectos Generales de Implantación

En general existe un consenso en que es necesario empezar por aquellas técnicas y métodos que modifican sustancialmente y, sobre todo, rápidamente, las formas de trabajo. En este sentido parece lógico afrontar primero aquellas que permiten mejorar las condiciones de trabajo (5S) y la reducción de los tiempos de preparación (SMED) (Hernández & Vizán, 2013, p.83-86).

Fase 1: Diagnóstico y Formación

Formación en conceptos Lean Manufacturing

Recogida y análisis de datos

Trazado del VSM actual

Trazado del VSM futuro

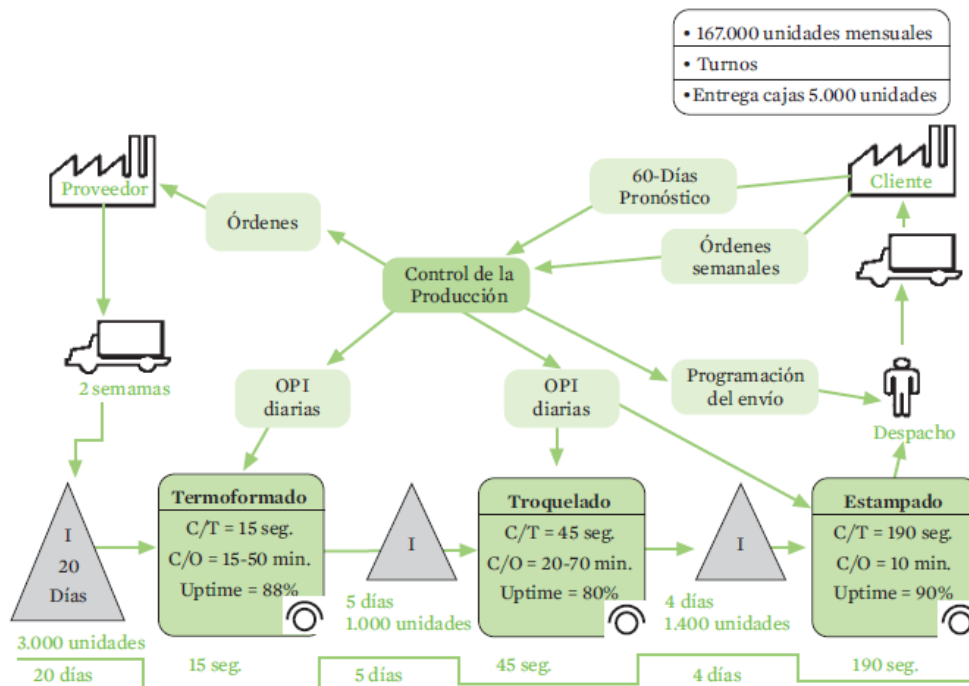
Fase 2: Diseño del plan de mejora

Fase 3: Lanzamiento

Fase 4: Estabilización de mejoras

Fase 5: Estandarización

Fase 6: Producción en Flujo



Fuente: [files.udspprocesos.webnode.es](http://files.udspprocesos.webnode.es)

Figura 6. Ejemplo de VSM aplicado a una empresa industrial.

Fuente: [files.udspprocesos.webnode.es](http://files.udspprocesos.webnode.es)

### Desperdicios de manufactura (muda)

Según Pérez Rave, et al. (2011) representan todo aquello que no es la cantidad mínima de equipos, materiales, insumos, piezas, locaciones y tiempos de máquinas o de trabajadores, que resultan absolutamente esenciales para añadir valor al producto o servicio. A continuación, se describen los siete +1 tipos en que se clasifican los desperdicios de manufactura:

#### Sobreproducción

Es la madre de los desperdicios y depende en su mayoría de los responsables de la toma de decisiones estratégicas y tácticas. La sobreproducción se refiere a programar la utilización de recursos en un momento y en cantidades que realmente no se requieren para satisfacer al consumidor.



### Inventarios

Su sostenimiento prolongado y excesivo es perjudicial. Se divide en: materia prima, producto en proceso y terminado, genera costos de almacenaje y manipulación, propicia obsolescencia, defectos y sensación de poca capacidad.

### Transporte

Se caracteriza por el desplazamiento de elementos, bienes materiales, productos en proceso/terminado, personas o herramientas. Durante ese lapso de tiempo la organización no está modificando características, de forma o fondo, del producto, por las cuales el cliente esté dispuesto a pagar.

### Movimientos innecesarios

A veces son poco efectivos los diseños de puestos, que obligan al colaborador a efectuar movimientos que fuerzan los desplazamientos normales de las extremidades, obligándolos a agacharse para recoger un insumo o herramienta, inclinarse, estirarse forzosamente, entre otras, colocando en riesgo la salud y generando un entorno poco productivo.

### Tiempos de espera

Representa el evento de que los recursos cuya misión, en un momento dado, es no detenerse, se encuentran en dicho estado. Por ejemplo, cuando en un centro de trabajo sale una unidad de producto y debe esperar un tiempo para que sea procesada. Esto genera costos innecesarios y puede posibilitar pereza en la persona ociosa y bajo rendimiento cuando se vuelva a ocupar. Las esperas se deben a carente nivelación de cargas de trabajo, fallas en la programación o en equipos, ausencia de 5S, entre otros.

### Procesos innecesarios

Comprende actividades que existen por el diseño de procesos poco robustos e ineficientes, o por presencia de defectos. Por ejemplo, suponga el evento de reprocesar una pieza, ante control ineficiente a la calidad del proveedor.

#### Defectos

Se requiere a aceptar, producir o enviar productos que no cumplen con las especificaciones del cliente que no cumplen con las especificaciones del cliente, bien sea interno o externo. Genera, a su vez, procesos innecesarios. Se le atribuyen directamente los costos de no calidad, hace perder tiempo valioso y puede afectar no solo la parte productiva o la económica, sino la misma satisfacción del cliente interno y externo.

#### Recursos humanos mal utilizados

Este tipo de muda no toma en cuenta las ideas (intelecto) de los trabajadores que pueden generar una subutilización o sobreutilización de sus habilidades y conocimientos del personal al realizar sus funciones. Cuatrecasas (2012).

Finalmente, se definieron las variables de estudio que a continuación se detalla:

#### *Lean manufacturing*

Entendemos por lean manufacturing (en castellano producción ajustada), la persecución de una mejora simultánea en todas las métricas de funcionamiento en fabricación mediante la eliminación del desperdicio, a través de proyectos que cambian la organización física del trabajo en la línea de fabricación, en la logística y en el control de producción a través de toda la cadena de suministro, y en la forma en que se aplica el esfuerzo humano, tanto en las tareas de producción como en las de apoyo (Rajadell et al, 21010, p.247).

#### **5'S**

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras. Las 5'S provienen de términos japoneses: Seiri, Seiton, Seiso, Shitsuke y Seiketsu según Dorbessan (2002, P.19).

#### Seiri – Separar

Consiste en identificar, clasificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y desprenderse de éstos. Sólo se dispone de los materiales necesarios. Material innecesario es todo aquello que no se utiliza y no se prevé utilizar en el futuro.

#### Seiton – Ordenar

Se establece el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos por “cualquiera”.

#### Seiso – Limpiar

Básicamente es cuidar del material necesario y devolverlo a sus condiciones de funcionamiento. Para lo cual se debe Identificar y eliminar las fuentes de suciedad, lugares difíciles de limpiar, piezas deterioradas y dañadas y los apaños de forma que todos los medios se encuentren en perfecto estado de uso. Hacer visibles las anomalías y corregirlas. Y mantener en buen estado requiere establecer o normalizar los procedimientos de limpieza.

#### Seiketsu – Estandarizar

Es el método que nos ayuda a mantener los logros alcanzados con la aplicación de las 3 primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es muy probable que el lugar de trabajo llegue nuevamente a tener cosas innecesarias y se pierda el orden y la limpieza alcanzada.

#### Shitsuke - Autodisciplina

Es el puente o conector entre las 5S y el concepto de mejora continua. Los hábitos desarrollados con la práctica se constituyen en un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo.

### **Estandarización**

Según Hernández y Vizán (2013) indican que “los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

Asimismo, que “partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas: a continuación, se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo.” (p. 38)

“Este concepto de estándar es diametralmente opuesto a los sistemas rígidos de aquellas empresas en donde la estandarización se traduce en documentos muertos que reposan en estantes o paneles, desfasados y poco o nada utilizados: incluso suelen tener errores en las descripciones de los métodos y en otras usan enfoques inapropiados para el usuario o situación particular.” (p.39)

Según Hernández y Vizán (2013) señalan que “los estándares afectan a todos los procesos de la empresa, de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información debe existir un estándar. Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.

Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.

Garantizar su cumplimiento.

Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.”

### **Andón o Control Visual**

Las técnicas de control visual según Rajadell y Sánchez (2010) “son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros”. El control visual se centra en aquella información que tiene un alto valor añadido que muestra las pérdidas del sistema y las posibilidades de mejora. Generalmente toda organización utiliza estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo son manejadas por una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión. En este sentido, el andón o control visual convierte la gestión por especialistas en un dirección simple y transparente con la participación de todos, por lo que se puede concluir que la manufactura esbelta estandariza la gestión.

#### Beneficios del andón o control visual

Según Rajadell y Sánchez (2010) indican que “su beneficio radica en la mejora del flujo de información relevante, y en la estandarización de la comunicación. Además, la implementación de andón o el control visual puede contribuir en:

“Eliminar desperdicios o Mudas.

Mejorar la calidad.

Mejorar el tiempo de respuesta.

Mejorar la seguridad.

Estandarizar procedimientos.

Mejorar la planificación del trabajo.

Contribuir al orden y a la organización.

Estimular la participación.

Motivar al personal.

Reducir costos.”

Tipos de control visual o andón

“El control visual tiene múltiples métodos de aplicación, estos se adecuan a diferentes objetivos y pueden clasificarse a grandes rasgos, según Villaseñor y Galindo (2007) en:

Control visual de equipos y espacios.

Control visual de la producción.

Control visual en el puesto de trabajo.

Control visual de la calidad.

Control visual de la seguridad.

Gestión de indicadores.”

A continuación, se mencionan algunas de las prácticas de control visual más utilizadas en las empresas:

Alarmas

Según el portal de Ingeniería Industrial (2020) señala que “las alarmas, son un tipo básico de control audiovisual, usualmente utilizadas para comunicar situaciones urgentes. Es normal que en las organizaciones se le asignen diferentes relaciones de aviso de acuerdo con la cantidad o tipo de sonidos. Generalmente identifica una situación de seguridad que implica alerta a toda la organización.”

Lámparas de colores (torretas)

Asimismo, el portal de Ingeniería Industrial (2020) indica que “las lámparas de colores, también conocidas como torretas, son instaladas en las líneas de producción, equipos o celdas de manufactura; con el propósito de comunicar el estado de estos. Cada color representa un estado, y la relación estado – colores varía de una empresa a otra, sin embargo, es común encontrar que:

Blanco/Azul: Problemas relacionados con la materia prima (por ejemplo: desabastecimiento).

Verde: Equipo o celda operando con normalidad.

Amarillo: Equipo o celda inactivo por alguna falla de mantenimiento. Si la luz es intermitente puede representar un cambio de referencia.

Rojo: Equipo o celda con problemas de calidad, o en el cual ocurre un accidente”.

Lecciones de un punto

“Una lección de un punto, también conocida como LUP, es una herramienta de comunicación, utilizada para la transferencia de conocimientos y habilidades simples o breves. Una buena LUP debe en esencia permitir un aprendizaje fácil, claro y preciso” (Salazar, 2022).

Tableros de información

“Los tableros de información son herramientas de control visual utilizados para dar una trazabilidad o un seguimiento automático y continuo al plan de producción. En la práctica normalmente se programa el tablero con un contador cuyo ritmo va en función del tiempo takt (tasa de compra del cliente). De manera que puede considerarse el contador takt como la meta, y puede evidenciarse la diferencia respecto a la productividad real del proceso” (Salazar, 2022).

Listas de verificación

“Las listas de verificación o checklists son herramientas de control visual que permiten que las actividades sean realizadas conforme a un procedimiento previamente establecido. Estas listas tienen infinidad de aplicaciones, y son frecuentemente utilizadas para seguir al pie procedimientos de seguridad y mantenimiento” (Salazar, 2022).

#### Marcas en el piso

“Una de las principales herramientas de control visual para implementar orden, organización y estandarización, son las marcas en el piso. Estas marcas suelen realizarse por medio de cintas de vinilo con el propósito de identificar estaciones puntuales de trabajo, producto, materia prima, para identificar áreas de tránsito, precaución y zonas seguras. Es común encontrar que la relación de colores se realice de la siguiente manera:

Área verde: Indica producto bueno.

Área azul: Indica materia prima y producto en proceso.

Área roja: Indica producto no conforme.

Marcación amarilla / blanca: Delimita pasillos, áreas de tránsito seguro.

Marcación negra y blanca: Delimita áreas de mantenimiento.

Marcación negra y amarilla: Delimita áreas de precaución.

Marcación roja y blanca: Delimita áreas de seguridad” (Salazar, 2022).

#### Pirámide de seguridad

“La pirámide de seguridad es una herramienta de control visual que sirve para representar los indicadores establecidos en la teoría de causalidad de Bird. Nos muestra la proporcionalidad existente entre los accidentes con pérdida de días laborales, los accidentes sin pérdida de días laborales, los accidentes con daños materiales y los incidentes. Además, puede complementarse con indicadores de días y prácticas seguros” (Salazar, 2022).

#### **TPM**



El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.

#### Ventajas de implementar TPM

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.

Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.

Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.

Aprovechamiento del capital humano.

Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.

Reducción de costos operativos.

Vale la pena considerar que los equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado sobre el equipo y las instalaciones.

#### Pilares del TPM

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se fundamenta sobre seis pilares:

Mejoras enfocadas.

Mantenimiento autónomo.

Mantenimiento planificado.

Mantenimiento de calidad.

Educación y entrenamiento.

Seguridad y medio ambiente.

Hoy en día suele considerarse la Excelencia Administrativa y la Gestión Temprana como pilares TPM.

#### MEJORAS ENFOCADAS (KOBETSU KAIZEN)

Las mejoras enfocadas son actividades desarrolladas con el propósito de mejorar la eficiencia global de los equipos, operaciones y del sistema en general. Dichas mejoras, incrementales y sostenibles, se llevan a cabo a través de una metodología específica, orientada al mantenimiento y a la eliminación de las limitantes de los equipos.

El planteamiento de los objetivos de mejora y sus correspondientes indicadores de rendimiento, son establecidos por la dirección de mejoramiento, y ejecutados de forma individual o colectiva, según la complejidad y criticidad del planteamiento.

La naturaleza incremental y sostenible de las mejoras enfocadas hace que se adopten ciclos de mejora continua tales como el PHVA (Planear - Hacer - Verificar - Actuar), como modelos transversales de la metodología de mejora que adopte la organización.

Como metodología específica se sugieren dos procedimientos exitosos:

Método de las ocho fases (8D):

Formación del grupo de mejora.

Definición del problema.

Implementación de soluciones de contención.

Medición y análisis: Identificación de las causas raíces.

Análisis de soluciones para las causas raíces.

Elección e implementación de soluciones raíces (comprobación).

Prevención de recurrencias del problema y causas raíces.

Reconocimiento del equipo de mejora enfocada.

Método de los siete pasos:

Selección del tema de estudio.

Crear estructura del proyecto.

Identificar situación actual y establecer objetivos de mejora.

Diagnóstico del problema de estudio.

Formulación de un plan de acción.

Implantar mejoras.

Evaluación de resultados.

#### MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (JISHU HOZEN)

El mantenimiento autónomo es aquel que se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para

llevar a cabo estas funciones, de tal manera que debe contar con total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno.

Los objetivos del mantenimiento autónomo son claros, y contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención. Además, el mantenimiento autónomo permite:

Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo.

Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas. Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.

Mejorar las funciones del equipo.

Mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia (productividad y energía) del equipo.

Como metodología específica de mantenimiento autónomo, el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) recomienda el siguiente procedimiento como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2

*Metodología de Mantenimiento Autónomo según JIPM*

<b>Etapa</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
1	Limpieza inicial (limpieza profunda).	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "fuguai"; ajustes menores.
2	Acciones correctivas en la fuente.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
3	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general.	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.
5	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares

---

7	Control autónomo pleno.	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual (Andon), tablas MTBF y tableros Kaizen.
---	-------------------------	---

---

Fuente: Salazar, 2022.

### MANTENIMIENTO PLANIFICADO (KEIKAKU HOZEN)

El mantenimiento planificado, también conocido con el nombre de mantenimiento programado o preventivo, es el tercer pilar del TPM, y corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de "cero averías".

El enfoque del mantenimiento planificado, como pilar del TPM, dista en gran medida del enfoque tradicional del mantenimiento preventivo, aportando una metodología estratégica de mejora basada en:

Actividades para prevenir y corregir averías en equipos e instalaciones a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.

Eventos Kaizen (cuatro a ocho días) orientados a mejorar las características de los equipos, para eliminar acciones de mantenimiento, actualizar órdenes de trabajo, actualizar listado de repuestos, para establecer un análisis de confiabilidad (AMEF).

Eventos Kaizen para el mejoramiento de la gestión administrativa y técnica del mantenimiento.

El principal aporte del enfoque TPM consiste en priorizar la información histórica necesaria para establecer las acciones específicas requeridas por equipo, de manera que se establezcan tiempos adecuados de mantenimiento, actividades precisas de alistamiento (mantenimiento/ almacén de repuestos), acciones específicas de prevención a equipos con alto deterioro, se definan rutas de mantenimiento preventivo preciso teniendo en cuenta la criticidad y complejidad de los equipos e instalaciones, e incluso procedimientos operativos estándar por actividad de mantenimiento, en los cuales se establezcan las condiciones

específicas de mantenimiento, calidad, seguridad, registro, herramientas, entre otros factores de suma importancia para realizar las actividades de inspección.

Vale la pena considerar que la cultura organizacional, la gestión colaborativa y la aplicación de las estrategias TPM, son claves para el correcto funcionamiento del mantenimiento planificado; incluso en organizaciones multinacionales con sistemas de gestión del mantenimiento implementados, pueden observarse limitaciones del enfoque tradicional de mantenimiento, como, por ejemplo:

Rutinas comunes de mantenimiento a equipos con niveles de deterioro diferentes.

Listado de repuestos por equipo, y sus respectivas órdenes de trabajo, desactualizados.

Instrucciones imprecisas de mantenimiento, sin nivel de detalle.

De manera que una correcta aplicación de las estrategias propuestas por TPM, constituyen un gran aporte al desarrollo del mantenimiento planificado, en la medida en la que se logre involucrar a todos los actores de la organización en la formulación de acciones concretas de mantenimiento y mejoramiento de equipos e instalaciones.

#### MANTENIMIENTO DE CALIDAD (HINSHITSU HOZEN)

El mantenimiento de calidad es uno de los pilares del TPM y tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de "cero defectos", es decir "cero no conformidades de calidad".

El mantenimiento de calidad tiene una serie de principios sistemáticos que lo fundamentan, estos son:

Clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos.

Análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad.

Establecer rangos estándar para los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, y determinar sus respectivos procesos de medición.

Establecer un programa de inspección periódico de los factores críticos.

Preparar matrices de mantenimiento y mejora. Además de valorar periódicamente los estándares.

En el mantenimiento de calidad es muy importante contar con herramientas y tecnología adecuada, que van desde técnicas de control de calidad, hasta instrumentos precisos de medición y predicción.

El Japan Institute of Plant Maintenance propone nueve etapas para el desarrollo del mantenimiento de calidad, estas son:

Etapa 1: Identificación de la situación actual del equipo.

Etapa 2: Investigación de la forma como se generan los defectos.

Etapa 3: Identificación, análisis y reporte de causas y efectos en materiales, máquinas y mano de obra (3M).

Etapa 4: Estudiar las acciones correctivas para la eliminación de "fugais".

Etapa 5: Estudiar las condiciones del equipo para unidades no defectuosas.

Etapa 6: Realizar eventos de mejora enfocada aplicada a las 3M.

Etapa 7: Definir estándares de las 3M.

Etapa 8: Reforzar los métodos de inspección.

Etapa 9: Valorar los estándares utilizados.

## **LOGÍSTICA**

“El Área de Logística en una empresa, es la encargada de revisar las necesidades de los clientes, abasteciéndolos en el momento, el lugar y la cantidad solicitas al más mínimo costo” (López, 2010).

Las principales actividades que comprende la función logística son:

*En empresas industriales*

Compras de materias primas: En esta actividad se incluyen los pedidos, el transporte, el almacenaje y otros aprovisionamientos dentro del proceso de producción.

Fabricación: Proceso por el cual se transforma la materia prima en productos terminados, listos para la venta.

Distribución: Transporte del producto terminado hacia el cliente.

*En empresas comerciales*

Compra de mercaderías. En esta actividad se encuentra los pedidos, transporte y almacenaje de los productos que se venden a los clientes.

Sistematización de compras: Proceso de compras, en el cual intervienen tres aspectos fundamentales: direccionamiento, gestión y apoyo.

Distribución: En las empresas comerciales, esta función implica procesar, preparar y transportar los pedidos de los clientes.

