



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL AREA DE MAESTRANZA EN LA EMPRESA IPSYCOM INGENIEROS S.R.L”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Luisa Bardales Mayta
Bach. Alberto Nicolás Cabrera Zegarra

Asesor:

Ing. Ana Rosa Mendoza Azañero
Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis avances profesionales se los debo a ustedes incluyendo este. Me criaron con reglas y algunas libertades, motivándome siempre a alcanzar mis ideales con la compañía de Dios.

Luisa Bardales Mayta

La presente investigación está dedicada a mis Hijas, Diana, a mi madre, mis abuelos y a mi tía Claudia por ser el pilar y el apoyo en mis días y que por ellos soy todo lo que soy, por toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su constante apoyo perfectamente constante a través del tiempo, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser un hombre de bien, pero más que nada, por su amor

A mi querida Hija Emilia, que es el motivo y razón para salir adelante y que para ella estarán dedicados de manera especial todos aquellos logros posibles que ella presenciara en cada momento de mi vida

Alberto Nicolás Cabrera Zegarra

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme puesto en un hogar maravilloso.

A mis padres, por creer siempre en mí, dándome ejemplo de superación y valoración.

A mis hermanos, quienes siempre me dan consejos concretos y me guían hacia mis metas.

A Stefany, Violeta y Luis, por ser de esos amigos que sabes que los tendrás toda la vida.

Luisa Bardales Mayta

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mi propósito y culminar la carrera.

A mi madre Mabel por darme la vida y creer siempre en mí.

A mi abuela María Alejandra, que es mi segunda madre y que jamás dejo de apoyarme.

A mi Princesa Emilia por darme sus caricias y abrazos para lograrlo.

A Diana, por creer en mis habilidades, por sus consejos profesionales y técnicos, su ayuda constante en la carrera y su amor incondicional como compañera de vida.

A mi tía Claudia por sus palabras para que siempre siguiera adelante y sea perseverante, por ser como una madre y por estar siempre en todo momento.

A mi compañera Luisa por el apoyo en este trabajo y su constancia para realizar bien las cosas y que gracias a este esfuerzo pudimos realizar este proyecto.

A cada uno de los docentes y asesor que me han acompañado durante el largo camino de esta gran carrera brindándome siempre su orientación profesional en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitaria.

Y a todos aquellos familiares, amigos y personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos y la realización de este proyecto.

Alberto Nicolás Cabrera Zegarra.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Objetivos	17
1.4. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	19
2.1. Tipo de investigación.....	19
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	19
2.3. Procedimiento	22
CAPITULO III. RESULTADOS	26
3.1. Diagnóstico de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L desde la óptica del Lean Manufacturing ..	26
3.1.1. Descripción de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L	26
3.1.2. Descripción del sistema productivo del área de maestranza	29
3.1.3. Producción de piezas metálicas en el área de maestranza	31
3.1.4. Principal insumo para producción en el área de maestranza.....	33
3.1.5. Evaluación de actividades de producción de piezas metálicas en el área de maestranza	33
3.1.6. Evaluación causa y efecto	45
3.1.7. Categorización de los desperdicios del proceso de fabricación desde la óptica Lean.....	51
3.1.8. Resultado del cuestionario Lean Manufacturing.....	60
3.2. Resultados de los indicadores de las variables	61
3.3. Resultados de matriz de operacionalización de variables	78
3.4. Selección de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad el área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.....	81
3.5. Diseño de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad del área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.	83
3.5.1. Diseño de las 5S	83
3.5.2. Diseño del Sistema de empuje Kanban	95
3.5.3. Diseño de SMED	98
3.5.4. Diseño de Poka Yoke	102
3.5.5. Células de manufactura	106
3.5.6. Sistema de participación del trabajador	120
3.6. Resultados de los indicadores de las variables después de la mejora	121
3.7. Resultado de la evaluación económico financiero	140
3.7.1. Inversión de la propuesta	140
3.7.2. Beneficios	142
3.7.3. Análisis financiero	143
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	145
4.1. Discusión.....	145

