Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Mejora en el sistema de producción de una empresa metalmecánica para aumentar la productividad, basado en herramientas de ingeniería

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Sebastian CHUMIOQUE GONZALES

ASESOR

Dr. Jorge Luis VERGIÚ CANTO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Chumioque, S. (2025). *Mejora en el sistema de producción de una empresa metalmecánica para aumentar la productividad, basado en herramientas de Ingeniería*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Sebastian Chumioque Gonzales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73741172
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2368-1754
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Dr. Jorge Luis Vergiú Canto
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25673298
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2482-5387
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dr. Jorge Enrique Ortiz Porras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40523944
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mg. Gabriel Echegaray Oblitas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08711700
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mg. Ivar Rodrigo Farfán Muñoz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41530072
Datos de investigación	
Línea de investigación	ODS 12: Producción y consumo responsables. C.17.0.12: Calidad, mejora y optimización de la producción.

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Ate Dirección: Tomas Alva Edison 391 Latitud: -12.064099882930732 Longitud: -76.9743317249653
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021-2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería industrial https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VICEDECANATO ACADÉMICO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N°055-VDAP-FII-2025

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **miércoles 05 de noviembre de 2025**, a las 10:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

"MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, BASADO EN HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA"

Que presenta el Bachiller:

SEBASTIAN CHUMIOQUE GONZALES

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 11:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido aprobado por unanimidad con la calificación promedio de 16 (dieciseis), lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 05 de noviembre del 2025

DR JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS
Presidente

MG. GABRIEL ECHEGARAY OBLITAS
Miembro

MG. IVAR RODRIGO FARFÁN MUÑOZ
Miembro

DR. JORGE LUIS VERGIÚ CANTO
Asesor

DR. JULIO ALEJANDRO SALAS MACALLA
Vicedecano Académico – FII

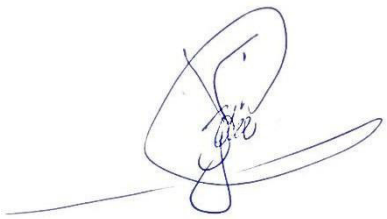
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **DR. JORGE LUIS VERGIÚ CANTO** en mi condición de asesor acreditado mediante **DICTAMEN N° 021-VDAP-FII-2025** de la tesis, cuyo título es **"MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, BASADO EN HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA.",** presentado por el bachiller **SEBASTIAN CHUMIOQUE GONZALES** para optar el título **PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **18%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Lima, 13 de octubre del 2026



Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **JORGE LUIS VERGIÚ CANTO**

DNI: **25673298**

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

A mis padres:

Luis Enrique Chumioque Candela quien fue mi inspiración para adentrarme en el maravilloso mundo de la ingeniería y a la fecha sigue desempeñando con creces su labor como padre y como mi amigo.

Karina Milagros Gonzales Díaz, ¿quién si no ella, que ha vivido día a día en carne propia a mi lado el desarrollo de este trabajo de investigación? Agradecer a Dios padre que aún la tengo a mi lado.

A mis hermanos:

Luis Antonio y Alejandro que han estado a mi lado brindándome el apoyo fraternal y siendo mis aliados en cada batalla que nos tocó enfrentar en la vida.

Al Barón de Venegas:

Lo logrado también es suyo.

A Sole:

Por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida universitaria y laboral.

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi más sincera gratitud a mi alma máter, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. De forma especial a los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial, quienes me han impartido el conocimiento, experiencias y valores necesarios para desempeñar nuestra profesión de la mejor forma posible.

Agradezco con mención especial a mi asesor y amigo, Dr. Jorge Luis Vergiú Canto por su paciencia, tiempo y apoyo.

A mis padres, mis hermanos y abuelos, por brindarme todo lo necesario para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. Introducción. 1

1.2. Planteamiento del Problema. 1

1.2.1. Determinación del problema. 1

1.2.2. Formulación del problema 3

1.3. Objetivos de la investigación. 4

1.3.1. Objetivo General. 4

1.3.2. Objetivos Específicos 4

1.4. Justificación de la Investigación 4

1.4.1. Justificación Teórica. 4

1.4.2. Justificación Metodológica. 4

1.4.3. Justificación Práctica. 5

1.5. Delimitación de la Investigación 5

1.5.1. Delimitación Espacial. 5

1.5.2. Delimitación Temporal. 5

1.5.3. Delimitación Conceptual. 6

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA 7

2.1. Marco Teórico 7

Antecedentes 7

2.1.1. Tesis Nacionales. 7

2.1.2. Tesis Internacionales. 9

2.1.3. Artículos 11

2.2. Bases Teóricas 13

2.3. Marco Conceptual 20

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES 24

3.1. Hipótesis..... 24
3.1.1. Hipótesis General. 24
3.1.2. Hipótesis Específicas..... 24
3.2. Variables 24
3.3. Operacionalización de Variables..... 24
CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS 26
4.1. Área de estudio. 26
4.2. Tipo y diseño de investigación. 26
4.2.1. Tipo de investigación. 26
4.2.2. Diseño de la investigación 26
4.3. Población y muestra. 26
4.3.1. Población. 26
4.3.2. Muestra..... 26
4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos..... 26
4.5. Análisis de la información. 27
4.6. Análisis Estadístico. 28
4.6.1. Formulación del instrumento. 28
4.6.2. Confiabilidad del instrumento. 28
4.6.3. Prueba de Normalidad. 29
4.6.4. Resultados del nivel de correlación entre las variables. 32
4.6.5. Planteamiento de hipótesis de investigación. 36
CAPITULO V: RESULTADOS..... 38
5.1. Diagnóstico situacional. 38
5.1.1. Diagnóstico actual del proceso de planificación de la producción. 38
5.1.2. Diagnóstico actual de los procesos de fabricación. 42
5.1.3. Diagnóstico actual del clima laboral. 45
5.2. Presentación de resultados. 51
5.2.1. Presentación del proceso de planificación de la producción propuesto. 51

5.2.2. Alternativa de mejora para los procesos de fabricación. 57
5.2.3. Alternativa de mejora para el clima laboral 68
5.3. Contrastación de hipótesis:..... 73
5.3.1. Contrastación de hipótesis general: 73
5.3.2. Contrastación de hipótesis específica 1. 76
5.3.3. Contrastación de la hipótesis específica 2. 79
5.3.4. Contrastación de la hipótesis específica 3. 82
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN 86
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 88
7.1. Conclusiones. 88
7.2. Recomendaciones. 88
BIBLIOGRAFÍA 90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estado situacional de la capacidad de producción (Sistema productivo). 3

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variales 25

Tabla 3 Técnicas de recolección de datos 27

Tabla 4 Análisis de datos. 27

Tabla 5 Nivel de confiabilidad del instrumento. 28

Tabla 6 Estadístico de fiabilidad. 29

Tabla 7 Prueba de normalidad del sistema productivo 29

Tabla 8 Prueba de normalidad del proceso de planificación 30

Tabla 9 Prueba de normalidad de los procesos de fabricación 31

Tabla 10 Prueba de normalidad del clima laboral 31

Tabla 11 Prueba de normalidad de la productividad 32

Tabla 12 Nivel de correlación Rho de Spearman 33

Tabla 13 Correlación de las variables de hipótesis principal 33

Tabla 14 Correlación de las variables de hipótesis específica 1 34

Tabla 15 Correlación de las variables de hipótesis específica 2 35

Tabla 16 Correlación de las variables de hipótesis específica 3. 36

Tabla 17 Estado actual del indicador de planificación de la producción. 39

Tabla 18 Tabla de AOC de equipos más vendidos 42

Tabla 19 Métricas del VSM actual 43

Tabla 20 Cálculo del takt time 43

Tabla 21 Comparativo de tiempos estándar de fabricación de equipos en horas. 45

Tabla 22 Clasificación de los niveles de fiabilidad según el Alfa de Cronbach. 46

Tabla 23 Valorización del alfa de Cronbach. 46

Tabla 24 Comparativo por dimensiones 51

Tabla 25 Carga pendiente de asignación en máquina. 55

Tabla 26 Comparativa de cumplimientos de AOC entre aplicación de mejoras 57

Tabla 27 Tiempo de ciclo VS Takt time 58

Tabla 28 Operaciones críticas durante el mecanizado. 59
Tabla 29 Set up del proceso de torneado. 60
Tabla 30 Medición de tiempos para el set up. 61
Tabla 31 Primera clasificación de actividades 62
Tabla 32 Totalización de actividades del set up. 63
Tabla 33 Segunda clasificación de actividades. 63
Tabla 34 Tiempo de proceso de mecanizado antes y después de mejora. 66
Tabla 35 Tiempos de fabricación de equipos (en horas) después de las mejoras. 68
Tabla 36 Media por ítem de la encuesta inicial 69
Tabla 37 Estado situacional de ventiladores instalados en planta. 70
Tabla 38 Cronograma bimestral de adquisición e instalación de ventiladores 70
Tabla 39 Cronograma de reposición general de EPP completo para el personal. 71
Tabla 40 Estado situacional de herramientas de poder 71
Tabla 41 Cronograma trimestral de adquisición de herramientas de poder. 71
Tabla 42 Cronograma trimestral de mantenimiento de herramientas de poder. 72
Tabla 43 Comparativo de productividad antes VS después de la mejora. 74
Tabla 44 Prueba de normalidad para la productividad. 75
Tabla 45 T-student para muestras relacionadas aplicada a la productividad. 76
Tabla 46 Comparativo de cumplimiento de AOC antes VS después de las mejoras. 77
Tabla 47 Prueba de normalidad para el cumplimiento de AOC. 78
Tabla 48 T-student para muestras relacionadas aplicada a el cumplimiento de AOC. 79
Tabla 49 Variación de tiempo estándar de fabricación (en horas). 79
Tabla 50 Prueba de normalidad para los tiempos estándar de equipos. 80
Tabla 51 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon 81
Tabla 52 Valores de satisfacción laboral de la muestra. 82
Tabla 53 Prueba de normalidad de la satisfacción laboral antes de las mejoras. 83
Tabla 54 Prueba de normalidad de la satisfacción laboral después de las mejoras. 84
Tabla 55 Prueba de Wilcoxon aplicada a la satisfacción laboral. 85

Tabla 56 Comparativa de la satisfacción laboral antes y después de las mejoras. 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 El sistema de administración de operaciones. 15
Figura 2 Proceso Genérico de Planeación, Programación y Control de la Producción.... 19
Figura 3 Proceso de planificación de la producción actual. 41
Figura 4 Mapa de la cadena de valor actual. 44
Figura 5 Tiempo de ciclo vs Takt time..... 45
Figura 6 Histograma nivel de clima laboral 47
Figura 7 Histograma de la dimensión condiciones del trabajo..... 48
Figura 8 Histograma de la dimensión condiciones del trabajo..... 49
Figura 9 Histograma de la dimensión supervisión..... 49
Figura 10 Histograma de dimensión compañeros. 50
Figura 11 Proceso de planificación propuesto. 52
Figura 12 Plantilla de programación mejorada con tiempos estándar. 54
Figura 13 Aplicación del método de gráficos de carga..... 56
Figura 14 DAP mecanizado. 58
Figura 15 Segunda mejora SMED 64
Figura 16 Tercera mejora SMED 65
Figura 17 DAP final del proceso de mecanizado..... 66
Figura 18 Mapa de la cadena de valor futuro..... 67

RESUMEN

La empresa objeto de estudio cuenta con casi 30 años de presencia en el sector manufactura orientada a la industria minera. El crecimiento de la organización, año tras año es innegable. Esto ha permitido que a la fecha cuente con un nivel de infraestructura, distribución de procesos y personal capacitado que le permiten ser un proveedor estratégico para diversas unidades mineras del Perú, proporcionando equipos y repuestos de la más alta calidad.

La mencionada empresa vio reducido su capacidad de respuesta a sus clientes durante el año 2021 e inicios del año 2022, debido a que el rendimiento de sus recursos para la fabricación y atención de sus ventas es limitado para responder de forma oportuna a las necesidades actuales del mercado.

Partiendo de ello, se empiezan a analizar los motivos de esta situación y se plantea una serie de mejoras, con la finalidad de que en el periodo 2023 se pueda incrementar dicha capacidad de respuesta a los clientes. Dichas oportunidades de mejora se identificarán y ejecutarán en colaboración con el personal de producción de la organización.

El planteamiento de las mejoras mencionadas tiene como principal objetivo mejorar la productividad de la organización para incrementar los ingresos de la misma y, a su vez, afianzar su posición en el mercado manufacturero.

Palabras clave: Mejora de procesos, productividad, industria metalmecánica

ABSTRACT

The company under study has been present in the manufacturing sector oriented to the mining industry for almost 30 years. The growth of the organization, year after year is undeniable. This has allowed the company to have a level of infrastructure, distribution of processes and trained personnel that allow it to be a strategic supplier for various mining units in Peru, providing equipment and spare parts of the highest quality.

The aforementioned company saw a reduction in its capacity to respond to its customers during the year 2021 and early 2022, due to the fact that the performance of its resources for manufacturing and servicing its sales is limited in order to respond in a timely manner to the current needs of the market.

Based on this, the reasons for this situation are analyzed and a series of improvements are proposed, with the aim of increasing the capacity to respond to customers by 2023. These improvement opportunities will be identified and implemented in collaboration with the organization's production personnel.

The main objective of the afore mentioned improvements is to improve the organization's productivity in order to increase its revenues and, in turn, strengthen its position in the manufacturing market.

Keywords: Process improvement, productivity, metal-mechanical industry.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad mejorar el sistema productivo para incrementar la productividad de una empresa manufacturera. Es por ello, que se analizan tres factores que afectan directamente al sistema productivo mencionado: Planificación, proceso de fabricación y clima laboral. Para, posteriormente, plantear mejorar en cada uno de ellos, las mismas que se ajustan a las necesidades de la organización.

Este trabajo será desarrollado en una empresa metalmecánica orientadas al sector minero, la cual busca incrementar su productividad para así poder incrementar su rentabilidad.

Las mejoras que se harán partirán de un análisis inicial de cada uno de los tres factores mencionados, los cuales podrán requerir de alguna inversión por parte de la empresa, la cual será sustentada al cierre del proyecto con la viabilidad de cada una de las soluciones.

1.2. Planteamiento del Problema.

1.2.1. Determinación del problema.

La industria manufacturera constituye un sector estratégico para las economías latinoamericanas por su rol en la generación de empleo, valor agregado y exportaciones. Sin embargo, su aporte al PIB se ha visto restringido por la competencia internacional y la especialización en sectores de baja complejidad. En este sentido, Goda, Torres García y Larrahondo (2024) destacan que los sectores manufactureros de baja y media tecnología son los más vulnerables a las variaciones del tipo de cambio, lo que limita su estabilidad en el crecimiento económico. De manera complementaria, Nepomuceno Lima, Gabriel y Jayme (2022) subrayan que los subsectores con mayor intensidad en investigación y desarrollo contribuyen a elevar la complejidad económica y, en consecuencia, el potencial de crecimiento, aunque este proceso ha sido insuficiente en varios países de la región para traducirse en un impacto sostenido sobre el PIB.

En el caso del Perú, la industria manufacturera ha representado históricamente un sector relevante para el crecimiento económico, aunque en los últimos años su participación

en el PIB se ha reducido. En 2021, la manufactura aportó aproximadamente el 12.7% del producto bruto interno, lo que significó una caída de 2.5 puntos porcentuales en comparación con 2013, reflejando una pérdida relativa de peso dentro de la economía nacional (Gestión, 2022). Esta disminución se relaciona con los bajos niveles de productividad del sector, pues estudios como el de Tello (2014) muestran que, entre 2000 y 2010, la productividad total de los factores en la manufactura peruana se mantuvo en niveles reducidos, limitando su capacidad de generar crecimiento sostenido más allá del incremento del capital o del empleo.

La industria manufacturera pertenece al sector económico secundario, dentro del cual operan todas aquellas empresas que se dedican a la transformación de las materias primas en bienes de consumo, como las empresas de transformación de fuentes de energía y, en bienes de capital, tales como las empresas que se encargan de fabricar maquinarias y equipos para otras industrias. La empresa en estudio pertenece a la industria manufacturera, orientada específicamente a la fabricación de maquinarias y repuestos para el sector minero. Es por ello que según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), pertenece al código 2824.

La empresa en estudio es una organización nacional de capital privado perteneciente a la industria metal mecánica orientada al sector minero y, fundada en Lima en el año 1994. Actualmente está clasificada por la SUNAT como mediana empresa, debido a que cuenta con aproximadamente 120 colaboradores y que la facturación anual se encuentra dentro de los rangos establecidos por dicha entidad.

En los últimos años, la organización en mención ha visto reducido su nivel de facturación promedio mensual. Esto debido a falencias relacionadas a su sistema de producción, las cuales han impactado directamente en su participación en el mercado.

A continuación, en la tabla 1, se evidencia que la empresa solo está en la capacidad de atender el 87% de las órdenes de trabajo (AOC) que recibe. Porcentaje que refuerza lo descrito respecto de su monto facturado al mes y el nivel de atención al cliente.

Tabla 1

Estado situacional de la capacidad de producción (Sistema productivo).

Mes	Cantidad de AOC nuevas	Cantidad de AOC fabricadas	Variación de la cola de producción	Capacidad de producción (%)
Abr-21	82	73	9	89%
May-21	101	85	16	84%
Jun-21	89	77	12	87%
Jul-21	97	81	16	84%
Ago-21	110	93	17	85%
Set-21	112	97	15	87%
Oct-21	132	118	14	89%
Nov-21	131	115	16	88%
Dic-21	82	73	9	89%
Ene-22	102	92	10	90%
Feb-22	128	108	20	84%
Mar-22	94	79	15	84%
Total	1260	1091	169	87%

Nota. Elaboración propia.

1.2.2. Formulación del problema.

La empresa en estudio ha visto afectada su facturación mensual en el último periodo debido a la baja productividad que se presenta en sus operaciones. Esto ha generado incomodidad en el directorio de la organización, el cual busca revertir esta negativa.

Posterior al análisis situacional se determinó que el sistema productivo de la empresa se ve afectado directamente por tres problemas detectados en procesos de fabricación, planificación y recursos humanos Ellos, en conjunto, desencadenan el panorama descrito líneas arriba.

De continuar con esta situación, la empresa en estudio seguirá percibiendo el bajo nivel de rentabilidad. Además, de su poca respuesta para atender órdenes de trabajo en los plazos acordados, lo que permitirá el crecimiento de la competencia y, por ende, el desplazamiento de la organización en el mercado.

Problema General.

¿Cómo influye la mejora del sistema productivo en la productividad de la empresa en estudio?

Problemas Específicos.

- ¿Cómo influye el proceso de planificación de la producción en la productividad?

- ¿Cómo influyen los procesos de fabricación en la productividad?
- ¿Cómo influyen los recursos humanos en la productividad?

1.3. Objetivos de la investigación.

El presente proyecto presenta como objetivo principal incrementar la productividad de una empresa metalmecánica mediante el mejoramiento de su sistema de producción.

1.3.1. Objetivo General.

Determinar la influencia del sistema productivo en la productividad de la empresa en estudio.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la influencia del proceso de planificación de la producción en la productividad.
- Determinar la influencia de los procesos de fabricación para que aumente la productividad.
- Generar un mejor clima laboral con la finalidad de aumentar la productividad.

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación Teórica.

La presente investigación es realizada con la finalidad de demostrar que la mejora del sistema productivo influye positivamente en la productividad de las empresas manufactureras. Asimismo, el desarrollo y la presentación de resultados de la investigación, servirá como base para futuras investigaciones que sigan la misma línea de estudio, ya que la fiabilidad de los resultados será del 95%.

1.4.2. Justificación Metodológica.

Para lograr los objetivos de la presente investigación se recurre al empleo de metodologías de la ingeniería industrial, ligadas a los procesos de planificación, fabricación y mantenimiento. Con ello se buscará demostrar la utilidad de las herramientas de ingeniería en los sistemas productivos.

Los instrumentos usados para el levantamiento de información fueron, una encuesta y la documentación interna de la empresa, tales como registros de fabricación, formatos de control y bases de datos históricas. Una vez definido el estado actual de la organización, se demostrará la relación causa-efecto entre las variables de estudio.

1.4.3. Justificación Práctica.

La justificación práctica de esta tesis radica en la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en una empresa metalmecánica mediante la implementación de herramientas de ingeniería. Al optimizar procesos y mejorar el flujo de trabajo, se incrementará la productividad, disminuyendo costos y tiempos de producción. Esto permitirá a la empresa fortalecer su competitividad en el sector en el cual se desempeña. Este enfoque ha sido respaldado por estudios previos, como la propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar el proceso productivo en una empresa metalmecánica de Cajamarca, que evidenció mejoras significativas en la productividad y eficiencia (Alva & Orosco, 2021).

1.5. Delimitación de la Investigación

1.5.1. Delimitación Espacial.

Este trabajo de investigación será desarrollado en una empresa metalmecánica ubicada en la Urbanización San Francisco, en el distrito limeño de Ate.

La información que se usará será obtenida de la observación directa y de la revisión de formatos de control y registros de producción de la empresa, los cuales han sido solicitados a las áreas de Producción y Planeamiento.

1.5.2. Delimitación Temporal.

La investigación a desarrollarse usará los registros de fabricación del periodo abril 2021 – marzo 2022, con un total de 12 meses de data. Se trabajará con la data recopilada, así como los indicadores de satisfacción del cliente. Los análisis de los resultados esperados se aplicarán exclusivamente al cierre del periodo mencionado.

1.5.3. Delimitación Conceptual.

El presente trabajo de investigación mantendrá como eje el sistema productivo, centrándose en los resultados deficientes que genera en los índices de productividad. Se usarán como herramientas a métodos de ingeniería. Para la identificación de causas y efectos se usarán los modelados de procesos y el mapa de la cadena de valor (VSM).

En el desarrollo de la solución del problema se emplearán las matrices de priorización y la simulación de escenarios propuestos, para determinar los procesos por mejorar y posteriormente, el grado de mejora.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco Teórico.

Para el desarrollo del siguiente proyecto de tesis, se ha examinado literatura relacionada a procesos, producción, sistemas de producción, planificación y control de la producción, clima laboral, productividad y herramientas Lean. En adición, se recurrió a trabajos de investigación con relación a la influencia de la producción en la productividad de diversas empresas. Al final se incluye una lista de términos explicados sobre la investigación.

Antecedentes

2.1.1. Tesis Nacionales.

Salazar (2019) realizó la investigación “Optimización del proceso de producción de blusas en el área de costura para mejorar la productividad en una empresa de confecciones aplicando herramientas de manufactura esbelta” en la que se buscó incrementar el índice de productividad de una empresa de confecciones mediante la aplicación de herramientas Lean. La metodología aplicada en esta investigación es un diseño de tipo cuasi experimental, ya que la alteración de una de las variables se verá reflejada en las demás. Se usaron distintos instrumentos para la recolección y análisis de datos, tales como la observación directa, así como el diagrama de flujo, diagrama de operaciones, registros del proceso y reportes de producción.

Los resultados obtenidos mostraron un incremento del 9.7% en la producción mensual de blusas, equivalente a 204 prendas adicionales. Además, se incrementaron los indicadores de eficacia y eficiencia en 6.48% y 3.13% respectivamente. Finalmente, la productividad se vio incrementada en 10.9 u/H-h, equivalente a un superávit de 9.77%.