La logística como fuente de ventaja competitiva:

“En un entorno económico como el actual, basado en una competencia cada vez mayor y más globalizada, las empresas deben seguir estrategias que las diferencien de las demás y las hagan aumentar su cuota de mercado, de ahí que hoy en día una planificación de operaciones en general y de la función logística en particular, tiene un efecto indudable sobre lo que se consideran las prioridades competitivas en que las empresas basan sus estrategias” (López, 2010).



## Gestión de compras

“El área de compras es la encargada de adquirir los productos, materiales, etc., necesarios para que la empresa pueda seguir con sus operaciones con el precio, la cantidad y, el lugar adecuado, para así asegurar las operaciones de la empresa” (Carreño, 2017).

### Importancia de la gestión de compras

Las compras son una tarea muy importante para cualquier empresa, la importancia se encuentra básicamente en que las operaciones propias del giro del negocio no se vena paralizadas por falta de materiales, equipos, etc., debido a que no fueron comprados en su debido momento y afectan directamente a la producción, las horas/hombre, despachos sin atender, etc.

### Objetivos del área de compras

Encargarse de las compras de la organización, viendo el precio, la calidad y todos los elementos relacionados con la compra, que sean favorables para la empresa.

Mantener el abastecimiento oportuno a la empresa y no dejar desabastecida a la empresa, evitando que por causa de carestía hubiera paralización en el proceso productivo.

Buscar a los mejores proveedores, que cumplan con la calidad exigida por el cliente y la empresa.

### Actividades del área de compras

Actividades relacionadas con los materiales comprados: Investigación en el mercado de materiales idóneos para la operación de la empresa, buscando e identificando los mejores costos y definiendo la cantidad a comprar.

Actividades relacionadas con los proveedores: Una de las tareas más importantes de compras, es tener una relación fluida con los proveedores para saber su capacidad de

respuesta ante un pedido y, también de la constante búsqueda de nuevos proveedores para el abastecimiento constante o cuando surja una emergencia.

Actividades relacionadas con la organización: Es tarea básica del área de compras, tener completa comunicación y fluidez con las otras áreas de la empresa, atendiendo sus pedidos, sus inquietudes y posibles sugerencias.

Proceso de Compras: Para que el proceso de compras no se detenga se deben seguir estos aspectos:

Recepción de solicitud de compra de materiales

Selección de posibles proveedores

Cotización de los proveedores

Selección del proveedor

Creación de la Orden de Compra

Seguimiento y recepción de la compra

Conceptos generales de almacenes

“Un almacén es un sistema en donde se combina los recursos humanos, equipos, maquinarias, e infraestructura para la custodia, almacenamiento, toma de inventarios, y manipulación de estos de forma eficiente” (López, 2010).

Actividades del almacenaje

Recepción: En esta actividad se revisa la carga, verificando que el contenido sea el correcto.

Traslado a la zona de almacenaje: Cuando ya se ha verificado y se tiene la certeza de que la mercancía es la correcta, se traslada a la ubicación de almacenaje.

Consolidación y expedición: Una vez terminado la verificación y traslado a las zonas de almacenaje, se procede con el etiquetado de la mercancía.

Carga: una vez que la carga está lista para el despacho, se procede a la colocación de la misma en los medios de transporte necesarios.

#### Tipos de almacenes

Almacén de uso general: Los almacenes están orientados al resguardo de distintos tipos de materiales, hasta su utilización.

Plataformas de consolidación: Estas instalaciones están generalmente diseñadas para consolidar la carga de diferentes puntos con envíos pequeños dirigidos a diferentes puntos a gran distancia.

Plataformas de Cross dock: Básicamente se utilizan cuando se tiene varios envíos y son dirigidos a diferentes puntos de destino

Centros de distribución: Son centros en donde se hace la tarea de distribución, estas instalaciones combinan, los centros de almacenamiento, las plataformas de expedición y las plataformas cross, para mover grandes cantidades y con el menor costo posible.

#### Gestión de stocks

“Stock se define como los diferentes materiales y artículos para el almacenamiento o posterior venta” (López, 2010).

#### Clasificación de Stocks

Los criterios más comunes son los siguientes:

##### *Por el tipo de actividad de la empresa*

Materias primas, partes y componentes: Son los más importantes para asegurar el proceso productivo de la organización.

Productos en proceso: Productos que pueden ser comprados o producidos por la misma empresa.

Productos terminados: Son todos aquellos productos que ya han sido terminados en su totalidad y, han pasado toda la cadena productiva de la organización, estando listos para su venta.

Repuestos: Son todos los artículos, que son empleados en las actividades de producción de la empresa.

*Por la naturaleza de su demanda*

Inventarios con demanda independiente: Este tipo de demanda se caracteriza por qué, se origina en diferentes puntos creando demanda independiente para cada punto y teniendo una frecuencia aleatoria.

Inventarios con demanda dependiente: Este tipo de demanda se caracteriza por qué, su demanda depende completamente del movimiento en el mercado de otro producto.

*Por el papel que desempeñan*

Inventario de seguridad o reversa: Es aquella cantidad de stock, que siempre debe estar en el almacén, para poder afrontar cualquier eventualidad que se tenga por parte del proveedor y no llegue a tiempo el stock solicitado.

Inventario promedio: Este tipo de stock se tiene como medida de que la producción no se para, esta es un 50% más grande que el stock de seguridad.

Stock de anticipación: Estos stocks son adquiridos con anticipación para utilizarlos posteriormente.

*Por su valor o importancia*

Criterio ABC: Este análisis ABC clasifica los productos según el costo de estos y el movimiento que tienen, este análisis permite ver el porcentaje en el costo de las existencias del total del almacén. Esta clasificación se divide en tres grupos:

Grupo A: Representan un porcentaje menor del total de las existencias del almacén, pero a nivel de costos representan un gran porcentaje.

Grupo B: Representan una cantidad media en cuanto al total de existencias del almacén, y de igual forma en cuanto a su valor (15-10%).

Grupo C: Representa la cantidad más gran de exigencias en el almacén, pero la menor cantidad en costo del total de existencias en el almacén. (sobre un 60-50%), a nivel de costos representan un 10- 5% del total de las existencias.

#### Indicadores logísticos

“Son datos numéricos y cuantificables que se aplican a la logística, estos evalúan el resultado y el desempeño de los procesos de almacenamiento, recepción, distribución y despacho, revisando las entregas y la facturación de los mismos, estos permiten tener información de los flujos, y sirven para tomar las mejores decisiones” (Mora, 2010).

#### *Indicadores de compra y abastecimiento*

Certificación de Proveedores: Este indicador tiene como objetivo ver la calidad de los proveedores que se tiene.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Proveedores certificados}}{\text{Total Proveedores}} * 100$$

Con este indicador se mejora el costo adicional en la recepción de productos de proveedores no certificados, los cuales pueden conllevar a costos de devolución, costos de volver a realizar el pedido, costos de inspección de calidad, etc.

Calidad de pedidos generados: Este indicador tiene como objetivo saber cuántos son los pedidos realizados sin problemas o retraso.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Pedidos generados sin problemas}}{\text{Total de pedidos generados}}$$

Con este indicador, se puede ver los problemas relacionados a los pedidos, para así no hacer pedidos que puedan causar problemas o pedidos que estén retrasados, que puedan causar costo de mantenimiento, costo de personal, etc.

Entregas perfectamente recibidas: El objetivo de este indicador es verificar y controlar la calidad de los pedidos realizados a los proveedores, con este indicador se podrá ver si el pedido cumple con las especificaciones técnicas definidas.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Pedidos rechazados}}{\text{Total de ordenes de compra recibidas}} * 100$$

Con este indicador se reduce los costos de recibir pedidos sin cumplir las especificaciones de calidad y servicio, así como el costo de retorno, costo de volver a realizar los pedidos, costos de especificaciones adicionales de calidad, etc.

#### *Indicadores de Producción e Inventarios*

Vejez del inventario: Con este indicador se puede controlar los materiales que estén obsoletos o en mal estado, deterioro, averías, devueltos en mal estado, vencimientos, etc.

$$\text{Valor} = \frac{U. \text{dañadas} + U. \text{obsoletas} + U. \text{vencidas}}{\text{Unidades disponibles de inventario}} * 100$$

El impacto en la mejora se dará de acuerdo a los materiales que en el almacén no se usan o no son aptas para el despacho y, con el fin de dar las acciones correctivas y sacar los materiales que no tiene movimiento por ser dañados, obsoletos o vencidos del inventario del almacén.

Exactitud de inventarios: El objetivo de este indicador es saber la exactitud del inventario, con este indicador se mide el número de ítems que presentan diferencias con respecto al inventario que está en el sistema contra el inventario físico expresado en dinero.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Valor diferencia}}{\text{Valor total del inventario fisico}} * 100$$

Con este indicador se tiene la certeza de saber los materiales que no están y que pueden estar generando información que no es verdadera, y por ende estarían afectando los costos de la empresa.

#### *Indicadores de Almacenamiento*

Costo de unidad despachada: El objetivo de este indicador es controlar los costos unitarios por manejo de unidades del almacén, con este indicador se tiene el porcentaje de manejo por unidad sobre los gastos operativos del almacén.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Costo total operativo}}{\text{Total de unidades despachadas}}$$

Sirve para controlar el porcentaje de los gastos operativos del almacén respecto a las unidades despachadas

Stock de seguridad: El stock de seguridad es muy importante para saber el mínimo de stock que se debe tener en el almacén para que no se sufra de desabastecimiento en la empresa.

El plazo máximo de entrega en que el proveedor nos haga llegar el producto, en caso hubiera algún retraso (PME).

El plazo de entrega normal en que el proveedor nos envía la mercancía en circunstancias normales (PE)

La demanda media que se calcula para un producto determinado en una situación de normalidad (DM).

$$SS = (PME - PE) \times DM$$

Con este indicador se calcula el stock que se tendría siempre disponible para la empresa.

Nivel de cumplimiento en despachos: Ver y controlar el nivel de eficacia de los despachos efectuados por el almacén; este indicador consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de materiales y productos a los clientes internos.

$$Valor = \frac{\text{Numero de despachos cumplidos a tiempo}}{\text{Numero total de despachos requeridos}} \times 100$$

Este indicador mide el cumplimiento de los despachos solicitados por las diferentes áreas.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿La propuesta de mejora mediante herramientas lean y teoría de restricciones reducirá los costos operativos de una empresa metalmecánica?

#### **1.5. Objetivos**

##### *Objetivo general*

Determinar una propuesta de mejora mediante herramientas lean y teoría de restricciones para reducir los costos operativos de una empresa metalmecánica.

##### *Objetivos específicos*

- Diagnosticar la línea de ranurados de la empresa metalmecánica.
- Desarrollar una propuesta de mejora mediante herramientas lean y teoría de restricciones de la empresa metalmecánica.
- Calcular la variación de costos operativos como efecto de la implementación de la propuesta de mejoras.
- Evaluar económicamente la propuesta de mejora mediante herramientas lean y teoría de restricciones de la empresa metalmecánica.



## **1.6. Hipótesis**

La propuesta mediante herramientas lean y teoría de restricciones reduce los costos operativos de una empresa metalmeccánica.

## **1.7. Justificación**

### **Justificación del estudio**

La investigación, beneficia directamente al área de producción y logística de la empresa, la misma tiene como finalidad mejorar su productividad a través de la implementación de mejora mediante herramientas lean manufacturing y teoría de restricciones que permitan optimizar la rentabilidad, reduciendo y eliminando costos.

### **Justificación teórica**

La investigación plantea aplicar herramientas de lean manufacturing y teoría de restricciones que permitan mejorar la productividad, lo cual permitirá contrastar los conocimientos aprendidos en el aula sobre el tema en una realidad como la empresa metalmeccánica y ver sus resultados.

### **Justificación práctica**

La investigación estudia los costos operativos en las actividades relacionadas con la producción y logística, identificando los principales problemas permitirá corregir y así alcanzar la eficiencia y eficacia en las áreas y brindar una oportunidad de mejora en sus costos.

### **Justificación económica**

La investigación permitirá mejorar la rentabilidad de la empresa, si se entiende que aumentar la productividad es reducir los recursos y obtener los mismos resultados o con los mismos recursos aumentar los resultados obtenidos. En consecuencia, la mejora de la

productividad es un ahorro en los costos y gastos de una empresa y un aumento de los ingresos.

### **Justificación social**

El presente trabajo de investigación logró mejorar el rendimiento de la empresa metalmecánica lo que le dará sostenibilidad y asegurará el empleo de sus colaboradores

### **1.8. Aspectos éticos**

Toda la información recogida tuvo la discreción y confidencialidad de acuerdo a los principios éticos exigidos por la empresa y la universidad. Sobre la responsabilidad del investigador, éste debe respetar el principio de la propiedad intelectual o propiedad de datos cuando la investigación se realice en colaboración con una institución. En ningún caso se debe tomar información o datos de otras investigaciones sin citar la fuente. Asimismo, el investigador mantendrá en total reserva los datos personales de las personas que participan en la investigación, bajo el precepto de confidencialidad de la información, así como en el tratamiento de la información, análisis y en la difusión de sus resultados. El investigador difundirá los resultados de su investigación a través de una publicación o formato que recomiende la Universidad para poder compartir los conocimientos hallados con la finalidad de beneficiar a la comunidad científica.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### Material de Estudio

Las fuentes de información que se utilizarán para el presente estudio serán los operarios de los procesos de fabricación de los productos terminados y la observación de los procesos y actividades desarrolladas en los procesos de producción metal mecánica.

### Población

Los procesos operativos de la empresa de metal mecánica.

### Muestra

La muestra para nuestro estudio serán los procesos operativos durante el periodo de estudio de la empresa.

### Técnicas

#### Técnicas de Obtención de datos

Las técnicas que se utilizaran en el presente estudio son: la observación y la entrevista.

#### Técnicas de Análisis e Interpretación de los datos

Los datos serán tratados mediante la tabulación en MS Excel a través tablas de frecuencia y gráficos con sus correspondientes análisis e interpretaciones.

La discusión de los resultados se hará mediante la confrontación de estos con las conclusiones de las tesis citadas en los antecedentes y con la información del marco referencial.

### Instrumentos

Se utilizarán como instrumentos los siguientes:

Observación, se utilizará como instrumento Flujograma de Procesos, Diagrama de Operaciones y Análisis de Procesos, Estudio de Tiempos, VSM. (Ver Anexo N°1)

#### Diseño de Investigación

Se utilizó el diseño de investigación pre experimental.

Esquemática:

Grupo Observado       $O_1 \longrightarrow X \longrightarrow O_2$

Representativa:

M : Procesos de operativos en el periodo de estudio.

O1 : Observación de los costos antes del estímulo en la empresa metalmeccánica.

X : Aplicación de herramientas lean y TOC

O2 : Observación de los costos después del estímulo en la empresa metalmeccánica.

Limitaciones

No existen limitaciones para la presente investigación en cuanto a la información que se recogerá de los procesos operativos de la empresa por contar con los permisos para dicha labor.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **Antecedentes de la empresa**

La empresa metalmeccánica, es una entidad dedicada principalmente a la fabricación y comercialización de productos metálicos, conocida por elaborar; paneles y ángulos ranurados de calidad.

Inicia sus operaciones en el año 1993, fabricando ranurados de manera artesanal, pues sólo se contaba con dos máquinas, una de corte y la otra de doblado. Para 1995, se invierte en maquinarias de segunda mano a través de crédito bancario, dicha maquinaria para la microempresa eran de mucho valor significativo. En 1997, la empresa alcanza su récord de ventas a lo largo de los años, pues logró vender su producto en Chiclayo, Piura, Chimbote y Trujillo.

Durante el año 2003, adquiere un terreno en el parque industrial de Trujillo, no pudiendo aún iniciar la construcción del mismo; recién en el 2006, se designa capital para la construcción de la primera nave, concluyéndose la mitad de ésta. El 01 de Mayo del 2007, la empresa realiza el sueño de trasladarse al parque industrial, asentándose desde esa fecha hasta el día de hoy en dicha zona.

El sector económico en el cual la empresa se desempeña es el industrial o manufacturero en la actividad de fabricación y comercialización de paneles y ángulos ranurados en metal. El CIU según la SUNAT es el 2599 - Rev.4 fabricación de artículos de metal para oficina, excepto muebles.

### **Misión**

Ser líder en el mercado nacional en fabricación de paneles y ángulos ranurados, ofreciendo productos con garantía, calidad y seguridad a sus clientes.

## Visión

Ser una empresa que satisfaga a sus clientes en base a calidad, esfuerzo y servicio, utilizando recursos tecnológicos, económicos y sobre todo el recurso humano.

## Responsabilidad Social

Se ha comprometido en dos puntos importantes contribuir al desarrollo sostenible, de nuestra ciudad generando empleo y haciendo crecer el sector privado. Buscando siempre operar responsablemente, protegiendo el medio ambiente y biodiversidad a través de tecnologías limpias.

Elaborar y comercializar productos de calidad y de entera satisfacción para sus clientes, teniendo como base la norma ISO9001 el cual les permite establecer mejores estándares de calidad en sus productos.

Capacitar permanentemente a su recurso humano para mejorar el desempeño de sus procesos. Promover la Mejora continua de nuestros procesos con soporte técnico, tecnológico y trabajo en equipo.

La organización presenta la siguiente estructura organizacional. (Figura 7)

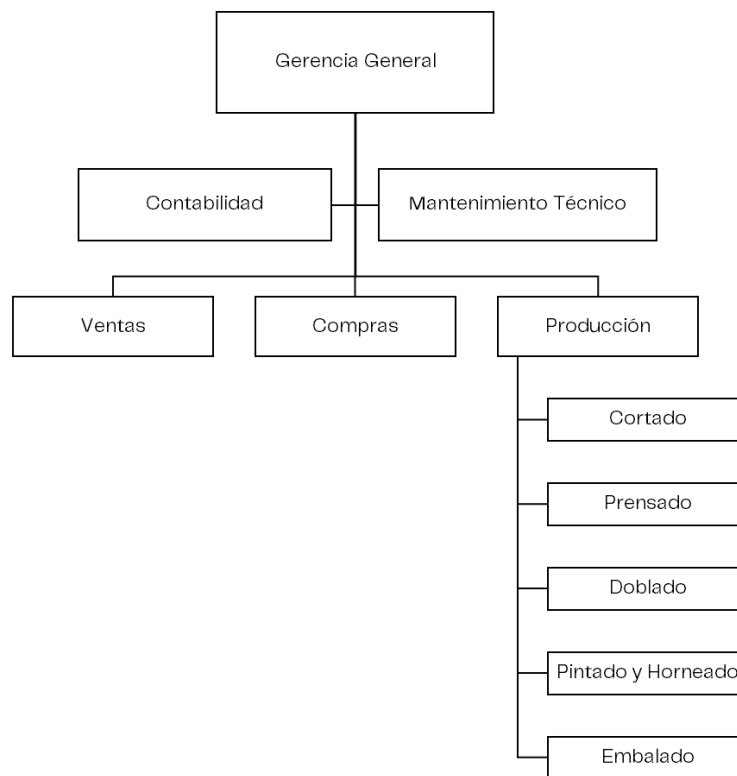


Figura 7. Organigrama general de la empresa

Elaboración propia.

### Principales productos

Nuestros productos son hechos con insumos nacionales e importados lo cual nos permite brindar una alta calidad en el acabado. Entre los diversos productos que ofrecemos se encuentran:

Estantes metálicos fijos: Sistema ideal y seguro para carga liviana, de bajo costo y fácil montaje, son aptos tanto para la industria como para el hogar, ya que se puede organizar mercadería muy ligera hasta semi-pesada, de divisiones regulables, y fácil manipulación. Tienen una capacidad de resistencia de hasta 90 kilos.

Cada estante metálico está compuesto por:

Ángulos ranurados: pieza prensada fabricada de plancha de acero, recubierta de pintura horneable. Su altura es de 2,40 m. Tiene un peso aproximado de 1,40 kilogramos.

Paneles ranurados: pieza conformada, fabricada de plancha de acero, recubierta de pintura horneable. Su medida estándar es de 30 x 1,15 m. Tiene un peso aproximado de 2,10 kilogramos.

Pernos cincados: pernos de acero utilizados para el ensamblaje de los estantes.

Góndolas: Es una solución desarrollada para la exhibición de productos. Su diseño armónico y sus diferentes medidas permiten exponer una gran variedad de mercaderías. Facilitan la ubicación y demostración de una amplia gama de productos. El acabado epoxi poliéster en polvo secado a una temperatura de 180°C. Le otorga cualidades decorativas y gran durabilidad. La base de las góndolas tiene un zócalo y la parte superior de los postes una tapa que cubrirá la saliente de los mismos.

Su estructura, sencilla y práctica, no utiliza tornillos; las piezas encajan perfectamente, con inigualable firmeza. Se sostiene por columnas verticales de diferentes tamaños, unidas por arriostres y/o forros metálicos que le otorgan rigidez, encajadas en una base de profundidad variable. El panel de fondo puede ser de diferentes medidas, según las necesidades, y los brazos de cantiléver pueden variar, además de su largo según el fondo del panel. Este sistema tiene diferentes posibilidades para resolver el encuentro de dos góndolas en una esquina o en un rincón, lo que permite una gran capacidad de adaptación a distintos ambientes.