4.2 Conclusiones.....	148
REFERENCIAS	150
ANEXOS	151
ANEXO 1. VALIDACION DE ENCUESTAS LEAN MANUFACTURING	151
ANEXO 2. ENCUESTAS LEAN MANUFACTURING	161
ANEXO 3. RESULTADO DE ENCUESTA LEAN MANUFACTURING.....	166
ANEXO 4. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION 5S'S.....	169
ANEXO 5. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION KANBAN	170
ANEXO 6. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION POKA-YOKE.....	171
ANEXO 7. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS.....	172

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Desarrollo de la metodología	22
<i>Tabla 2.</i> Matriz de Consistencia	24
<i>Tabla 3.</i> Máquinas, herramientas y equipos disponibles en la empresa IPSYCOM Ingenieros SRL.....	27
<i>Tabla 4.</i> Procesos de producción del área de maestranza.....	29
<i>Tabla 5.</i> Porcentajes de demanda del mes de Agosto, Septiembre y Octubre 2018 por piezas metálicas fabricadas en el área de maestranza.....	32
<i>Tabla 6.</i> Historial de abastecimiento de MP	33
<i>Tabla 7.</i> Numero de ciclos a observar según criterio de General Electric.	34
<i>Tabla 8.</i> Observación del proceso de fabricación de eje inferior de bomba vertical.	35
<i>Tabla 9.</i> Observación del proceso de fabricación de acople de bomba goulds 3700.....	36
<i>Tabla 10.</i> Observación del proceso de fabricación de brida de la electrobomba.	37
<i>Tabla 11.</i> Observación del proceso de fabricación de tazón.	38
<i>Tabla 12.</i> Desperdicios en proceso de fabricación de ejes.....	53
<i>Tabla 13.</i> Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de ejes.....	53
<i>Tabla 14.</i> Desperdicios en proceso de fabricación de acoples.	54
<i>Tabla 15.</i> Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de acoples.....	55
<i>Tabla 16.</i> Desperdicios en proceso de fabricación de bridas.	55
<i>Tabla 17.</i> Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de bridas.....	56
<i>Tabla 18.</i> Desperdicios en proceso de fabricación de tazón.....	56
<i>Tabla 19.</i> Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de tazón.	57
<i>Tabla 20.</i> Frecuencia de desperdicios diarios en procesos de fabricación de piezas metálicas.	58
<i>Tabla 21.</i> Resultado de cuestionario Lean Manufacturing.....	61
<i>Tabla 22.</i> Cálculo del takt time por cada proceso de producción de piezas metálicas.....	69
<i>Tabla 23.</i> Piezas entregadas Agosto – Octubre de 2018.	70
<i>Tabla 24.</i> Porcentaje de piezas entregadas a tiempo Agosto - Octubre 2018.	71
<i>Tabla 25.</i> Conteo de reprocesos Agosto – Octubre de 2018.	73
<i>Tabla 26.</i> Porcentaje de calidad a la primera Agosto - Octubre 2018.....	73
<i>Tabla 27.</i> Cálculo de actividades productivas para fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto - Octubre 2018.	74
<i>Tabla 28.</i> Cálculo de actividades improductivas para la fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto – Octubre de 2018.....	75
<i>Tabla 29.</i> Productividad medida en Mano de Obra del periodo Agosto - Octubre 2018....	75