Por otra parte, Mamani (2018) realizó el trabajo de investigación “Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica”, en el que se pretendió demostrar que las implementaciones de las metodologías de la manufactura esbelta permiten perfeccionar hasta un 95% la eficiencia de la producción con el fin de establecer un modelo de gestión para lograr mejorar el proceso productivo. La metodología aplicada en esta investigación es un diseño de tipo cuasi experimental, al igual que en la

investigación resumida líneas arriba. Asimismo, los instrumentos de recolección de datos fueron: la observación directa, toma de tiempos de fabricación y documentación de la empresa sobre los reclamos por desatención de los clientes.

Finalmente, se obtuvo un incremento en la eficiencia de la producción de 11% sobre el escenario inicial.

Para continuar, Ticsihua (2018) desarrolló la tesis *Optimización de procesos en el área de producción de una empresa de confección textil en Lima*, en la cual se "propone la optimización del proceso productivo de una empresa con la finalidad de mejorar su productividad" (p.56).

Esta investigación es prometedora ya que se realizó una propuesta que sería implementada después de desarrollada la investigación, Los instrumentos de recolección de datos fueron dos: la entrevista personalizada y el cuestionario. Aplicados a una muestra de 52 trabajadores que se encuentran en el área de producción.

Finalmente, se pudo plantear un balance de línea, llevado de la mano con la reducción de la cantidad de los productos defectuosos.

En su investigación, Charaja (2021) midió el impacto de la implementación de herramientas Lean en pequeñas y medianas empresas del rubro metalmecánico de aluminio. Se examinaron seis ejemplos prácticos, utilizando principalmente las metodologías 5S's y Mantenimiento Productivo Total (TPM), junto con Kaizen, SMED y Poka Yoke. La implementación usualmente se inició con la recolección de datos mediante observaciones o entrevistas con los directivos, para luego aplicar diagramas de causa-efecto, Pareto y el método de los cinco porqués para detectar problemas. Los hallazgos revelaron que todas las compañías experimentaron un incremento en su productividad; no obstante, únicamente la mitad consiguió mejoras en la calidad a través de la disminución de productos con fallas. Se concluyó que el comprometimiento de la dirección y del equipo es crucial para el triunfo de estas herramientas en el ámbito metalmecánico de aluminio.

Para finalizar, Alva y Orosco (2021) propusieron la implementación de herramientas Lean en una empresa metalmecánica de Cajarmaca. Tras diagnosticar el proceso de

producción, lograron identificar pérdidas mensuales de aproximadamente 11,500 soles. Ante esta situación, se implementaron metodologías, tales como: 5S, TPM, Kaizen, SMED y Poka Yoke, con las cuales lograron reducir retrasos, tiempos muertos y el porcentaje de productos fallados, generando un beneficio mensual de casi 7,000 soles. La evaluación económica mostró un VAN de 18,581 soles, un TIR de 15%, 10 meses como periodo de recuperación de la inversión y un indicador de beneficio-costo de 1.31. Demostrando así la viabilidad y rentabilidad de su propuesta.

2.1.2. Tesis Internacionales.

Paredes (2010) la investigación *Modelo de Gestión de Producción y su incidencia en las ventas de la empresa La Raíz del Jeans del cantón Pelileo en el año 2010* busca "mejorar el nivel de ventas de la empresa a través de la reestructuración de las operaciones de producción, la optimización de los recursos y la estandarización de la calidad de sus productos" (p.34).

La metodología aplicada a esta investigación es de enfoque mixto. Cualitativo porque permitió guiar la comprensión del problema y; cuantitativo porque los resultados se pudieron visualizar debido al mejoramiento de las variables en análisis.

Se usaron como instrumentos de recolección de datos a las lecturas científicas y a las encuestas aplicadas a 23 colaboradores de la empresa y a 11 clientes externos, estos siendo la población en análisis (totalidad) por tanto funciona como muestra a su vez.

Finalmente, se concluyó que, el modelo de gestión de producción repercute a favor del proceso de mejora continua en la satisfacción de los clientes.

De igual manera, Herrera y Roa (2016) realizaron la investigación *Optimización del proceso productivo de infomedios Colombia Ltda.* En la que "buscaron estandarizar el funcionamiento de cada área productiva para conseguir un aumento en la eficiencia del proceso en general" (p.78).

Esta investigación tuvo un enfoque mixto, en un inicio se buscó obtener información documental, a *través* del análisis de datos (Informes de costos e ingresos empresariales), así como información de campo en un segundo momento.

Finalmente se pudo determinar la capacidad productiva de la organización aplicando indicadores de gestión, en el área económica-financiara, en los procesos y en la de recurso humano. Con esta información recopilada se presentó un modelo de acciones que mejorarán la productividad de la organización.

Por su parte, Minango y Egas (2021), centraron su investigación en la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en una empresa metalmecánica ubicada en Ecuador. Tras un diagnóstico inicial, identificaron técnicas y herramientas Lean aplicables para la optimización de procesos. La implementación de estas herramientas resultó en una mejora significativa en la productividad de su proceso productivo, la cual se cuantificó en 14,7%.

Cevallos (2020), en su “Propuesta de un modelo de mejora continua de los procesos en el área de producción de una metalmecánica, aplicando herramientas Lean”, se centró en la eliminación de piezas falladas durante la fabricación de chasis en una empresa ecuatoriana. Se realizó un estudio detallado de los procesos de producción, identificando las áreas con mayor porcentaje de defectos. Se aplicaron herramientas Lean como 5S, TPM, SMED y Poka Yoke para abordar las causas raíz de los problemas. Como resultado, se logró un aumento en la Eficiencia General de los Equipos (OEE) en el área de fabricación, mejorando la disponibilidad de tiempo, la eficiencia de las máquinas y reduciendo el porcentaje de piezas defectuosas. Además, se obtuvieron ahorros económicos significativos debido a la menor cantidad de materia prima desechada, alcanzando un ahorro mensual de $3,582.70.

Por último, Mazariegos (2015) desarrolló el proyecto de investigación *Evaluación del sistema de control de producción en la empresa industrial de procesamiento de fibras S.A.* En esta investigación se “busca evaluar y analizar el Sistema de Control de producción que es utilizado en la empresa en estudio, para determinar los elementos que afectan el desarrollo funcional de la empresa, tanto de forma positiva como negativa” (p.65).

Esta investigación es descriptiva, puesto que estudia, interpreta y refiere un escenario real actual. Para recabar la información necesaria se empleó una boleta de *opinión*, la cual constó de once preguntas de tipo cerradas y mixtas dirigidas a los trabajadores del

departamento de producción; así también, se recurrió a la entrevista directa tanto a la gerencia, como al personal que conforma el departamento de producción.

Finalmente, se concluyó que tanto el gerente administrador como los trabajadores tienen el conocimiento que la disminución en la producción obedece a la *disminución* de las ventas la cual comienza a darse desde el año 2000. Asimismo, se detectó que la principal fortaleza de la organización, el cual se ha convertido en su principal problema, ya que en la actualidad existen muchos productos sustitutos.

2.1.3. Artículos.

López et al. (2017) plantean como "propuesta de optimización del plan de producción de una empresa carpintera de aluminio, el uso de modelos económicos matemáticos basados en la programación lineal" (p. 45). Para ello definen los 4 pasos de la aplicación del modelo de programación lineal según la realidad de la empresa.

En primer lugar, definen como problema los altos de producción, los cuales conllevan a una reducción de las utilidades de la organización. Como segundo paso proceden a la determinación de las variables que intervendrán directamente en la toma de decisiones, es decir, se determinan las variables de la función objetivo. Para ello se tomaron como variables: volúmenes, cantidad físicas de productos fabricados en distintos periodos, etc. Como tercer paso, determinaron los coeficientes del modelo o función objetivo, los cuales fueron costos de fabricación, consumo de material, tiempo efectivo de trabajo de los equipos, horas hombre efectivas, ingreso por ventas y ganancia. Como último paso se aplicaron las restricciones del proceso como términos independientes.

El trabajo operativo finaliza con la estructuración real de la función objetivo y con la solución del sistema de desigualdades generado.

Se obtiene como conclusión que la utilización de la programación lineal es beneficiosa para problemas de esta índole en producción, obteniéndose como resultados cuantitativos la reducción de $49,200 en el costo anual de producción, un aumento de casi $4,000 en las utilidades empresariales al cierre del periodo y un incremento del 3% en la capacidad de producción.

Ruiz et al. (2017) plantean que la optimización de los tiempos de producción parte necesariamente del estudio y análisis de los tiempos de fabricación, ya que, sin la correcta medición y cálculo de los tiempos estándar de fabricación por operaciones, es poco consistente proponer mejoras en optimización de tiempos o eliminación de operaciones que no agregan valor al producto final.

El desarrollo de su propuesta se lleva a cabo en una empresa envasadora de refrescos en plástico pet y vidrio. El estudio inicia con la selección de los dos procesos críticos considerados en la empresa, los cuales son identificados como el llenado y el desestibado. Se reconocen las principales fallas (las que más se frecuentan) de cada proceso y se procede con el estudio de tiempos en base 3 métodos: La toma de tiempos convencional (cronómetro), la toma de tiempos por el método MTM y, por el método MOST.

Finalmente se muestran los resultados de la medición y el comparativo entre los 3 métodos de medición y análisis de tiempos de operación. Finalmente, se observa que el tiempo real del proceso no varía mucho con los resultados del estudio de tiempos MTM, por lo tanto, la compañía mantiene un constante estudio de análisis en los tiempos de proceso.

Peña y Felizzola (2020) en su artículo Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos, “buscan alcanzar el objetivo descrito en el título mediante el planteamiento y comparación de escenarios en una empresa fabricante de alimentos”. Su metodología se divide en 5 fases: La caracterización del proceso y cuantificación de recursos actuales, donde se identifican las operaciones y se relacionan en un flujograma, para luego asignar los recursos necesarios actuales; El análisis de entrada, donde se realizaron tomas de tiempos y muestreos con análisis estadísticos para las operaciones estandarizadas y no estandarizadas, respectivamente; El desarrollo del modelo de simulación y validación, donde se construyó el modelo mediante el programa TehcnoMatrix Plant Simulation y se comparó con el estado real actual del proceso productivo; La propuesta y simulación de escenarios, donde se plantearon 3 escenarios posibles de solución y; El análisis de resultados, donde se da con la elección del mejor escenario para la optimización de la capacidad de producción.

Finalmente, se concluyó que el escenario que logró mejores resultados ante el análisis realizado fue el tercero, que correspondía a la reprogramación de la producción, con el que se logró aumentar el throughput en 38,70%, 9,57% y 56,62% para las tortillas de maíz, tortillas de promasa y tortillas de harina de trigo, respectivamente. Además, incrementó el porcentaje de utilización y se redujo el tiempo de espera de cada operación, conllevando a incrementar la eficiencia a través del aumento de la capacidad de producción.

2.2. Bases Teóricas

Industria manufacturera.

La industria manufacturera se define generalmente como una rama de la economía cuyo objetivo es transformar materias primas en productos terminados o semiacabados mediante procesos mecánicos, químicos o manuales.

En el Perú, dicha industria pertenece al sector secundario de la economía, dentro del cual se destaca como la que mayor aporte brinda a la producción nacional. (INEI, 2021).

Producción

Se entiende como producción a la transformación (puede ser física o química) de una materia prima o insumo, en un producto final destinado a la satisfacción de un cliente interno o externo de una determinada organización. Además, durante este proceso de transformación, se le agrega valor a la materia prima inicial, haciéndolo apto para la finalidad de satisfacer necesidades.

En adición, Huamán (2018) conceptualiza a la producción con la modificación de un bien, un servicio o simplemente un producto, para que este sea óptimo. Además, acota que dicha transformación conlleva la adición de un valor que puede ser intrínseco o extrínseco, el cual es proveniente de los recursos que son utilizados en dicho proceso.

Se puede mencionar el término “producción” en cualquiera de los sectores productivos, ya que en todos ellos existen transformaciones de ciertas condiciones iniciales. Acotando en el tema, Oliveros et al. (2012) mencionan que es más fácil identificar la función de la producción en los sectores primario (o extractivo) y secundario (manufactura) de las economías nacionales, ya que es necesario reconocer los insumos (entradas), el o los

productos (salidas) y las operaciones que se llevan a cabo dentro del proceso de transformación. Sin embargo, esta labor resulta más complicada en el sector terciario o de servicios. Debido a que las técnicas usadas en la administración de la producción manufacturera han tenido que ser adaptadas a este tercer sector, por lo que la facilidad para la identificación del flujo a seguir aún es complicada.

Proceso

Se entiende como proceso a un universo finito de métodos, materias primas, personas, máquinas, medio ambiente, es decir recursos en general, que como resultado de su interacción aumentan el valor de sus estados iniciales, formando así productos o servicios con la finalidad de satisfacer a clientes (Fontalvo & Vergara, 2010).

Por otra parte, Maldonado (2018) define a "un proceso como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí. Las cuales pueden contar con una o varias entradas para desembocar en una o varias salidas" (p. 89). También, acota que los procesos deben estar adecuadamente gestionados empleando distintas herramientas de gestión. Agrega, además, que el desarrollo de estas actividades debe ser secuencial, y que en su conjunto proporcionan valor añadido a los clientes.

Según Bravo (2016) existen dos definiciones para el término proceso, una desde el concepto de síntesis y otra desde el concepto de análisis,

> Desde la primera perspectiva, un proceso es una totalidad que cumple un objetivo útil para la organización y que agrega valor al cliente. Síntesis significa ubicar en su contexto. Totalidad es una secuencia de principio a fin de un proceso, por esto el nuevo concepto es el de procesos completos, independiente de que pase por varias áreas funcionales. Desde esta definición, ya no es válido hablar de —los procesos de un área. También desde el concepto de síntesis, se define: Un proceso es una competencia que tiene la organización" (p. 65).

Ahora bien, desde la segunda perspectiva, del análisis, podemos entender que un proceso es un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes. El proceso es realizado

por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información.

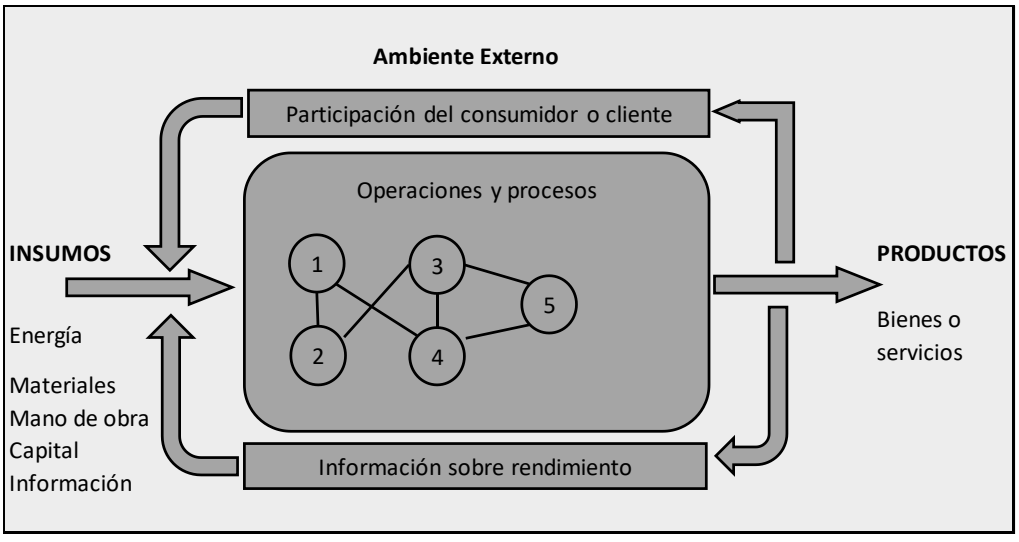
Sistema productivo.

Estas organizaciones o empresas, pueden ser visualizadas también como sistemas, ya que poseen un conjunto de componentes humanos y técnicos que funcionan en conjunto para obtener resultados positivos en común, para la misma. Dentro de este sistema, cada órgano funcional compone un subsistema, siendo la producción uno de ellos.

Compartiendo el enfoque, Carro y Gonzales (2012) señalan que un sistema de producción o sistema productivo se compone de insumos, procesos, productos y flujos de información, que sirven de canal entre dicho sistema y el cliente y ambiente externo. Asimismo, indican que dentro de los insumos se cuenta con recursos humanos, bienes de capital, materiales, servicios adquiridos, energía y espacio geográfico.

Figura 1

El sistema de administración de operaciones.



Nota. Carro y Gonzales (2012).

Cada organización industrial, sea del rubro que sea, posee un sistema productivo diferente al de otra organización, ya que es improbable la replicación exacta de las entradas y del proceso de transformación como tal.

Finalmente, es preciso aclarar que en el proceso productivo no solo se requiere del correcto funcionamiento del área operativa de la organización, sino que, a su vez es necesario

asegurar la correcta interrelación entre las distintas áreas funcionales, tales como: Comercial, Logística, Finanzas e incluso, Recursos Humanos.

Tipos de sistema productivo.

Conocida ya la definición de sistema productivo y de producción como tal, se presenta la necesidad de conocer qué tipos de sistema existen, los cuales se presentan a continuación:

- ***Sistema de producción tipo Push***

Según Vargas et al. (2019), los sistemas tipo push, también conocidos como sistemas de empuje, se refieren a la forma en la que el sistema productivo empuja a las órdenes de trabajo en función a las fechas de entrega determinadas previamente, según los requerimientos del mercado (proyecciones).

Además, los momentos para la entrega de los productos son un parámetro de planeación determinístico, mientras que el sistema de producción es variable ya que toma tiempos reales para mencionar que el sistema de producción es variable. Las órdenes de trabajo avanzan por el sistema de producción con la finalidad de cumplir con las fechas establecidas en el programa general de producción, sin importar que suceda delante del proceso actual en el que se encuentre la orden, esta será empujada por el sistema.

Una de las desventajas de este sistema de producción es que, al estar controlado por procedimientos desarrollados en base a previsiones comerciales, tienden a acumularse grandes inventarios, lo que incrementa los costos de inventario y el riesgo de deterioro de los productos terminados. En este tipo de sistema también se incluye a los sistemas MRP.

- ***Sistema de producción tipo Pull***

Según Vargas et al. (2019), un sistema de producción tipo pull o también conocido como sistema de jalar, le permite a la organización, fabricar los productos en los plazos requeridos por los clientes, en las cantidades pactadas y utilizando la menor cantidad de recursos de los inventarios. De esta forma se buscan reducir los desperdicios y todos aquellos (principalmente de almacenaje) costos indirectos que incrementan los costos totales de fabricación

La característica principal de estos sistemas es la generación de productos de la más alta calidad utilizando la cantidad necesaria de inventario, materias primas, trabajos en progreso o productos terminados.

El ciclo de un sistema tipo pull facilita a la organización alinearse a la demanda real, logrando que la demanda sea la que “jale” hacia adelante a la producción.

Dentro de los sistemas tipo pull, se encuentran los just-in-time (JIT) y la teoría de las restricciones (TOC).

Planeación y Control de la Producción:

El acto de planificar suele denominarse preparación de un plan o proyecto antes de realizar una actividad o serie de actividades. Este plan debe tener en cuenta costes, tiempo, personal, etc. Un plan puede ser tan simple como planificar una salida al cine con amigos o tan complejo como programar actividades de producción en todas las fábricas de una empresa manufacturera. Pero al final, se deben tener en consideración, casi los mismos factores.

La totalidad de actividades que se efectúan en cualquier organización sea manufacturera o de servicios, necesita de un transcurso de planeación. Esto con la finalidad de determinar las acciones que se deben emprender y ejecutar a futuro para cumplir con los objetivos trazados con anterioridad. Es por este motivo que Zuluaga (2014), define a la planeación como un proceso anticipatorio que busca asignar recursos: ya sean financieros, capitales, humanos y tiempos, para el logro de los fines determinados por la organización.

Según Castro (2014), la planeación “es un proceso de definición en el presente de la empresa, de las acciones que se irán a realizar en el futuro de la misma, con el objeto de alcanzar los objetivos trazados previamente” (p.34). Además, lo considera un proceso anticipatorio que sirve para destina recursos, ya sean monetarios, infraestructura, mano de obra, etc., con el fin de obtener resultados previamente determinados.

La definición y al alcance de planeación, descrito en párrafos anteriores, está presente en todos los procesos de distintos tipos de organizaciones. Sin embargo, se aplica con mayor

peso en procesos productivos. Esto debido a que hay una mayor cantidad de actores (personas, materiales, etc.) interdependientes que buscan obtener el objetivo final.

Según Kiran (2019), “la planeación y control de la producción es el cerebro y el sistema nervioso del programa de producción de una empresa y, a su vez, se encarga de asegurar la disponibilidad de todos los recursos para que este se opere según los parámetros establecidos”. Estos deben estar disponibles en el momento requerido, en las cantidades requeridas, en el lugar requerido y, sobre todo, al menor costo posible. Así asegurando menores costos operativos.

Fases de la planeación y control de la producción

Según Castro (2008) presenta dos grandes etapas, “la planeación de la producción y el control de la producción, las cuales hacen referencia a la planeación táctica (a mediano plazo) y a la planeación operativa (a corto plazo), respectivamente” (p. 78).

- ***Planeación de la Producción:*** Comienza con el desarrollo de proyecciones de la demanda, conocido también como Pronóstico de la demanda. Es en este subproceso que se determinan las cantidades demandadas en el mediano y corto plazo.

El pronóstico de la demanda sea cualitativo o cuantitativo, debe ser lo más enfocado posible. Luego de ello se procede con el proceso de Planeación agregada, en el cual se definirá el cómo se podrá responder satisfactoriamente a la demanda planteada anteriormente. Es decir, se desarrolla el plan de producción, considerando las restricciones internas y externas del sistema productivo.

Considerando los dos primeros puntos, se desarrolla el Programa Maestro de Producción, el cual será la pauta de la producción futura. Acto seguido, se procede con el subproceso de Planeación de los Requerimientos de Materiales, cuya finalidad es consolidar la totalidad de insumos, materias primas y consumibles necesarios para cumplir con el Programa Maestro.