A continuación, presentamos nuestros productos estrella, sus características, composición, uso, unidad de consumo y el tiempo de vida útil:

### ***Panel Ranurado***

Características

Aspecto: Plancha de Acero. con soporte ambos lados

Color: Gris – Blanco – Otros



Resistencia: 90 kg

Tamaño: 0,30 x 1,15 m

Calibre: LAF 0,55

Composición

100% Acero

Uso

Se utiliza como soporte dentro de una estructura metálica para colocar objetos, pesados como libros u otros materiales. Son adecuados para almacenes, para mantener separados y ordenado según clasificación.

Unidad de consumo

Unidad

Vida útil

5 años (dependiendo de uso)

### ***Ángulo Ranurado***

Características

Aspecto: Piezas larga de Acero, con orificios.

Color: Gris – Blanco – Otros

Resistencia: 90 kg.

Tamaño: 2,4 m

Composición

100% Acero

Uso

Se usa como soporte de los paneles ranurados, para mantener la estabilidad del mismo y resistencia. Se elabora de diferentes medidas dependiendo del grado de almacenaje que se requiera.

Unidad de consumo

Unidad

Vida útil

5 años

## **PROCESOS Y OPERACIONES PRINCIPALES**

Se presentan a continuación los procesos identificados como claves por ser los que intervienen directamente en la realización del producto:

A continuación, se describe en qué consisten estos tres procesos y los involucrados o responsables en el cumplimiento de los mismos.

### **1. Compras**

Selección de proveedores

El supervisor y asistente de compras tienen la responsabilidad de realizar la evaluación de nuevos proveedores. Estos proveedores son analizados con los habituales para realizar un seguimiento en los precios de ventas de los insumos y de esta manera elegir al proveedor del insumo o materia prima más adecuado. A partir de ello se controla que la materia prima e insumos sean obtenidos de proveedores de confianza para tener un buen acabado en los productos terminados.

Compra de materia prima e insumos

El área compras se encarga de la adquisición de materia prima necesaria en el momento adecuado con la cantidad y calidad requerida, a un precio moderado. Para ello se

realizan las cotizaciones y órdenes de compra de materia prima e insumos según lo indicado en la orden de fabricación.

#### Recepción de materia prima e insumos

El operario de empaquetado tiene responsabilidad de esta actividad, teniendo como encargado directo al jefe de producción. La principal labor es recepcionar, distribuir y organizar los materiales e insumos en el almacén o en las bodegas correspondientes, así como llevar un control.

## **2. Producción**

#### Recepción de la orden de producción

El supervisor y operarios, del área de producción se encargan de recepcionar y aprobar el programa de fabricación para realizar dentro de la fecha de entrega, el producto terminado, de los clientes frecuentes que se tienen.

#### Elaboración del producto

Durante la elaboración del producto participa el supervisor y operario de producción. Se vela por la eficiencia de la producción que incluye la correcta fabricación, garantizando el cumplimiento de los requisitos de los productos y supervisando las diferentes etapas de producción durante todo el proceso de elaboración. Así mismo, cuenta con el apoyo del supervisor de mantenimiento.

Dentro de los procesos, el principal es el de producción del producto, el cual se lleva a cabo en 2 líneas: Línea de panel ranurados y línea de ángulo ranurados.

Estos procesos consisten en las siguientes etapas como se muestra en la Figura 8 y 9.

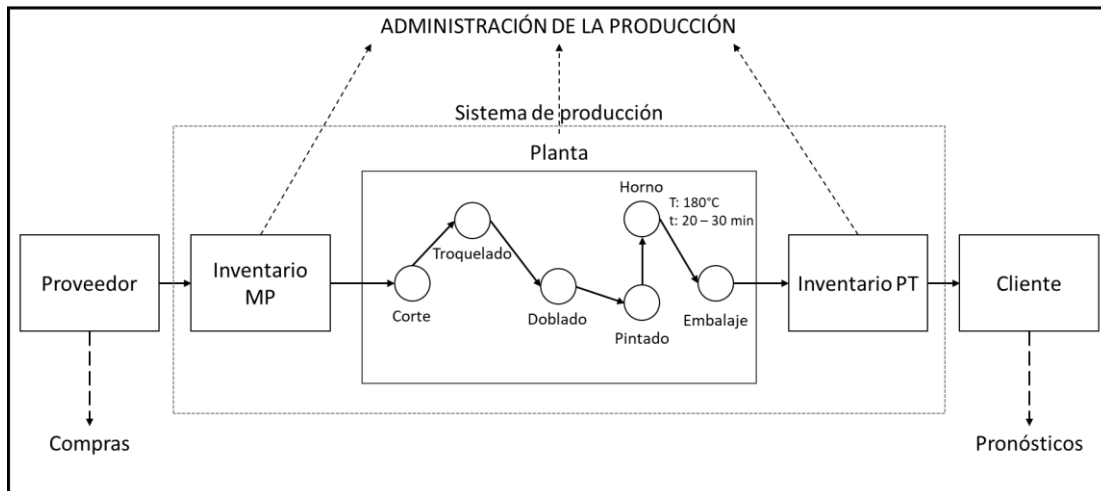


Figura 8. Diagrama de producción de la línea de panel ranurado

Elaboración propia.

### Descripción de la línea de producción de panel ranurado

**CORTE:** Una vez que llega la materia prima a la planta el encargado de producción es el responsable de recepcionarla y estibarla a la línea de Producción. Se ubica la plancha en la mesa de la guillotina para cortarla tomando el 1,20 de la LAF, colocando las cuchillas a unos 0,40 cm de distancia al tope de la mesa, resultando 06 piezas de 0,40 cm x 1,20 cm por cada plancha.

**PRENSADO:** Las piezas cortadas se pasan a esta prensa para colocar la marca (RANOR) en el borde medio de la pieza. Una vez marcadas las piezas, en esta prensa se perforan y cortan a la vez los 04 ángulos de la pieza (esquinas sobrantes de los extremos). Se procede al decapado de las piezas con el acondicionador de metales.

**DOBLADO:** En esta máquina se procede a plegar los lados longitudinales de la pieza, uno por uno.

**PINTADO Y HORNEADO:** En una tina metálica amplia, las piezas de panel se pintan por inmersión, las cuales se cuelgan una tras otra en una estructura metálica apropiada, dejándolas reposar por unos 15 minutos. Los paneles pintados se colocan en el horno a gas

a una temperatura de 180° C durante 20 minutos, teniendo mucho cuidado con estos parámetros. Las piezas de panel ya listas son descargadas para su posterior embalaje.

**EMBALAJE:** Se forman paquetes de 10 paneles, asegurándolos con zuncho a cada costado del paquete, para luego ser embalados con stretch film y etiqueta según medida y cliente de destino.

El producto terminado es estibado en el vehículo de transporte para ser distribuido y entregado al cliente en sus instalaciones según pedido.

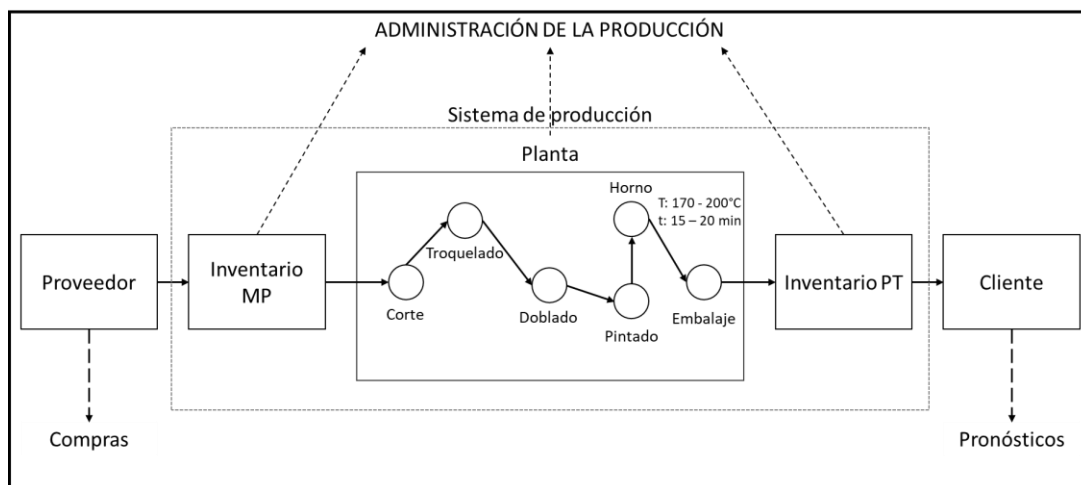


Figura 9. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado

Elaboración propia.

#### Descripción de la línea de producción del ángulo ranurado

**CORTE:** Una vez que llega la materia prima a la planta el encargado de producción es el responsable de recibirla y estibarla a la línea de Producción.

Se toma la plancha (1 200 x 2 400 mm), cortándola longitudinalmente, resultando 20 piezas de 2,40 m (bandas).

**PRENSADO:** Estas bandas se “pican” por esta prensa que consta de una matriz con punzones (redondos y elípticos).

**DOBLADO:** Las bandas picadas son trasladadas a la Plegadora, para su conformado en ángulo recto.

Estas bandas pasan a la limpieza, con una sustancia llamada acondicionador de metales, quitándoles la grasa, aceite y óxido, dejándoles una capa fortificada para que impregne mejor la pintura horneable.

**PINTADO Y HORNEADO:** Luego de la limpieza, pasa a pintura por inmersión con pintura horneable, utilizando bencina como solvente, en una tina metálica apropiada para el baño.

Los ángulos pintados van pasando al horno a gas (300 unidades de capacidad), a una temperatura de 170° C por 20'. En el caso de utilizar pintura electrostática (polvo) la temperatura será de 200° C por 15'.

Todas las piezas ya horneadas y listas, son descargadas para su posterior empaquetado.

**EMBALADO:** Se forman paquetes de 10 unidades, asegurándolos con cintillos de seguridad en cada extremo.

El producto terminado es estibado en el vehículo de transporte para ser distribuido y entregado al cliente en sus instalaciones según pedido.

### **3. Ventas**

En este proceso se tiene contacto con los clientes a los cuales se les hace una presentación de los productos con los que contamos y dependiendo de la necesidad del cliente se le hace una proforma, donde se detalla el precio y la entrega, si el cliente está conforme con lo acordado se realiza la venta y se le hace la entrega del producto en su negocio, empresa o lugar que se señale.

Al contado

El vendedor emite el documento de venta correspondiente, el cliente cancela el importe al contado y se hace entrega del producto.

Al crédito

Si el cliente decide comprar a crédito, el vendedor comprueba que el cliente llene los requisitos, si los cumple, el cliente define la cantidad de artículos y la forma de pago. Si el propietario aprueba el crédito, el vendedor realiza la factura de crédito acorde a la orden de pedido. El cliente recibe la copia de la factura de crédito, quedando el original en la empresa. El cliente realiza el pago del 50% restante de la factura, para cancelar el crédito después del tiempo pactado, según las políticas de venta a crédito de la empresa. Se hace entrega de la factura de crédito original, junto con la copia del recibo de abono del último pago.

### **Instalaciones y equipos**

#### *Planta de producción*

La empresa donde se implementará el proyecto cuenta con un área total aproximada de 700 m<sup>2</sup> con una construcción de 1 nivel donde se pueden identificar las siguientes instalaciones principales:

Parte de la planta de producción está dividida en áreas: Producción, Administración, Almacén y Despacho.

#### **Área de Producción**

Esta área está ubicada en el primer nivel, cuenta con un ambiente para el control de ingreso del personal, así como para su aseo. Esta Sala de producción, paneles, ángulos y góndolas ranurados, cuenta con un área de Corte y Doblado, pintado, horneado y empaquetado del producto.

#### **Área Administrativa**

La oficina administrativa se encuentra dentro de la planta, donde se concentra todo el personal administrativo. Esta área administrativa agrupa los departamentos de compras, ventas, almacén y producción.

### Almacén

El almacén se encuentra ubicado dentro de la planta donde se coloca los productos terminados embalados en pales. Donde son resguardados allí para luego ser transportados y enviados a los clientes.

### Despacho

Área destinada para el vehículo de la empresa en donde se realiza la carga y descarga del transporte para la distribución de los productos a los clientes, así como la recepción de materia prima, materiales e insumos.

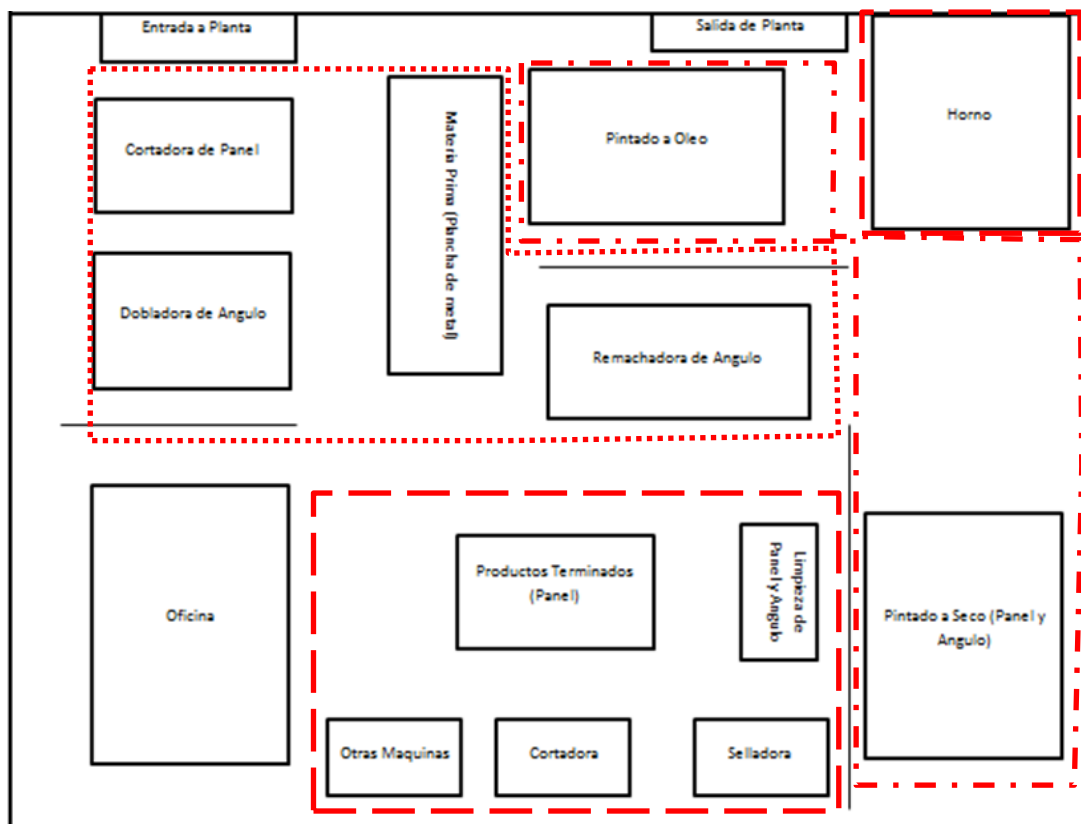


Figura 10. Distribución de planta de la empresa metalmeccánica



Elaboración propia.

### **Realizar un diagnóstico de la línea de ranurados de la empresa metalmecánica.**

La empresa metalmecánica ha presentado durante los últimos meses problemas para cumplir con las entregas de sus productos al almacén para su distribución al cliente.

Las cantidades de productos no entregados a tiempo han sido tipificadas debido a las siguientes causas:

Retraso de entrega debido a desabastecimiento de materiales: son las veces que, el área de almacén no abastece de forma oportuna los materiales sea por quiebre de stock o mucha demora en el despacho (más de 4 horas).

Demora de ejecución de planos de diseño: el área de diseño manda un juego de planos del producto al área de producción cuando se trata de un producto personalizado, un producto nuevo o una corrección de planos de dificultosa lectura para los operarios. Hay veces que el área no entrega los documentos al área de producción en la fecha programada por lo que no se llega a cumplir con los tiempos de entrega al cliente.

Cambio de características por parte del cliente: ocurre cuando el producto ya se encuentra en producción y el cliente decide cambiar las características de color o añadir algunas piezas especiales.

Demoras en producción: estos casos se dan cuando se emite una orden de trabajo al área de planta en la fecha programada pero no se llega a cumplir con la fecha de término programada y se ha debido a retrasos por producción.

Otros: Se da para casos muy especiales cuando el cliente aplaza la fecha de entrega de los productos o pide dejar la orden de producción en stand by.

Análisis de las causas.

Al analizar las posibles causas que originan la falta de capacidad en el proceso de pintado, que resulta ser la operación más lenta, se enlistaron las siguientes posibles causas:

Desorden en el almacén genera materiales deteriorados

No existe indicadores de gestión de materiales

Falta de producto terminado para entrega a clientes

Falta de orden y limpieza en el almacén

Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo

Falta de control de la producción por parte de alta dirección

Falta de planificación en el diseño de productos

Desorden en la emisión de ordenes de trabajo

No se cuenta con políticas para la gestión de mantenimiento

Estas causas están representadas en la figura 11 y 12 en un diagrama de causa - efecto.

Priorización de las causas

Se realizó una observación in situ del proceso de pintado con la ayuda del jefe de producción y los operarios para poder obtener información y poder realizar la priorización de las causas, las cuales se presentan en un gráfico de Pareto figura 13 y 14. Las cuales se listan a continuación:

Desorden en el almacén genera materiales deteriorados

No existe indicadores de gestión de materiales

Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo

Falta de control de la producción por parte de alta dirección

Desorden en la emisión de ordenes de trabajo

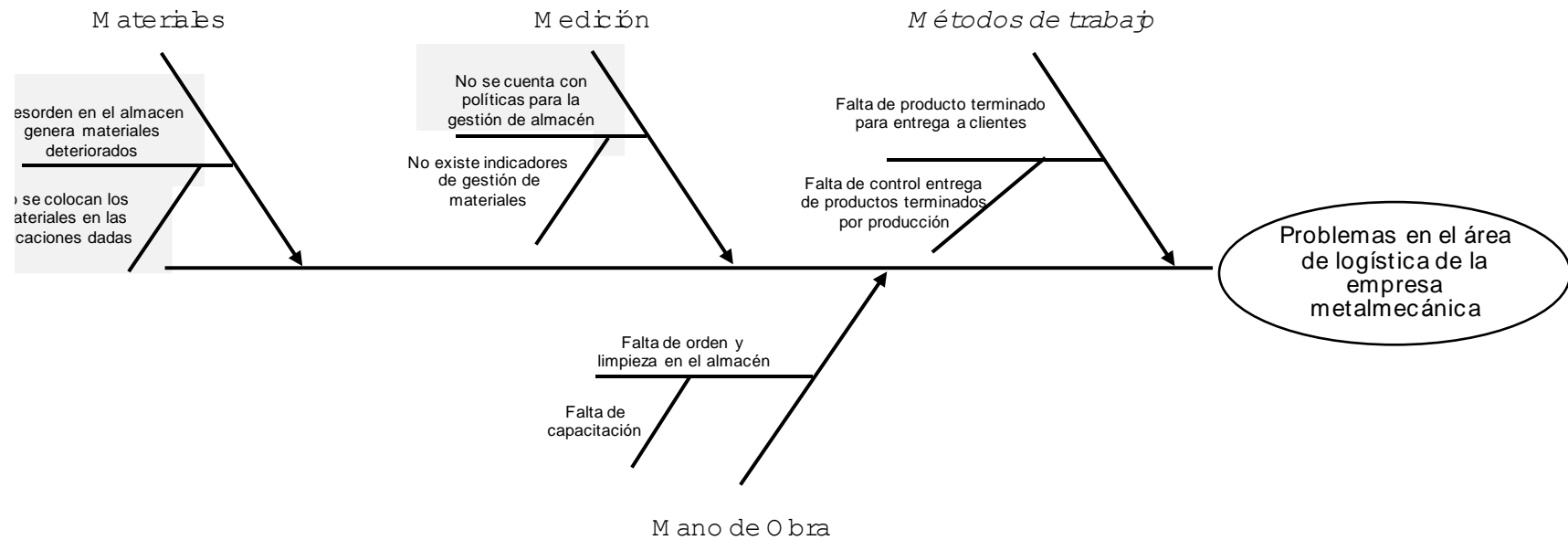


Figura 11. Diagrama de Ishikawa del área de logística

Elaboración propia.