<i>Tabla 30.</i> Productividad medida en horas hombre del periodo Agosto - Octubre 2018.	77
<i>Tabla 31.</i> Resultados de matriz de operacionalización	78
<i>Tabla 32.</i> Selección de herramientas Lean Manufacturing para la construcción de la propuesta para la mejora de la producción del área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.	81
<i>Tabla 33.</i> Tipos de relación según Departamentos/ Actividades	107
<i>Tabla 34.</i> Ponderación por cada actividad.....	108
<i>Tabla 35.</i> Relación actividades/departamentos según tipo y valor	108
<i>Tabla 36.</i> Relación actividad/departamento	109
<i>Tabla 37.</i> Piezas entregadas propuestas	127
<i>Tabla 38.</i> Resultados pedidos entregados completos	127
<i>Tabla 39.</i> Porcentaje propuesto de piezas entregadas a tiempo	128
<i>Tabla 40.</i> Conteo de reprocesos proyectados	129
<i>Tabla 41.</i> Porcentaje de calidad a la primera propuesto.....	129
<i>Tabla 42.</i> Cálculo de actividades productivas propuestas para fabricación de piezas	130
<i>Tabla 43.</i> Cálculo de actividades improductivas para la fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto – Octubre de 2018.....	130
<i>Tabla 44.</i> Productividad medida propuesta en mano de obra	132
<i>Tabla 45.</i> Productividad medida en horas hombre del periodo Agosto - Octubre 2018...	132
<i>Tabla 46.</i> Operacionalización de variables después de la propuesta.....	134
<i>Tabla 47.</i> Costos de activos tangibles	140
<i>Tabla 48.</i> Costos de capacitación	140
<i>Tabla 49.</i> Costos de materiales y misceláneos	141
<i>Tabla 50.</i> Costos de artículos de higiene	141
<i>Tabla 51.</i> Costos de señalización	142
<i>Tabla 52.</i> Proyección de costos de la propuesta por cinco años.....	142
<i>Tabla 53.</i> Indicadores financieros.	144

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Líneas de negocio de la empresa IPSYCOM Ingenieros SRL	26
<i>Figura 2.</i> Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de eje de bomba vertical. Fuente: elaboración propia.	40
<i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de acople de bomba goulds 3700. Fuente: elaboración propia.	41
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de brida de electrobomba. Fuente: elaboración propia.	42
<i>Figura 5.</i> Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de tazón. Fuente: elaboración propia.	43
<i>Figura 6.</i> Diagrama Ishikawa del proceso de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Fuente: elaboración propia.	46
<i>Figura 7.</i> Depósitos de desperdicios del área de maestranza. Fuente: galerías de imágenes propias.	50
<i>Figura 8.</i> Inventario estacionario dentro del área de maestranza. Fuente: galerías de imágenes propias.	51
<i>Figura 9.</i> Los siete desperdicios más el valor agregado.....	52
<i>Figura 10.</i> Mapa de flujo de valor actual producción de tazones Fuente: elaboración propia	65
<i>Figura 11.</i> Mapa de flujo de valor actual producción de ejes Fuente: elaboración propia .	66
<i>Figura 12.</i> Mapa de flujo de valor actual producción de acoples Fuente: elaboración propia	67
<i>Figura 13.</i> Mapa de flujo de valor actual producción de bridas Fuente: elaboración propia	68
<i>Figura 14.</i> Secuencia de aplicación de herramientas Lean Manufacturing. Fuente: elaboración propia	83
<i>Figura 15.</i> Tarjeta roja para la clasificación en las 5S`s. Fuente: elaboración propia	87
<i>Figura 16.</i> Lista de chequeo para la conformidad de limpieza dentro de área de maestranza. Fuente: elaboración propia	92
<i>Figura 17.</i> Formato de tablero Kanban. Fuente: elaboración propia.	97
<i>Figura 18.</i> Beneficios del SMED en el área de maestranza Fuente: Elaboración propia. ..	99
<i>Figura 19.</i> Descripción de reducción de operaciones internas a externas Fuente: elaboración propia.	101
<i>Figura 20.</i> Formato de control e inspección de tiempos SMED Fuente: elaboración propia.	102
<i>Figura 21.</i> Identificación de defectos en el área de maestranza Fuente: elaboración propia.	104
<i>Figura 22.</i> Funciones básicas del Poka Yoke Fuente: elaboración propia.....	105