- ***Programación y Control de la Producción:*** Después de haber establecido un consistente Programa Maestro de Producción se procede con los tres subprocesos finales:

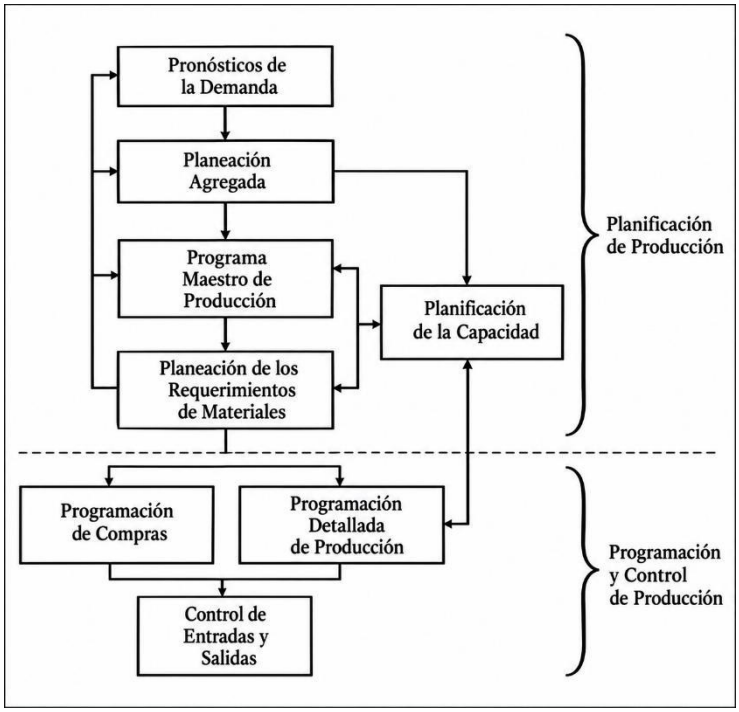
En primer lugar, la Programación Detallada de la Producción en donde las órdenes son destinadas a planta, indicando la secuencia de trabajos, plazos estimados y recursos necesarios.

En segundo lugar, la Programación de Compras, el cual es ejecutado por el área de compras de la organización y cuya finalidad es la de asegurar los materiales definidos en la etapa anterior, en cantidades requeridas y fechas requeridas.

Finalmente, se cierra con el subproceso de Control de Entradas y Salidas, en el cual se actualiza el inventario en su totalidad, desde las entradas y salidas de materias primas, inventarios de productos en proceso y de productos terminados.

Figura 2

Proceso Genérico de Planeación, Programación y Control de la Producción



Nota. Castro (2008).

Value Stream Maping:

El Value Stream Maping (VSM) en una herramienta esencial dentro de la filosofía Lean que permite identificar oportunidades de mejora en los procesos mediante la elaboración de mapas del estado actual y futuro de dicho proceso, facilitando la reducción de dos cosas,

principalmente: tiempos de ciclo y desperdicios en el proceso productivo (Rao & Lathkar, 2021).

Según Tyagi et al. (2021), la implementación de un sistema ágil combinado con VSM puede mejorar significativamente la productividad en entornos de manufactura y para dicha implementación, se requiere identificar cuatro componentes clave:

- Flujo de procesos: Representación detallada de cada etapa del proceso de producción.
- Flujo de información: Visualización de cómo la información se transmite y se utiliza en el proceso.
- Líneas de tiempo: Indicadores de tiempos de ciclo y tiempos de espera.
- Símbolos estándar: Uso de iconografía estandarizada para representar procesos, inventarios y flujos de información.

Clima Laboral:

Se define como las actitudes, comportamiento y motivaciones que tiene el capital humano de una organización, los cuales son afectados por un conjunto de aspectos tangibles e intangibles que coexisten de una forma “estable” en cada organización. Todo ello repercute directamente en el desempeño de la organización.

Puede ser descrito por lo colaboradores y, por lo tanto, es medible. Ya sea desde el punto de vista emocional (subjetivo) o desde la observación y el uso de herramientas de tabulación (objetivo).

Si bien es cierto, el clima laboral reflejo la situación actual de una organización, este puede cambiar por acción de los miembros de la misma organización, principalmente por líderes de ella (Bordas, 2016).

2.3. Marco Conceptual

- Producción: “Es un proceso de transformación organizada por el ser humano, donde los objetos (bienes o servicios) se incorporan en el desarrollo, por el cual pierden su identidad y caduca a su anterior estado o forma de ser, mientras que otras nacen de

este mismo proceso. Los primeros se llaman factores de producción y los segundos, productos" (Frish. 1963).

- Planeamiento: "Es el proceso de definir el curso de acción y los procedimientos requeridos para alcanzar los objetivos y metas. El plan establece lo que hay que hacer para llegar al estado final deseado" (Cortés, 1998, Gerencia Efectiva.).
- Indicador: Relación entre las variables de un proceso, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en él (Beltrán, 2013).
- Capacidad de Producción: Es la valorización de los recursos disponibles de una empresa, es decir, la medición de la cantidad y calidad de los recursos humanos, máquinas, equipos, instalaciones físicas, sistemas de producción y el capital de trabajo disponible. Es, en síntesis, el producto de: "el tiempo real disponible para producir por el total de trabajadores operarios, por la cantidad de turnos de trabajo al día y por los días laborables" (Flórez, 2006). Proyectos de Inversión para las PYME Creación de empresas. Bogota: Ecoe. 1ª edición.)
- Lead Time: "Es el tiempo que media desde que se reconoce la necesidad de iniciar una determinada operación hasta que esta esté totalmente concluida. Aplica para las operaciones que componen un proceso operativo: aprovisionamiento, almacenaje, fabricación y distribución" (Anaya, 2007).
- Productividad: La productividad puede entenderse como la capacidad de una organización para aprovechar de manera adecuada los recursos disponibles, como la mano de obra, el capital y los materiales, con el propósito de generar bienes y servicios. Asimismo, representa la relación existente entre los resultados alcanzados y los recursos empleados para obtenerlos (Sladogna, 2017).
- Efectividad: Hace referencia al grado en que las acciones ejecutadas permiten alcanzar los objetivos establecidos, considerando las condiciones concretas en las que se desarrolla una actividad. En este sentido, una acción puede considerarse efectiva cuando los resultados obtenidos responden al propósito inicialmente

planteado y los recursos empleados contribuyen al cumplimiento de dicho objetivo (Bouza. 2000).

- Plan Maestro de Producción: “Es el documento estratégico que muestra la programación, en cantidades, recursos y tiempos de fabricación, de los productos finales entregables para la organización” (Anaya, 2007).
- Metalmecánica: Comprende diversas actividades del sector manufacturero que emplean metales provenientes de la industria siderúrgica y materiales no ferrosos como parte de sus principales insumos. Estas actividades abarcan distintas etapas de transformación y permiten obtener una amplia variedad de productos que sirven como insumos o bienes necesarios para el funcionamiento y desarrollo de otros sectores económicos” (ADIMRA, 2019).
- Cuello de botella: “es un tipo especial de restricción que se relaciona con falta de capacidad de un proceso y se define como cualquier recurso razonable cuya capacidad limita la habilidad de la organización para cumplir con el volumen de servicio o producto, la mezcla de productos o los requerimientos fluctuantes de la demanda del mercado” (Krajewski, 2007).
- Enfoque al cliente: “Primer principio de los Sistemas de Gestión de Calidad que consiste en satisfacer las necesidades de los clientes, incluyendo también las expectativas” (ISO 9001, 2015)
- Control de Calidad: Proceso orientado a asegurar que los productos o servicios cumplan con los niveles de calidad establecidos, mediante la evaluación de sus características y la aplicación de medidas correctivas cuando se identifican diferencias respecto de los estándares previamente definidos (Mitra, 2016).
- Mejora de Procesos: Consiste en evaluar de manera estructurada las actividades que conforman un proceso, considerando la relación existente entre ellas, con la finalidad de incrementar su eficiencia y efectividad. Este enfoque busca identificar oportunidades de optimización durante la transformación de los insumos, de modo

que los resultados obtenidos contribuyan a generar valor para la organización y permitan responder adecuadamente a las necesidades de los clientes (Serrano & Ortiz, 2012).

- Eficiencia: Hacer las cosas buscando la mejor relación posible entre los recursos empleados y los resultados obtenidos (Bolívar, 2015).
- Pedido de compra: “es un documento que comprende un acuerdo contractual entre una organización y un solicitante sobre la entrega de productos o la prestación de un servicio con un precio, unas cantidades y unos plazos definidos” (Holded Academy, 2019).
- Clima Laboral: Puede entenderse como el conjunto de condiciones y características que configuran el entorno en el que se desarrollan las actividades de una organización. Estos elementos, tanto observables como no observables, presentan cierta permanencia y pueden influir en la manera en que los colaboradores perciben su entorno, así como en su motivación, actitudes y comportamiento dentro de la organización (Bordas, 2016).
- Costos de Producción: Es el conjunto de costos, compuesto por la adquisición de los materiales y partes, y el esfuerzo que se incurre por la realización de los procesos y actividades para la obtención de un bien tangible o intangible (Medina et al., 2007).
- Lean Manufacturing: Proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo (Socconini, 2019).
- Mantenimiento: Comprende un conjunto de actividades orientadas a preservar y garantizar el adecuado funcionamiento de los elementos que conforman una empresa. Su aplicación busca prevenir o reducir la ocurrencia de fallas imprevistas, contribuyendo así a mejorar la eficiencia, seguridad y economía de las operaciones (Montilla, 2016).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

A continuación, se muestra la hipótesis general y las hipótesis específicas de la investigación.

3.1.1. Hipótesis General.

Mejorando el sistema productivo, aumentará la productividad en una empresa metalmecánica.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- Determinando un proceso adecuado de planificación, la productividad de la organización aumentará.
- La productividad de la organización aumentará con la mejora de los procesos de fabricación.
- Con la generación de un mejor clima laboral en la organización, la productividad será elevada.

3.2. Variables

- Variable Independiente (X): Sistema productivo.
- Variable Dependiente (Y): Productividad
- Variable Independiente (X1): Proceso de planificación.
- Variable Independiente (X2): Procesos de fabricación.
- Variable Independiente (X3): Clima laboral.

3.3. Operacionalización de Variables

Se muestra la matriz de operacionalización de variables en la tabla 1.

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICE	ESCALA DE MEDICIÓN
SISTEMA PRODUCTIVO	Un sistema de producción es una estructura organizacional y funcional que integra sistemáticamente capital humano, procesos, recursos, información y tecnología para transformar insumos en productos o servicios. Con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes.	Se operacionalizará en las tres dimensiones mediante el análisis documentario, trabajo de campo en las instalaciones y encuestas al personal de producción.	Proceso de Planificación	Cumplimiento de AOC	Cuantitativo	$\frac{Órdenes\ entregadas\ en\ fecha}{Total\ de\ órdenes\ entregadas}$	Razón
			Procesos de Fabricación	Variación del tiempo estándar	Cuantitativo	$\frac{HrH_i - HrH_f}{HrH_i}$	Nominal
			Recursos humanos	Satisfacción laboral	Cualitativo	$\frac{\#\ Respuestas}{Puntaje\ máximo\ permisible}\ X\ 100\%$	Ordinal
PRODUCTIVIDAD	La productividad es la proporción entre los productos de un proceso y los insumos. Cuando los productos aumentan respecto a un nivel constante de insumos, o cuando la cantidad de insumos disminuye respecto de un nivel constante de productos, la productividad aumenta (Collier & Evans. 2019).	Se operacionalizará en la dimensión señalada mediante el análisis documentario del área de planeamiento y contabilidad.	Productividad	Productividad total	Cuantitativo	$\frac{Órdenes\ producidas}{Cantidad\ de\ días}$	Razón

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio.

Este proyecto de investigación es cuantitativo, debido a que, al dar respuesta a las preguntas de investigación relacionados al sistema de producción, se obtendrán valores numéricos, cuadros estadísticos descriptivos y frecuencias que servirán para corroborar las hipótesis planteadas líneas arriba.

4.2. Tipo y diseño de investigación.

4.2.1. Tipo de investigación.

Se definió a esta investigación de tipo explicativo, ya que se establecerá la relación de causa-efecto entre el sistema productivo de la organización en estudio y la productividad. Se trabajará herramientas estadísticas, para el análisis de los indicadores definidos en el capítulo anterior y, se tomarán decisiones en base a los resultados obtenidos.

4.2.2. Diseño de la investigación

Por el hecho de que las variables del estudio no son controladas por el investigador, sino que sus comportamientos solo son medidos y analizados, esta investigación tiene un diseño no experimental. Además, es transversal – descriptivo, debido a que los datos recolectados y analizados han sido obtenidos en un momento definido, como una especie de captura fotográfica de la situación actual del caso de estudio.

4.3. Población y muestra.

4.3.1. Población.

Se determinó como población para la presente investigación, a los 70 trabajadores operarios pertenecientes al departamento de producción.

4.3.2. Muestra

Debido a que la población tiene un tamaño finito y reducido, se considera como muestra a la totalidad de la población.

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se usarán dos instrumentos de recolección de datos: el análisis documental, referido a la entrada de órdenes de compra almacenadas en la base de

datos de la empresa y registrado en la hoja de cálculo Control de Producción y, la encuesta, la que será aplicada a los colaboradores del área de producción.

Tabla 3

Técnicas de recolección de datos

Variables	Técnica	Instrumento	¿A quién?	Dato buscado
Productividad (Y)	Encuesta/Análisis documental	Cuestionario/Documentos escritos	Jefe de Producción	Productividad
Sistema Productivo (X)	Encuesta/Análisis documental	Cuestionario/Documentos escritos	Jefe de Producción	Capacidad de producción
Planificación (X1)	Análisis documental	Cuestionario/Documentos escritos	Jefe de Producción	Cumplimiento de AOC
Procesos de Fabricación (X2)	Observación/Análisis documental	Cuestionario/Documentos escritos	Jefe de Producción	Tiempo estándar por AOC
Clima Laboral (X3)	Encuesta	Cuestionario	Personal de Producción	Satisfacción laboral

Nota. Elaboración propia.

4.5. Análisis de la información.

La información que se obtuvo de la encuesta realizada se interpretó a través de la estadística descriptiva, la cual fue representada mediante tablas y Figuras de barras.

Tabla 4

Análisis de datos.

Variables	Técnica	Dato buscado	Estadística Descriptiva	Herramientas	Observaciones
Productividad (Y)	Encuesta/Análisis documental	Productividad	Gráfica de productividad	Excel/SPSS	En base a los reportes de Planificación
Sistema Productivo (X)	Encuesta/Análisis documental	Capacidad de producción	Gráfica de entregas de AOC	Excel/SPSS	En base al cuestionario de la situación del sistema productivo
Planificación (X1)	Análisis documental	Cumplimiento de AOC	Promedio de cumplimientos de planes	Excel/Bizagi	En base a los reportes de Planificación
Procesos de Fabricación (X2)	Observación/Análisis documental	Tiempo estándar por AOC	Promedio de tiempos estándar	Excel/SPSS	En base a los reportes de Producción
Clima Laboral (X3)	Encuesta	Satisfacción laboral	Figura de control de clima laboral	Excel/SPSS	En base a información de RR.HH

Nota. Elaboración propia

4.6. Análisis Estadístico.

4.6.1. Formulación del instrumento.

Se diseñó un instrumento para hacer cuantificable el grado de correlación entre las variables de estudio. Dicho instrumento se compone de 24 preguntas: 6 referidas a la variable Productividad y 18 preguntas referidas a la variable Sistema Productivo, las cuales se distribuyen en sus 3 dimensiones (Planificación, procesos de fabricación y clima laboral).

4.6.2. Confiabilidad del instrumento.

Para determinar el nivel de confiabilidad del instrumento mencionado líneas arriba, se recurrió al estadístico Alfa de Cronbach. Según Tuapanta, Duque y Mena (2017), el nivel de confiabilidad del instrumento utilizado se valoriza según el cuadro mostrado a continuación:

Tabla 5

Nivel de confiabilidad del instrumento.

Índice	Nivel de Fiabilidad	Valor de Alda de Cronbach
1	Excelente	[0,9; 1]
2	Muy Bueno	[0,7; 0,9]
3	Bueno	[0,5; 0,7]
4	Regular	[0,3; 0,5]
5	Deficiente	[0; 0,7]

Nota. Tuapanta, Duque y Mena (2017).

Confiabilidad del instrumento para analizar las variables.

Para analizar la confiabilidad del instrumento que mide el sistema productivo, se empleó el coeficiente alfa de Cronbach, cuyo valor fue de 0,853. Ello significa que el instrumento es muy bueno, por lo cual queda aceptado. En la tabla mostrado a continuación, se visualiza el valor del alfa de Cronbach del instrumento, tomando en consideración las 24 preguntas realizadas.

Tabla 6

Estadístico de fiabilidad.

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,853	24

Nota. Elaboración propia.

4.6.3. Prueba de Normalidad.

Sistema productivo

Con la finalidad de someter a la variable Sistema de Producción a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra del estudio que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La variable sistema productivo tiene distribución normal.
- Hi: La variable sistema productivo no tiene distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la variable sistema productivo no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 7

Prueba de normalidad del sistema productivo

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Sistema Productivo	0.114	70	0.026

Nota. Elaboración propia.

Proceso de planificación

Con la finalidad de someter a la variable Proceso de planificación a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra del estudio que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La variable sistema productivo tiene distribución normal.
- Hi: La variable sistema productivo no tiene distribución normal.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la variable sistema productivo no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 8

Prueba de normalidad del proceso de planificación

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Proceso de planificación	0.154	70	0.000

Nota. Elaboración propia.

Procesos de fabricación

Con la finalidad de someter a la variable Procesos de fabricación a una prueba de normalidad, se utilizó el software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra del estudio que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La variable sistema productivo tiene distribución normal.
- Hi: La variable sistema productivo no tiene distribución normal.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la variable sistema productivo no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 9

Prueba de normalidad de los procesos de fabricación

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Procesos de fabricación	0.108	70	0.042

Nota. Elaboración propia.

Clima laboral

Con la finalidad de someter a la variable Clima laboral a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra del estudio que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La variable sistema productivo tiene distribución normal.
- Hi: La variable sistema productivo no tiene distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la variable sistema productivo no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 10

Prueba de normalidad del clima laboral

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Clima laboral	0.188	70	0.000

Nota. Elaboración propia.

Productividad

Con la finalidad de someter a la variable Productividad a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov a la muestra del estudio que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La variable sistema productivo tiene distribución normal.
- Hi: La variable sistema productivo no tiene distribución normal.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la variable sistema productivo no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 11

Prueba de normalidad de la productividad

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Productividad	0.116	70	0.020

Nota. Elaboración propia.

4.6.4. Resultados del nivel de correlación entre las variables.

Se aplicó el uso de la estadística inferencial, con la finalidad de determinar el nivel de correlación entre las variables de estudio. Los resultados tabulados de la encuesta aplicada a los trabajadores del departamento de producción de la empresa metalmecánica fueron sometidos a la prueba de correlación de Spearman, debido a que las variables involucradas no se ajustan a una distribución normal (no paramétricas). Según Mondragón (2014), se consideran los rangos mostrados a continuación para evaluar el nivel de correlación entre las variables.

Tabla 12

Nivel de correlación Rho de Spearman

Rango	Relación
-0,91 a -1,00	Correlación negativa perfecta
-0,76 a -0,90	Correlación negativa muy fuerte
-0,51 a -0,75	Correlación negativa considerable
-0,11 a -0,50	Correlación negativa media
-0,01 a -0,10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0,01 a +0,10	Correlación positiva débil
+0,11 a +0,150	Correlación positiva media
+0,51 a +0,75	Correlación positiva considerable
+0,76 a +0,90	Correlación positiva muy fuerte
+0,91 a +1,00	Correlación positiva perfecta

Nota. Mondragón (2014).

Análisis de correlación entre las variables de la hipótesis principal

- H0: No existe relación directa entre el sistema de producción y la productividad.
- Hi: Existe relación directa entre el sistema de producción y la productividad.

α= 0,05.

p-valor = 0,00.

La regla de decisión indica que si p≥α, entonces se acepta H0. Caso contrario se rechaza H0 y se da por aceptada Hi. A continuación, se muestra el resultado de la prueba de correlación de Spearman entres las variables “Sistema de producción” y “Productividad”.

Tabla 13

Correlación de las variables de hipótesis principal

Correlaciones

			Sistema de Producción	Productividad
Rho de Spearman	Sistema de Producción	Coeficiente de correlación	1,000	0,765**
		Sig. (bilateral)		0,0000
		N	70	70
	Rentabilidad	Coeficiente de correlación	0,765	1,000
		Sig. (bilateral)	0,0000	
		N	70	70

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

En base a ello, se puede determinar que la variable “Sistema de producción” y la variable “Productividad” tienen una relación positiva. Además, según el valor del Rho de Spearman de 0,765, se deduce que entre las variables mencionadas existe una correlación positiva muy fuerte.

Análisis de correlación entre las variables de la hipótesis específica 1

- H0: No existe relación directa entre el proceso de planificación y la productividad.
- Hi: Existe relación directa entre el proceso de planificación y la productividad.

α= 0,05.

p-valor = 0,00.

La regla de decisión indica que si p≥α, entonces se acepta H0. Caso contrario se rechaza H0 y se da por aceptada Hi. A continuación, se muestra el resultado de la prueba de correlación de Spearman entres las variables “Proceso de planificación” y “Productividad”.

Tabla 14

Correlación de las variables de hipótesis específica 1

Correlaciones

			Proceso de Planificación	Productividad
Rho de Spearman	Proceso de Planificación	Coeficiente de correlación	1,000	0,457**
		Sig. (bilateral)		0,0000
		N	70	70
	Rentabilidad	Coeficiente de correlación	0,457**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,0000	
		N	70	70

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

En base a ello, se puede determinar que la variable “Proceso de planificación” y la variable “Productividad” tienen una relación positiva. Además, según el valor del Rho de Spearman de 0,457, se deduce que entre las variables mencionadas existe una correlación positiva media.

Análisis de correlación entre las variables de la hipótesis específica 2

- H0: No existe relación directa entre los procesos de fabricación y la productividad.
- Hi: Existe relación directa entre los procesos de fabricación y la productividad.

  α= 0,05.

  p-valor = 0,00.

La regla de decisión indica que si p≥α, entonces se acepta H0. Caso contrario se rechaza H0 y se da por aceptada Hi. A continuación, se muestra el resultado de la prueba de correlación de Spearman entres las variables “Procesos de fabricación y “Productividad”.

Tabla 15

Correlación de las variables de hipótesis específica 2

Correlaciones

			Procesos de fabricación	Productividad
Rho de Spearman	Procesos de fabricación	Coeficiente de correlación	1,000	0,684**
		Sig. (bilateral)		0,0000
		N	70	70
	Rentabilidad	Coeficiente de correlación	0,684**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,0000	
		N	70	70

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

En base a ello, se determinar que la variable “Procesos de fabricación” y la variable “Productividad” tienen una relación positiva. Además, según el valor del Rho de Spearman de 0,684, se deduce que entre las variables mencionadas existe una correlación positiva considerable.

Análisis de correlación entre las variables de la hipótesis específica 3

- H0: No existe relación directa entre el clima laboral y la productividad.
- Hi: Existe relación directa entre el clima laboral y la productividad.

  α= 0,05.

  p-valor = 0,00.

La regla de decisión indica que si p≥α, entonces se acepta H0. Caso contrario se rechaza H0 y se da por aceptada Hi. A continuación, se muestra el resultado de la prueba de correlación de Spearman entres las variables “Clima laboral” y “Productividad”.

Tabla 16

Correlación de las variables de hipótesis específica 3.

Correlaciones

			Clima laboral	Productividad
Rho de Spearman	Clima laboral	Coeficiente de correlación	1,000	0,724**
		Sig. (bilateral)		0,0000
		N	70	70
	Rentabilidad	Coeficiente de correlación	0,724**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,0000	
		N	70	70

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

En base a ello, se determinar que la variable “Clima laboral” y la variable “Productividad” tienen una relación positiva. Además, según el valor del Rho de Spearman de 0,724, se deduce que entre las variables mencionadas existe una correlación positiva considerable.