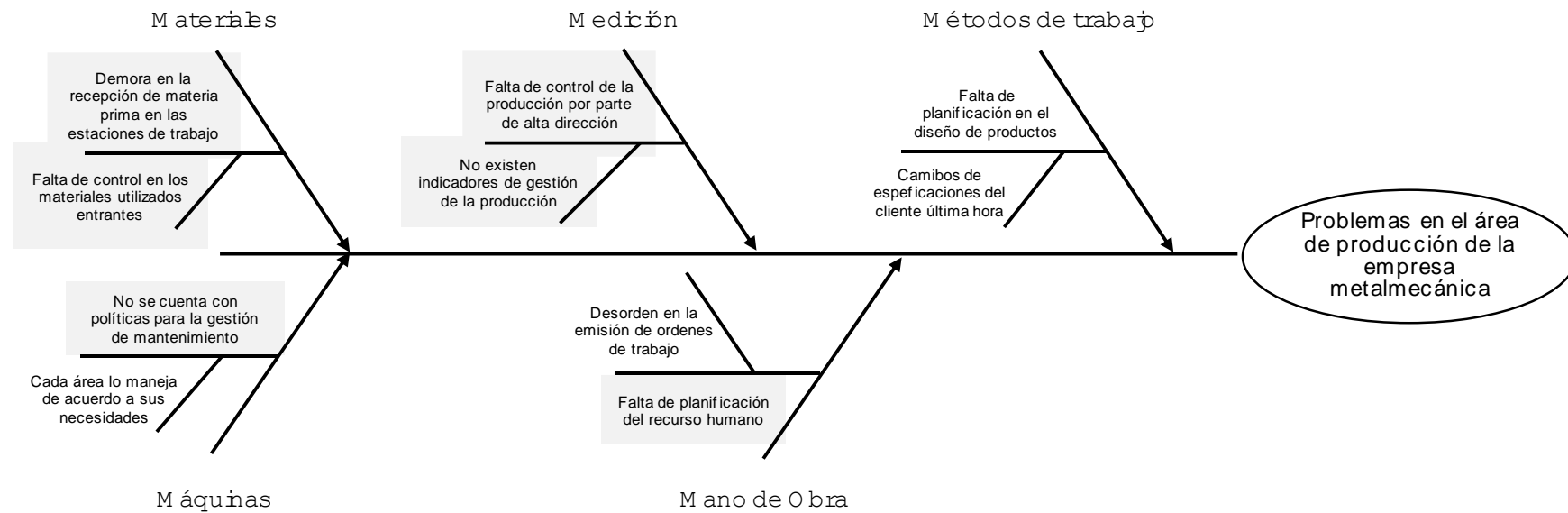


Figura 12. Diagrama de Ishikawa del área de producción

Elaboración propia.

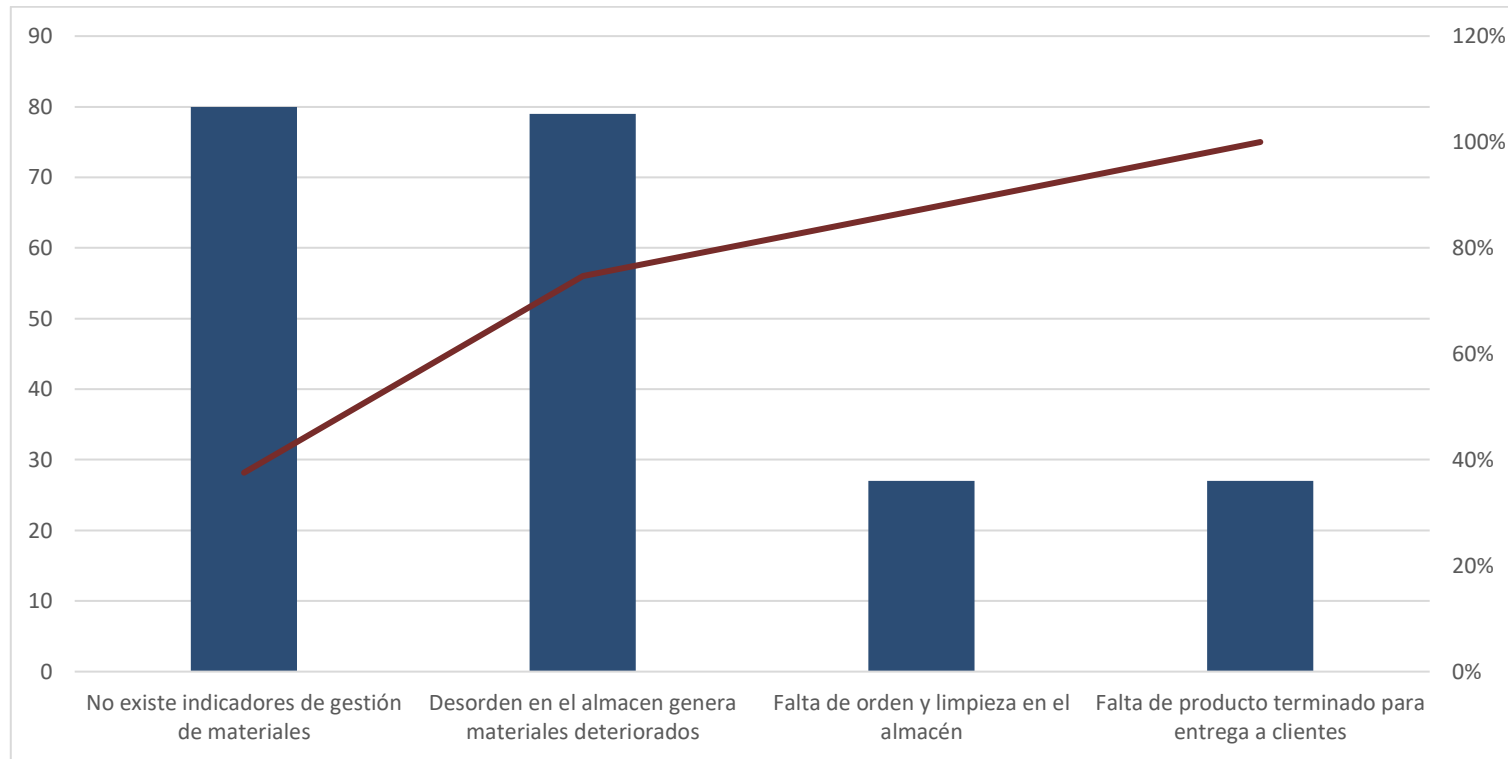


Figura 13. Diagrama de Pareto del área de logística

Elaboración propia.

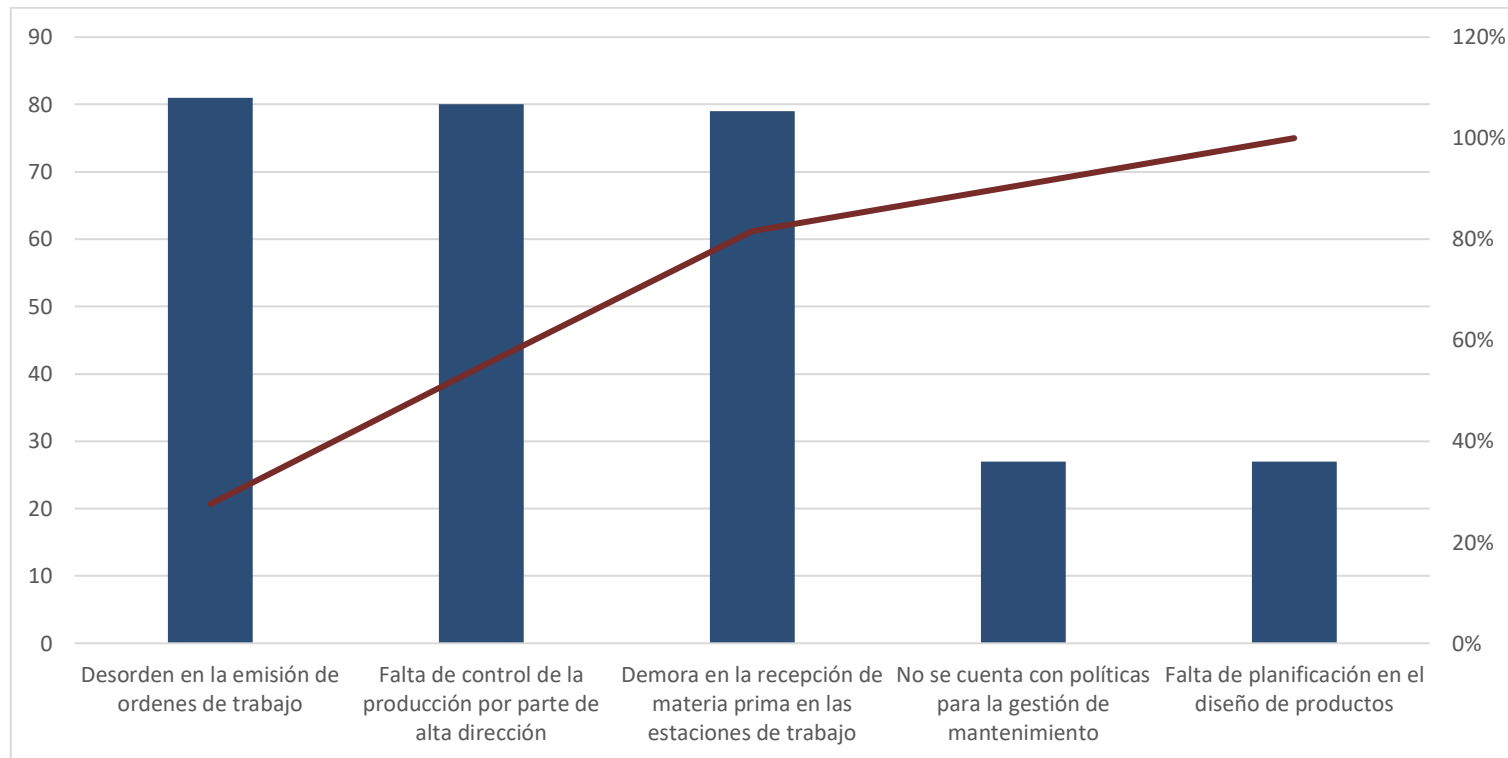


Figura 14. Diagrama de Pareto del área de producción

Elaboración propia.

En la Tabla 3 la cantidad de fallas que se producen por cada causa raíz priorizada en el diagrama de Pareto..

Tabla 3

*Motivo de productos no entregados a almacén de producto terminado*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Falta de control de la producción por parte de la alta dirección	64	71	87	67	69	77	93	73	82	85	75	73	916
Desorden en la emisión de órdenes de trabajo	47	14	26	77	54	76	12	74	51	11	49	69	560
Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo	66	43	65	31	40	39	35	35	33	70	45	32	534

Fuente: Registros de la empresa.

Tabla 4

*Porcentaje de falta de control de la producción por parte de la alta dirección*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Falta de control de la producción por parte de la alta dirección	64	71	87	67	69	77	93	73	82	85	75	73	916
Total de entregas mensuales	1 050	1 249	1 456	832	853	968	1 378	996	1 340	1 194	785	963	13 064
% retrasos	6,1%	5,7%	6,0%	8,1%	8,1%	8,0%	6,7%	7,3%	6,1%	7,1%	9,6%	7,6%	7,0%

Fuente: Registros de la empresa.

Tabla 5

*Costo de oportunidad por falta de control de la producción por parte de la alta dirección*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Falta de control de la producción por parte de la alta dirección	64	71	87	67	69	77	916
	93	73	82	85	75	73	
Utilidad por unidad	S/17,85	S/19,55	S/17,00	S/20,40	S/19,55	S/20,40	
	S/17,85	S/21,25	S/21,25	S/20,40	S/19,55	S/21,25	
Costo de oportunidad	S/1 142,40	S/1 388,05	S/1 479,00	S/1 366,80	S/1 348,95	S/1 570,80	
	S/1 660,05	S/1 551,25	S/1 742,50	S/1 734,00	S/1 466,25	S/1 551,25	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

*Porcentaje de desorden en la emisión de órdenes de trabajo*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Desorden en la emisión de órdenes de trabajo	47	14	26	77	54	76	12	74	51	11	49	69	560
Total de entregas mensuales	1 050	1 249	1 456	832	853	968	1 378	996	1 340	1 194	785	963	13 064
% retrasos	4,5%	1,1%	1,8%	9,3%	6,3%	7,9%	0,9%	7,4%	3,8%	0,9%	6,2%	7,2%	4,3%

Fuente: Registros de la empresa.

Tabla 7

*Costo de oportunidad por desorden en la emisión de órdenes de trabajo*

Descripción	ENE JUL	FEB AGO	MAR SET	ABR OCT	MAY NOV	JUN DIC	TOTAL
Desorden en la emisión de órdenes de trabajo	47 12	14 74	26 51	77 11	54 49	76 69	560
Utilidad por unidad	S/17,85 S/17,85	S/19,55 S/21,25	S/17,00 S/21,25	S/20,40 S/20,40	S/19,55 S/19,55	S/20,40 S/21,25	
Costo de oportunidad	S/1 142,40 S/1 660,05	S/1 388,05 S/1 551,25	S/1 479,00 S/1 742,50	S/1 366,80 S/1 734,00	S/1 348,95 S/1 466,25	S/1 570,80 S/1 551,25	S/18 001,30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

*Porcentaje de demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo	66	43	65	31	40	39	35	35	33	70	45	32	534
Total de entregas mensuales	1 050	1 249	1 456	832	853	968	1 378	996	1 340	1 194	785	963	13 064
% retrasos	6,3%	3,4%	4,5%	3,7%	4,7%	4,0%	2,5%	3,5%	2,5%	5,9%	5,7%	3,3%	4,1%

Fuente: Registros de la empresa.



Tabla 9

*Costo de oportunidad por demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo*

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo	66	43	65	31	40	39	
	35	35	33	70	45	32	534
Utilidad por unidad	S/17,85	S/19,55	S/17,00	S/20,40	S/19,55	S/20,40	
	S/17,85	S/21,25	S/21,25	S/20,40	S/19,55	S/21,25	
Costo de oportunidad	S/1 178,10	S/840,65	S/1 105,00	S/632,40	S/782,00	S/795,60	
	S/624,75	S/743,75	S/701,25	S/1 428,00	S/879,75	S/680,00	S/10 391,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

*Costo de oportunidad de productos no entregados a almacén de producto terminado*

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total	Desperdicios por desorden
43	Unidad	Plancha LAF 0,55×1200×2400mm	S/49,00	S/2 107,00	S/1 691,06
52	Unidad	Plancha LAF 0,75×1200×2400mm	S/66,50	S/3 458,00	S/1 522,49
32	Unidad	Plancha LAF 1,2×1200×2400mm	S/80,50	S/2 576,00	S/1 221,30
27	Unidad	Plancha LAF 1,4×1200×2400mm	S/94,50	S/2 551,50	S/1 215,76
16	Unidad	Plancha LAF 1,5×1200×2400mm	S/105,00	S/1 680,00	S/1 208,63
11	Unidad	Plancha LAF 2,0×1200×2400mm	S/115,50	S/1 270,50	S/1 376,34
4	gl	Pintura Esmalte Plomo	S/40,00	S/160,00	S/115,19
3	gl	Pintura Esmalte Negro	S/40,00	S/120,00	S/79,04
5	gl	Pintura Anticorrosiva Verde	S/43,00	S/215,00	S/89,59
6	gl	Pintura Esmalte Blanco	S/40,00	S/240,00	S/133,57
3	gl	Pintura Esmalte Amarilla	S/40,00	S/120,00	S/111,95
16	gl	Disolvente Tinner	S/22,00	S/352,00	S/111,51
43	kg	Pintura Electroestática Blanca	S/9,34	S/401,47	S/76,61
31	kg	Pintura Electroestática Negra	S/9,34	S/289,43	S/90,02
17	kg	Pintura Electroestática Roja	S/9,34	S/158,72	S/110,61
19	kg	Pintura Electroestática Amarilla	S/9,34	S/177,40	S/76,87
13	kg	Pintura Electroestática Azul	S/9,34	S/121,38	S/104,24
16520	Unidad	Pernos galvanizados 1/2" x 1"	S/0,10	S/1 652,00	S/567,73
					S/9 902,50

Tabla 11

*Costo de oportunidad de productos no entregados a almacén de producto terminado*

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario	Faltantes	Costo de faltantes
183	Unidad	Plancha LAF 0,55×1200×2400mm	S/56,00	6	S/336,00
122	Unidad	Plancha LAF 0,75×1200×2400mm	S/76,00	3	S/228,00
84	Unidad	Plancha LAF 1,2×1200×2400mm	S/92,00	4	S/368,00
67	Unidad	Plancha LAF 1,4×1200×2400mm	S/108,00	3	S/324,00
66	Unidad	Plancha LAF 1,5×1200×2400mm	S/120,00	3	S/360,00
61	Unidad	Plancha LAF 2,0×1200×2400mm	S/132,00	5	S/660,00
14	gl	Pintura Esmalte Plomo	S/49,00	3	S/147,00
13	gl	Pintura Esmalte Negro	S/49,00	3	S/147,00
15	gl	Pintura Anticorrosiva Verde	S/51,00	2	S/102,00
16	gl	Pintura Esmalte Blanco	S/51,00	2	S/102,00
13	gl	Pintura Esmalte Amarilla	S/51,00	1	S/51,00
26	gl	Disolvente Tinner	S/22,00	3	S/66,00
43	kg	Pintura Electroestática Blanca	S/10,64	2	S/21,28
51	kg	Pintura Electroestática Negra	S/10,64	2	S/21,28
47	kg	Pintura Electroestática Roja	S/10,64	1	S/10,64
39	kg	Pintura Electroestática Amarilla	S/10,64	3	S/31,92
33	kg	Pintura Electroestática Azul	S/10,64	3	S/31,92
16520	Unidad	Pernos galvanizados 1/2" x 1"	S/0,15	103	S/15,41
					S/3 023,45

Observación del problema.

Para este análisis del problema se ha utilizado la técnica del interrogatorio de los 5W y 1 H para poder explicar y encontrar las principales características del problema.

What? (¿Qué ocurre?)

El principal problema encontrado son los retrasos de entrega de productos terminados al almacén para su posterior distribución al cliente final. Este problema está originando S/1 500,00 de pérdidas mensuales promedio debido a penalizaciones de no entrega en el plazo establecido en la orden de compra del cliente lo que además conlleva a una mala imagen de la empresa.

Where? (¿Dónde ocurre?)

Este retraso representa un 7% mensual aproximadamente en el área de producción sección de pintado, ya que no se realiza las entregas de los productos terminados en la fecha en la que lo especifica el plan de producción, lo cual hace que la empresa pierda prestigio, rentabilidad a corto y largo plazo.

When? (¿Cuándo ocurre el problema?)

Estos retrasos ocurren cuando un lote de productos terminados no se entrega a almacén en la fecha en la que esta especificada en la orden de trabajo que está en función a la fecha en la que el cliente requirió este pedido y también según la carga de trabajo de la planta. Esta fecha de entrega se ha planificado en el plan maestro de producción realizado por el Gerente de planeamiento. Este problema se ha estado originando desde enero de 2021.

Why? (¿Por qué ocurre el problema?)

Según el jefe de planta, en el plan de capacidad instalada de la planta existe una holgura de horas hombres sobrantes, por lo que a nivel global aparentemente se cuenta con capacidad suficiente. Pero a nivel de cada sección se ha identificado mediante un análisis de capacidades de horas hombres disponibles (línea azul) y horas hombre requeridas (línea roja) y se ha encontrado que la sección de pintura posee un déficit de horas durante los meses de enero, marzo, abril, mayo, junio, julio en comparación de otros procesos los cuales muestran holgura de horas.

How? (¿Cómo ocurre el problema?)

Este problema ocurre debido a que existe mucho tiempo improductivo y capacidad no aprovechada, ya que no existe una carga equilibrada del trabajo, la presencia de excesivos tiempos muertos o se realizan actividades que no agregan valor y es entonces cuando la capacidad efectiva resulta mucho menor de lo que se necesita y el throughput disminuye considerablemente.

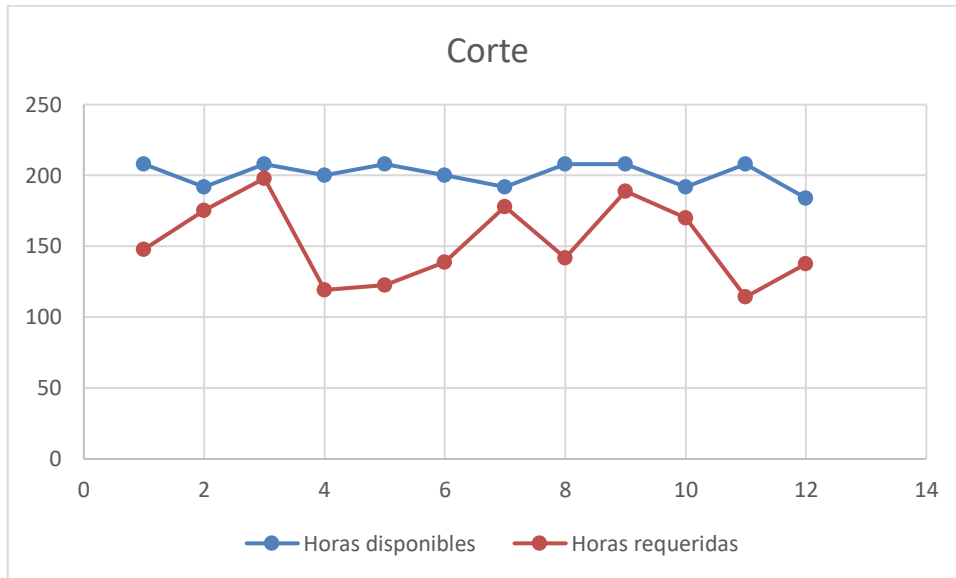


Figura 15. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Corte

Elaboración propia.