<i>Figura 23.</i> Representación Nodal del diagrama relacional de actividades/departamentos. Fuente: Elaboración propia.....	110
<i>Figura 24.</i> Diagrama nodal de la nueva distribución del área de maestranza IPSYCOM Ingenieros. Fuente: Elaboración propia.....	111
<i>Figura 25.</i> Distribución actual del área de maestranza. Fuente: elaboración propia	112
<i>Figura 26.</i> Redistribución del área de maestranza. Fuente: elaboración propia	113
<i>Figura 27.</i> Nuevo recorrido en la fabricación del eje de bomba vertical. Fuente: elaboración propia.....	114
<i>Figura 28.</i> Nuevo recorrido en la fabricación de Acople Bomba Goulds. Fuente: elaboración propia.....	115
<i>Figura 29.</i> Nuevo recorrido en la fabricación de la brida de electrobomba. Fuente: elaboración propia	116
<i>Figura 30.</i> Nuevo recorrido en la fabricación del tazón bomba vertical. Fuente: elaboración propia.....	117
<i>Figura 31.</i> Desplazamiento de residuos en el proceso de fabricación de piezas metálicas. Fuente: elaboración propia	119
<i>Figura 32.</i> VSM propuesto para la producción de tazones. Fuente: elaboración propia. .	123
<i>Figura 33.</i> VSM propuesto para la producción de ejes. Fuente: elaboración propia.	124
<i>Figura 34.</i> VSM propuesto para la producción de acoples. Fuente: elaboración propia. .	125
<i>Figura 35.</i> VSM propuesto para la producción de bridas. Fuente: elaboración propia. ...	126

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i> Cálculo del takt time.....	69
<i>Ecuación 2.</i> Cálculo de pedidos entregados	70
<i>Ecuación 3.</i> Cálculo de pedidos entregados a tiempo.	71
<i>Ecuación 4.</i> Cálculo de la calidad a la primera.	72
<i>Ecuación 5.</i> Cálculo de actividades productivas.	73
<i>Ecuación 6.</i> Cálculo de actividades improductivas.	74
<i>Ecuación 7.</i> Cálculo de productividad Mano de Obra.....	75
<i>Ecuación 8.</i> Cálculo de productividad horas hombre.....	76
<i>Ecuación 9.</i> Cálculo del costo de oportunidad de capital (COK).....	143
<i>Ecuación 10.</i> Cálculo de la rentabilidad accionista (Ke).....	143
<i>Ecuación 11.</i> Cálculo del índice de rentabilidad (IR)	144

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general mejorar la productividad en los procesos de fabricación de tazones, ejes, acoples y bridas en el área de maestranza en la Empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. a través del diseño de las Herramientas de Metodológicas Lean Manufacturing, para lograrlo se aplicó una metodología aplicada, no experimental, transversal. Una vez diagnosticada la situación actual del área de Maestranza según el enfoque del Lean Manufacturing, se identificaron los desperdicios de: esperas, movimientos innecesarios, inventario obsoleto, sobre procesamiento y producto defectuoso evaluando las causas que las originan, según esto se logró seleccionar adecuadamente el conjunto de herramientas Lean Manufacturing a diseñar más idóneas para disminuir la manera en cómo afecta a la productividad del área, tomando en consideración las 5S's, Kanban, SMED, Poka-Yoke, y Celdas de Manufactura.. Con el diseño mencionado, la productividad de mano de obra tendría un incremento de 6 piezas a 8 piezas fabricadas al día y en cuanto a la productividad horas hombre se obtendría un incremento de 0.95 pieza/ HH a 1.06 pieza/ HH dichos datos interpretados de forma global de la producción de tazones, ejes, acoples y bridas. Finalmente se desarrolló una evaluación financiera (análisis costo – beneficio) con un VAN mayor a cero, TIR > COK y B/C mayor a 1, por lo tanto, el diseño es factible. Se concluye que de implementarse la propuesta siguiendo el plan y otorgando valor a la capacitación del personal, la productividad de la empresa se incrementará al disminuir los desperdicios identificados.