4.6.5. Planteamiento de hipótesis de investigación.

Hipótesis principal

Se estima que la mejora del sistema productivo en la empresa metalmecánica permitirá incrementar la productividad de la organización. Por ello se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: Mejorando el sistema productivo, no aumentará la productividad en una empresa metalmecánica.
- Hi: Mejorando el sistema productivo, aumentará la productividad en una empresa metalmecánica.

Primera hipótesis específica

Se estima que, si se plantean mejoras en el proceso de planificación en la empresa metalmecánica, la productividad de la organización se verá incrementada. Por ello se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: Determinando un proceso adecuado de planificación, la productividad de la organización no aumentará.
- Hi: Determinando un proceso adecuado de planificación, la productividad de la organización aumentará.

Segunda hipótesis específica

Se estima que, si mejoran los procesos de fabricación en la empresa metalmecánica, incrementará la productividad de la organización. Por ello se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La productividad de la organización no aumentará con la mejora de los procesos de fabricación.
- Hi: La productividad de la organización aumentará con la mejora de los procesos de fabricación.

Tercera hipótesis específica

Se estima que, generando un mejor clima laboral en la empresa metalmecánica, la productividad de la organización aumentará. Por ello se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: Con la generación de un mejor clima laboral en la organización, la productividad no será elevada.
- Hi: Con la generación de un mejor clima laboral en la organización, la productividad será elevada.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Diagnóstico situacional.

La empresa sobre la cual se desarrolla la investigación ha visto afectada su rentabilidad en el último periodo debido al bajo volumen de producción generado por su personal. Esto ha generado incomodidad en el directorio de la organización, el cual busca revertir esta negativa en el menor plazo posible.

La empresa en estudio actualmente no cuenta con un proceso de planificación adecuado, ya que la carga laboral es asignada según el orden de ingreso de los órdenes de compra de los clientes, sin restricciones de tiempo o capacidad real en sus instalaciones.

En segundo lugar, los tiempos de fabricación son elevados en comparación a la complejidad de los trabajos a realizar y, esto no puede ser medido de forma eficiente, ya que no se tienen mapeados dichos procesos operativos.

En adición a estas dos primeras problemáticas, los niveles de satisfacción laboral son bajos, lo que no permite que los trabajadores se desenvuelvan al 100%.

Posterior al análisis situacional se determinó que el sistema productivo de la empresa, en general, se ve afectado directamente por los tres problemas mencionados líneas arriba. Estos, en conjunto, desencadenan el bajo nivel de productividad, el cual se busca incrementar en el proyecto.

5.1.1. Diagnóstico actual del proceso de planificación de la producción.

Actualmente la empresa en estudio lleva a cabo la planificación de su producción de forma empírica. Es decir, no es basado en restricciones, capacidades disponibles ni tiempos de entrega.

Como se comentó en capítulos anteriores, la organización cuenta con un sistema de fabricación “make to order” o producción bajo pedidos. Es por este motivo que el proceso de planificación actual inicia con la llegada de una orden de trabajo proveniente de un cliente cualquiera. Internamente, a estas órdenes de trabajo se les conoce como AOC (atención de orden de compra).

Una vez emitida la AOC por parte del área comercial y enviada a producción (jefe de PCP en este caso), esta es analizada y registrada en la base de datos general de producción.

Prosiguiendo con las labores de abastecimiento de materiales necesarios para la fabricación, se tiene consecutivamente: Revisión de materiales existente en stock (recurriendo al sistema SISGECO, perteneciente a la organización) y, generación de requerimientos de materiales y/o servicios a compras (a través un formato propio de la organización). Contando dicho requerimiento con la aprobación del Jefe/Gerente de Producción, el área de compras procede con la generación de la orden de compra asociada.

Con la atención de los materiales, consecuencia de la generación de la orden de compra mencionada, se programa la fabricación de las AOC según orden, agregando las recién llegadas a la cola ya existente.

A continuación, se presenta en la tabla 16, los principales motivos para el considerable nivel de atraso en las entregas de AOC. Dentro del cual se evidencia que el 77% de AOC atrasadas se deben a la falta de capacidad de producción dentro de la organización, la cual no es analizada al momento de la programación de actividades y, por ello, la cola de atrasos tiende a incrementarse.

Tabla 17

Estado actual del indicador de planificación de la producción.

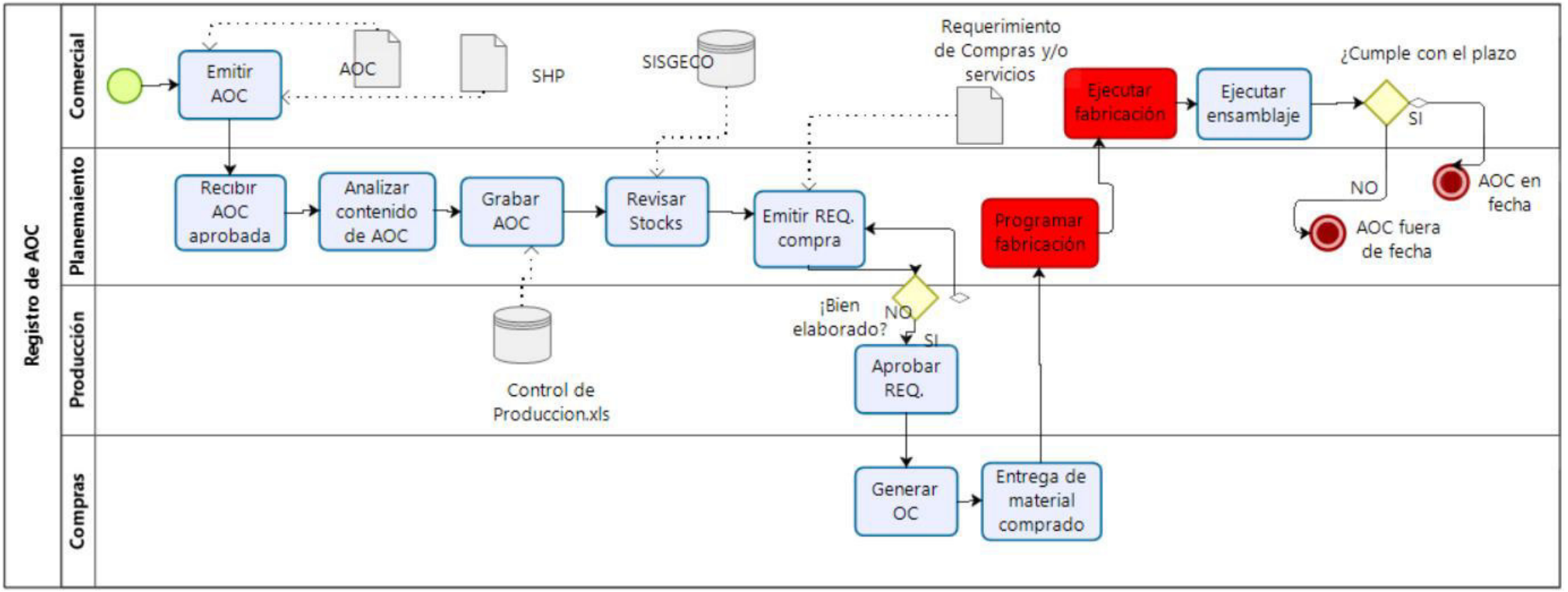
Mes	Total de AOC fabricadas	Cumplimiento en fecha de AOC	Capacidad de producción limitada	Retraso en abastecimiento de materiales	Retraso en la emisión de AOC	AOC fabricadas con retraso
Abr-21	73	29%	41	9	2	52
May-21	85	29%	44	14	2	60
Jun-21	77	18%	45	17	1	63
Jul-21	81	22%	47	13	3	63
Ago-21	93	24%	54	14	3	71
Set-21	97	23%	56	16	3	75
Oct-21	118	26%	69	15	3	87
Nov-21	115	27%	67	16	1	84
Dic-21	73	25%	45	8	2	55
Ene-22	92	22%	59	11	2	72
Feb-22	108	29%	57	16	4	77
Mar-22	79	22%	49	12	1	62
Total			77%	20%	3%	100%

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se desarrolló el modelado del proceso actual de planificación de la producción, en el software Bizagi Process Modeler, el cual es presentado en la Figura 3. Dicho proceso cuenta con dos actividades marcadas en color rojo, las cuales representan las oportunidades de mejora encontradas, enfatizando la carencia de un análisis o validación de la capacidad de producción de la empresa en estudio.

Figura 3

Proceso de planificación de la producción actual.



Nota. Elaboración propia.

5.1.2. Diagnóstico actual de los procesos de fabricación.

Actualmente, la empresa en análisis presenta muchas dificultades para alcanzar las metas de producción solicitadas para la gerencia general y el directorio. Esto afecta directamente a la productividad de la organización, por lo que se procedió a analizar el motivo principal de este problema.

Con la información obtenida de las encuestas sobre los procesos de fabricación, se dedujo que estos eran inadecuados para alcanzar las metas propuestas. Esto ocurre por dos razones: La estructuración de los procesos demanda demasiado tiempo, lo que hace que las cantidades producidas en el tiempo requerido, sean menores. En segundo lugar, las tecnologías que apoyan a los procesos tanto en maquinarias, consumibles y materias primas no son las adecuadas.

En vista que es más viable plantear una mejora que no requiera una gran inversión por parte de la organización, se procedió a analizar los procesos de fabricación requeridos en el sistema productivo de la empresa.

Para analizar el proceso productivo en general, se procedió con el mapeo de la cadena de valor (VSM en siglas en inglés), el cual permitió que se conozca el proceso, sus etapas y los tiempos y recursos requeridos en el mismo. Así como el flujo que debe seguir el producto en cada etapa.

Como primer paso se procedió a elegir del equipo más vendido en el periodo de análisis, el cual es el que representa un mayor impacto en la carga laboral anual.

Tabla 18

Tabla de AOC de equipos más vendidos

Equipo	Cantidad	Porcentaje (%)
Bomba Horizontal Sello Húmedo	251	23%
Bomba Horizontal Sello seco	188	18%
Bomba Horizontal Transformada	163	15%
Bomba Vertical	134	12%
Hidrocición	169	15%
Válvula Pinch	186	17%
	1091	**100%**

Nota. Elaboración propia

De la tabla presentada, se deduce que el equipo de mayor rotación y que genera mayor demanda en los procesos productivos es la Bomba Horizontal Sello Húmedo, la cual representa el 23% de las AOC fabricadas durante el ejercicio. Es por este motivo que la mejora de los procesos de fabricación se realizó analizando dicho equipo.

A continuación, se presentan el cálculo de las métricas iniciales del VSM.

Tabla 19

Métricas del VSM actual

Descripción	Símbolo	Unidad	Mecanizado	Calderería	Revestido	Ensamblado	Pintado
# turnos	NT	und	1	1	1	1	1
Jornada laboral	JL	hr/turno	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Almuerzo	TI	hr/turno	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	TD	min/día	510	510	510	510	510
Producción bruto	PB	und/turno	0,33	0,67	0,67	1	2
# máquina	NM	und	3	2	2	1	1
% funcionamiento	TF	%	80%	90%	85%	98%	90%
Producción real	PR	und/día	0,8	1,2	1,1	1,0	1,8
Tiempo de ciclo	TC	min/día	637,5	422,9	447,8	523,1	283,3
% defectos	PNC	%	2%	2%	5%	0%	0%
Tiempo de cambio de producto	TCP	min	40	5	45	10	5
# operarios	NO	und	1	1	1	1	1

Nota. Elaboración propia.

Posterior a ello, se procedió con el cálculo del Takt Time o tiempo medio entre solicitud del producto por parte del cliente.

Tabla 20

Cálculo del takt time

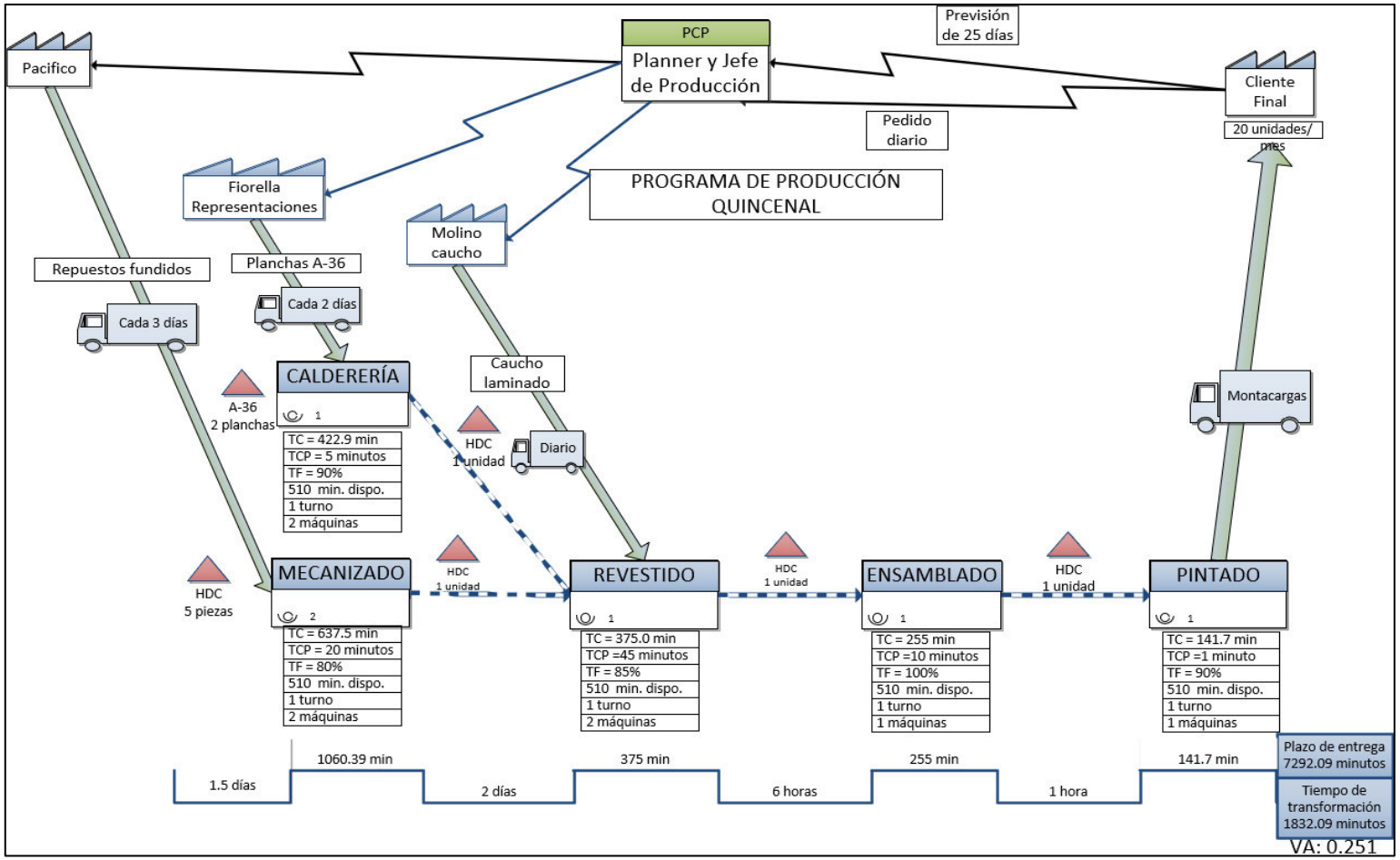
Descripción	Cantidad	Unidad
Demanda mensual	21	und/mes
Días hábiles por mes	22	día/mes
Demanda diaria	0,95	und/día
Takt Time	534,29	min/und

Nota. Elaboración propia.

Con estos cálculos realizados, se procede a presentar el mapa de la cadena de valor (VSM) actual, el cual es mostrado en la Figura 4.

Figura 4

Mapa de la cadena de valor actual.

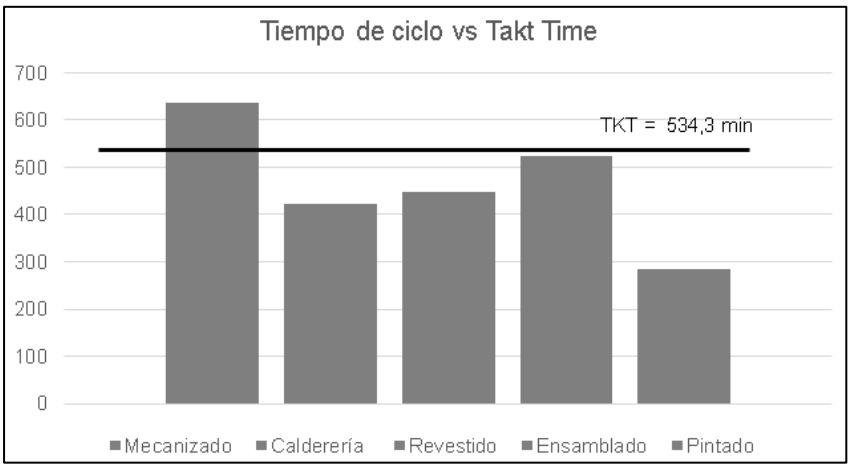


Nota. Elaboración propia.

Posterior al mapeo de la cadena de valor, se procedió a identificar el proceso crítico. Dicho proceso es el mecanizado, respecto del cual se detectó que es el único proceso cuyo tiempo de ciclo excede el takt time, por lo que genera un cuello de botella en la línea de producción. Esto porque el tiempo requerido para la ejecución del proceso en mención, supera al tiempo que transcurre hasta la generación de un nuevo pedido; el resultado de ello será la acumulación de la cola de producción en el ingreso al proceso de mecanizado.

Figura 5

Tiempo de ciclo vs Takt time



Nota. Elaboración propia.

Adicionalmente, se presenta en la tabla 20, el comparativo de los tiempos de fabricación de cada una de las seis familias de productos mencionadas en la tabla 17.

Tabla 21

Comparativo de tiempos estándar de fabricación de equipos en horas.

Equipo	Mecanizado	Caderería	Revestido	Ensamblado	Pintado	Total
Bomba Horizontal Sello Húmedo	10,6	7,0	6,3	4,3	2,4	30,5
Bomba Horizontal Sello seco	10,6	7,0	6,3	4,3	2,4	30,5
Bomba Horizontal Transformada	10,3	7,0	6,3	4,3	2,4	30,2
Bomba Vertical	8,5	8,0	7,2	3,8	1,0	29,8
Hidrocición	6,4	6,0	6,3	2,0	1,0	21,7
Válvula Pinch	6,4	0,0	3,0	1,0	1,0	11,4

Nota. Elaboración propia.

5.1.3. Diagnóstico actual del clima laboral.

En esta parte del proyecto se buscará solucionar la baja productividad de la empresa en estudio a través del mejoramiento del clima laboral de la misma. Para ello se mostrarán

los resultados aplicando dos tipos de estadística: descriptiva, la cual corresponde a las tablas de distribución de frecuencias por variable y dimensión, y la inferencial, en la que se desarrollará la prueba de hipótesis. Según los datos analizados previamente post aplicación de la encuesta a la muestra, se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, prueba con la que se determina la aplicación de pruebas no paramétricas para las variables en estudio y finalmente, se aplicó la prueba de rangos de Wilcoxon. Con ello el planteamiento de mejoras en el clima laboral, tuvo un impacto directo en el incremento de la productividad.

Como primer paso y con la finalidad de evaluar la confiabilidad de la encuesta de clima laboral propuesta, se utilizó la prueba Alfa de Cronbach. Según Tuapanta, Duque y Mena (2017). En la tabla 21 se observan los rangos de confiabilidad de la prueba mencionada anteriormente.

Tabla 22

Clasificación de los niveles de fiabilidad según el Alfa de Cronbach.

Índice	Nivel de Fiabilidad	Valor de Alda de Cronbach
1	Excelente	[0,9; 1]
2	Muy Bueno	[0,7; 0,9]
3	Bueno	[0,5; 0,7]
4	Regular	[0,3; 0,5]
5	Deficiente	[0; 0,7]

Nota. Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de tic en docentes universitarios. (2017).

En la tabla 22, se muestra el valor del estadístico Alfa de Cronbach aplicado a la encuesta de clima laboral aplicada a la presente investigación.

Tabla 23

*Valorización del alfa de Cronbach***.**

Estadística de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,766	20

Nota. Elaboración propia.

El valor 0,766 evidencia que el nivel de fiabilidad del instrumento aplicadle es “Muy bueno”.

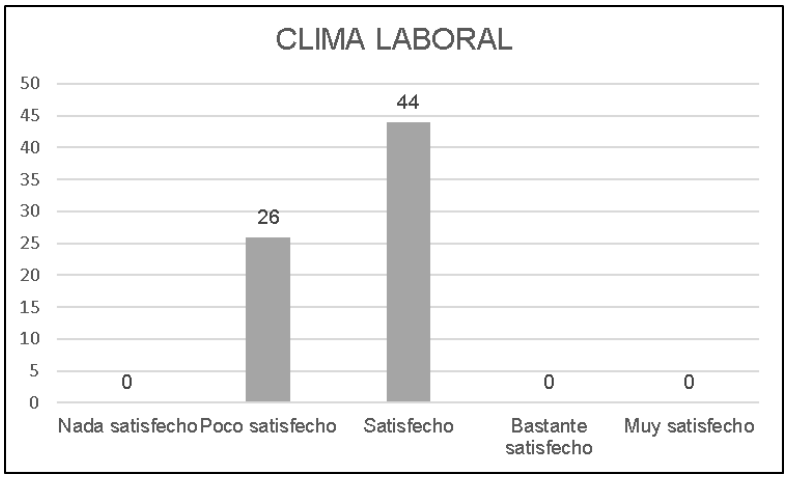
Resultados descriptivos.

Clima Laboral

Visto a nivel global de la variable, la variable clima laboral muestra un resultado aceptable. Puesto que el 63% de los encuestados se muestra Satisfecho (nivel medio). Sin embargo, el 37% de los encuestados se siente Poco Satisfecho, lo que suelta una alarma para los fines buscados en la investigación. Estos porcentajes van evidenciando que el personal de la empresa en estudio se muestra en promedio satisfecho con las distintas condiciones que presenta su día a día en el centro de labores. Cabe precisar, que durante el periodo de cuarentena por la pandemia de Covid-19, la empresa se mantuvo al día con los pagos de salarios de todos los trabajadores, esto a pesar de que la industria se mantuvo paralizada durante varios meses. Este importante factor, se ve reflejado en la aceptable percepción que tiene el trabajador sobre la empresa.

Figura 6

Histograma nivel de clima laboral



Nota. Elaboración propia.

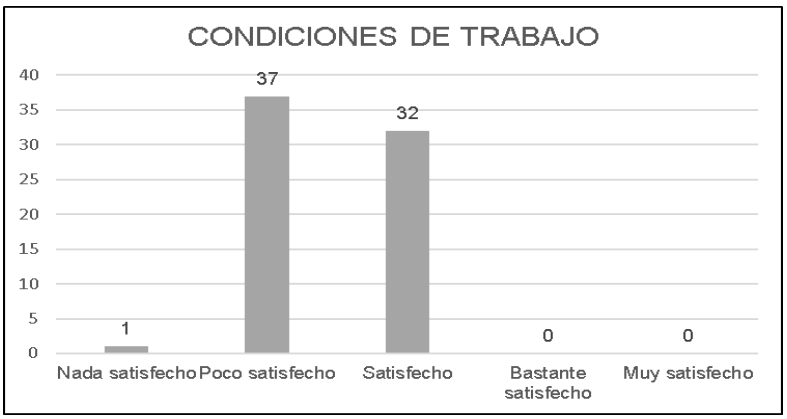
Posterior al análisis general, enfocando al clima laboral según las 4 dimensiones medidas, se presentan los siguientes resultados en conjunto con su análisis.