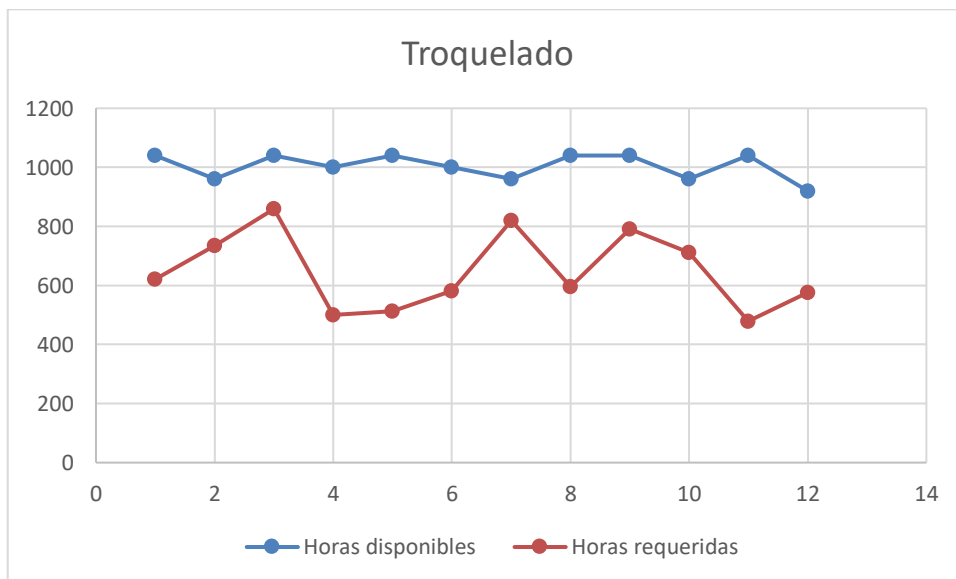


Figura 16. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Troquelado

Elaboración propia.

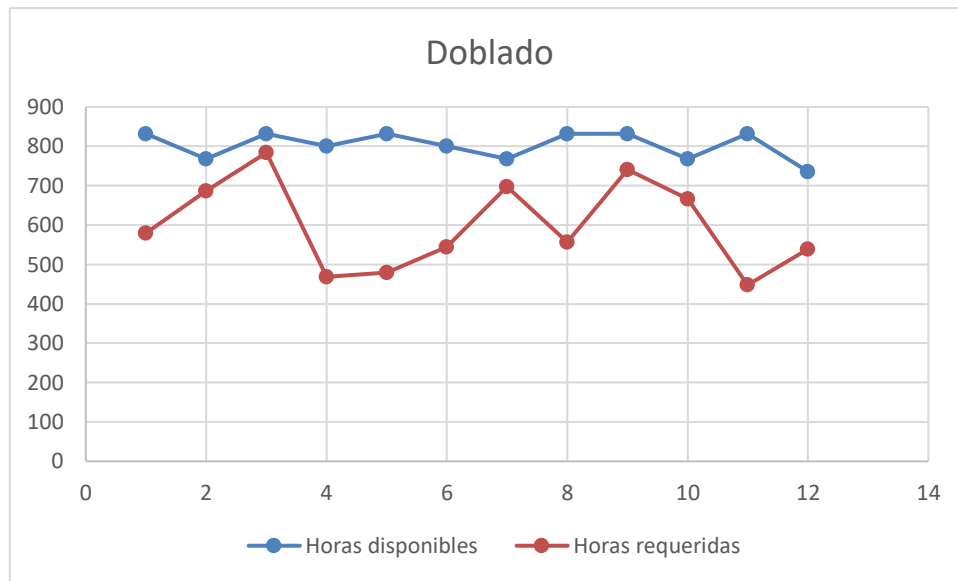


Figura 17. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Doblado

Elaboración propia.

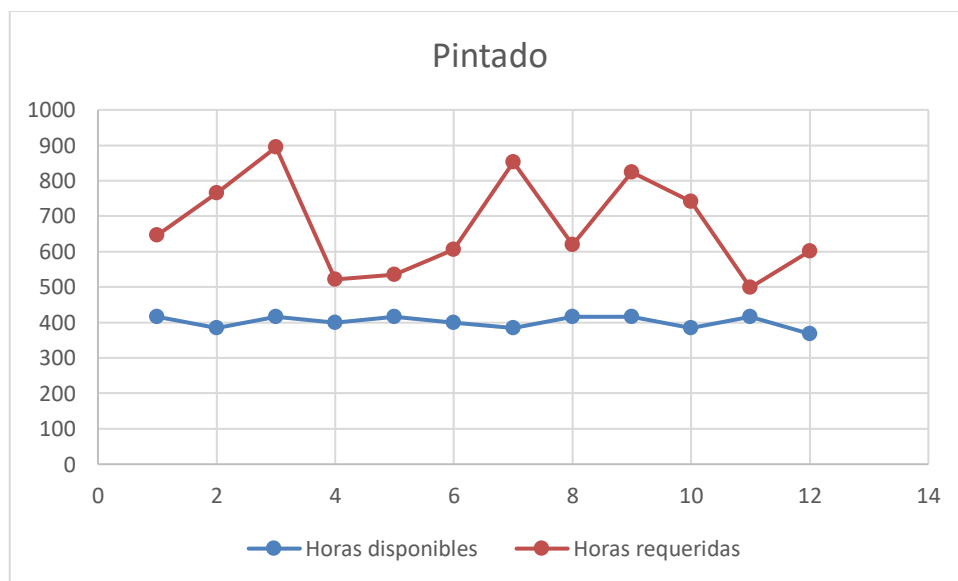


Figura 18. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Pintado

Elaboración propia.

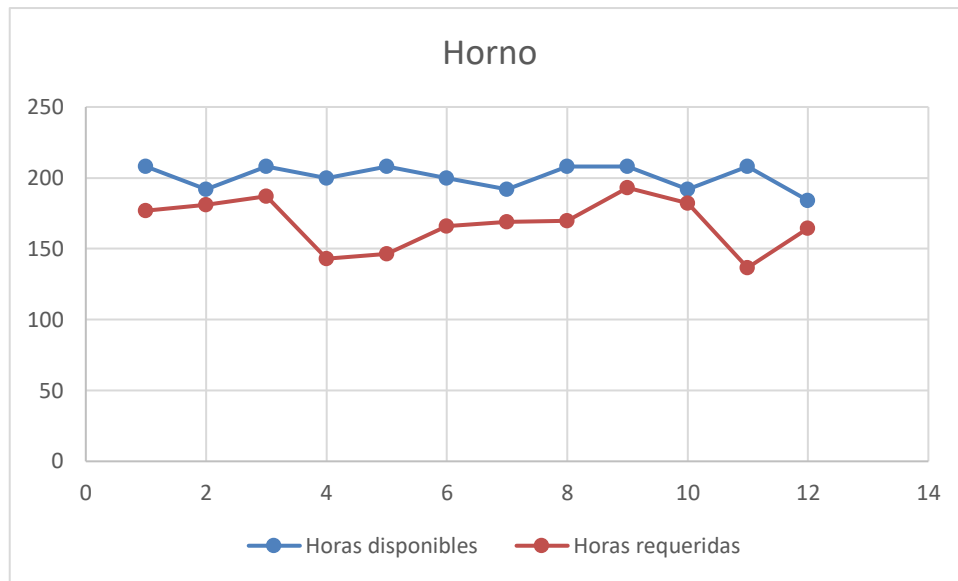


Figura 19. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Horneado

Elaboración propia.

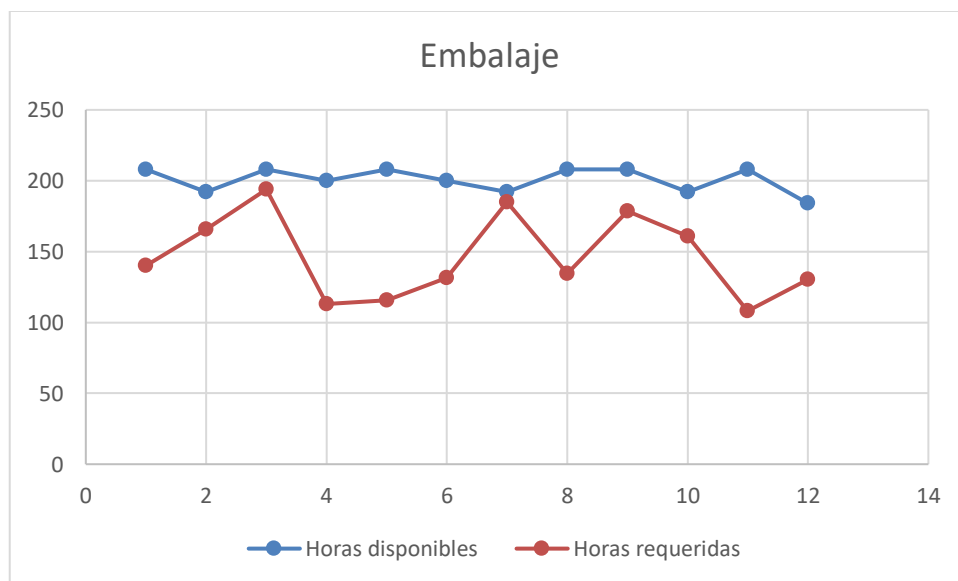


Figura 20. Diagrama de producción de la línea de ángulo ranurado - Embalado

Elaboración propia.

**Elaborar una propuesta del área de producción y logística de ranurados de la empresa metalmeccánica.**

**Las 5's**

En el diagnóstico se indicó que el área de pintura presentaba un desorden y suciedad que hacían lento el proceso. Por lo cual, se debe mejorar la estación cuello de botella con la implementación de un programa de 5s, para ello se realizará la secuencia de clasificar, ordenar, limpiar, sostener y autodisciplinar.

**Clasificar:** En esta etapa se exhortará al personal para que clasifique los materiales, artículos, piezas de maquinaria o cualquier objeto en necesario o innecesario para el proceso productivo, después se tendrá que retirar todo lo que no es útil o no es concerniente al área de pintura. Para fomentar este principio se implementará cartillas informativas evidenciando la situación inicial de la sección y el propósito que tiene esta etapa de Clasificar, en la Figura 21 se muestra una cartilla de la etapa de seleccionar.


<b>Programa de 5's</b>			
<i>Etapa: Clasificar</i>		<i>Sección: Pintura</i>	
			
<i>Cajas de cartón vacías sin usar (Foto referencial).</i>			
Se puede identificar objetos que no son útiles en el proceso regular de pintado, por lo que en esta etapa de 5's se requiere verificar qué objetos se utilizan regularmente y clasificarlos según su frecuencia de uso y con ello definir su cercanía al proceso, esto nos llevará a conseguir <i>la optimización del uso del espacio.</i>			
Elaborado por:		Aprobado por:	
	<b>Jefe de Planta</b>		<b>Gerente de Producción</b>

Figura 21. Cartilla informativa de la etapa clasificar

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de seleccionar se encontrarán muchos objetos innecesarios que ocupan espacio en la sección y además fomenta el desorden de las cosas, para ello se debe realizar

un inventario de elementos innecesarios, en la Tabla 12 se muestra un inventario inicial realizado en la sección de pintura.

Tabla 12

*Inventarios de elementos innecesarios*

Item	Descripción	Cantidad	Observación
1	Cajas de pinturas rotas	9	
2	Mangas filtro de ciclón	1	Ya cumplieron su ciclo de vida
3	Baldes de pintura roto	2	No se le puede dar uso alguno
4	Ganchos metálicos quebrados	27	
6	Base metálica de máquina de doblado	1	Se utilizó para un caso puntual
7	Cartones desgastados	5	
8	Partes de maquinaria obsoleta	-	El área de mantenimiento definirá su disposición final
9	Galoneras vacías	7	
10	Parihuelas deterioradas	2	Se deben cambiar por unos nuevos
11	Latas de thinner vacías	3	
12	EPPs deteriorados (lentes, tapones y fajas)	-	No se le puede dar uso alguno
13	Tacos de madera sucios	7	

Fuente: Elaboración propia

Para evidenciar los objetos innecesarios encontrados, éstos deberán ser etiquetados y rotulados con una tarjeta roja 5s, para que, en caso, otra persona observe pueda apoyar o refutar la decisión de retirar el objeto del área. En la Figura 22 se muestra una cartilla informativa del uso de la tarjeta roja 5s que muestra el formato de la tarjeta.

La decisión de la disposición final de los objetos rotulados en la categoría accesorios, suministros y EPPs la definirá el Supervisor de acabados; en el caso fuese de la categoría materia prima, producto terminado y documentación la definirá el jefe de Planta; si fuese de la categoría de Maquinaria lo definirá el jefe de Mantenimiento.



Tarjeta roja 5's			
<i>Etapa: Clasificar</i>		<i>Sección: Pintura</i>	
<b>TARJETA ROJA</b>			
<b>Nombre de artículo</b>			
<b>Categoría</b>			
1. Maquinaria			
2. Accesorios y herramientas			
3. Materia prima			
4. Producto terminado			
5. Suministros			
6. EPPs			
7. Documentación			
8. Otros			
<b>Fecha</b>	<b>Ubicación</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>U.M.</b>	<b>Valor en S/ aprox</b>	
<b>Motivos</b>			
No se utiliza		Dañado	
No se necesita		Maltratado	
Uso desconocido		Contaminante	
No sirve /descompuesto		Otro (Especifique):	
Defectuoso			
<b>Disposición final:</b>			
Desechar como basura		Regresar a cliente	
Vender		Otro (Especifique):	
Mover a almacén			
<b>Fecha de disposición</b>	<b>Persona que autoriza</b>		
	<b>Nombre</b>		
	<b>Cargo</b>		
Elaborado por:		Aprobado por:	
	<b>Jefe de Planta</b>		<b>Gerente de Producción</b>

Figura 22. Cartilla Informativa de tarjeta roja 5s

Fuente: Adaptado de Hernández et al (2014, p.38)

**Ordenar:** Para esta etapa también se implementará una cartilla informativa para evidenciar la situación inicial de la sección de pintura y hacer llegar el objetivo de un buen ordenamiento. En la Figura 23 se muestra la cartilla a implementar para que sea observado por todo el personal de la sección de pintura.


<b>Programa de 5's</b>			
<i>Etapa: Ordenar</i>		<i>Sección: Pintura</i>	
			
<i>Cajas de pintura desordenadas (Foto referencial).</i>			
Se pueden identificar artículos que se encuentran esparcidos en la sección de pintura las cuales deben tener una ubicación definida y ordenarse de manera que sea fácil la identificación y el acceso para así evitar tiempos muertos en la búsqueda de materiales, insumos y herramientas.			
Elaborado por:	<b>Jefe de Planta</b>	Aprobado por:	<b>Gerente de Producción</b>

Figura 23. Cartilla informativa 5s de la etapa ordenar

Fuente: Elaboración propia

También se establecerá un orden en el anaquel de pintura según la frecuencia de uso del color, en este caso las pinturas de color plomo se ubicarán más cerca de las cabinas de pintura, de ahí las pinturas de color negro mate, después las de color gris y al final se agruparán las pinturas de otros colores. Para ello se colocarán letreros en los anaqueles para que el personal identifique rápidamente el lugar que corresponde a cada tipo de color y así minimizar errores, en la Figura 24 se muestra un esquema a manera de cartilla informativa de la secuencia de ordenamiento de las cajas de pinturas.

Adicionalmente se delimitará zonas con líneas de colores en el piso para el acopio de residuos y tratamiento de ganchos y para las zonas de producto en proceso o productos defectuosos se colocarán letreros para que la identificación sea más rápida, con la delimitación de las zonas y letreros.

Programa 5's			
Etapa: Ordenar		Sección: Pintura	
<i>Anaqueles para pintura (Gráfico referencial).</i>			
En la zona de almacenamiento de pinturas se definirá un lugar de acopio para cada tipo de pintura donde las más utilizadas estarán más accesibles y cercanas a los operadores			
Elaborado por:		Aprobado por:	
	<b>Jefe de Planta</b>		<b>Gerente de Producción</b>

Figura 24. Cartilla informativa del ordenamiento de las cajas de pinturas

Fuente: Elaboración propia

Además, se propone realizar una tabla de frecuencia de uso en la cual se establece una regla sencilla para que los operadores puedan ordenar los objetos en caso el proceso productivo cambie en el tiempo, lo importante de esta tabla es que se basa en el principio de que lo más usado siempre debe estar lo más cercano posible del usuario, en la Figura 25 se muestra una cartilla informativa para que se use como referencia al momento de ordenar objetos necesarios en el proceso de pintado.

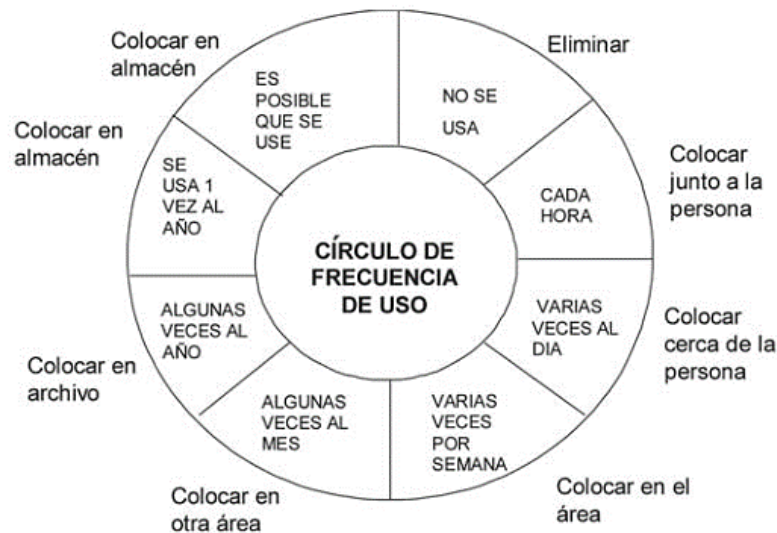


Figura 25. Cartilla informativa de tabla de frecuencia de uso

Fuente: Tomado de Rajadel, 2010, p.55.

**Limpiar:** En esta etapa se pretende sistematizar la limpieza de manera que asegure un trabajo en conjunto por parte del equipo en la cual consiste en establecer rutinas de limpieza, asignar responsables, definir métodos y tiempos para evitar que la limpieza se realice cuando se pueda si no que sea una actividad definida, en la Tabla 13 se propone un cronograma de limpieza para la limpieza de cabina de pintura, las zonas de tratamiento de ganchos, horno de secado y el piso del área. Esta tabla se debe publicar en un lugar en la cual todos los operadores puedan ver cada una de sus funciones y responsabilidades.

Tabla 13

*Cronograma de limpieza de la sección de pintura*

Tarea	Duración	Frecuencia	Materiales	Líder	Responsables				
					Pintor 1	Pintor 2	OP 1	OP 2	OP 3
Limpieza en cabina de pintura	10 min	Diaria	Aire comprimido	X					
Limpieza superficial pistolas	5 min	Diaria	Trapo industrial		X	X			
Limpieza y ordenamiento de zona de pelado de ganchos	10 min	Semanal	Trapo industrial, escoba				X		
Limpieza y ordenamiento de almacén de pinturas	5 min	Diaria	Aire comprimido, escoba					X	X
Ordenamiento de piezas defectuosas	5 min	Diaria	-					X	X
Limpieza interior horno de secado	15 min	Semanal	Aire comprimido, escoba	X	X	X			
Limpieza de piso del área	10 min	Semanal	Agua, escoba y recogedor	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

**Estandarizar:** En esta etapa se busca que la realización de los pasos anteriores de 5s se realice de manera establecida y definida para todos los involucrados por lo que se elaborará un procedimiento de implantación del programa 5s en la sección de pintura en la cual se especificarán los documentos de referencia y/o tablas establecidas de manera que los operadores y el líder del área podrán tener claro el panorama de aplicación de 5s y cómo actuar en cada una de las etapas. A continuación, en la Figura 26 se presenta el procedimiento de ejecución del programa 5s en la sección de pintura.

<b>Procedimiento de ejecución del programa 5's en la sección de pintura</b>			
<b>Objetivo:</b> Este presente documento tiene como objetivo establecer los lineamientos para mantener el área de trabajo más ordenado, limpio y libre de objetos innecesarios			
<b>Alcance:</b> Este procedimiento aplica a la sección de pintado, almacenaje de cajas de pintura y la zona de tratamiento de ganchos.			
<b>Responsables y funciones:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Supervisor de acabados: Verificar el cumplimiento del presente procedimiento.</li> <li>– Encargado de pintura: Transmitir y difundir el procedimiento hacia los operarios de pintura.</li> <li>– Operarios de pintura (Op): Ejecutar las actividades según lo especifique el procedimiento.</li> </ul>			
<b>Descripción:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Clasificar:</b> Los Ops deberán verificar diariamente en el lugar de trabajo si se encuentra algún objeto o artículo que no pertenezca al área o no sea relevante para el proceso productivo, en caso se identifique como innecesario utilizar la tarjeta roja 5s y rotularlo, además llevar el registro en la tabla de inventario de objetos innecesarios y llamar al encargado de la sección para que decida sobre la disposición final del elemento.</li> <li>– <b>Ordenar:</b> El orden de las cajas de pinturas en los anaqueles se llevará a cabo según la cartilla informativa de ordenamiento de cajas de pinturas además los Ops se guiarán de los letreros ubicados en los anaqueles que indican el tipo de color a almacenar. Para el ordenamiento de los acopios de residuos, la zona de tratamiento de ganchos, producto en proceso o productos defectuosos se utilizará el ordenamiento propuesto. Para definir la cercanía de los elementos del proceso productivo se utilizará la Tabla de frecuencia de uso. En caso exista alguna duda, se consultará al encargado de la sección.</li> <li>– <b>Limpiar:</b> Para la limpieza de la sección se realizará según el cronograma de limpieza de la sección de pintura donde se especifica el responsable de cada actividad, la duración en minutos, la frecuencia y los materiales a realizar.</li> </ul>			
Elaborado por:		Aprobado por:	
<b>Jefe de planta</b>		<b>Gerente de producción</b>	

Figura 26. Procedimiento de ejecución del programa 5s en la sección de pintura

Fuente: Elaboración propia

**Sostener:** Para esta etapa se busca que a propuesta de 5s sea sostenible en el tiempo para la cual se propone un checklist el cual será verificado por el supervisor de acabados según el criterio y frecuencia que se especifica. Si se presenta conformidad en uno de los ítems del checklist se dará 1 punto, en caso no presente conformidad no se adicionará ningún punto, al final se calculará la suma de todos los puntos a favor y se dividirá entre la cantidad de ítems evaluados en 1 mes y el resultado será el indicador de sostenimiento del programa de 5s el cual deberá estar por encima del 80%. En la Figura 27 el formato de checklist a utilizar para la etapa de sostener.