Palabras clave: Metodología Lean, Productividad, 5S's, Kanban, SMED, Poka – Yoke, Celdas de Manufactura.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Para que las empresas de la industria minera sirvan como motor de desarrollo, deben ser productivas y presentar altos índices de rentabilidad. En la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de talleres, maquinas, equipos de trabajos y empleados. (Jiménez, 2011)

Conociendo esto, los directivos, gerentes y demás personal encargado del manejo y toma de decisión dentro de las empresas deben fomentar la aplicación de planes, métodos, estrategias y lineamientos que les permita optimizar sus procesos y lograr la consecución de los objetivos planteados con un uso adecuado de recursos, es decir, no es suficiente solo con alcanzar las metas y ser eficaz, es necesario operar de manera eficiente haciendo un uso responsable y adecuado del tiempo, mano de obra, materiales, y otros recursos.

Para Perú, impulsar estrategias que busquen incrementar la productividad del sector minero y ramas asociadas es de especial interés considerando que según el reporte del BBVA (2019): 1) Perú figura en el 4to lugar del ranking mundial de disponibilidad del recurso minero; 2) Ocupa el 2do lugar en el índice de competitividad minera (ICM) mundial; 3) las inversiones de 2019 en el sector proyectan un incremento de 0,7 puntos del PIB.

Por lo tanto, el impacto de mejorar los procesos de las industrias mineras y otras empresas relacionadas será altamente positivo para aumentar los ingresos económicos de estas actividades.

La constante búsqueda de optimización se traduce en la exploración continua de oportunidades y amenazas que atenten contra la mejora de la empresa. Este aspecto

debe ser relevante para la operatividad de las industrias y se le debe prestar especial atención dentro de las organizaciones independientemente de la rama industrial que desarrolle.

La idea planteada anteriormente fue entendida perfectamente por la cultura asiática y en especial la japonesa, donde se inició un desarrollo de estrategias vigentes hasta el día de hoy como la postulada por Kaoru Ishikawa, teorías asociadas a la calidad total, y la metodología lean manufacturing o esbelta.

Entendemos por Lean Manufacturing a la persecución de la mejora del proceso de fabricación mediante la eliminación del despilfarro, considerando como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto, pero sí costo y trabajo, por los cuales el cliente no está dispuesto a pagar.

Los pilares del Lean Manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control de calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios (García, 2012).

Este modelo puede ser extrapolado hacia cualquier actividad industrial que espere incrementar sus niveles de productividad.

Trabajos desarrollados con anterioridad dan una muestra de los beneficios de la metodología Lean para incrementar la productividad en las empresas.

En la investigación según Arroyo (2018), se planteó el objetivo general de mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica, a través de la implementación del Lean Manufacturing. La puesta en marcha de esta propuesta arrojó como resultado la disminución del tiempo de trabajo en 2 horas y 15 minutos en el proceso de “roll forming postes y perfiles” y 2 horas y 30 minutos en el proceso de “granalla”, una reducción general de 17% del lead time de fabricación, y beneficios como reducción

del inventario en un 43% y aumento de 25% diario en la producción. En términos económicos esto representa un ahorro mensual de S/ 363.133,75.

En términos referenciales, sirve como soporte a la investigación dado que refuerza con una propuesta implementada correctamente resultará en grandes beneficios para la empresa, pero para que esto ocurra será necesario el compromiso de toda la organización para lograr el cambio.

Por su parte Muñoz (2018), desarrollo una investigación con el propósito de realizar una revisión teórica de la filosofía Lean Manufacturing con el fin de hacer una reflexión de su proceso de implementación en Pymes. Este trabajo sirvió para reforzar las bases teóricas de la investigación. Entre sus conclusiones destaca como el contexto actual exige a las empresas para ser realmente competitivas, incrementar sus índices de productividad, y niveles de calidad, para lo cual la filosofía Lean Manufacturing es una herramienta que puede lograr el cambio que las empresas necesitan y facilitar su sustentabilidad exitosa en el tiempo.