Condiciones del trabajo: Según lo presentado en la Figura 20, respecto de esta dimensión, solo el 46% considera una satisfacción media. El dato preocupante respecto a las condiciones de trabajo es que el 54% de los encuestados percibe poca o nula satisfacción.

Estos valores deberán ser analizados posteriormente, para poder determinar estrategias para mejorar dicha percepción por parte del personal operativo.

Figura 7

Histograma de la dimensión condiciones del trabajo.



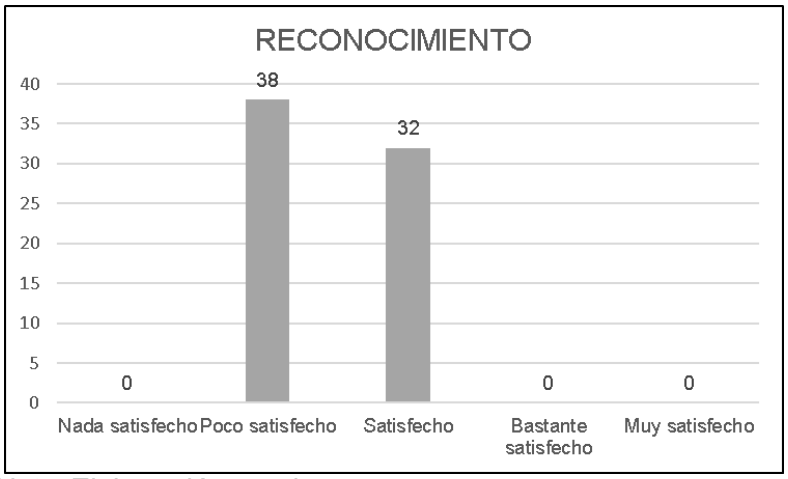
Nota. Elaboración propia.

Reconocimiento: Según lo presentado en la Figura 21, respecto de esta dimensión, un grupo grande, el cual representa al 54% de los encuestados, considera un nivel de poca satisfacción, esto agregado a un 46% que considera una satisfacción media. Esto quiere decir, que más de la mitad del personal operativo de la empresa, no siente reconocido su trabajo diario.

Al igual que las condiciones de trabajo, el reconocimiento del personal deberá ser materia de análisis.

Figura 8

Histograma de la dimensión condiciones del trabajo.

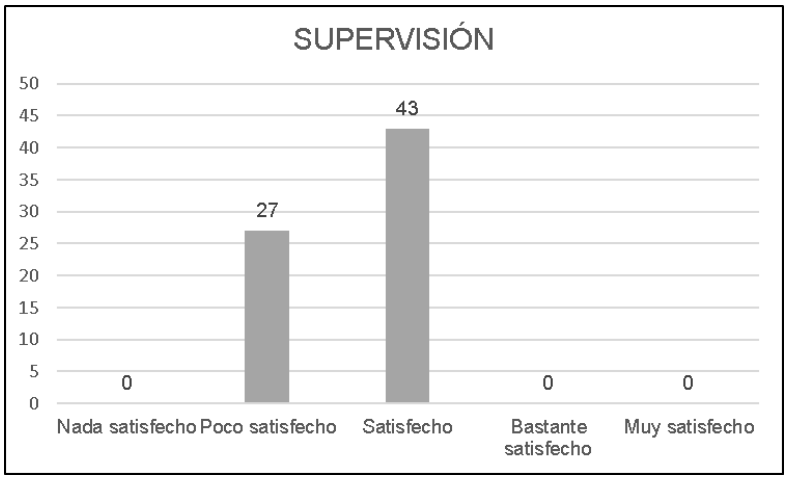


Nota. Elaboración propia.

Supervisión: Según lo presentado en la Figura 23, respecto de esta dimensión, el 39% de los encuestados considerar un nivel de poca satisfacción, esto agregado a un 61% que considera una satisfacción media. De estos datos se concluye que cerca de las dos terceras partes de los trabajadores se siente satisfecho con las labores de supervisión realizadas por los jefes de área y asistentes de los mismos. Representa el gran valor que reconocen los trabajadores en cuanto a la preparación y aporte técnicos que brindan los jefes para obtener los mejores resultados. Esto llevado de la mano con sus capacidades para manejar los grupos de trabajo que se les asignen.

Figura 9

Histograma de la dimensión supervisión

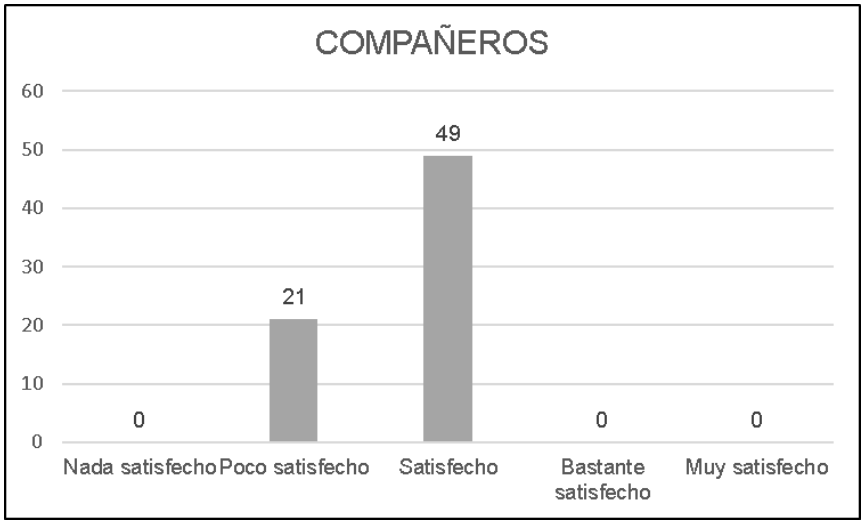


Nota. Elaboración propia.

Compañeros: Según lo presentado en la Figura 24, respecto de esta dimensión, el 30% de los encuestados considerar un nivel de satisfacción baja, esto contrastado con el 70% que considera una satisfacción media. Esto nos indica que la buena relación entre los compañeros de área es una herramienta que la empresa en estudio debe utilizar a su favor para obtener mejores resultados en cuanto a productividad se refiere. Fomentando actividades que permitan que los grupos de trabajo se compenetren cada vez más.

Figura 10

Histograma de dimensión compañeros.



Nota. Elaboración propia.

Comparativo por dimensiones: En la tabla 16 se presentan la tabulación de datos de la variable clima laboral y de las 4 dimensiones en base a las cuales ha sido determinada. Se observa como dato importante, que la variable clima laboral no cuenta con ningún valor Muy Satisfecho. Asimismo, el 63% de los encuestados se perciben una satisfacción media o alta en cuanto a la variable clima laboral como tal.

Un dato que llamó la atención posterior a la aplicación de la encuesta es que, se han presentado valorizaciones de nula satisfacción en todas las dimensiones analizadas. Evidencia de que al menos un 4% en promedio, del personal operativo, se encuentra totalmente insatisfecho con alguno de estos criterios.

Además, se observan que las dimensiones con mayor cantidad de trabajadores que perciben Baja Satisfacción son la de: Condiciones de trabajo y Reconocimiento. Ambas con

53% y 54%, respectivamente. Esto nos permite intuir que, al mejorar estos valores críticos, podremos beneficiar directamente a la productividad de la empresa en estudio. Esto posterior al análisis correlacional que se aplicará a la variable mostrada.

Tabla 24

Comparativo por dimensiones

Dimensiones	Condiciones de trabajo	Reconocimiento	Supervisión	Compañeros	Clima laboral
Nada Satisfecho	1%	0%	0%	0%	0%
Poco Satisfecho	53%	54%	39%	30%	37%
Satisfecho	46%	46%	61%	70%	63%
Bastante Satisfecho	0%	0%	0%	0%	0%
Muy Satisfecho	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Nota. Elaboración propia

5.2. Presentación de resultados.

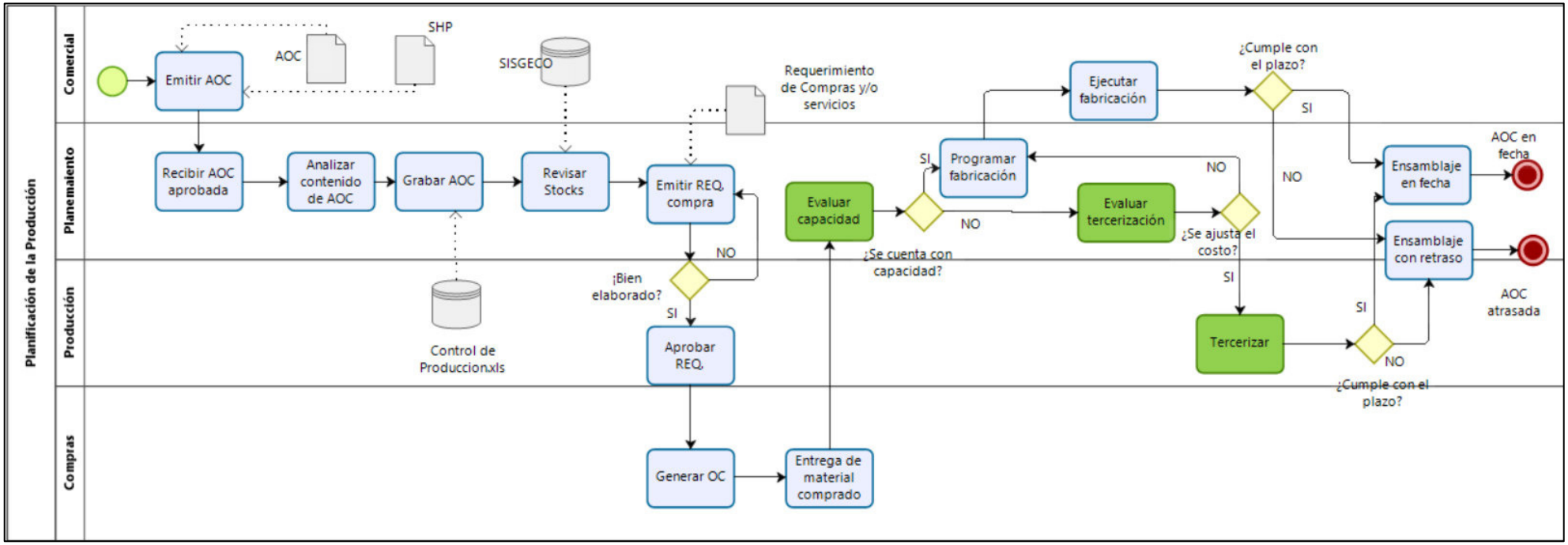
5.2.1. Presentación del proceso de planificación de la producción propuesto.

En base al estado situacional del proceso de planificación de la producción, se determinó que debe ser mejorado; puesto que, no se toma en consideración que la capacidad de producción de la empresa es limitada y, por ende, se verá superada en repetidas ocasiones por la cantidad de pedidos por atender. Por este motivo es que se planteó evaluar la tercerización de los procesos de fabricación intermedios y, con ello, generar una mayor de capacidad de respuesta ante la demanda.

En la siguiente Figura, se observa el modelamiento del proceso propuesto para la planificación de la producción de la organización en estudio.

Figura 11

Proceso de planificación propuesto.



Nota. Elaboración propia.

A diferencia del proceso actual mostrado en la Figura 3, se han establecido dos puntos de control para la evaluación de la capacidad de producción y para el análisis del costo de una posible tercerización de operaciones.

Para efectos de evaluación y control de la capacidad de producción, se hizo uso del método de gráficos de carga, herramienta que sirve para tener una visión gráfica de la asignación de trabajos a los distintos centros de trabajo (planificación a muy corto plazo).

Como primer paso, se coloca el tiempo estándar de fabricación de cada repuesto requerido en la plantilla del programa de producción, el cual es las bases de datos de cada proceso productivo medido en la organización.

En la Figura 12, se observan los repuestos requeridos para fabricación, en conjunto con las cantidades, fechas vencimiento y tiempo estándar expresado en horas máquina (Hr-Maq); estos ordenados de forma descendente según la cantidad de horas máquina asociadas a cada ítem.

Figura 12

Plantilla de programación mejorada con tiempos estándar.

ID	AOC	Item OC	Descripcion AOC	Cant.	Falt.	Stat	Fecha AOC	Vencimiento AOC	Tipo	Hr-Maq Pendientes Maestranza Total
P36	0276-22	10	CAJA DE BOMBA/(CAUCHO)/B.V.ESP.ESTAND.1.1/2"	3	2	Parcial	21/Mar	25/Abr	M-G-J	1,08
P7	0228-22	60	PLACA DE CIERRE /B.HOR.S.HUM.F3-5"X4"/5"X5"/6"X6"- (NEXA	1	1	te	08/Mar	20/Abr	M	1,09
P22	0255-22	40	IMPULSOR /B.HOR.S.HUM.F1-1.1/2"X1.1/4" - CAUCHO	1	1	te	30/Mar	20/Abr	J	1,63
P40	0278-22	30	ANILLO DE CIERRE HIDRAULICO/B.HOR.S.HUM.F2-3"X3" / 4"X3" -	2	2	te	21/Mar	25/Abr	M	1,84
P12	0251-22	60	ANILLO HIDRAULICO/B.HOR.S.SECO 4"X3" AH	1	1	te	14/Mar	15/Abr	M	2,45
P16	0251-22	180	CODO RADIO LARGO (6"X90°) /B.V.ESP.ESTAND.6"	2	2	te	14/Mar	22/Abr	M-G-J	3,26
P37	0276-22	20	IMPULSOR/B.V.ESP.MOD.2.1/2" POLIURETANO	2	2	te	21/Mar	25/Abr	P	3,8
P38	0278-22	10	IMPULSOR CERRADO/B.HOR.S.HUM.F4-8"X6" CAUCHO	2	2	te	21/Mar	25/Abr	J	3,8
P11	0251-22	40	EXPULSOR TOPE SEPARADOR/B.HOR.S.SECO 4X3 TAH	1	1	te	14/Mar	18/Abr	M	4,64
P35	0271-22	20	TAPA DEL CILINDRO INTERIOR /B.HOR.S.HUM.F4-8"X6" / 10"X8"- FE	2	2	te	21/Mar	25/Abr	M	4,7
P19	0251-22	310	ANILLO HIDRAULICO/B.HOR.S.SECO 4"X3" AH	2	2	te	14/Mar	22/Abr	M	4,9
P20	0255-22	10	TAPA DE CILINDRO INTERIOR /B.HOR.S.HUM.F3-5"X4" /5"X5"	4	4	te	30/Mar	20/Abr	M	5,44
P46	0313-22	40	CAJA SUPERIOR/B.V.ESP.MOD.3.1/2"	2	2	te	31/Mar	15/May	M-G-J	5,44
P21	0255-22	20	TAPA DE CILINDRO EXTERIOR /B.HOR.S.HUM.F3-5"X4" /5"X5"	4	4	te	30/Mar	20/Abr	M	5,48
P15	0251-22	160	TAPA DE CILINDRO LADO POLEA/B.HOR.S.SECO 6"X4" EAH	2	2	te	14/Mar	22/Abr	M	5,52
P34	0271-22	10	TAPA DEL CILINDRO EXTERIOR/B.HOR.S.HUM.F4-8"X6" / 10"X8"-	2	2	te	21/Mar	25/Abr	M	5,52
P45	0313-22	30	PLATO DE FORRO LADO SUCCION/B.HOR.S.SECO 6"X4"	10	7	Parcial	31/Mar	15/May	J	5,67
P39	0278-22	20	BOCINA /B.HOR.S.HUM.F3-5"X4" / 5"X5" / 6"X6" - AC. VCL	6	6	te	21/Mar	25/Abr	M	6,06
P28	0265-22	100	PLACA SEPARADORA REFORMADA/HIDROCICLON ESP.D15B /	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	6,48
P14	0251-22	100	IMPULSOR/B.V.ESP.MOD.3.1/2" POLIURETANO	3	3	te	14/Mar	22/Abr	P	6,54
P10	0251-22	20	BASTIDOR /B.HOR. 4X3 AH S.S.	1	1	te	14/Mar	18/Abr	M	6,55
P42	0312-22	60	IMPULSOR /B.V.ESP.MOD.2.1/2" POLIURETANO	5	4	Parcial	31/Mar	02/May	P	7,6
P4	0219-22	40	BOCINA P/ B.SVEDALA HR 200 ACERO VCL	4	4	te	03/Mar	01/Abr	M	8,72
P18	0251-22	290	IMPULSOR/B.V.ESP.MOD.3.1/2" POLIURETANO	4	4	te	14/Mar	22/Abr	P	8,72
P26	0265-22	90	BRIDA DE ALIMENTACION VITAULICA / HIDROCICLON ESP.D10B	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	8,72
P32	0269-22	40	IMPULSOR/B.V.ESP.MOD.3.1/2" POLIURETANO	4	4	te	18/Mar	30/Abr	P	8,72
P8	0251-22	330	EXPULSOR TOPE SEPARADOR/B.HOR.S.SECO 4X3 TAH	2	2	te	14/Mar	25/Abr	M	9,28
P25	0265-22	110	SOPORTE METALICO DEL APEX / HIDR. ESP. D6B,D10B,D12B &	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	10,88
P41	0278-22	100	IMPULSOR METALICO/B.HORIZ.WARMAN 8"X6"AH	1	1	te	21/Mar	25/Abr	M	10,9
P33	0269-22	50	CAJA INFERIOR/B.V.ESP.MOD.2.1/2"	4	4	te	18/Mar	30/Abr	M-G-J	11,2
P27	0265-22	80	BRIDA DE ALIMENTACIÓN EMBRIDADA / HIDROCICLON ESP.D10B	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	12,64
P9	0251-22	340	BASTIDOR /B.HOR. 4X3 AH S.S.	2	2	te	14/Mar	22/Abr	M	13,1
P24	0261-22	10	BASTIDOR SELLO AGUA/B.HOR.S.HUM.F3-5"X4" / 5"X5"	2	2	te	17/Mar	15/Abr	M	14,32
P31	0265-22	10	BRIDA Y CONEXION DE DESCARGA/ HIDROCICLON D10B	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	16,64
P23	0260-22	10	EJE /B.HOR.S.HUM.F3-6"X6" - AC. VCL	2	2	te	17/Mar	15/Abr	M	20,7
P5	0228-22	40	EXPULSOR/B.HOR.S.SECO 8"X6" AH B.WARMAN - ALTO CROMO	2	2	te	08/Mar	20/Abr	M	21,8
P1	0178-22	40	POLEA DE.14 1/2" 5 CANALES P/FAJA C	2	2	te	21/Feb	25/Abr	M	25,06
P6	0228-22	50	BASTIDOR /B.HOR.S.SECO 8"X6" AH B.WARMAN	2	2	te	08/Mar	20/Abr	M	30,52
P13	0251-22	70	BASTIDOR SELLO AGUA/B.HOR.S.SECO 6"X4" EAH - NIHARD	3	3	te	14/Mar	22/Abr	M	31,05
P17	0251-22	260	BASTIDOR SELLO AGUA/B.HOR.S.SECO 6"X4" EAH - NIHARD	3	3	te	14/Mar	25/Abr	M	31,05
P2	0219-22	10	SOPORTE CILINDRICO/B.HOR.S.HUM.F2- 3"X3" / 4"X3" - FE. FUND.	4	4	te	03/Mar	01/Abr	M	34,04
P29	0265-22	30	CABEZAL /HIDROCICLON D10B	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M	34,88
P3	0219-22	20	EJE /B.HOR.S.HUM.F3-5"X4" / 5"X5" - AC. VCL	4	4	te	03/Mar	15/Abr	M	39,4
P43	0312-22	20	EXPULSOR/B.HOR.S.SECO 8"X6" AH B.WARMAN - ALTO CROMO	4	4	te	31/Mar	02/May	M	43,6
P30	0265-22	20	TAPA DEL CABEZAL/HIDROCICLON ESP.D10B	8	8	te	17/Mar	29/Abr	M-G	58,16
P44	0312-22	30	BASTIDOR /B.HOR.S.SECO 8"X6" AH B.WARMAN	4	4	te	31/Mar	02/May	M	61,04

Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a asignar los trabajos en cada máquina disponible, desde el que demanda menor tiempo hasta el que demanda más tiempo de fabricación. Esto se

hace de forma repetitiva hasta alcanzar el límite de capacidad diario por máquina. Por ejemplo, al copar la capacidad diaria del tono 1, se procede a asignar trabajos en el torno 2. Una vez copada la capacidad diaria del torno 2, se prosigue con la siguiente máquina y, así respectivamente hasta copar la capacidad diaria de todas las máquinas.

Luego de ello, se vuelve a programar desde el torno 1 hasta copar la capacidad del segundo día. Se repite el mismo procedimiento hasta culminar con la asignación de trabajos o hasta copar la capacidad total de la planta.

Para efectos de planificación de producción en la empresa en estudio, se asignó la carga, según lo mostrado en la Figura 13.

Tabla 25

Carga pendiente de asignación en máquina.

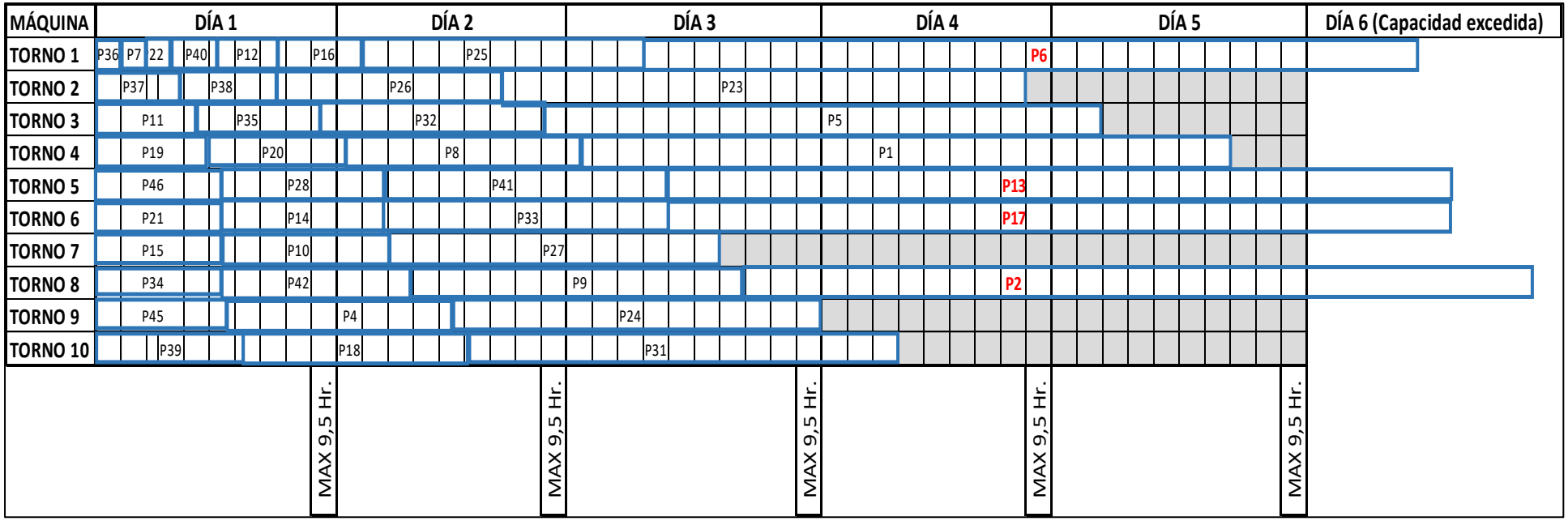
Asignación de carga en Máquina

Máquina	Horas requeridas	Cant. Dias
TORNO 1	55,16	6
TORNO 2	55,07	6
TORNO 3	57,17	7
TORNO 4	64,47	7
TORNO 5	60,48	7
TORNO 6	67,88	8
TORNO 7	74,4	8
TORNO 8	93,06	10
TORNO 9	97,08	11
TORNO 10	39,86	5

Nota. Elaboración propia.