Propuesta: 5s	Frecuencia verificación	Verificación
¿Se observa objetos innecesarios para el proceso de pintura?	Cada 2 semanas	<input type="checkbox"/>
¿Los objetos innecesarios han sido rotulados previamente con la tarjeta roja?	Cada 2 semanas	<input type="checkbox"/>
¿El almacenamiento de pintura cumple con el orden establecido?	Semanal	<input type="checkbox"/>
¿El personal cumple con la limpieza programada?	Semanal	<input type="checkbox"/>
¿El personal realiza la limpieza según el método establecido?	Semanal	<input type="checkbox"/>

Figura 27. Checklist de verificación del programa de 5s

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Figura 28 se muestra una cartilla informativa del cálculo del indicador de cumplimiento del programa de 5s el cual también será realizado por el supervisor de acabados.

Cálculo de indicador de cumplimiento de 5s					
Etapa: Sostener			Sección: Pintura		
Propuesta: 5s	Frecuencia verificación	Verificación	Verificación	Verificación	Verificación
¿Se observa objetos innecesarios para el proceso de pintura?	Cada 2 semanas		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
¿Los objetos innecesarios han sido rotulados previamente con la tarjeta roja?	Cada 2 semanas		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
¿El almacenamiento de pintura cumple con el orden establecido?	Semanal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿El personal cumple con la limpieza programada?	Semanal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿El personal realiza la limpieza según el método establecido?	Semanal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Suma de puntajes:		13			
Suma de puntajes:		16			
Suma de puntajes:		81,2%			
Elaborado por:		Aprobado por:			
<b>Jefe de Planta</b>				<b>Gerente de Producción</b>	

Figura 28. Cálculo de indicador de cumplimiento de 5s

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14 se muestra la ficha simplificada de declaración de Implementación de la herramienta 5s.

Tabla 14

*Ficha simplificada de declaración de Implementación de la herramienta 5s.*

<i>Mejora:</i>	<b>5s</b>
Responsable de Ejecución	Encargado y operadores de pintura.
Periodo de Ejecución	6 meses.
Entregables	Checklist de cumplimiento. Indicador de cumplimiento del programa de 5s.
Responsable de Verificación	Supervisor de acabados y jefe de planta.

Fuente: Elaboración propia

### **Kanban**

Para el desabastecimiento de pinturas, se propone trabajar bajo el principio de reposición del kanban, el cual establece qué, una vez el contenedor kanban ya no tenga más ítems se emite una señal o alarma, la cual indica que se tiene que reponer una cantidad preestablecida tomando en cuenta el tiempo de aprovisionamiento del proveedor y la tasa de consumo. En la Figura 29 se muestra el flujograma para la implementación de reposición por Kanban.



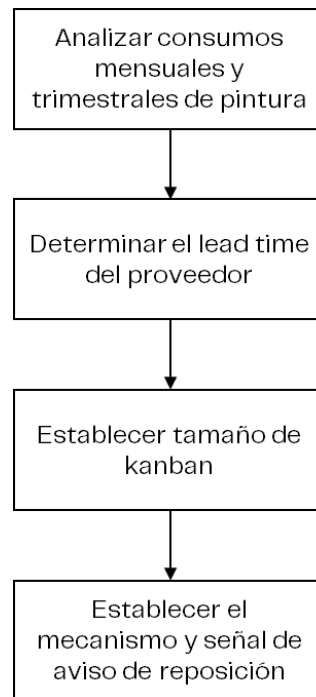


Figura 29. Flujograma de Implementación de Reposición por Kanban

Fuente: Elaboración propia

Para empezar a definir la cantidad del kanban primero se presenta el análisis de consumo de cajas de pintura de color plomo (que resulta ser el color de más del 90% de todos los ángulos ranurados pintados). La siguiente Tabla 15 muestra los consumos en cajas de la pintura color plomo y los consumos promedios mensuales por cada trimestre.

Tabla 15

*Consumos de pintura de color plomo de 2021*

Mes	Consumo de Cajas	Promedio
Enero	45	TRIM1 40
Febrero	38	
Marzo	37	
Abril	41	TRIM2 41
Mayo	41	
Junio	42	
Julio	45	TRIM3 44
Agosto	45	
Septiembre	41	
Octubre	40	TRIM4 38
Noviembre	37	
Diciembre	38	

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener los consumos promedios mensuales de cada trimestre se procede a calcular el consumo promedio diario: al promedio de consumo mensual se divide entre 26 días, ya que estos son los días laborables en un mes. El proveedor de pinturas en caja ofrece un lead time de 4 días de entrega para el tamaño de volumen que pide normalmente la empresa. Adicionalmente la empresa toma en cuenta 0,5 días más en caso exista demoras operacionales. El tamaño del kanban se determina multiplicando el tiempo de abastecimiento por el consumo diario, este procedimiento de cálculo se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

*Cálculo de tamaño de kanban*

Periodo	Tiempo de abastecimiento en días (1)	Consumo promedio en cajas (2)	(1) x (2)	Tamaño del kanban*
TRIM 1	4,5	1,56	7	8
TRIM2	4,5	1,62	7	8
TRIM 3	4,5	1,71	8	8
TRIM 4	4,5	1,50	7	8

\* redondeado al número par más cercano. Fuente: Elaboración propia

Se establece el tamaño de kanban en 8 cajas de pinturas (debido a que es el resultado trimestral más frecuente), por la tanto una vez retirada la caja n° 9 aparecerá la alerta de reposición. El mecanismo a escoger será un pulsador de piso “push to break”, un relé y una señal luminosa, la cual se encontrará en el área de compras. Mientras la caja n° 9 permanezca en su lugar, tendrá presionado el pulsador, manteniendo el circuito eléctrico desenergizado, en el momento en que un operador retire la caja n°9 cerrará y energizará el circuito emitiendo una señal luminosa indicando la reposición de las cajas de pintura.

Adicionalmente, implementará un procedimiento de orden de recojo de las cajas de pintura así la caja n°9 siempre será la que se encuentre presionando el pulsador. En la Figura 30 se muestra el orden de recojo para las cajas de pintura, en la Figura 31 se muestra el tamaño de kanban y cómo funciona el mecanismo de pulsador de piso.

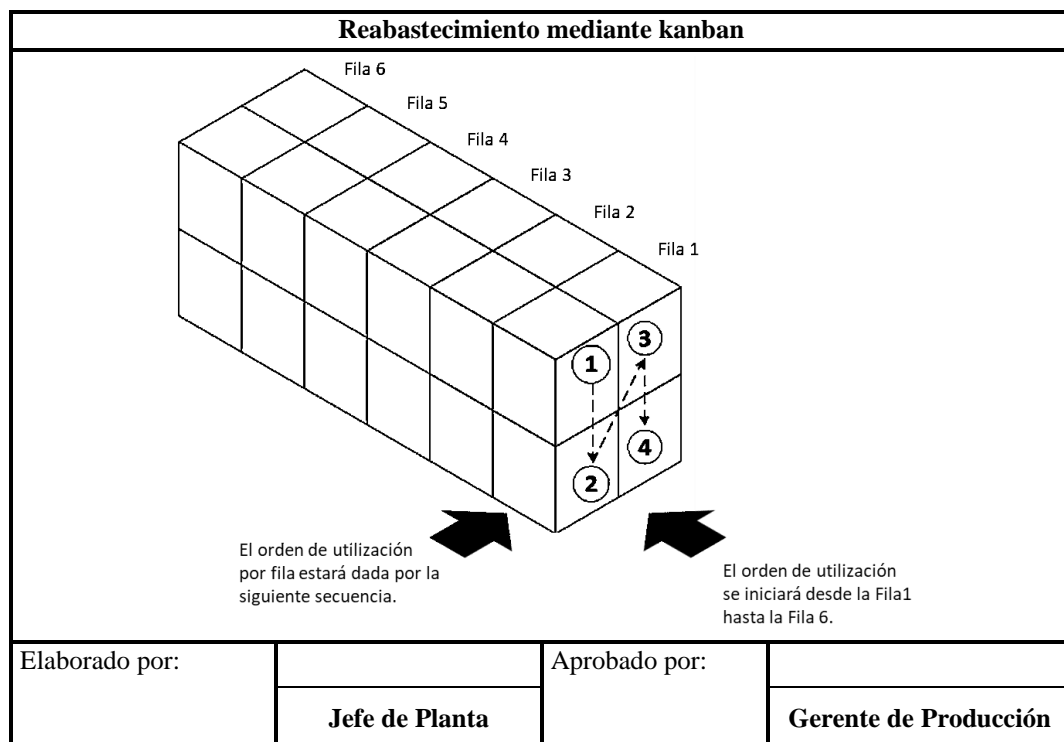


Figura 30. Orden de recojo de las cajas para el kanban

Fuente: Elaboración propia

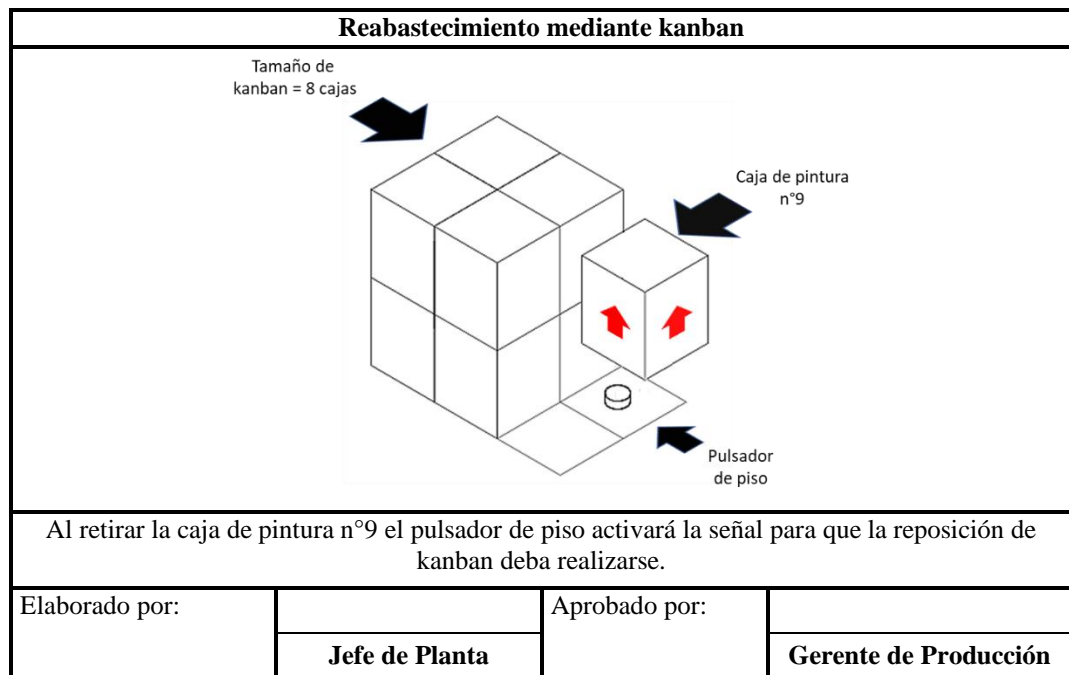


Figura 31. Establecimiento del kanban físico en pintura de color blanco  
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 y en la Figura 32 se muestran los documentos de gestión para la herramienta Kanban.

Tabla 17

*Ficha simplificada de declaración de Implementación de la herramienta Kanban*

Mejora:	Kanban
Responsable de ejecución	Operadores de pintura (secuencia de recojo de cajas) Operarios de mantenimiento (instalación de pulsador de piso y señal de aviso). Asistente de compras (liberación de orden de compra).
Periodo de ejecución	2 semanas
Entregables	Checklist de cumplimiento de kanban
Responsable de verificación	Supervisor de acabados, jefe de mantenimiento y jefe de producción

Fuente: Elaboración propia

Propuesta: Kanban	Frecuencia verificación	Verificación
¿El personal de pintura respeta el orden de recojo establecido?	Semanal	<input type="checkbox"/>
¿Al retirar la pintura nº9 se activa la señal de reposición?	Semanal	<input type="checkbox"/>

Figura 32. Checklist de la herramienta Kanban  
Fuente: Elaboración propia

## Andon

Esta herramienta permite dotar de mecanismos para observar el desempeño del equipo de manera de tener un mejor aprovechamiento del mismo. En el proceso de horneado se ingresa el carrito lleno de ángulos ranurados pintados y se calienta hasta llegar a los 200°C, una vez llegado dicha temperatura el operario de descolgado abre las puertas del horno para retirar el carrito con las piezas secadas. Como el horno posee una pantalla que muestra la temperatura del horno en la parte posterior, el operador no puede observar si llegó al set point por lo que a veces ocurre que, terminado el horneado, el carrito sigue dentro del horno hasta que el operario se da cuenta que olvidó revisar la temperatura por lo que el producto ha pasado por una demora innecesaria. La Figura 33 muestra la situación inicial de la sección de pintura. La propuesta para evitar estos eventos es instalar un comando de luces Andón tipo semáforo donde una luz verde indique que el secado está en proceso, la luz amarilla indica que llegó a 196°C y finalmente cuando llegue a los 200°C emitirá una luz roja con una señal auditiva para reconocer rápidamente que el proceso de secado ha concluido y así evitar demoras y esperas innecesarias.

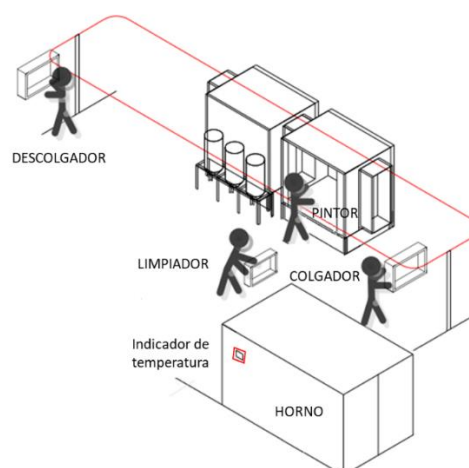


Figura 33. Situación actual en sección de pintura

Fuente: Elaboración propia

La Figura 34 muestra un instructivo de la representación de colores de las luces Andon y en la Figura 35 muestra un esquema de cómo quedaría físicamente instalada el dispositivo Andon en el horno de secado de pintura. Con este mecanismo se reduciría las esperas innecesarias y obtener una mayor salida de piezas pintadas.

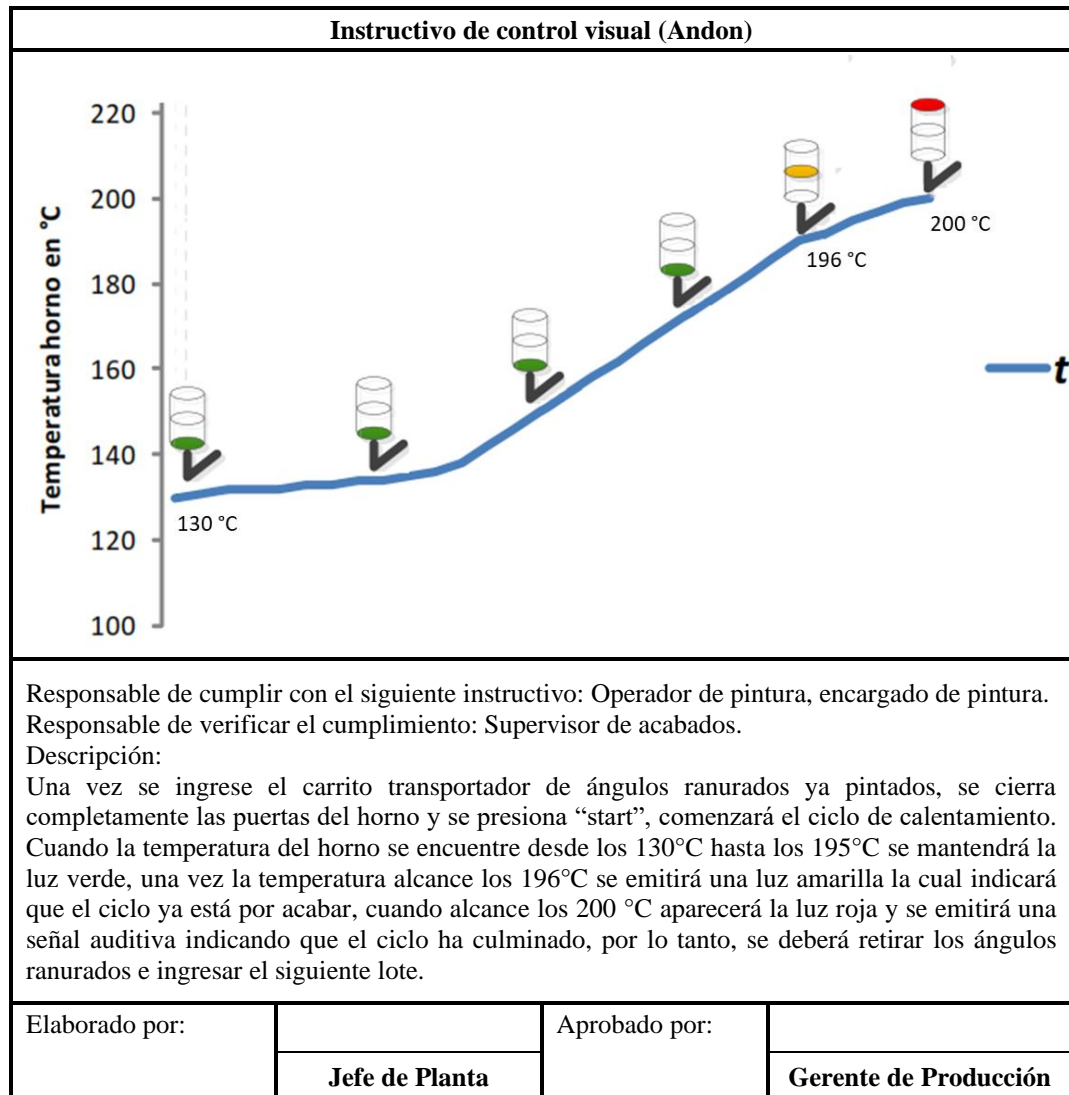


Figura 34. Instructivo de luces Andon para el horno de secado

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 y en la Figura 36 se muestran los documentos de gestión para la implementación de la herramienta Andon.

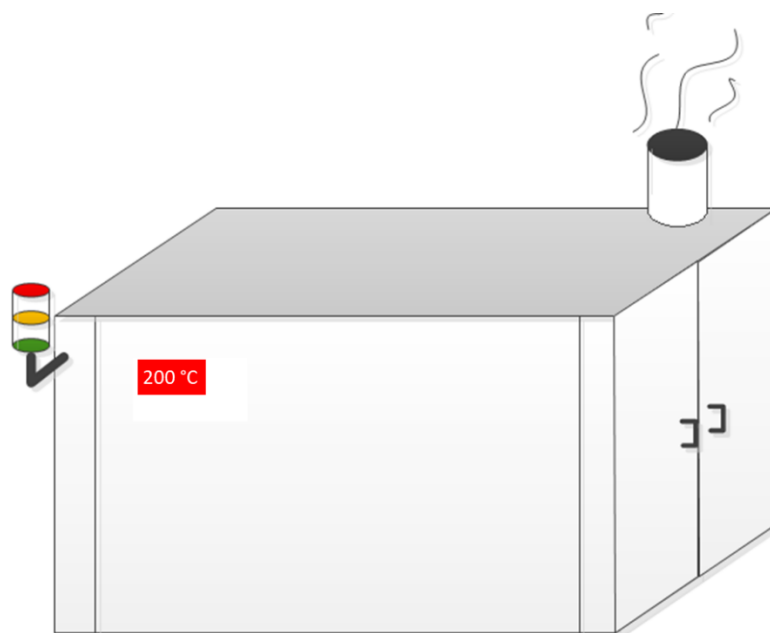


Figura 35. Mecanismo de control de luces en el horno de secado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

*Ficha de declaración simplificada de implementación de herramienta Andon*

<b>Mejora:</b>		<b>Luces Andon</b>
Responsable de ejecución	Operarios de mantenimiento	
Periodo de ejecución	4 semanas (2 semanas para la compra y 1 para la instalación)	
Entregables	Luces instaladas en el horno	
Responsable de verificación	Jefe de mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia

Propuesta: Control visual (Andon)	Frecuencia verificación	Verificación
¿Las luces de control (andon) se activan en las temperaturas establecidas?	Semanal	<input type="checkbox"/>
¿EL personal de la sección entiende el significado de cada color?	Semanal	<input type="checkbox"/>

Figura 36. Checklist de la herramienta Andon

Fuente: Elaboración propia

## Layout

Esta herramienta permite ordenar el proceso de producción optimizando el tiempo y las distancias de recorrido de los materiales dentro de la planta. Dado que solo contamos con la producción de un solo producto utilizaremos el diagrama de operaciones para la redistribución de planta. Por lo que nuestra distribución quedaría de la siguiente manera.