Considerando que los procesos de manufactura como las industrias metalmecánicas tienen una incidencia del 44% en el sector minero (BBVA, 2019), y según el reporte sectorial del Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) las industrias metalmecánicas de Perú crecieron un 10,8% (El Comercio, 2019), cualquier iniciativa dirigida a incrementar su productividad generara un alto impacto a nivel general en la economía.

Se presenta el caso de la empresa de manufactura metalmecánica IPSYCOM Ingenieros SRL ubicada en Cajamarca, se dedica a la fabricación de productos para proyectos electromecánicos, maestranza, y metalmecánica con gran demanda para el sector minero.

Esta empresa busca mejorar sus niveles de productividad dentro del área de maestranza, para así satisfacer en su totalidad la demanda del cliente.

El proceso de fabricación de piezas metálicas tales como ejes, acople, brida y tazones, son las que representan mayor demanda entre los pedidos que realiza el cliente al ser componentes directos de un equipo (considerar en este caso bomba verticales o goulds) estas piezas metálicas se fabrican en las diversas maquinas existentes en el área de maestranza de las cuales su distribución no es la ideal, por lo que genera movimientos que no añaden valor a la productividad y por ende aumento en el tiempo de procesos.

Estas máquinas son operadas por trabajadores que no realizan las piezas en el tiempo y manera correcta por la falta de supervisión, en ocasiones esta deficiencia genera exceso de tiempos de ejecución por tipo de proceso siendo el causante de la variación de tiempo y calidad en la entrega de pedido, tiempo de ocio prolongado, parada de maquinaria y tiempo prolongado después del contrato de entrega, es decir, pérdidas de producción.

Aunado a esto, el proceso de pedido y/o adquisición de materia prima para la fabricación de eje, acople brida y tazones se ve afectada por la administración incorrecta de materiales.

Es necesario el conocimiento de algunas herramientas que se deben aplicar para un incremento en la productividad, así como instrumentos de apoyo para analizar los problemas a profundidad en función a los desperdicios planteados por la metodología Lean Manufacturing ayudando a generar ideas y a la observación de puntos débiles para así poder representarlos e interpretarlos.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de las Herramientas de Metodología Lean Manufacturing mejorará la productividad en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar las Herramientas de la Metodología Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de maestranza en la Empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los desperdicios y la productividad actual desde la óptica del Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.
- Elaborar un diseño de las herramientas de la Metodología Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.
- Medir la productividad después del diseño de las herramientas Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.
- Realizar una evaluación económica financiera al diseño de las Herramientas Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de las herramientas basada en la Metodología Lean Manufacturing mejorará significativamente la productividad en el área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros, S.R.L.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación según su propósito de la presente es aplicada, ya que el problema está establecido y es conocido, por lo que utiliza la investigación para encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto referente al problema.

Según la naturaleza de datos es transversal ya que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población muestra o subconjunto predefinido.

Según la manipulación de variable es no experimental sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.

De acuerdo al tipo de Investigación será Descriptiva Simple

P ——— M ——— O ——— X

Dónde:

M: Empleados de la empresa IPSYCOM Ingenieros, S.R.L.

O: Observación (Encuesta, observación y análisis documentos).

P: Herramientas Lean Manufacturing

X: Mejora de la producción

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos fueron considerados según los métodos cualitativo, cuantitativo y de observación.

El método cualitativo, por lo común, se utiliza primero para descubrir y refinar preguntas de investigación. (Gomez, 2006) señala que los estudios cualitativos

involucran la recolección de datos utilizando técnicas que no pretenden asociar a mediciones con números, tal como la revisión de documentos.