Figura 13

Aplicación del método de gráficos de carga



Nota. Elaboración propia.

Una vez copada la capacidad disponible, se observa en la tabla 23, que nueve trabajos quedaron pendientes de asignación (marcados con letras rojas). Los cuáles entraron a la etapa de evaluación de fabricación en terceros.

En dicha evaluación, se analiza que el costo cotizado por el tercero no supere al costo real de fabricación en la planta de la empresa. Contando con dicha confirmación, se procede a tercerizar la fabricación requerida.

Con las mejoras planteadas en el nuevo proceso de planificación de la producción, el cumplimiento promedio de AOC dentro de fecha de vencimiento queda incrementado en 29%, según los escenarios simulados en el software Bizagi Process Modeler.

Tabla 26

Comparativa de cumplimientos de AOC entre aplicación de mejoras.

Mes	Cantidad de AOC nuevas	Cantidad de AOC fabricadas antes de las mejoras	Cumplimiento de AOC antes de las mejoras	Cantidad de AOC fabricadas después de las mejoras	Cumplimiento de AOC después de las mejoras	Variación porcentual
Abr-21	82	73	29%	78	54%	25%
May-21	101	85	29%	95	57%	27%
Jun-21	89	77	18%	83	55%	37%
Jul-21	97	81	22%	91	56%	34%
Ago-21	110	93	24%	105	54%	31%
Set-21	112	97	23%	107	53%	31%
Oct-21	132	118	26%	130	51%	24%
Nov-21	131	115	27%	127	51%	24%
Dic-21	82	73	25%	78	54%	29%
Ene-22	102	92	22%	97	57%	35%
Feb-22	128	108	29%	123	51%	23%
Mar-22	94	79	22%	88	56%	34%
Total	105	91%	25%	100.00	54%	29%

Nota. Elaboración propia.

5.2.2. Alternativa de mejora para los procesos de fabricación.

Tal y como se había observado en la Figura 5, el único proceso cuyo tiempo de ciclo superaba al Takt Time, era le proceso de mecanizado. Por ello, en la tabla 26. Se plantean el uso de herramientas Lean que lograrán disminuir su tiempo de ciclo.

Tabla 27

Tiempo de ciclo VS Takt time

Proceso	TC (min)	TKT (min)	Objetivo	Acciones a tomar
Mecanizado	**637.5**	**534,3**	**Disminuir el tiempo de ciclo**	**DAP, SMED Y VSM futuro**
Caderería	422.9	534,3		
Revestido	375	534,3		
Ensamblado	255	534,3		
Pintado	141.7	534,3		

Como primer paso, se desarrolla el DAP disgregando el proceso de mecanizado en 23 operaciones consecutivas, las cuales son mostradas en la Figura 14.

Figura 14

DAP mecanizado.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO					OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO						
Objeto: REPUESTOS PARA BOMBA					**RESUMEN**						
Actividad: MECANIZADO					Método: ACTUAL						
	DESCRIPCIÓN	**C**	**D (m)**	**T (min)**	**SIMBOLO**						**Observaciones**
					○	⇨	D	□	▽	⬡	
1	Recepcionar hoja de ruta y plano			2					X		
2	Set up de torno			40	X						
3	Posicionar cuchilla de desbaste			4	X						
4	Desbastar material			17	X						
5	Verificar estado de la superficie del repuesto			2				X			
6	Desmontar repuesto del torno			4	X						
7	Voltear material			4	X						
8	Desbastar material			17	X						
9	Verificar estado de la superficie del repuesto			1				X			
10	Posicionar cuchilla de acabado			3	X						
11	Dar acabado al repuesto en torno			33	X						
12	Tornear y verificar ajustes del repuesto			18						X	
13	Desmontar repuesto del torno			2,5	X						
14	Voltear material			4	X						
15	Dar acabado al repuesto en torno			33	X						
16	Tornear y verificar ajustes del repuesto			18						X	
17	Biselar los filos del repuesto			5	X						
18	Limpiar superficialmente el repuesto con aceite			5	X						
Total				212,5	11	0	0	02	01	02	**16**

Nota. Elaboración propia.

Se observa en la Figura que el tiempo de mecanizado para un repuesto de hidrociclón, es de aproximadamente 4 horas. Asimismo, el 83% de las operaciones que intervienen en el proceso de mecanizado, son operativas. El otro 17% se divide entre las actividades de transporte, verificación y esperas por almacenaje.

Una vez estructurado el DAP, se procede con la identificación de las operaciones que demandan mayor tiempo, dentro de las cuales se identificaron a las siguiente:

Tabla 28

*Operaciones críticas durante el mecanizado***.**

Operación	Tiempo (min)
Set up de torno	40
Desbastar material	17
Desbastar material	17
Dar acabado en torno	33
Dar acabado en torno	33

Nota. Elaboración propia.

De las operaciones mostradas en el cuadro anterior, se observa que la más demandante de tiempo es “set up de torno”. Es por ello, que en esta operación se buscará la mejora orientada a la reducción de tiempos. Como parte de la optimización del tiempo de mecanizado, se propone la reducción de tiempos o la eliminación de las actividades que no generan valor al proceso.

Debido a que la operación seleccionada para análisis consiste en la preparación de una máquina para cambiar el formato de trabajo a realizar, la solución del problema será ejecutada mediante la aplicación de la metodología SMED (Single-minute Exchange of Die). Esta herramienta Lean tiene como objetivo reducir el tiempo de preparación de una máquina para el cambio del formato de trabajo o, en este caso repuesto, a un lapso menor a los 10 minutos. Es decir, asegurar este tiempo en un tiempo en minutos de un solo dígito.

Esta metodología consta de seis pasos, los cuales son desarrollados a continuación.

Set up de torno.

Para este primer paso se requiere la identificación de los productos y máquinas a utilizar. Los cuales ya fueron detallados en los gráficos 4 y X1. Asimismo, se requiere la identificación de las actividades de preparación para el cambio de repuesto, preexistentes. Las cuales son mostradas en la tabla 29.

Tabla 29

Set up del proceso de torneado.

Set up de tomo
Apagar tomo
Retirar torreta
Aflojar mordazas
Desmontar material de trabajo A Limpieza del carro del tomo
Retiro de rebana
Lectura previa del plano
Dirigirse a casillero de herramientas Buscar herramientas
Dirigirse al tomo
Instalar herramientas en la torreta
Limpiar las mordazas
Buscar material de trabajo B
Medir material B con el calibrador
Montar material B en el torno Ajustar las mordazas
Dirigirse al almacén del área
Solicitar reloj comparador
Dirigirse al tomo
Centrar pieza con el reloj comparador
Realizar ajustes del torno
Encender torno

Nota. Elaboración propia.

Esta operación consta de 22 actividades, las cuales fueron identificadas posterior a una medición de tiempos. La cual será mostrada líneas abajo.

Posterior a esta identificación de actividades, se requiere de la formación de un equipo de medición SMED, el cual se encargará de la medición del proceso, muestreo e identificación de las actividades involucradas en el cambio de formato del mecanizado. Para ello se contó con la participación de: jefe de Producción, jefe de planta Maestranza, Operario de mecanizado 1, Operario de mecanizado 2, jefe de PCP.

Análisis de la actividad en estudio.

En esta etapa, se llevó a cabo el estudio de métodos de proceso a analizar. Se realizaron 25 mediciones en días distintos, todo esto a cargo del equipo SMED.

A continuación, se muestran los resultados de las 25 mediciones realizadas.

Tabla 30

Medición de tiempos para el set up.

Set up de tomo	ACTUAL																										
	Distancia (m)	Tiempo (seg)	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	16T	17T	18T	19T	20T	21T	22T	23T	24T	25T
Apagar tomo		21,4	30	24	10	28	18	22	20	21	24	17	20	26	30	23	15	19	19	21	20	20	30	23	15	19	15
Retirar torreta		66,7	66	64	64	69	66	65	61	69	72	66	65	67	73	61	68	71	65	62	68	72	72	60	64	70	72
Aflojar mordazas		122,6	103	125	137	118	106	132	173	130	112	107	108	102	98	126	139	111	93	141	144	119	130	137	144	108	108
Desmontar material de trabajo A		144,1	184	182	158	115	183	132	103	124	103	124	145	153	163	179	181	143	143	135	107	94	156	179	159	114	173
Limpieza del carro del tomo		88,3	86	106	64	79	100	91	74	67	93	75	75	75	104	84	117	115	77	85	99	87	83	122	67	93	89
Retiro de rebana		122,4	111	105	120	118	129	112	121	140	120	118	141	127	108	120	140	118	116	107	134	136	133	133	110	120	122
Lectura previa del plano		147,8	160	153	135	137	139	150	157	154	132	134	146	158	159	152	143	156	155	149	138	157	144	140	147	152	138
Dirigirse a casillero de herramientas	2	32,3	36	40	32	31	34	39	30	39	25	30	29	35	28	30	35	24	35	33	36	26	29	35	28	35	35
Buscar herramientas	2	55,9	57	64	47	55	61	42	46	65	50	47	65	57	68	63	49	49	48	51	48	66	55	57	68	63	49
Dirigirse al tomo	2	30,8	34	35	35	26	31	34	39	22	29	24	24	32	32	34	27	27	29	40	35	28	24	32	32	34	27
Instalar herramientas en la torreta		187,0	161	203	185	187	214	162	177	174	181	203	177	172	167	216	164	203	203	220	197	191	177	172	167	216	164
Limpiar las mordazas		78,0	66	74	76	80	89	90	88	63	78	75	82	65	75	77	69	75	83	80	74	76	90	89	85	73	71
Buscar material de trabajo B	10	42,8	36	38	39	42	50	48	33	40	41	48	39	46	49	42	38	49	42	42	47	40	38	46	49	42	38
Medir material B con el calibrador		158,4	165	153	179	138	120	134	121	168	133	125	176	208	158	144	135	196	174	193	168	135	206	205	138	129	163
Montar material B en el torno		183,7	195	218	202	148	161	195	167	187	206	187	172	224	174	197	145	184	211	212	155	196	157	201	156	159	205
Ajustar las mordazas		57,9	64	62	52	69	55	56	64	54	50	66	59	60	61	63	47	55	57	53	62	49	52	69	55	56	64
Dirigirse al almacén del área	10	74,2	63	62	74	87	76	67	63	67	72	82	66	83	84	60	71	81	73	74	85	87	74	87	76	67	63
Solicitar reloj comparador	10	95,8	80	114	102	79	90	99	106	108	94	107	112	86	86	90	83	99	79	95	87	86	114	100	101	102	85
Dirigirse al tomo	10	74,5	66	66	67	65	86	82	78	63	77	68	84	85	71	69	82	74	81	81	82	62	67	65	86	82	78
Centrar pieza con el reloj comparador		508,4	564	474	530	469	516	502	522	548	493	536	585	455	527	544	473	527	485	477	496	505	531	456	498	489	473
Realizar ajustes del torno		93,7	101	63	126	69	68	98	91	124	73	124	120	63	61	108	105	126	69	109	115	95	80	61	110	89	96
Encender torno		10,1	7	12	7	11	13	13	13	11	10	7	13	8	9	8	8	11	15	12	8	14	7	13	8	5	8

Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior se determinan los tiempos promedio de cada una de las 23 actividades intervinientes en el proceso a analizar y, se determina el tiempo promedio del cambio de repuestos en torno, el cual es 40 minutos.

Separación de actividades internas y externas.

En esta etapa de la metodología SMED, el equipo analizó cada una de las 23 actividades para poder clasificarlas en externas, que son aquellas que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento; e internas, que son aquellas que requieren de la parada de la máquina para poder realizarse. En la tabla 26 se muestra la clasificación de actividades.

Tabla 31

Primera clasificación de actividades

Set up de torno	Distancia (m)	Escenario actual tiempo (seg)	Tipo
Apagar tomo	-	19,9	Interno
Retirar torreta	-	57,5	Interno
Aflojar mordazas	-	183,9	Interno
Desmontar material de trabajo A	-	257,3	Interno
Limpieza del carro del tomo	-	63,0	Interno
Retiro de rebana	-	127,5	Externo
Lectura previa del plano	-	128,1	Interno
Dirigirse a casillero de herramientas	2	30,1	Interno
Buscar herramientas	2	54,2	Interno
Dirigirse al tomo	2	30,9	Interno
Instalar herramientas en la torreta	-	261,3	Interno
Limpiar las mordazas	-	25,4	Interno
Buscar material de trabajo B	10	41,0	Externo
Medir material B con el calibrador	-	92,7	Externo
Montar material B en el torno	-	192,6	Interno
Ajustar las mordazas	-	57,2	Interno
Dirigirse al almacén del área	10	73,9	Interno
Solicitar reloj comparador	10	57,0	Interno
Dirigirse al tomo	10	74,5	Interno
Centrar pieza con el reloj comparador	-	503,8	Interno
Realizar ajustes del torno	-	51,2	Interno
Encender torno	-	10,3	Interno

Nota. Elaboración propia.

A partir de la información de la tabla 20, se presente la contabilización de las actividades determinadas como internas y externas en la operación de set up.

Tabla 32

Totalización de actividades del set up.

Tipo	Cantidad	Porcentaje (%)
Interna	19	86%
Externo	3	14%

Nota. Elaboración propia.

Transformación de actividades internas en externas.

En este paso lo que se busca es que la cantidad de actividades externas sea la mayor posible, para no perder tiempos de mecanizado en el cambio de repuesto y, de esta forma aumentar el tiempo de producción efectivo en el área de mecánica. Posterior al análisis realizado con el equipo SMED, se volvió a clasificar cada actividad con las propuestas de solución para la transformación de las actividades internas en externas.

Tabla 33

*Segunda clasificación de actividades***.**

Set up de torno	Escenario actual Tipo	Escenario propuesto Tipo
Apagar tomo	Interno	Interno
Retirar torreta	Interno	Interno
Aflojar mordazas	Interno	Interno
Desmontar material de trabajo A	Interno	Interno
Limpieza del carro del tomo	Interno	Externo
Retiro de rebana	Externo	Externo
Lectura previa del plano	Interno	Externo
Dirigirse a casillero de herramientas	Interno	Externo
Buscar herramientas	Interno	Externo
Dirigirse al tomo	Interno	Externo
Instalar herramientas en la torreta	Interno	Interno
Limpiar las mordazas	Interno	Interno
Buscar material de trabajo B	Externo	Externo
Medir material B con el calibrador	Externo	Externo
Montar material B en el torno	Interno	Interno
Ajustar las mordazas	Interno	Interno
Dirigirse al almacén del área	Interno	Interno
Solicitar reloj comparador	Interno	Interno
Dirigirse al tomo	Interno	Interno
Centrar pieza con el reloj comparador	Interno	Interno
Realizar ajustes del torno	Interno	Interno
Encender torno	Interno	Interno

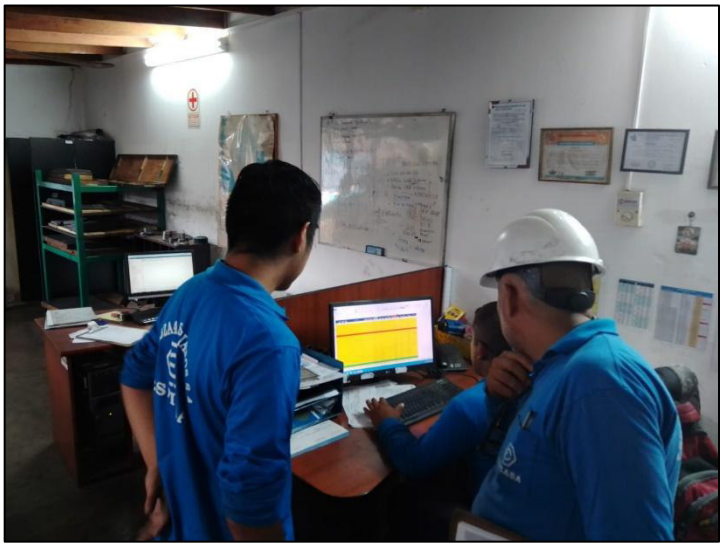
Nota. Elaboración propia.

Se observa que son cinco las actividades que serán transformadas de internas a externas. Lo cual se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Limpieza del carro del torno: Se transformó a actividad externa mediante el uso de brochas Tumi Nro 4, esto permitió que la limpieza de la bancada pueda realizarse sin la necesidad de apagar el torno. Además, el tiempo de limpieza se redujo hasta los 62 segundos en promedio.
- Lectura previa de plano: Se decidió como parte del procedimiento de mecanizado, que el torno se mantenga prendido durante la lectura inicial del plano de fabricación. Esto fue aprobado por el jefe de producción. Asimismo, con la adquisición de una enmicadora térmica para los planos impresos, el tiempo de esta actividad se redujo hasta los 90 segundos. El proceso de implementación de la mejora queda evidenciado en la Figura 15.

Figura 15

Segunda mejora SMED



Nota. Elaboración propia.

- Dirigirse al casillero de herramientas, buscar herramientas y dirigirse al torno: Estas tres actividades se convierten en externas con la ubicación de las herramientas de corte y portaherramientas en las gavetas de cada tornero, facilitando así la rápida ubicación y transporte de herramientas sin la necesidad de apagar la máquina.

Con ello, el tiempo total de las 3 actividades, inicialmente medido en 119 segundos, quedó reducido a 32 segundos. El proceso de implementación de la mejora queda evidenciado en la Figura 16.

Figura 16

Tercera mejora SMED



Nota. Elaboración propia.

Reducción de tiempos en actividades internas.

- Dirigirse al almacén del área, solicitar reloj comparador y dirigirse al torno: Estas tres actividades quedan reducidas al tiempo total de 35 segundos, debido a que se adquirieron relojes comparadores para cada operario de torno. Eliminando así dos de las tres actividades englobadas en este ítem. Además, la actividad de solicitar el reloj comparador queda reducida en 60 segundos debido a que esta herramienta ahora pertenece a cada torno.
- Instalar herramientas en la torreta: Esta actividad se vio afectada con una reducción significativa del tiempo con la compra de nuevos porta herramientas para cada torno, facilitando así que se tengan ya preinstaladas las cuchillas en cada portaherramientas. Con ello, simplemente la actividad se ve reducida a la instalación de la portaherramientas en la torreta. Quedando con un tiempo medio de 64 segundos.

Asimismo, con la información obtenida en la tabla 27, se procedió con la adquisición de nuevas cuchillas para torneado. Esto con la finalidad de obtener una mejora integral en todo el proceso de torneado. Inicialmente los tornos de la empresa en estudio trabajaron con

pastillas de corto de acero fundido, las cuales fueron cambiadas por placas carburadas, junto a sus respetivos porta herramientas.

Posterior a las mejoras aplicadas en las distintas operaciones dentro del proceso de torneado, el DAP final quedó según la Figura 17.

Figura 17

DAP final del proceso de mecanizado.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO							
Objeto: REPUESTOS PARA BOMBA				RESUMEN							
Actividad: MECANIZADO				Método: ACTUAL							
	DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO						Observaciones
					○	⇨	D	□	▽	⬡	
1	Recepcionar hoja de ruta y plano			2					X		
2	Set up de torno			30	X						
3	Posicionar cuchilla de desbaste			4	X						
4	Desbastar material			15	X						
5	Verificar estado de la superficie del repuesto			2				X			
6	Desmontar repuesto del torno			4	X						
7	Voltear material			4	X						
8	Desbastar material			15	X						
9	Verificar estado de la superficie del repuesto			1				X			
10	Posicionar cuchilla de acabado			3	X						
11	Dar acabado al repuesto en torno			20	X						
12	Tornear y verificar ajustes del repuesto			18						X	
13	Desmontar repuesto del torno			2,5	X						
14	Voltear material			4	X						
15	Dar acabado al repuesto en torno			20	X						
16	Tornear y verificar ajustes del repuesto			18						X	
17	Biselar los filos del repuesto			5	X						
18	Limpiar superficialmente el repuesto con aceite			5	X						
	Total			172,5	11	0	0	02	01	02	16

Nota. Elaboración propia.

Al realizar la comparación entre el proceso de mecanizado antes y posterior a la aplicación de la metodología SMED, se puede observar que la reducción en tiempos es del 18.82% en base el estado inicial. Esto se muestra tabla 22.

Tabla 34

Tiempo de proceso de mecanizado antes y después de mejora.