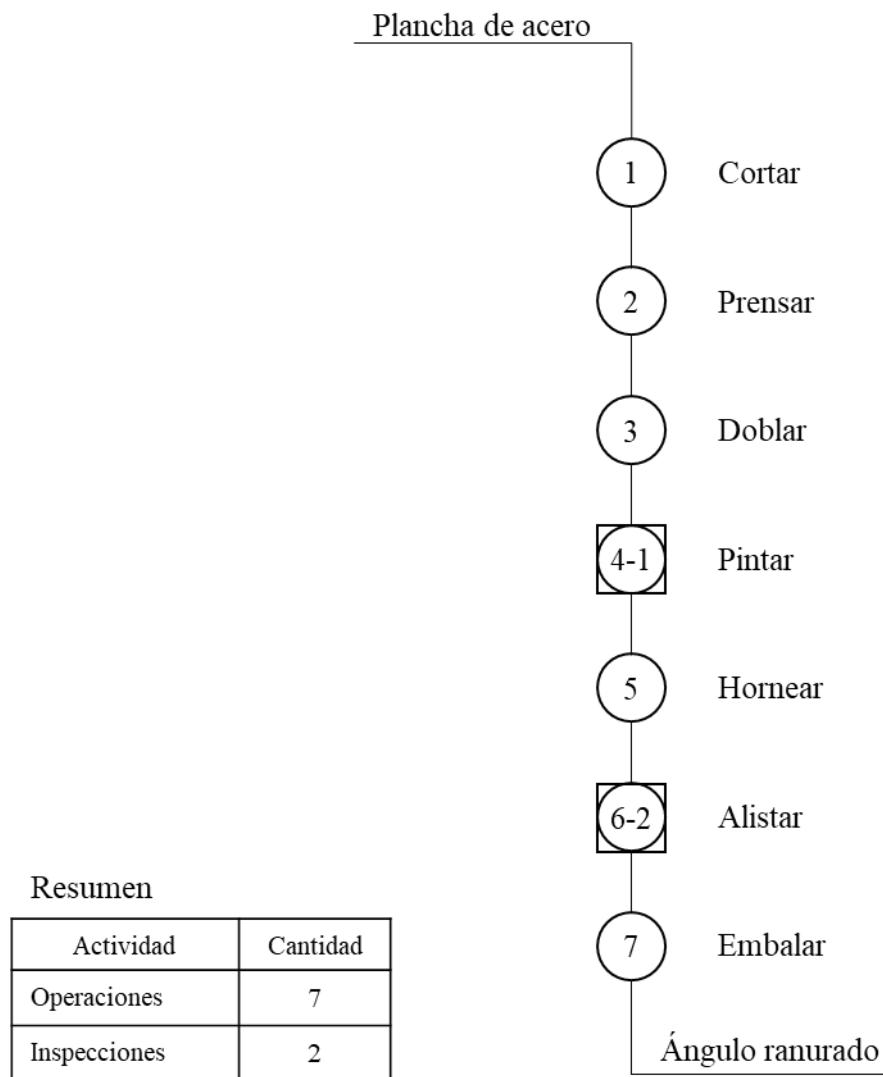


Figura 37. Diagrama de operaciones de elaboración de ángulos ranurados

Fuente: Elaboración propia



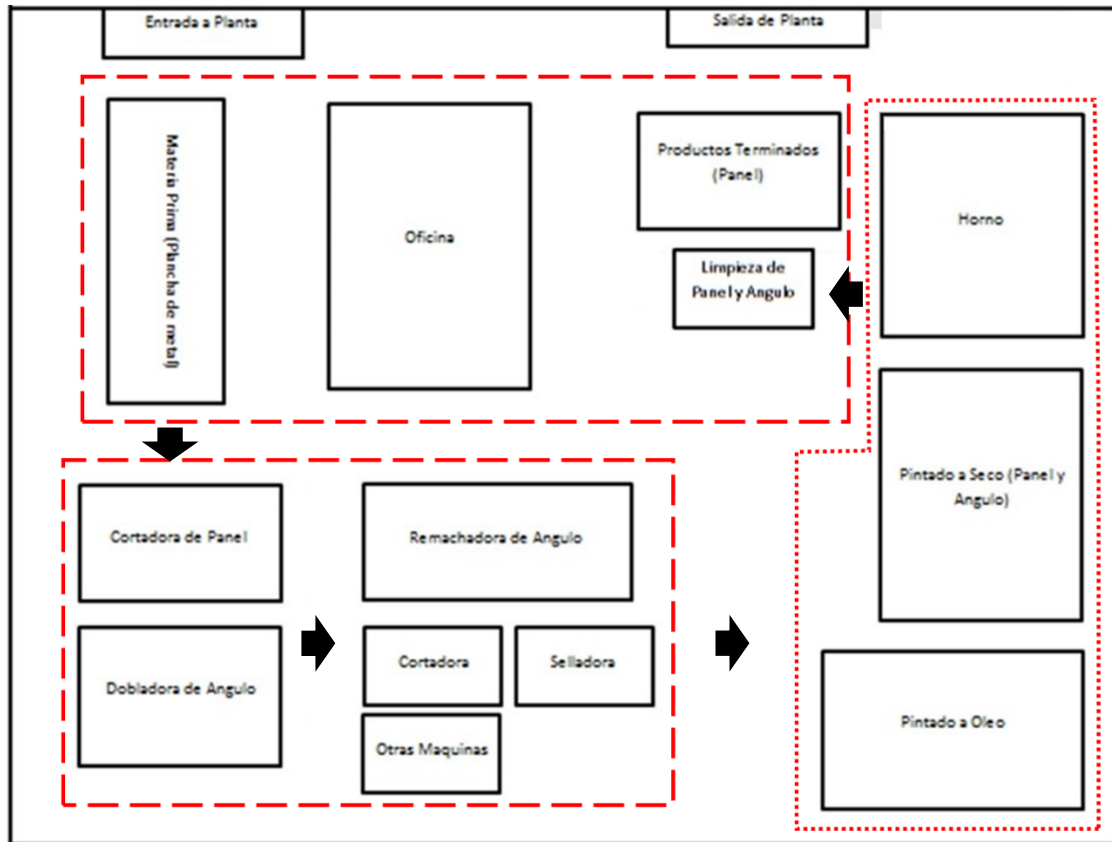


Figura 38. Distribución de planta propuesta de la empresa metalmeccánica

Elaboración propia.

### Subordinar los demás recursos hacia el cuello de botella

Como el recurso limitante es el proceso de pintado, las demás secciones con mayor holgura de capacidad como troquelado y doblado pueden brindar apoyo para que se pueda equilibrar la carga operativa ayudando en actividades que no requieran mucha especialización. La propuesta para subordinar estos procesos “no cuellos de botella” es cuando la operación de pintado exceda su capacidad de almacenaje de ángulos ranurados en espera, los operadores de las secciones con mayor holgura apoyen a la sección cuello de botella en la limpieza de ganchos que es una de las actividades que les consume tiempo, no agrega valor al producto y además no necesita un grado de especialización para poder realizarlo. La subordinación consistirá en los siguientes pasos:

El jefe de planta observará la carga de trabajo diario programado de cada sección con la finalidad de que pueda identificar cuáles son las secciones que tienen menor carga laboral y asignará las personas de dicha sección para que realicen el apoyo a la sección de pintura. En la Tabla 19 se puede observar el cálculo de la utilización de la sección y la holgura de HH entre la capacidad disponible y la demandada. En la Figura 38 muestra el % de utilización y la holgura de HH de manera gráfica.

Tabla 19

#### *Información de capacidades, utilización y holguras*

	Corte	Troquelado	Doblado	Horno	Embalaje
Capacidad disponible (HH)	8	40	32	8	8
Capacidad demanda	6	24	22	7	5
Utilización	71%	60%	70%	85%	67%
Holgura de HH	2	16	10	1	3

Fuente: Elaboración propia

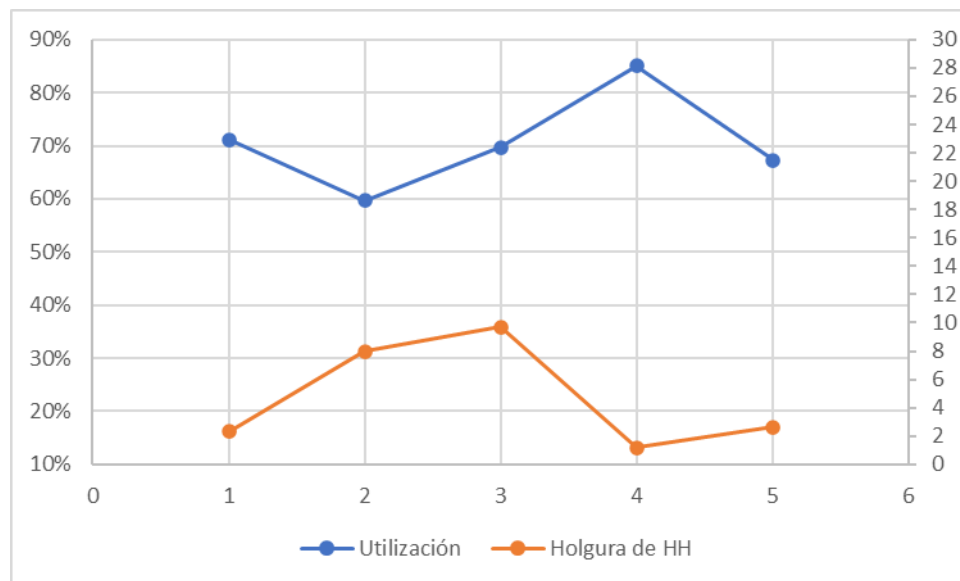


Figura 39. Gráfica de utilización y holgura en HH

Fuente: Elaboración propia

Una vez el personal seleccionado para el apoyo acabe de realizar las actividades programadas de su sección pasará a la sección de pintura para que pueda realizar la limpieza de ganchos, distribuyendo el trabajo entre máximo 5 operarios, cada uno con su respectiva cuchilla.

El apoyo de limpieza de ganchos se realizará hasta acabar todos los ganchos por limpiar, caso contrario se continuará hasta llegar a los 10 minutos antes de terminar el turno, en ese momento el personal de apoyo regresará a su sección inicial a realizar sus reportes de cierre de jornada. Además, pueden apoyar en otras actividades secundarias como recepción y transporte de ángulos ranurados, armado de carro transportador hacia el horno, entre otros.

De esta manera se busca liberar de carga laboral al personal de pintura buscando equilibrar la carga entre los procesos con mayor holgura de capacidad con el cuello de botella. Con esto se conseguirá que el flujo de producción sea más continuo ya que no tendrán que invertir horas de capacidad en limpiar ganchos, transporte, manipuleo es decir

actividades que desde el punto de vista productivo no agregan valor y los operadores de la sección pintura tendrán más tiempo para procesar los productos.

En la Figura 39 se muestra el flujograma del proceso propuesto para la subordinación de los recursos al cuello de botella, en la cual también se especifican los responsables de ejecución y verificación, esto servirá como una guía visual rápida para saber cómo proceder a realizar la subordinación.

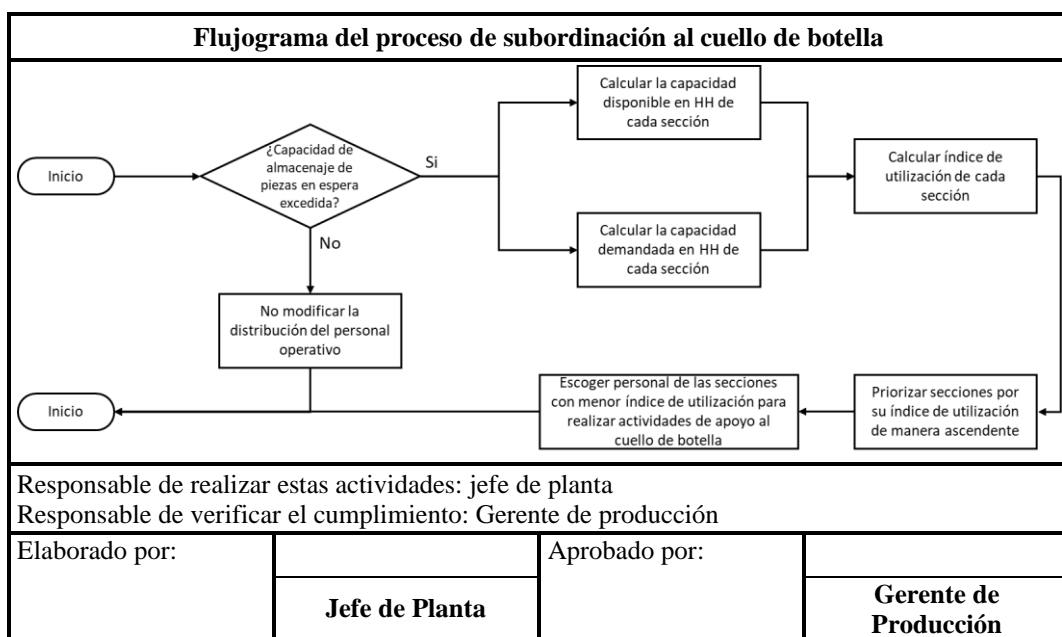


Figura 40. Flujograma de proceso de subordinación

Fuente: Elaboración propia

### Relación de la Propuesta TOC con las herramientas lean

Una vez se hallan implementado las mejoras a través de las herramientas lean, estas se relacionarán con los beneficios obtenidos lo cual será un sustento ante la Gerencia para corroborar el impacto de una mejora al recurso cuello de botella. Para empezar, se definirán los aspectos en el cual tendrán un impacto positivo debido a la mejora en el cuello de botella.

Perspectiva de eficiencia operativa en la situación actual en la sección de pintura, la cual es el actual cuello de botella del proceso productivo, se presentaron tiempos muertos a los cuales se pueden denominar “capacidad no aprovechada”, que es producto de las

ineficiencias existentes. Se ha calculado la capacidad instalada anual que es la cantidad de horas hombre que la sección pintura puede trabajar en 1 año de lunes a sábado, en un turno de 8 horas. Por otro lado, se ha cuantificado las horas de capacidad no aprovechada la cual se estiman llegan a ser en promedio 5 029 HH/ año; la diferencia entre la capacidad instalada y la capacidad no aprovechada nos daría la capacidad efectiva, la cual es la capacidad que se utiliza para pintar y secar ángulos ranurados. Estos resultados se han colocado en la Tabla 20.

Tabla 20

*Capacidades instalada, no aprovechada y productiva actuales*

Capacidad instalada anual (en HH)	33 712
Capacidad no aprovechada (debido a las ineficiencias)	8 316
Capacidad efectiva actual (en HH)	25 396

Fuente: Elaboración propia

Con la propuesta de herramientas Lean y subordinando los demás recursos al cuello de botella para reducir la capacidad no aprovechada, esta se reduciría a 3 288 HH/año y por tanto la capacidad efectiva será de 5 029 HH/año, dándonos un aumento del 13 % respecto a la actual, estos resultados se muestran en la siguiente Tabla 21.

Tabla 21

*Capacidad instalada, no aprovechada y efectiva propuesta*

Capacidad instalada anual (en HH)	33 712
Capacidad no aprovechada disminuida (en HH)	5 029
Capacidad efectiva mejorada (en HH)	28 683

Fuente: Elaboración propia

Perspectiva de valor al cliente: Al tener una mayor capacidad productiva, se reducirá el producto en espera del proceso de pintado y a su vez se reduce la espera de las órdenes de trabajo. Además, el lead time de producción será menor ya que el cuello de botella puede

procesar más piezas por día, lo cual se traducirá en que el cliente tendrá su pedido de luminarias en un menor tiempo.

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento del personal: El personal al estar involucrado en un proceso de mejora y con apoyo de las capacitaciones respectivas para la implementación de las 5s, andon y kanban adquirirán habilidades de excelencia operacional que no sólo les servirá en la empresa en estudio sino que además a lo largo de su carrera laboral, a la vez estas pequeñas mejoras fomentarán a que la sección fortalezca una cultura de mejora continua, que a futuro se expandirá a toda la planta y en toda la organización.

#### Planificación de las actividades de la propuesta

En esta sección se mostrará un diagrama de Gantt, la cual estará en un formato donde se indique la duración del tiempo (en semanas) de cada propuesta el responsable de la ejecución de cada actividad, cada actividad tendrá 2 filas una para el avance programado y otra para el avance real. Se pueden identificar 2 desviaciones: el inicio programado y la duración de la actividad, por lo que al quedar evidenciada este no cumplimiento de la programación se pueden tomar medidas y realizar análisis de las causas para evitar que ocurran desprogramaciones en otras actividades por los mismos motivos

En la Tabla 22 se muestra el diagrama de Gantt con las actividades programadas para la implementación de la propuesta.

Tabla 22

*Diagrama de Gantt para la planificación de las actividades*

Actividad	Responsable		Semanas																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Identificación del cuello de botella																				
Análisis de los procesos de manufactura	Jefe de planta	Pro Rea	X																	
Determinar la explotación																				
Andon	Mantenimiento	Pro Rea				X	X	X	X											
5s	Encargado de pintura	Pro Rea	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Balance de línea	Encargado de pintura	Pro Rea				X														
Kanban	Encargado de pintura / mantenimiento /compras	Pro Rea					X	X												
Subordinar los demás recursos																				
Verificación de producto en espera, cálculo de índice de utilización y disponer de personal de	Jefe de planta	Pro Rea	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mecanismo que asegure el cumplimiento																				
Monitoreo del cumplimiento del programa y análisis de motivos del no cumplimiento	Encargado de pintura	Pro Rea	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

*Matriz de indicadores del área de logística de la empresa metalmeccánica*

Código	Causa raíz	Indicador	Fórmula	Valor actual	Perdida real	Herramienta	Valor meta	Pérdida mejorada	Beneficio
CR - 2	Desorden en el almacén genera materiales deteriorados	% Materiales controlados	$\frac{\text{Materiales controlados}}{\text{Materiales utilizados}} \times 100$	0%	S/9 902,50	5S	90%	S/980,35	S/8 922,15
CR - 1	No existe indicadores de gestión de materiales	% Procesos con indicadores	$\frac{\text{Procesos controlados}}{\text{Total de procesos}} \times 100$	0%	S/3 023,45	Kanban	90%	S/298,41	S/2 725,04
					S/12 925,95			S/1 278,76	S/11 647,19



Tabla 24

*Matriz de indicadores del área de producción de la empresa metalmecánica*

Código	Causa raíz	Indicador	Fórmula	Valor actual	Perdida real	Herramienta	Valor meta	Pérdida mejorada	Beneficio
CR - 4	Desorden en la emisión de órdenes de trabajo	% órdenes de trabajo controlados	$\frac{\text{Órd. Trabajo controlados}}{\text{Órd. Trabajo utilizados}} \times 100$	0%	S/11 250,60	5S, Layout	90%	S/1 009,18	S/10 241,42
CR - 3	Falta de control de la producción por parte de alta dirección	% Aplicación plan de producción	$\frac{\text{Plan prod. aplicado}}{\text{Plan de producción}} \times 100$	0%	S/18 001,30	TOC, Kanban	90%	S/1 420,30	S/16 581,00
CR - 1	Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo	% Indicadores de demora	$\frac{\text{M.P. retrasada}}{\text{M.P. programada}} \times 100$	0%	S/10 391,25	Andon	90%	S/1 025,62	S/9 365,63
					S/39 643,15			S/3 455,10	S/36 188,05

### Análisis económico de la solución propuesta

Para el análisis costo-beneficio de la solución propuesta, se evaluará el impacto económico a través del indicador de valor actual neto y tasa interna de retorno de la inversión.

Para iniciar el análisis, se detallarán los costos de la propuesta de solución. En la Tabla 25 se detallan los costos de la implementación por cada herramienta Lean implementada y en la Tabla 26 se muestra los costos que se incurrirá para el mecanismo de control.