Análisis de documentos

Esta técnica tiene por objetivo recuperar la base de datos de producción, demanda y suministro de insumos entre los meses de agosto y octubre para el apoyo en el cálculo de la variable independiente, por medio de datos históricos y archivos de la empresa del área de Maestranza, se comunicará al personal a cargo, el requerimiento de los documentos necesarios para luego analizar el documento primario, procesarlo y obtener una información más sintetizada acorde al objetivo de la técnica.

El trabajo fundamental del método cuantitativo es lograr que los conceptos principales que fueron establecidos en la hipótesis sean medibles, sean transformables en valores numéricos para luego mediante técnicas estadísticas realizar el análisis que corresponda. (Com, 2013)

Encuesta

El objetivo de esta técnica es la evaluación de la situación actual del área frente a las Herramientas de Lean Manufacturing. Se determinará las preguntas adecuadas que ayuden a obtener la información de acuerdo a las necesidades de la investigación, una vez consolidadas las preguntas, se realizará una ficha de cuestionario que será aplicada a los seis operarios y al supervisor de producción en el área de maestranza durante su break, para luego procesarlas porcentualmente.

Análisis estadístico

Su objetivo será determinar las deficiencias presentes en la productividad se realizará mediante un focus group con los seis operarios y el supervisor para luego estructurar los datos obtenidos en el focus group en un diagrama de Ishikawa.

La observación es un método que facilita la obtención de información tanto cuantitativa como cualitativa; por lo tanto, se constituye en un registro visual de lo que sucede en una situación real, en este caso de las operaciones que se ejecutan dentro del área de maestranza, clasificando y consignando las particularidades que se registran.

Observación directa

Esta técnica tiene por objetivo calcular las actividades productivas e improductivas, así mismo el análisis los desperdicios encontrados por cada proceso según la metodología Lean Manufacturing se observará cada proceso, realizando el registro de las actividades y desperdicios efectuados por proceso dentro del área de maestranza, se utilizará herramientas para la medición de tiempos observados como un cronometro y cámara de fotos, finalmente se analizará la información.

Luego de haber recopilado la información y almacenada en el ordenador, se analizará y procesará para obtener datos procesados que nos permitirá evaluar los resultados.

Para el procesamiento y análisis de la información obtenida, se hizo uso del software Microsoft Excel, procesador de textos, analizador estadístico como el uso de los diagramas de barras, pastel, Pareto y análisis ABC.

2.3. Procedimiento

Tabla 1. Desarrollo de la metodología

Objetivo	Fases	Descripción
Identificar los desperdicios y la productividad actual desde la óptica del Lean Manufacturing, en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.	Toma de tiempos y desplazamiento de estaciones según proceso	Mediante la observación directa y medidores de tiempo y distancia, se realizó la obtención de dichos datos.
	Toma de datos históricos de producción	Se realizó la toma de datos históricos de producción, demanda y suministro de insumos, en el periodo Agosto - Octubre 2018, brindado por la empresa.
	Aplicación de encuesta a colaboradores	Se aplicó 5 encuestas con diferentes conceptos sobre la metodología Lean Manufacturing para evaluar el conocimiento actual de los colaboradores.
	Organización y procesamiento de datos	Se utilizó Microsoft Excel y diagramas para organizar los datos obtenidos
	Establecimiento de deficiencias dentro de los procesos evaluados	Se definieron los problemas mediante el diagrama Ishikawa.
	Identificar los desperdicios por cada proceso de producción	Se establecieron el número de desperdicios/ mudas identificados con la técnica de observación directa aplicada a cada proceso y el contraste con el diagrama de Ishikawa, se realizó un diagrama de barras resumen.