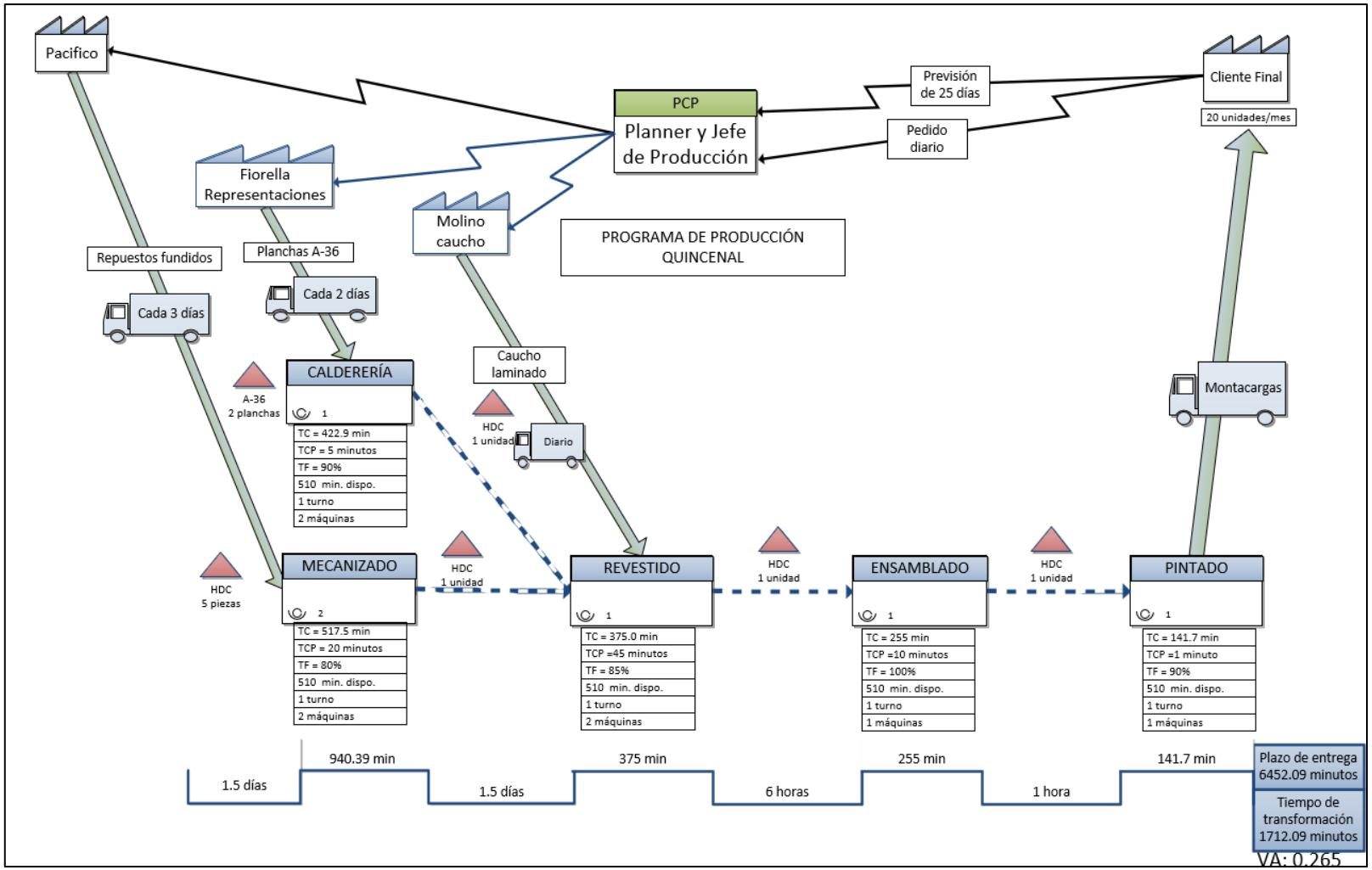
Tiempo de mecanizado antes de la mejora (min)	Tiempo de mecanizado después de la mejora	Variación (min)	Variación (%)
212,5	172,5	40	18,8%

Nota. Elaboración propia.

Con la disminución del tiempo total de mecanizado. Se procedió con la elaboración del VSM futuro y la corroboración de que cada proceso demanda un tiempo que se encuentre por debajo del Takt Time.

Figura 18

Mapa de la cadena de valor futuro



Nota. Elaboración propia.

Seguimiento.

En cuanto a las actividades de seguimiento de la metodología implementada, se plantearon reuniones quincenales con el equipo a cargo para el aseguramiento del cumplimiento de las mejores planteadas y para la identificación de nuevas oportunidades de mejora.

Acto seguido, se procedió a evaluar los tiempos estándar de cada una de las familias de productos señalados en la tabla 17, contando ya con una reducción del 18,82% en el tiempo de mecanizado. Dichos valores presentados en la tabla 34.

Tabla 35

Tiempos de fabricación de equipos (en horas) después de las mejoras.

Equipo	Mecanizado	Caderería	Revestido	Ensamblado	Pintado	Total
Bomba Horizontal Sello Húmedo	8,6	7,0	6,3	4,3	2,4	28,5
Bomba Horizontal Sello seco	8,6	7,0	6,3	4,3	2,4	28,5
Bomba Horizontal Transformada	8,3	7,0	6,3	4,3	2,4	28,2
Bomba Vertical	6,9	8,0	7,2	3,8	2,4	28,2
Hidrocición	5,2	6,0	6,3	2,0	1,0	20,5
Válvula Pinch	5,2	0,0	3,0	1,0	1,0	10,2

Nota. Elaboración propia.

5.2.3. Alternativa de mejora para el clima laboral

Con la finalidad de mejorar el clima laboral de la empresa, se tomaron las 4 afirmaciones que presentaron los valores medios más bajos, los cuales se muestran en la tabla 35.

Tabla 36

Media por ítem de la encuesta inicial

ITEM	AFIRMACIÓN	MEDIA (n=70)
P1	En mi jornada laboral tengo suficientes momentos de descanso	2,60
P2	Mi lugar de trabajo se encuentra bien ventilado	2,47
P3	Mi lugar de trabajo dispone siempre de una temperatura adecuada	2,24
P4	Cuento con los recursos suficientes (materiales, equipos, etc.) para desarrollar mi trabajo	2,20
P5	No existen riesgos físicos en mi puesto de trabajo	2,46
P6	Cuando mi trabajo no está bien hecho recibo duras criticas	2,17
P7	Me permite una formación continua	2,74
P8	Existen oportunidades de promoción	2,39
P9	Estoy satisfecho con mi sueldo	2,20
P10	Tengo suficientes períodos de descanso v vacaciones	2,54
P11	Mis supervisores saben cómo dirigir el trabajo para pue sea eficaz	2,50
P12	Mis supervisores tienen un perfecto manejo de las dificultades técnicas pue se presentan.	2,61
P13	Recibo el apoyo de mis supervisores en diversas situaciones	2,70
P14	Entre los supervisores y el personal existe una comunicación fluida	2,63
P15	Se me permite dar sugerencias para mejoras en el área	2,56
P16	Entre los compañeros de trabajo existe una sana competencia	2,61
P17	Entre los compañeros hay apoyo ayuda	2,69
P18	Entre el personal existe una comunicación fluida	2,80
P19	La relación con los compañeros fuera del trabajo	2,64
P20	Colaboración ante problemas de índole personal entre compañeros	2,57

A continuación, las mejoras aplicadas:

Afirmación 3. Mi lugar de trabajo dispone siempre de una temperatura adecuada

Esta afirmación contó con 20 valorizaciones (18%) de Nada Satisfecho y con 10 valorizaciones (36%) de Baja Satisfacción. Sumando un total de 54% de satisfacción con valor negativo.

Para ello se coordinó la adquisición con el área de administración y finanzas de la empresa en estudio, la adquisición de ventiladores, los cuales fueron instalados sobre cada estación de trabajo. La razón por la cual se optó por este producto, fue que el motivo que causaba la gran mayoría de las quejas por parte los operarios, era el excesivo calor que se percibía en los meses de verano y primavera. Con la compra e instalación general de los ventiladores en cada estación, se podrá satisfacer a la gran mayoría de trabajadores en este factor específico.

Tabla 37

Estado situacional de ventiladores instalados en planta.

Planta	Estaciones de trabajo	Ventiladores existentes (und)	Ventiladores requeridos (und)	Pendiente de adquisición (und)
Maestranza	13	3	6	3
Calderería	10	2	5	3
Caucho	16	3	8	5
Granallado	5	0	3	3
Molino	3	1	2	1
Total	47	9	24	15

Nota. Elaboración propia.

Tabla 38

Cronograma bimestral de adquisición e instalación de ventiladores

Periodo	Cantidad a adquirir (und)	Pendientes de adquisición (und)
Jun-Jul/22	3	12
Ago-Set/22	4	8
Oct-Nov/22	4	4
Dic/22-Ene/23	4	0

Nota. Elaboración propia.

Afirmación 4. Cuento con los recursos suficientes (materiales, equipos, etc.) para desarrollar mi trabajo.

Esta afirmación contó con 15 valorizaciones (27%) de Nada Satisfecho y con 19 valorizaciones (34%) de Baja Satisfacción. Sumando un total de 61% de satisfacción con valorización baja.

Para ello se abordó la solución en dos frentes: equipos de protección personal (EPP) y herramientas de trabajo. En cuanto a la adquisición de EPP, se procedió con la renovación general de equipos según cronograma desarrollado con el área de logística, para que la este proceso se lleve de forma gradual según las áreas productivas que lo requieran.

Tabla 39

Cronograma de reposición general de EPP completo para el personal.

	Cronograma de adquisición de kits completos de EPP nuevos						
Planta	**Jun-22**	**Jul-22**	**Ago-22**	**Set-22**	**Oct-22**	**Nov-22**	**Cantidad de colaboradores**
Maestranza	3	3	3	3	3	3	18
Calderería	2	2	2	2	2	2	12
Caucho	4	4	4	4	4	4	24
Granallado	2	2	2	2	2	2	12
Molino	1	1	1	1	0	0	4
Total	12	12	12	12	11	11	70

Nota. Elaboración propia.

Para el caso de las herramientas de trabajo, se planteó la revisión general de herramientas de poder, en colaboración con el área de mantenimiento y de seguridad. Posterior a ello se procedió con la adquisición de herramientas de poder faltantes según la necesidad de cada área productiva. Tales como: rectificadores, esmeriles, llaves de impacto, entre otras.

Tabla 40

Estado situacional de herramientas de poder.

Equipo	**Existentes**	**Existentes por mantenimiento**	**Pendientes de compra**
Amoladora	5	3	6
Rectificadora	3	3	3
Pistola de impacto	1	1	6
Total	9	7	15

Nota. Elaboración propia.

Tabla 41

Cronograma trimestral de adquisición de herramientas de poder.

Equipo	**Existentes y habilitadas**	**Pendientes de compra**	**Cronograma de adquisiciones de herramientas de poder**		
			Jun-Ago/22	**Set-Nov/22**	**Dic/22-Feb/23**
Amoladora	5	6	2	2	2
Rectificadora	3	2	1	1	1
Pistola de impacto	1	5	2	2	2
Total	9	13	5	5	5

Nota. Elaboración propia.

Tabla 42

Cronograma trimestral de mantenimiento de herramientas de poder.

Equipo	Existentes y habilitadas	Existentes por mantenimiento	Cronograma de adquisiciones de herramientas de poder	
			Jun-Ago/22	Set-Nov/22
Amoladora	5	3	2	1
Rectificadora	3	3	1	2
Total	8	8	3	3

Nota. Elaboración propia.

Afirmación 6. Cuando mi trabajo no está bien hecho recibo duras críticas.

Esta afirmación contó con 22 valorizaciones (39%) de Nada Satisfecho y con 10 valorizaciones (18%) de Baja Satisfacción. Sumando un total de 57% de satisfacción con valor negativo.

Para ello se planteó establecer un reconocimiento en cada planta productiva, el cual fue llamado “Trabajador del mes”, con ello se hizo de vista pública el reconocimiento al trabajador que obtuvo mejores resultados, que demostró un mayor compromiso con las metas establecidas por la empresa, entre otras cosas.

Esto generó una especie de competencia sana y despertó el interés de cada trabajador en mejorar sus resultados en el trabajo, con la finalidad de ser reconocidos a nivel general de la empresa. De la mano, se planteó que este reconocimiento sea otorgado junto a un vale de consumo en algunas tiendas en específico

Con la implementación realizada, la satisfacción laboral relacionada al reconocimiento de los logros del trabajador, debería verse incrementada.

Afirmación 9. Estoy satisfecho con mi sueldo

Esta afirmación contó con 18 valorizaciones (32%) de Nada Satisfecho y con 21 valorizaciones (38%) de Baja Satisfacción. Sumando un total de 70% de satisfacción con valor negativo.

Para ello se planteó la regularización general de los salarios en el área de producción. Este proceso de regularización de salarios se inició con la evaluación del personal ejecutada por los jefes de cada área productiva. Acto seguido, se llevó a cabo la revisión de dichas

evaluaciones por parte de la Jefatura y Gerencia de Producción, la cual tuvo como entregable el informe general de evaluación de personal emitida a la Gerencia General.

Aprobado dicho informe por parte de la Gerencia General se hizo de conocimiento de todo el personal la regularización general de salarios

5.3. Contrastación de hipótesis:

5.3.1. Contrastación de hipótesis general:

Los sistemas de producción varían según el tipo de empresa y el rubro en el que se desempeñe. Asimismo, se precisa que todo sistema tendrá más oportunidades de mejora en el tiempo, basándose en nuevas necesidades que presente la organización y de la mano con nuevas herramientas y tecnologías de las que se disponga en el mercado.

Para el presente trabajo de investigación se considera que la mejora del sistema productivo repercutirá positivamente en la productividad de la empresa. Por lo cual se planteó la hipótesis general:

- Hi: Mejorando el sistema productivo, aumentará la productividad en una empresa metalmecánica.

La mejora del sistema productivo permitió que se pudieran fabricar 111 AOC más, en el mismo periodo de análisis y con la misma disponibilidad de horas máquina. Por lo que la productividad se ha visto aumentada en 10%.

Tabla 43

Comparativo de productividad antes VS después de la mejora.

Mes	**Tiempo Disponible (dias)**	**Cantidad de AOC fabricadas antes de las mejoras**	Productividad antes (AOC/día)	**Cantidad de AOC fabricadas después de las mejoras**	Productividad después (AOC/día)	**Variación de la productividad (AOC/día)**	**Variación porcentual de la productividad**
Abr-21	22	73	3,32	78	3.55	0.23	7%
May-21	22	85	3,86	95	4.32	0.45	12%
Jun-21	22	77	3,50	83	3.77	0.27	8%
Jul-21	22	81	3,68	91	4.14	0.45	12%
Ago-21	22	93	4,23	105	4.77	0.55	13%
Set-21	22	97	4,41	107	4.86	0.45	10%
Oct-21	22	118	5,36	130	5.91	0.55	10%
Nov-21	22	115	5,23	127	5.77	0.55	10%
Dic-21	22	73	3,32	78	3.55	0.23	7%
Ene-22	22	92	4,18	97	4.41	0.23	5%
Feb-22	22	108	4,91	123	5.59	0.68	14%
Mar-22	22	79	3,59	88	4.00	0.41	11%
Total		1091	4,13	1202	4.55	0.42	10%

Nota. Elaboración propia.

Prueba de normalidad para la productividad antes y después de las mejoras.

Con la finalidad de someter a los resultados de productividad a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Shapiro-Wilk a los resultados mensuales que cuentan con tamaño n=12. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La productividad antes y después de las mejoras, sigue una distribución normal.
- Hi: La productividad antes y después de las mejoras, no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,196 (antes) y 0,236 (después)

Con un p-valor mayor a 0,05, se procede a aceptar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la productividad, tanto antes como después de las mejoras, se ajusta a una distribución normal.

Tabla 44

Prueba de normalidad para la productividad.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	,907	12	,196
Después	,913	12	,236

*. Esto es un límite inferior de la significación
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia.

Aplicación del estadístico t-student para muestras relacionadas.

Tomando en consideración los valores tabulados en la tabla 42, se determina que las medias productividad antes y después de las mejoras, son 4,13 y 4,55, respectivamente.

Para poder afirmar que la productividad posterior a las mejoras es mayor que la productividad antes de ellas y, considerando que los valores, en ambos escenarios se distribuyen según una curva normal (son paramétricas), se opta por la aplicación de la prueba t-student para muestras relacionadas, para la cual se proponen las siguientes dos hipótesis:

- H0: La productividad antes y después de las mejoras, no difieren significativamente.
- Hi: La productividad antes y después de las mejoras, difieren significativamente.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello y, considerando que la media de productividad después de las mejoras es mayor que la productividad antes de ellas se puede determinar que la Productividad se ve incrementada con la aplicación de las mejoras.

Tabla 45

T-student para muestras relacionadas aplicada a la productividad.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Antes Después	-,42083	,15024	,04337	-,51629	-,32538	-9,703	11	,000

Nota. Elaboración propia.

5.3.2. Contrastación de hipótesis específica 1.

Para este caso se considera que, determinando un adecuado proceso de planificación de la producción, aumentará el nivel de productividad de la organización. Por lo cual se planteó la primera hipótesis específica:

- Hi: Determinando un proceso adecuado de planificación, la productividad de la organización aumentará.

Un adecuado proceso de planificación de la producción le permite a la empresa en estudio, llevar un control adecuado de su capacidad de producción. Y, con ello optar por opciones en paralelo como la tercerización.

Tabla 46

Comparativo de cumplimiento de AOC antes VS después de las mejoras.

Mes	Cumplimiento de AOC antes de las mejoras	Cumplimiento de AOC después de las mejoras	Variación porcentual
Abr-21	29%	54%	25%
May-21	29%	57%	27%
Jun-21	18%	55%	37%
Jul-21	22%	56%	34%
Ago-21	24%	54%	31%
Set-21	23%	53%	31%
Oct-21	26%	51%	24%
Nov-21	27%	51%	24%
Dic-21	25%	54%	29%
Ene-22	22%	57%	35%
Feb-22	29%	51%	23%
Mar-22	22%	56%	34%
Total	25%	54%	29%

Nota. Elaboración propia.

Prueba de normalidad para el cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras.

Con la finalidad de someter a los resultados de cumplimiento de AOC a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Shapiro-Wilk a los resultados mensuales que cuentan con tamaño n=12. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: El cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras, sigue una distribución normal.
- Hi: El cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras, no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,613 (antes) y 0,256 (después)

Con un p-valor mayor a 0,05, se procede a aceptar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que el cumplimiento de AOC, tanto antes como después de las mejoras, se ajusta a una distribución normal.

Tabla 47

Prueba de normalidad para el cumplimiento de AOC.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	,948	12	,613
Después	,916	12	,256

*. Esto es un límite inferior de la significación

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia.

Aplicación del estadístico t-student para muestras relacionadas.

Tomando en consideración los valores tabulados en la tabla 45, se determina que las medias de cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras, son 25% y 54%, respectivamente.

Para poder afirmar que el cumplimiento de AOC posterior a las mejoras es mayor que el cumplimiento de AOC antes de ellas y, considerando que los valores, en ambos escenarios se distribuyen según una curva normal (son paramétricas), se opta por la aplicación de la prueba t-student para muestras relacionadas, para la cual se proponen las siguientes dos hipótesis:

- H0: El cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras, no difieren significativamente.
- Hi: El cumplimiento de AOC antes y después de las mejoras, difieren significativamente.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello y, considerando que la media de cumplimiento de AOC después de las mejoras es mayor que el cumplimiento de AOC antes de ellas, se puede determinar dicho indicador del proceso de planificación de la producción se ve incrementado con la aplicación de las mejoras.

Tabla 48

T-student para muestras relacionadas aplicada a el cumplimiento de AOC.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Antes Después	-,29497	,04862	,01404	-,32586	-,26408	-21,017	11	,000

Nota. Elaboración propia.

5.3.3. Contrastación de la hipótesis específica 2.

Para este caso se considera que la mejora de los procesos de fabricación incrementará la productividad de la organización, para lo que se planteó la siguiente hipótesis específica:

Hi: La productividad de la organización aumentará con la mejora de los procesos de fabricación.

Posterior a la aplicación de la herramienta SMED y la generación del VSM futuro, queda demostrado que el tiempo estándar de fabricación de los equipos que ofrece la organización en estudio, quedan reducidos según lo mostrado en la tabla 48.

Tabla 49

Variación de tiempo estándar de fabricación (en horas).

Equipo	Tiempo estándar antes de mejoras	Tiempo estándar después de mejoras	Variación de tiempos estándar	Variación (%)
Bomba Horizontal Sello Húmedo	30,5	28,2%	2,0	6,5%
Bomba Horizontal Sello seco	30,5	28,5%	2,0	6,5%
Bomba Horizontal Transformada	30,2	28,2%	1,9	6,4%
Bomba Vertical	29,8	28,2%	1,6	5,4%
Hidrocición	21,7	20,5%	1,2	5,6%
Válvula Pinch	11,4	10,2%	1,2	10,6%

Nota. Elaboración propia.

Prueba de normalidad para los tiempos estándar de fabricación antes y después de las mejoras.

Con la finalidad de someter a los tiempos estándar de los equipos a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Shapiro-Wilk a los

resultados mensuales que cuentan con tamaño n=6. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal.

Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: Los tiempos estándar de fabricación, antes y después de las mejoras, sigue una distribución normal.
- Hi: Los tiempos estándar de fabricación, antes y después de las mejoras, no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,010 (antes) y 0,007 (después)

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que los tiempos estándar de fabricación, tanto antes como después de las mejoras, no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 50

Prueba de normalidad para los tiempos estándar de equipos.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
ANTES	,720	6	,010
DESPUES	,705	6	,007

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia.

Aplicación del estadístico de Wilcoxon.

Para poder afirmar que los tiempos estándar después de las mejoras es menor que los tiempos estándar antes de ellas y, considerando que los tiempos calculados en ambos escenarios, no se distribuyen según una curva normal (no son paramétricas), se opta por la aplicación de la prueba de rangos de Wilcoxon, para la cual se proponen las siguientes dos hipótesis:

- H0: Los tiempos estándar antes y después de las mejoras, no difieren significativamente y no se ven reducidos.

- Hi: Los tiempos estándar antes y después de las mejoras, difieren significativamente y se ven reducidos.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor igual a 0,026 (menor a 0,05), se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello y, considerando que después de las mejoras hubo una reducción en los tiempos estándar de fabricación de los equipos, se puede determinar que los tiempos estándar se ven reducidos con la aplicación de las mejoras.

Tabla 51

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Después - Antes	Rangos negativos	6[a]	3,50	21,00
	Rangos positivos	0[b]	0,00	0,00
	Empates	0[c]		
	Total	6		

a. DESPUES < ANTES
b. DESPUES > ANTES
c. DESPUES = ANTES

Estadísticos de prueba[a]

	Después - Antes
Z	-2,232[b]
Sig. asintótica (bilateral)	,026

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos positivos.

Nota. Elaboración propia.

5.3.4. Contrastación de la hipótesis específica 3.

Satisfacción laboral por trabajador antes y después.

A continuación, se muestran los valores tabulados del grado de satisfacción laboral de cada uno de los 70 encuestados, haciendo la comparativa entre los valores obtenidos antes y después de las mejoras.

Tabla 52

Valores de satisfacción laboral de la muestra.

ENC.	ANTES	DESPUÉS	ENC.	ANTES	DESPUÉS	ENC.	ANTES	DESPUÉS	ENC.	ANTES	DESPUÉS	ENC.	ANTES	DESPUÉS
1	3	4	**15**	2	4	**29**	3	4	**43**	2	4	**57**	3	4
2	3	4	**16**	3	4	**30**	3	4	**44**	3	4	**58**	3	4
3	3	4	**17**	3	4	**31**	2	4	**45**	2	4	**59**	3	4
4	3	4	**18**	3	4	**32**	3	4	**46**	2	3	**60**	3	4
5	2	3	**19**	3	4	**33**	3	4	**47**	3	4	**61**	3	4
6	2	3	**20**	3	4	**34**	2	3	**48**	3	4	**62**	3	4
7	2	3	**21**	3	4	**35**	3	4	**49**	3	4	**63**	3	4
8	3	4	**22**	2	3	**36**	3	4	**50**	3	4	**64**	3	4
9	2	3	**23**	2	3	**37**	2	3	**51**	3	4	**65**	3	4
10	2	3	**24**	3	4	**38**	2	4	**52**	2	4	**66**	3	4
11	2	3	**25**	2	3	**39**	3	4	**53**	2	4	**67**	2	4
12	2	3	**26**	3	4	**40**	2	3	**54**	2	3	**68**	3	4
13	2	3	**27**	3	4	**41**	3	4	**55**	3	4	**69**	3	4
14	3	4	**28**	3	4	**42**	2	3	**56**	2	4	**70**	3	4

Nota. Elaboración propia.