Tabla 25

*Costos de implementación de las herramientas Lean.*

Herramienta	Descripción	Costo
Andon	Luces andon	S/590,00
	Instalación	S/1 320,00
	Subtotal andon	S/1 910,00
5s	Delimitado de líneas en el piso	S/1 300,00
	Tarjetas 5s (50 unidades)	S/150,00
	Señalización de áreas definidas	S/720,00
	Subtotal 5s	S/2 170,00
Balanceo de	Costo de balanceo de líneas	S/2 500,00
	Subtotal balanceo de línea	S/2 500,00
Kanban	Pulsadores de piso	S/360,00
	Instalación y cableado	S/1 850,00
	Lámpara de aviso de reposición	S/650,00
	Capacitación	S/4 500,00
	Subtotal kanban	S/7 360,00
	Total	S/13 940,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

*Implementación de Mecanismo de control*

Propuesta	Descripción	Costo
<i>Mecanismo de control:</i>	Software Office Microsoft	S/600,00
	Pizarra y base metálica	S/1 260,00
	Costo de supervisión de Supervisor de Acabados	S/990,00
	Capacitación empleados	S/1 450,00
	Total	S/4 300,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

*Total inversión de propuesta*

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Herramientas lean manufacturing	S/13 940,00
Mecanismo de control	S/4 300,00
<b>Total</b>	<b>S/18 240,00</b>

Fuente: Elaboración propia

La implementación de las herramientas lean permitirán disminuir las pérdidas de los problemas de producción y logística de la empresa como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 28

*Total ahorros anuales por la propuesta de mejora*

<b>Descripción</b>	<b>Ahorro</b>
Desorden en el almacén genera materiales deteriorados	S/5 422,15
No existe indicadores de gestión de materiales	S/2 725,04
Desorden en la emisión de órdenes de trabajo	S/7 241,42
Falta de control de la producción por parte de alta dirección	S/14 581,00
Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo	S/9 365,63
<b>Total</b>	<b>S/39 335,24</b>

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la propuesta generará costos a la empresa como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 29

*Total de costos anuales generados por la propuesta de mejora*

<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Personal	S/21 000,00
Otros costos	S/1 000,00
<b>Total</b>	<b>S/22 000,00</b>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con las herramientas lean implementadas, la inversión que generará, los ahorros que se lograrán y los costos que se deberán asumir se elabora el flujo de efectivo de la propuesta de mejora como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 30

*Flujo de efectivo de la propuesta de mejora*

Descripción	2022	2023	2024	2025
Ingresos		S/39 335,24	S/39 335,24	S/39 335,24
Inversión	S/18 240,00			
Costos		S/22 000,00	S/22 000,00	S/22 000,00
Egresos	S/18 240,00	S/22 000,00	S/22 000,00	S/22 000,00
Flujo de efectivo	-S/18 240,00	S/17 335,24	S/17 335,24	S/17 335,24

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la evaluación económica a través del VAN y el TIR tomando como tasa referencial de 12% anual. Se obtiene los siguientes resultados finales de un VAN de S/23 396,32; lo que nos indica que si se invierte en la propuesta se obtendrá un retorno de la inversión y el monto señalado. Asimismo, si se realiza la propuesta obtendremos una tasa interna de retorno de 78% y un beneficio costo de 1,79 lo que por cada sol invertido se obtiene 0,79 soles, todos estos resultados favorables señalan que la propuesta resulta económicamente factible.

Tabla 31

*Indicadores de evaluación económica de la propuesta de mejora*

Indicador	Valor
Tasa descuento	12%
VAN	S/23 396,32
TIR	78%
B/C	1,79

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

*Realizar un diagnóstico de la línea de ranurados de la empresa metalmecánica.*

Se logró identificar los problemas por los que la empresa atraviesa y utilizando el diagrama de Ishikawa (Figura 16 y 17) y el principio de Pareto (Figura 18 y 19) se priorizaron en el área de logística el desorden en el almacén que genera materiales deteriorados y la no existencia de indicadores de gestión de materiales. En el área de producción el desorden en la emisión de órdenes de trabajo, la falta de control de la producción por parte de alta dirección y la demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo. Asimismo se logró identificar los costos de oportunidad de cada causa raíz por área, en logística (Tabla 10 y 11) y en producción (Tabla 7, 5 y 9). Esto coincide con Guerra y Orozco (2017) quienes en su investigación se plantearon inicialmente la identificación de los tiempos de producción, cuello de botella a través de Pareto y el ROIC. Lo mismo ocurre con Guananga (2017) quien en primer lugar determina el cuello de botella restricción que impide el mejor desempeño productivo en relación a las metas de la empresa. Por otro lado, Hernández (2022) quien identificó que el principal problema que tenía la empresa en estudio la entrega tardía de productos terminados a sus clientes.

*Elaborar una propuesta del área de producción y logística de ranurados de la empresa metalmecánica.*

Luego de un análisis de las herramientas lean se optó por utilizar las 5S (Figura 25 y Tabla 14), Kanban (Tabla 17), Andon (Tabla 18) y la teoría de restricciones (Figura 37 y Tablas 20 y 21)), para lo cual se diseñaron los procedimientos para su implementación y finalmente un cronograma de planificación de las actividades de implementación (Tabla 18).

Esto coincide con López (2020) quien hizo uso de la metodología del Toyota Business Practice, en base a ello, se procede al análisis y desarrollo de las herramientas necesarias para la propuesta de mejora como son Poka Yoke, Sistema Kanban, Jidoka y la estandarización como propuesta de solución a los actuales problemas de la empresa. Lo mismo que Guerra y Orozco (2017) quienes se plantearon diferentes metodologías enfocadas a Lean (SMED, 5'S, Diseño y distribución en planta y VSM) en donde cada una de estas herramientas enfatizan aspectos totalmente diferentes ya que SMED está enfocada en el cambio rápido de las herramientas, 5'S enfatiza en la estandarización (kaizen), orden, limpieza y disciplina que debe tener una organización y la distribución en planta que está orientada a la reducción de las distancias en el proceso.

*Calcular la variación de costos operativos como efecto de la implementación de la propuesta de mejoras.*

La implementación propuesta reduciría la pérdida por costos de oportunidad en el área logística del 90,11% (Tabla 23) y en el área de producción del 91,28% (Tabla 24). Lo cual se coincide con López (2020) quien con la implementación de su propuesta se espera un incremento de la productividad en un 10% para el primer semestre.

*Evaluar la propuesta de mejora, del área de producción y logística, económica y financiera de la empresa metalmecánica.*

Con las herramientas seleccionadas para la propuesta de mejora se realizó la cuantificación de la implementación en cuanto a la inversión (Tabla 21), los ahorros que genera (Tabla 22) y los costos (Tabla 23), elaborando el flujo de efectivo para la realización de la evaluación económica (Tabla 24). Obteniéndose indicadores de VAN igual a S/43 811,89 lo que nos asegura el retorno de la inversión, una TIR igual a 130% relativamente alta dado que la inversión no es alta en relación a los flujos de efectivo que genera y un beneficio/costo igual a 2,17 que nos otorgaría un beneficio de 1,17 soles por sol

invertido. Se coincide con Hernández (2022) quien obtiene en su proyecto de mejora de herramientas lean un VAN de S/22 297,00. Lo mismo indica Batallanos (2022) que obtiene una eficiencia económica del 129%. Y finalmente Villegas (2017) que obtiene un VNA de 138 409 171,00 con una TIR de 161%.

## Conclusiones

*Desarrollar la propuesta de mejora del área de producción y logística de una empresa metalmecánica mediante herramientas lean y teoría de restricciones.*

Se logró proponer una mejora económicamente mediante las herramientas lean y la teoría de restricciones disminuyen sus pérdidas en el área logística del 90,11% y en el área de producción del 91,28%. Asimismo, la implementación de la propuesta es económicamente factible con un VAN de S/23 396,32 y una TIR de 78% en una empresa metalmecánica en sus áreas de producción y logística.

*Realizar un diagnóstico de la línea de ranurados de la empresa metalmecánica.*

Se logró identificar los problemas en el área de logística y producción que afectan a la empresa los cuales fueron: el desorden en el almacén que genera materiales deteriorados y la no existencia de indicadores de gestión de materiales y en el área de producción el desorden en la emisión de órdenes de trabajo, la falta de control de la producción por parte de alta dirección y la demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo.

*Elaborar una propuesta del área de producción y logística de ranurados de la empresa metalmecánica.*

Se logro, luego del análisis de las herramientas lean, por utilizar las 5S, Kanban, Andon y la Teoría de Restricciones, las que permitirán una vez implementadas mejorar a la empresa metalmecánica en las áreas de logística y producción.

*Calcular la variación de costos operativos como efecto de la implementación de la propuesta de mejoras.*

Con las herramientas de lean manufacturing, 5S; Kanban, Andon y TOC se logro reducir una pérdida en el área logística del orden de S/12 925,95 a S/1 278,76; lo que representa una reducción del 90,11%. En el área de producción se redujo de S/39 643,15 a S/3 455,10 lo que representa un 91,28%.



*Evaluar la propuesta de mejora, del área de producción y logística, económica y financiera de la empresa metalmecánica.*

Se concluye que la propuesta de mejora del presente estudio tendrá un VAN de S/23 396,32; una TIR de 78%; y un Beneficio-costo igual a a 1,79; lo que indica que el proyecto es viable económicamente.

## REFERENCIAS

- Batallanos, F. (2022). Aplicación de la teoría de restricciones para el diagnóstico y mejora del proceso de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de artículos de madera. (Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621081/BATALLANOS\\_TESIS\\_PDF.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621081/BATALLANOS_TESIS_PDF.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Cabrera, R. (2010). Desarrollo e implementación de una nueva metodología para la integración de lean six sigma/teoría de las restricciones en una línea de producción de bajo volumen alta mezcla. (Tesis de licenciatura, Tecnológico de Monterrey, México).  
<https://repositorio.tec.mx/handle/11285/570007>
- Carreño, J. (2017). Cadena de suministro y logística. Fondo editorial PUCP.  
<https://es.scribd.com/read/456508809/Cadena-de-suministro-y-logistica>
- Cuatrecasas, L. (2010). Gestión Integral de la Calidad. Profit
- Dettmer W (2001). Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance. Goal System International, Port Angeles, USA. 2001.  
<http://www.goalsys.com/books/documents/TOCandLeanPaperrev.1.pdf>.
- Dorbessan, J. (2006). Las 5 s, herramientas de cambio. Editorial universitaria de la UTN.
- Frazier, G. y Reyes, P. (2000). Applying Synchronous Manufacturing Concepts to improve production performance in high-tech manufacturing. *Production and Inventory Management Journal*, pp: 60-65.
- García, B. y Pesántez, N. (2015). Análisis de la implementación de un sistema de costos estándar en la industria manufacturera de muebles metálicos. Caso práctico: Muebles metálicos Matute. (Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca, Ecuador).  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21587/1/TESIS.pdf>
- Guerra, J. y Orozco, G. (2017). Diseño de una propuesta para la reducción de los tiempos de entrega en Indumetálicas Carz empleando herramientas de Lean Manufacturing. (Tesis de

- licenciatura, Universidad de La Salle, Colombia).  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=ing_industrial)
- Gupta, A., Bhardwaj, A. y Kanda, A. (2010). Fundamental concepts of Theory of Constraints: An emerging Philosoph. World Academy of Science, Engineering and Technology, pp. 687-693.
- Gupta, M. y Boyd, L. (2008). Theory of Constraints: a theory for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 991-1012.
- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing. Conceptos Técnicas e Implantación. Fundación EOI.
- Kasemset, Ch. y Kachitvichyanukul, V. (2010). Bi-level multi-objective mathematical model for job-shop scheduling: the application of Theory of Constraints. *International Journal of Production Research*, pp: 6137-6154.
- Kim, S.; Mabin, V. y Davies, J. (2008). The theory of constraints thinking processes: retrospect and prospect. *International Journal of Operations & Production Management*, pp: 155-184.
- Krajewski, L. et al (2008). Administración de Operaciones. Procesos y Cadenas de Valor. (8ª. ed.). Pearson Prentice Hall.
- López, R. (2010). Logística comercial. (2ª ed.). Paraninfo.
- Malbin, V. y Balderstone, S. (2003). The Performance of the Theory of Constraints Methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 568-595.
- Mora, L. (2010). Gestión Logística Integral. Ecoe
- Morocho, L. (2019). Propuesta de mejora del proceso productivo de muebles de melamina en la empresa fabricaciones metálicas FAMETA SAC para aumentar la rentabilidad. (Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú).  
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2717>
- Pérez Rave, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M., Vanegas, J., y Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la

- perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 396-408.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000300009>
- Rajadell, M. et al. (2010). Lean Manufacturing. La Evidencia de una Necesidad. Diaz de Santos.
- Reid, R. y Shoemaker, T. (2006). Using the Theory of Constraints to focus organizational improvement efforts: Part 1-Defining the problema. *American Water Works Association Journal*, pp: 63-75.
- Salazar, B. (15 de octubre de 2022). Ingeniería Industrial online.com.  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- Sánchez, L. (2019). Propuesta de mejora em el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa edificaciones metálicas SAVI SAC para incrementar su productividad. (Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú).  
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2578>
- Sossa J. (2015). Diseño de un sistema de gestión para incrementar la productividad en la fábrica de muebles Nikelcrom. (Tesis de licenciatura, Universidad mayor de san Andrés, Bolivia).  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22501/TES-806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Smith, D. (2010). The Measurement Nightmare: How the Theory of Constraints can resolve conflicting strategies. *Quality Progress*, pp.125.
- Taj, S. y Berro, L. (2005). Application of constrained management and Lean Manufacturing in developing best practices for productivity improvement in a auto-assembly plant. *International Journal of Productivity and Performance Management*, pp: 332-345.
- Valderrama, M. (2022). Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad red globe aplicando herramientas lean manufacturing. (Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas).  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624262/VALDERRAMA\\_LM.pdf?sequence=1](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624262/VALDERRAMA_LM.pdf?sequence=1)
- Villaseñor, A. y Galindo, E. (2007). Manual de Lean Manufacturing. Limusa.

Wu, S. et al (2010). Can Toyota way overcome the recent Toyota setback? – A study based on the theory of constraints. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, pp: 145-156.



ANEXO n° 2. Formato de estudios de tiempos

Elemento Núm Y Descripción		Estudio núm:												Fecha:				Página:							
		Operación:												Operario:				Observador:							
		1 Marcado de hoja				2 Doblado de hoja				3 Acabado a la caja															
Nota	Ciclo	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN
	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
	6																								
	7																								
	8																								
	9																								
	10																								
	11																								
	12																								
	13																								
	14																								
	15																								
	16																								
	17																								
	18																								

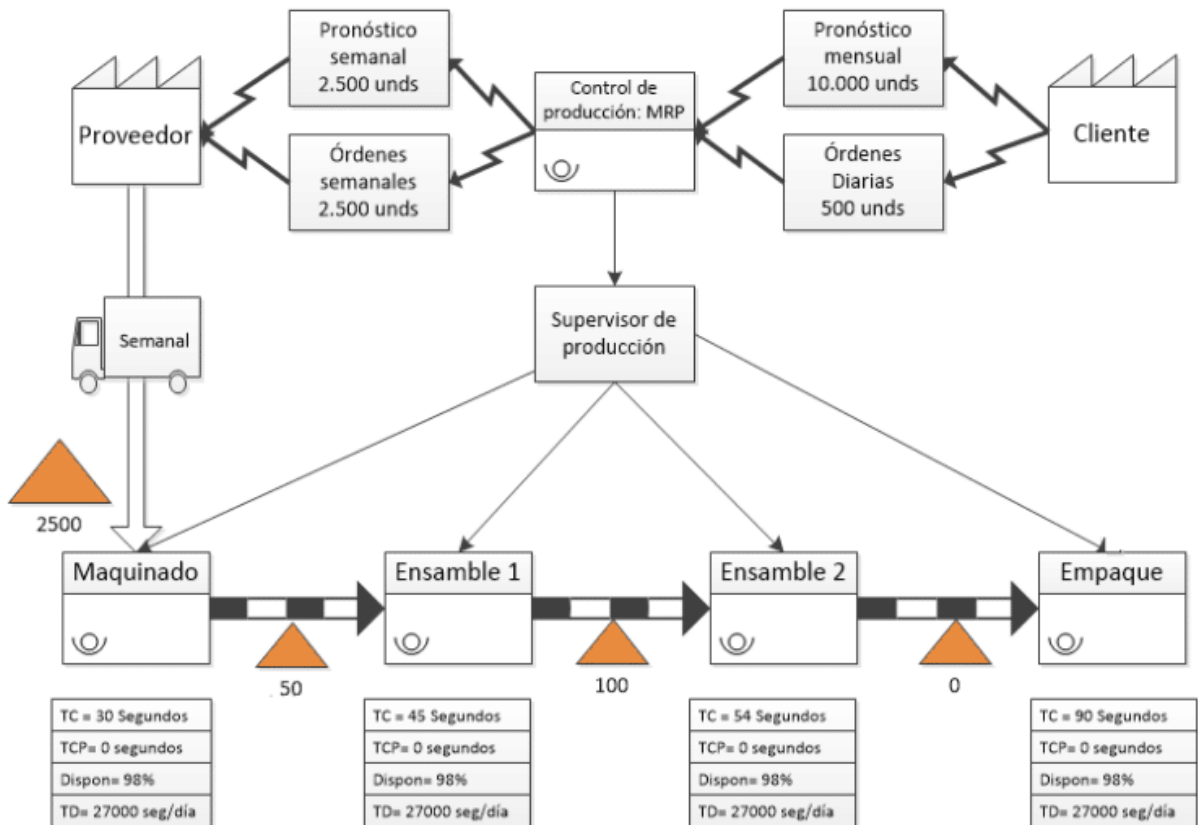
  

Resumen																								
TO total																								
Calificación																								
TN total																								
Núm. de observ.																								
TN promedio																								
% de suplementos																								
Tiempo est. Elem.																								
Núm. Ocurrencias																								
Tiempo estándar																								
Tiempo estándar total (suma de tiempo estándar de todos los elementos): en segundos																								

Elementos extraños				Verificación de Tiempos												Resumen de suplementos			
	TC1	TC2	TO	Descripción												Necesidades personales			
A				Tiempo terminacion												Fatiga basica			
B				Tiempo inicio												Fatiga variable			
C				Tiempo transcurrido												Especial			
D				TTAS												% de suplemento total			
E				TTDS												Observaciones:			
F				Tiempo total															
G				Tiempo efectivo															
				Tiempo inefectivo															
<b>Verificación de Calificación</b>				Tiempo total registrado															
Tiempo sinético				%												Tiempo no contado			
Tiempo observado				%												% de error de registro			

ANEXO n° 3. Formato de Value Stream Mapping





ANEXO n° 4. Determinación del costo de la causa raíz: Falta de control de la producción por parte de alta dirección

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Retraso de entrega debido a desabastecimiento de partes	64	71	87	67	69	77	93	73	82	85	75	73	916
Total de entregas mensuales	1050	1249	1456	832	853	968	1378	996	1340	1194	785	963	13064
% retrasos	6.1%	5.7%	6.0%	8.1%	8.1%	8.0%	6.7%	7.3%	6.1%	7.1%	9.6%	7.6%	7.0%
	Precio venta	85											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Ventas de ángulos ranurados	S/89250.00	S/106165.00	S/123760.00	S/70720.00	S/72505.00	S/82280.00	S/117130.00	S/84660.00	S/113900.00	S/101490.00	S/66725.00	S/81855.00	S/1110440.00
Costo de producción	S/70507.50	S/81747.05	S/99008.00	S/53747.20	S/55828.85	S/62532.80	S/92532.70	S/63495.00	S/85425.00	S/77132.40	S/51378.25	S/61391.25	S/854726.00
Utilidad	S/18742.50	S/24417.95	S/24752.00	S/16972.80	S/16676.15	S/19747.20	S/24597.30	S/21165.00	S/28475.00	S/24357.60	S/15346.75	S/20463.75	S/255714.00
Utilidad por unidad	S/17.85	S/19.55	S/17.00	S/20.40	S/19.55	S/20.40	S/17.85	S/21.25	S/21.25	S/20.40	S/19.55	S/21.25	
Costo de oportunidad	S/1142.40	S/1388.05	S/1479.00	S/1366.80	S/1348.95	S/1570.80	S/1660.05	S/1551.25	S/1742.50	S/1734.00	S/1466.25	S/1551.25	S/18001.30

ANEXO n° 5. Determinación del costo de la causa raíz: Desorden en la emisión de órdenes de trabajo y Demora en la recepción de materia prima en las estaciones de trabajo

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<i>Demora de ejecución de planos en diseño</i>	31	39	47	40	62	35	52	69	34	36	35	24	504
Costo de oportunidad	S/553,35	S/762,45	S/799,00	S/816,00	S/1212,10	S/714,00	S/928,20	S/1466,25	S/722,50	S/734,40	S/684,25	S/510,00	S/9902,50
<i>Cambio de características por parte del cliente</i>	47	14	26	77	54	76	12	74	51	11	49	69	560
Costo de oportunidad	S/838,95	S/273,70	S/442,00	S/1570,80	S/1055,70	S/1550,40	S/214,20	S/1572,50	S/1083,75	S/224,40	S/957,95	S/1466,25	S/11250,60
<i>Demora en Producción</i>	66	43	65	31	40	39	35	35	33	70	45	32	534
Costo de oportunidad	S/1178,10	S/840,65	S/1105,00	S/632,40	S/782,00	S/795,60	S/624,75	S/743,75	S/701,25	S/1428,00	S/879,75	S/680,00	S/10391,25
<i>Otros</i>	25	8	11	12	14	22	20	8	8	8	11	9	156
Costo de oportunidad	S/446,25	S/156,40	S/187,00	S/244,80	S/273,70	S/448,80	S/357,00	S/170,00	S/170,00	S/163,20	S/215,05	S/191,25	S/3023,45