Pruebas de normalidad para la satisfacción laboral antes de las mejoras.

Con la finalidad de someter a los resultados medidos de satisfacción laboral a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogórov-Smirnov a la totalidad de encuestados que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal. Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La satisfacción laboral de los colaboradores sigue una distribución normal.
- Hi: La satisfacción laboral de los colaboradores no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la satisfacción laboral antes de las mejoras, no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 53

Prueba de normalidad de la satisfacción laboral antes de las mejoras.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PT
N		70
Parámetros normales[a,b]	Media	2,5164
	Desviación estándar	,25090
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,125
	Positivo	,063
	Negativo	-,125
Estadístico de prueba		,125
Sig. asintótica (bilateral)		,009[c]

a. La distribución de prueba es normal.
b. Se calcula a partir de datos.
c. Corrección de significación de Lilliefors.

Nota. Elaboración propia.

Pruebas de normalidad para la satisfacción laboral después de las mejoras.

Con la finalidad de someter a los resultados medidos de satisfacción laboral a una prueba de normalidad, se hizo uso del software SPSS. Aplicando la prueba de Kolmogórov-Smirnov a la totalidad de encuestados que cuenta con tamaño n=70. El resultado de la prueba en mención determinará si el conjunto de datos analizado se ajusta a una distribución normal. Para este escenario se plantean las siguientes hipótesis:

- H0: La satisfacción laboral de los colaboradores sigue una distribución normal.
- Hi: La satisfacción laboral de los colaboradores no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia = 0,05.

p-valor = 0,00.

Con un p-valor menor a 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello, se concluye que la satisfacción laboral después de las mejoras, no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 54

Prueba de normalidad de la satisfacción laboral después de las mejoras.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PT
N		70
Parámetros normales[a,b]	Media	3,6750
	Desviación estándar	,26468
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,134
	Positivo	,134
	Negativo	-,065
Estadístico de prueba		,134
Sig. asintótica (bilateral)		,003[c]

a. La distribución de prueba es normal.
b. Se calcula a partir de datos.
c. Corrección de significación de Lilliefors.

Nota. Elaboración propia.

Aplicación del estadístico de Wilcoxon.

Tomando en consideración los valores tabulados en la tabla 51, se determina que las medias de satisfacción laboral antes y después de las mejoras, son 2.73 y 3.76, respectivamente.

Para poder afirmar que la satisfacción laboral posterior a las mejoras es mayor que la satisfacción antes de ellas y, considerando que los valores de la encuesta en ambos escenarios, no se distribuyen según una curva normal (no son paramétricas), se opta por la aplicación de la prueba de rangos de Wilcoxon, para la cual se proponen las siguientes dos hipótesis:

- H0: La satisfacción laboral antes y después de las mejoras, no difieren significativamente.
- Hi: La satisfacción laboral antes y después de las mejoras, difieren significativamente.

  Nivel de significancia = 0,05.

  p-valor = 0,00.

Con un p-valor igual a 0,00 (menor a 0,05), se procede a rechazar la hipótesis nula (H0). Ante ello y, considerando que la media de satisfacción laboral después de las mejoras es mayor que la satisfacción antes de ellas, se puede determinar que la satisfacción laboral se ve incrementada con la aplicación de las mejoras.

Tabla 55

Prueba de Wilcoxon aplicada a la satisfacción laboral.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Después - Antes	Rangos negativos	0[a]	0,00	0,00
	Rangos positivos	70[b]	35,50	2485,00
	Empates	0[c]		
	Total	70		

a. Después < Antes

b. Después > Antes

c. Después = Antes

Estadísticos de prueba[a]

	Después - Antes
Z	-7,945[b]
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 56

Comparativa de la satisfacción laboral antes y después de las mejoras.

	Antes de la mejora	**Después de la mejora**	**Variación**	**Variación porcentual**
Satisfacción laboral	2,73	3,76	1,03	37,7%

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

El desarrollo de la presente investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de la mejora del sistema de producción de una empresa del sector metal mecánico. Para ello, se estableció un objetivo general y tres objetivos específicos orientados al análisis y mejora de los principales factores relacionados con el desempeño productivo.

En orientación al sistema productivo, se plantea que la mejora del mencionado sistema permitirá aumentar la productividad de la organización. Para ello, se identifica la situación actual de la empresa mediante una encuesta general a los colaboradores del departamento de producción y mediante el análisis de los reportes y documentos de la empresa. Se determinó que la productividad actual de la organización (antes de las mejoras) es 4,13 AOC/día, por otro lado, la productividad después de la mejora del sistema productivo es 4,55 AOC/día, equivalente a un incremento de 10%. Debido a ello, en base a los resultados obtenidos y tras el análisis de los mismos con estadística inferencial, se puede afirmar que la mejora del sistema de producción de la empresa ha permitido el incremento de la productividad.

Haciendo una comparativa con el estudio realizado por Salazar en el año 2019, “Optimización del proceso de producción de blusas en el área de costura para mejorar la productividad en una empresa de confecciones aplicando herramientas de manufactura esbelta”, se observa que el impacto de las herramientas de ingeniería en el sistema de producción afectó también en casi 10% a la productividad del mismo, permitiendo que dicha organización pueda generar un mayor valor con la misma disponibilidad de recursos.

Con la determinación de un proceso adecuado de planificación de la producción, se pudo aumentar el porcentaje de cumplimiento de AOC dentro de fecha. Esto después de una mejora en el modelamiento del proceso y con la aplicación de la herramienta de programación de gráficos de carga. Se determinó inicialmente que el cumplimiento promedio de AOC en fecha 25%, por otro lado, después de la mejora del proceso, dicho cumplimiento es de 54%. Por este motivo, en base a los resultados obtenidos, tras el análisis de los mismos con estadística inferencial y la correlación directa y fuerte que existe entre el proceso de

planificación y la productividad, se puede afirmar que la determinación de un adecuado proceso de planificación permitirá el incremento de la productividad. Esto se alinea a la investigación desarrollada por Peña y Felizzola (2020), quienes, mediante una serie de simulaciones en su proceso de planificación de la producción, lograron incrementar su media de producción hasta en un 38,7%.

La productividad se ve incrementada con la mejora de los procesos de fabricación, esto puede sustentar con la disminución de los tiempos estándar de fabricación. Antes de las mejoras, se requería de 30,5 horas máquina para la fabricación de una bomba horizontal sello húmedo, tiempo que sería disminuido en 2 horas máquina con la mejora de los procesos de fabricación, para los cuales se hizo aplicación del VSM y la metodología SMED. Caso similar que, en el resto de los equipos fabricados por la empresa en estudio, en los cuales se calculó una disminución del 6,8% del tiempo estándar de fabricación, en promedio. En base a dichos cálculos y, apoyado con la aplicación de la estadística inferencial, se determina que la productividad se ve afectada de forma positiva. Previamente, Ruiz, Ramírez, Luna, Estrada y Soto (2017) ya habían implementado, en su investigación, un procedimiento de toma de tiempos en una empresa inyectora de plásticos, con la finalidad de medir la capacidad real de producción y evaluar posibles alternativas para incrementar dicha capacidad. Esto avala las acciones tomadas en el presente proyecto, dentro de las cuales se evidencia la importancia de dichas mediciones en planta.

La satisfacción laboral tiene una relación directa y muy fuerte con los niveles de productividad de la organización. Por ello, mediante la realización de una encuesta y la toma de acción en las principales desatenciones percibidas por los colaboradores, se logra incrementar la satisfacción laboral en 37%, lo cual permite que los colaboradores tengan un mejor desempeño en sus actividades y afectando así, de forma positiva a la productividad.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

- Respecto al objetivo general, los resultados obtenidos permiten establecer que la mejor del sistema productivo genera un efecto favorable y significativo sobre la productividad de la empresa metalmecánica. Como resultado de la aplicación de las mejoras propuestas, se obtuvo una productividad de 4,55 AOC/día, evidenciando un aumento del 10%.
- En cuanto al primer objetivo específico, se determinó que una adecuada gestión de la planificación de la producción contribuye al incremento de la productividad en la empresa metalmecánica. Esta mejora se refleja en el cumplimiento de las fechas programadas para las AOC, alcanzando así un nivel de 54%, equivalente a un incremento de 29%.
- Con respecto al segundo objetivo específico, se evidenció que la mejora de las actividades vinculadas a los procesos de fabricación permite obtener mejores niveles de productividad. En este sentido, se consiguió reducir en 2 horas los tiempos estándar requeridos para la fabricación de los equipos, lo que representa una disminución del 6,8% en base a lo inicial.
- Finalmente, en relación con el tercer objetivo específico, los resultados muestran que la mejora de las condiciones asociadas al clima laboral tiene una incidencia positiva sobre la productividad de la empresa metalmecánica. Como prueba de ello, se obtuvo un incremente del 37% en el nivel de satisfacción de los colaboradores de planta.

7.2. Recomendaciones.

- Se recomienda que el modelamiento y mejora de procesos se pueda extender a otros departamentos de la organización, tales como los relacionados a la logística y la ingeniería, ya que así se podrán aumentar capacidades de respuesta.
- Es recomendable que el uso de herramientas Lean se aplique no solo en el proceso de mecanizado (SMED para el presente trabajo de investigación), sino que sirva como

un punto de partida para instaurar una cultura de mejora continua de los procesos en la organización.

- Se recomienda que las encuestas de clima laboral sean aplicadas a la totalidad de colaboradores al menos una vez cada dos años, a fin de gestionar un ambiente de trabajo más agradable en la organización.
- Se sugiere mantener un programa continuo de formación y monitoreo respecto de a la aplicación de la metodología SMED, debido a que los procesos productivos pueden presentar nuevas posibilidades de optimización conforme se desarrollan las actividades de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

Bravo Carrasco, J. (2016). *Gestión de Procesos (Alineados con la estrategia).* Editorial Evolución S.A. https://silo.tips/download/gestion-de-procesos-alineados-con-la-estrategia.

Carro, R., & Gonzáles Gómez, D. (2012). *Productividad y competitividad*. http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607

Fontalvo, T., De la Hoz, E., & Morelos, J. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión empresarial, 16*(1), 47-60. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000100047

Fontalvo, T., Morelos, J., & Vergara, J. (2011). Diseño de un sistema de gestión de la calidad para los programas de ingeniería industrial de la ciudad de Barranquilla con base en la norma ISO 9001 y los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA). *Revista Omnia, 17*(1), 111-124. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73718406008

García, M. (2009). El clima laboral como factor clave en el rendimiento productivo de las organizaciones. *Revista de Ciencias Sociales, 15*(2), 40-55. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409659500007

Gestión. (2022). *Participación del sector manufacturero en PBI nacional cayó 2.5% en los últimos ocho años.* Gestión.: https://gestion.pe/economia/participacion-del-sector-manufacturero-en-pbi-nacional-cayo-25-en-los-ultimos-ocho-anos-rmmn-noticia/

Goda, T., Torres García, A., & Larrahondo, C. (2024). Real exchange rates and manufacturing exports in emerging economies: The role of sectoral heterogeneity and product complexity. *Review of Economics and Statistics, 106*(2), 437–456. https://doi.org/10.1007/s10290-023-00523-3

Herrera Gonzáles, E., & Roa Cuesta, A. (2016). *Optimización del proceso productivo de Infomedios Colombia Ltda.* [Tesis de Grado, Universidad Libre, Colombia].

https://hdl.handle.net/10901/10339

López, G., Castro, N., & Guerra, O. (2017). Optimización del plan de producción. Estudio de caso carpintería de aluminio. *Revista Universidad y Sociedad [online], 91*(1), 178-186.

Mamani, L. (2018). *Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica.* [Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. http://hdl.handle.net/10757/624502

Mazariegos, G. (2015). *Evaluación del sistema de control de producción en la empresa industrial de procesamiento de fibras S.A.* [Tesis de Grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala]. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/01/01/Mazariegos-Guido.pdf

Minchán, P., & Tirado, M. (2019). *Diseño de un sistema de planificación de la producción y control de calidad para aumentar la productividad en una empresa chocolatera.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. https://hdl.handle.net/11537/22258

Moliner, C. (2001). Calidad de Servicio y Satisfacción del Cliente. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones, 17*(2), 233-235. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231324550006

Nepomuceno, R., Gabriel, L., & Jayme, F. (2022). Manufacturing and economic complexity: A multisectoral empirical analysis. *Investigación Económica, 81*(321), 3–31. doi:https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2022.321.82471

Paredes, E. (2010). *Modelo de Gestión de Producción y su incidencia en las Ventas de la Empresa La Raíz del Jeans del cantón Pelileo.* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1529.

Peña, L., & Felizzola, H. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 28*(2), 277-292. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200277

RaoK, M., & Lathkar, G. (2021). Value Stream Mapping (VSM) – A Case Study in Manufacturing Industry. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology (IJARIIT), 7*(2), 1727–1732. https://www.ijariit.com/manuscript/value-stream-mapping-vsm-a-case-study-in-manufacturing-industry/

Ríos, J. (2017). La gestión de sistemas productivos en empresas manufactureras. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/4915/4790

Ruiz, J., Ramírez, A., Luna, K., Estrada, J., & Soto, O. (2017). Optimización de tiempos de proceso en desestibadora y en llenadora. *Revista Ra Ximhai, 13*(3), 291-298. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070016

Salazar, M. (2019). *Optimización del proceso de producción de blusas en el área de costura para mejorar el cumplimiento de AOC en una empresa de confecciones aplicando herramientas de manufactura esbelta.* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11019.

ShenoyY, R. (2017). *Defining "Production System" from an Operations Science and Project Production Management Perspective* (Vol. 2). Project Production Institute.

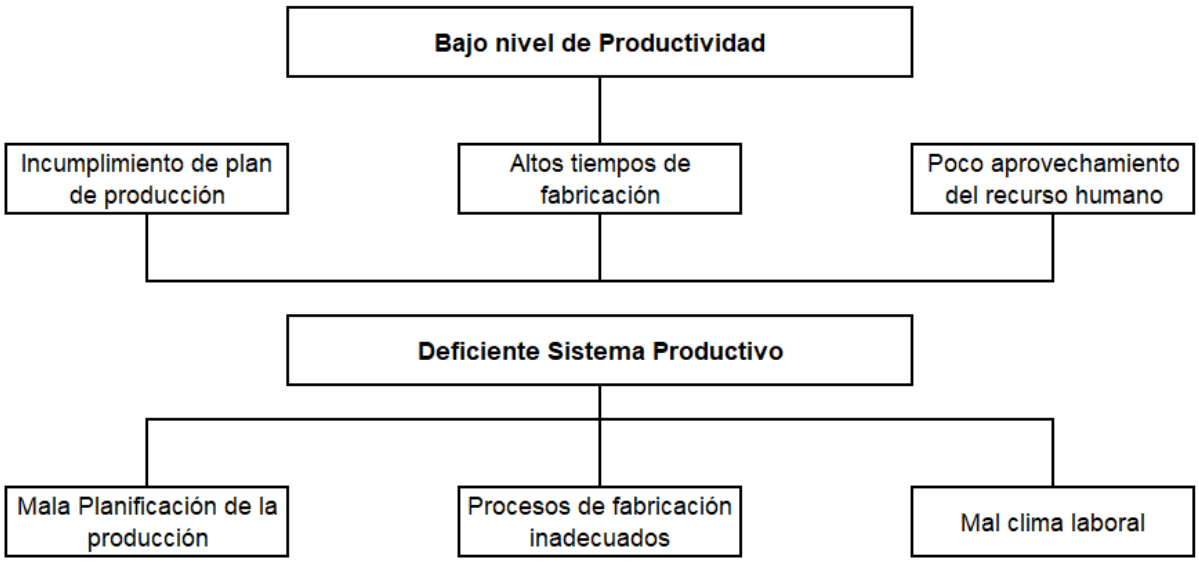
Tello, M. (2014). *La productividad del sector manufacturero en el Perú, 2000-2010.* Pontificia Universidad Católica del Perú. . https://investigacion.pucp.edu.pe/grupos/desarrollo-economico-local/publicacion/la-productividad-del-sector-manufacturero-en-el-peru-200-2010-2014/

Ticsihua, G. (2018). *Optimización de procesos en el área de producción de una empresa de confección textil, Lima, 2018.* [Tesis de Grado, Universidad Norbert Wiener]. https://hdl.handle.net/20.500.13053/2491

Tyagi, V., Choudhary, S., Bhardwaj, A., Sharma, S., Singh, S., Yadav, D., . . . Gohil, G. (2021). An agile system to enhance productivity through a modified value stream mapping approach in Industry 4.0: A novel approach. *Sustainability, 13*(21), 11997. doi:https://doi.org/10.3390/su132111997

ANEXOS

Anexo 1. Árbol de problemas.



Anexo 2. Matriz de consistencia.

MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, BASADO EN HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA.								
PROBLEMAS	**OBJETIVOS**	**HIPÓTESIS**	**DIMENSIONES**	**VARIABLES**		**INDICADORES**	**INDICE**	**DISEÑO METODOLÓGICO**
Problema General ¿Cómo influye la mejora del sistema productivo en la productividad de la empresa en estudio?	**Objetivo General** Determinar la influencia del sistema productivo en la productividad de la empresa en estudio.	**Hipótesis General** La mejora del sistema productivo influye positivamente en la productividad.	Productividad	X0 / Y0	Productividad	Productividad total	$\frac{Órdenes\ producidas}{Cantidad\ de\ días}$	**Tipo y diseño de la investigación** Tipo: Explicativo. Diseño: No experimental - transversal Enfoque: Mixto. **Población, muestra y unidad de análisis** Población: Todos los colaboradores operarios de producción. Muestra: Los 70 colaboradores. La totalidad. Unidad de análisis: Cada trabajador de la población Tipo de muestreo: Total.
Problemas Específicos ¿Cómo influye el proceso de planificación de la producción en la productividad?	**Objetivos Específicos** Determinar la influencia del proceso de planificación de la producción en la productividad.	**Hipótesis Específicas** La mejora del proceso de planificación influye de forma positiva en la productividad.	Sistema productivo	X1	Proceso de Planificación	Cumplimiento de AOC	$\frac{Órdenes\ entregadas\ en\ fecha}{Total\ de\ órdenes\ entregadas}$	
¿Cómo influyen los procesos de fabricación en la productividad?	Determinar la influencia de los procesos de fabricación para que aumente la productividad.	La productividad se ve influenciada de forma positiva con la mejora de los procesos de fabricación.		X2	Procesos de Fabricación	Variación del tiempo estándar	$\frac{HrH_i - HrH_f}{HrH_i}$	
¿Cómo influyen los recursos humanos en la productividad?	Generar un mejor clima laboral con la finalidad de aumentar la productividad.	Generando un mejor clima laboral,la productividad se verá afectada positivamente		X3	Recursos humanos	Satisfacción laboral	$\frac{\#\ Respuestas}{Puntaje\ máximo\ permisible}\ X\ 100\%$	

Anexo 3. Encuesta de diagnóstico.

ENCUESTA GENERAL - SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Esta encuenta tiene como única finalidad, conocer la percepción que tienen los colaboradores de la empresa, de la situación actual de la organización. Es completamente anónima.

INDICACIONES
El listado de afirmaciones que se presentan a continuación cuentan con una escala de valoración del 1 al 5 de acuerdo a la valoración que percibe cada colaborador. Marcar con "X" en solo un casillero por afirmación.
-5 Muy bueno
-4 Bueno
-3 Regular
-2 Malo
-1 Muy malo

DIMENSIÓN	AFIRMACIÓN	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
Proceso de planificación	¿Cómo percibe el actual proceso de planificación?					
	¿Cuál es su percepción sobre la impacto de la planificación actual en los resultados obtenidos?					
	¿Cómo le parece la estructura del equipo de planeamiento de la empresa?					
	¿Cómo percibe las labores de seguimiento del plan de producción?					
	¿Cuál es su percepción sobre el estado del cumplimiento de los planes?					
	¿Considera que la capacidad de su planta es la adecuada para cumplir la programación?					
Procesos de fabricación	¿Cuál es su apreciación en cuanto a los proceso de fabricación actuales?					
	¿Cuál es la situación actual de la estandarización de procesos en la empresa?					
	¿Cuál es su percepción en cuanto al mejoramiento de los tiempos de fabricación?					
	Programación de la inversión en maquinarias o tecnologías para el área productiva					
	Volumen de producción de mi área					
	¿Cómo percibe el estado de las herramientas necesarias para desarrollar un buen trabajo?					
Clima laboral	¿Cuál es su apreciación sobre el ambiente laboral de la empresa?					
	Considera que la relación entre el personal de la empresa es:					
	¿Cómo califica su sentir durante la jornada laboral?					
	¿Qué tan bueno es el trato por parte de su jefe inmediato superior?					
	¿Cómo percibe el grado de estrés laboral en la empresa?					
	¿Considera que su rendimiento laboral se ve afectado por el trato con los compañeros?					
Productividad	Percepción sobre la administración de recursos					
	Los objetivos de trabajos están claramente definidos					
	Se controla y hace seguimiento a las actividades de forma efectiva					
	Su motivación dentro del área de trabajo					
	Existencia de atrasos o demoras en la fabricación					
	Oportunidades de promoción interna dentro del área trabajo					

Anexo 4. Encuesta de clima laboral.

ENCUESTA GENERAL DE CLIMA LABORAL

Esta encuenta tiene como única finalidad, conocer la percepción que tienen los colaboradores de la empresa sobre su entorno laboral. Es totalmente anónima.

INDICACIONES

El listado de afirmaciones que se presentan a continuación cuentan con una escala de valoración del 1 al 5 de acuerdo al grado de satisfacción que percibe cada colaborador. Marcar con "X" en solo un casillero por afirmación

-5 Totalmente satisfecho
-4 Bastante satisfecho
-3 Satisfecho
-2 Poco satisfecho
-1 Nada satisfecho

DIMENSIÓN	CONDICIONES DE TRABAJO	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CONDICIONES DE TRABAJO	En mi jornada laboral tengo suficientes momentos de descanso					
	Mi lugar de trabajo se encuentra bien ventilado					
	Mi lugar de trabajo dispone siempre de una temperatura adecuada					
	Cuento con los recursos suficientes (materiales, equipos, etc.) para desarrollar mi trabajo					
	No existen riesgos físicos en mi puesto de trabajo					
RECONOCIMIENTO	Cuando mi trabajo no está bien hecho recibo duras críticas					
	Me permite una formación continua					
	Existen oportunidades de promoción					
	Estoy satisfecho con mi sueldo					
	Tengo suficientes períodos de descanso y vacaciones					
SUPERVISIÓN	Mis supervisores saben cómo dirigir el trabajo para que sea eficaz					
	Mis supervisores tienen un perfecto manejo de las dificultades técnicas que se presentan.					
	Recibo el apoyo de mis supervisores en diversas situaciones					
	Entre los supervisores y el personal existe una comunicación fluida					
	Se me permite dar sugerencias para mejoras en el área					
COMPAÑEROS	Entre los compañeros de trabajo existe una sana competencia					
	Entre los compañeros hay apoyo y ayuda					
	Entre el personal existe una comunicación fluida					
	La relación con los compañeros fuera del trabajo					
	Colaboración ante problemas de índole personal entre compañeros					