Objetivo	Fases	Descripción
Elaborar el diseño de un plan de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la producción del área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.,2019	Planteamiento de las Herramientas Lean a utilizar	Se propondrán las herramientas con una secuencia lógica, considerando la mejora en el sistema de 5's, implementación de un sistema de empuje Kanban, una nueva propuesta de layout, etc.
Medir la productividad después del diseño de las herramientas Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.,2019	Medición de indicadores	De la misma forma que se hizo la medición de los indicadores en el diagnóstico, se hallarán los nuevos resultados de los indicadores después de la propuesta.
	Comparación de indicadores	Se elaborará una tabla de comparación de indicadores, donde se interpretarán las variaciones halladas.
Realizar una evaluación económica financiera al diseño de las Herramientas Lean en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.,2019.	Elaboración del presupuesto del diseño	Según el diseño de mejora se realizará un presupuesto de inversión
	Análisis económico financiero	Una vez presupuestado el proyecto se realizará la evaluación económica financiera, donde se analizarán el VAN, TIR, IR y COK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general ¿En qué medida el diseño de Herramientas de Metodología Lean Manufacturing mejorará la productividad en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L?</p>	<p>Objetivo general Diseñar las Herramientas de la Metodología Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de maestranza en la Empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p>	<p>Hipótesis General Con el diseño de las herramientas basada en la Metodología Lean Manufacturing se mejorará significativamente la productividad en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p>	<p>Variable Independiente Metodología Lean Manufacturing</p>	<p>Tipo de investigación según su propósito: aplicada</p>
<p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son los desperdicios identificados y la productividad actual desde la óptica del Lean Manufacturing en el área de maestranza IPSYCOM Ingenieros S.R.L? - ¿Cuáles son las herramientas más apropiadas para el diseño de las herramientas lean Manufacturing en el área de maestranza IPSYCOM Ingenieros S.R.L? - ¿Cuál sería el resultado de la productividad 	<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los desperdicios y la productividad actual desde la óptica del Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. - Elaborar un diseño de las herramientas de la Metodología Lean Manufacturing en el área de maestranza en la 	<p>Hipótesis Especificas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con la identificación de los desperdicios y la productividad actual desde la óptica del Lean Manufacturing se logrará analizar la situación actual del área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. - Al analizar la situación actual se elaborará un diseño 	<p>Variable Dependiente Mejora de Productividad</p>	<p>Según la naturaleza de datos: transversal</p> <p>Según la manipulación de variable es no experimental</p> <p>De acuerdo con el tipo de Investigación será Descriptiva Simple</p> <p style="text-align: center;">P M O X</p> <p>Dónde: M: Empleados de la empresa IPSYCOM Ingenieros, S.R.L. O: Observación (Encuesta, observación y análisis</p>

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>después del diseño de las herramientas Lean Manufacturing en el área de maestranza IPSYCOM Ingenieros S.R.L?</p> <p>- ¿Cuáles son los resultados obtenidos en la evaluación económica financiera del diseño de las Herramientas Lean en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L?</p>	<p>empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p> <p>- Medir la productividad después del diseño de las herramientas Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p> <p>- Realizar una evaluación económica financiera al diseño de las Herramientas Lean en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p>	<p>de las herramientas de la Metodología Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p> <p>- Al proponerse el diseño de las herramientas de la Metodología Lean Manufacturing en el área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. se logrará medir de la productividad.</p> <p>- Se conseguirá realizar la evaluación económica financiera de la propuesta de mejora en el área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.</p>		<p>documentos).</p> <p>P: Herramientas Lean Manufacturing</p> <p>X: Mejora de la producción</p>

Fuente: elaboración propia

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L desde la óptica del Lean Manufacturing

3.1.1. Descripción de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L

IPSYCOM Ingenieros S.R.L, es una empresa dedicada al rubro metalmeccánico con sede central en la ciudad de Cajamarca (Av. Vía de Evitamiento Norte N° 306) y con sucursal en Lima y Cerro de Pasco. Cuenta con personal calificado con amplia experiencia en la fabricación de piezas metálicas al ser diseñadores y ejecutores de trabajo de gran envergadura para la industria siderúrgica y minera del país, aplicando técnicas especializadas para garantizar un servicio de primera oportunamente y con precios competitivos.

Los servicios ofrecidos por IPSYCOM Ingenieros S.R.L son manejados básicamente a través de tres líneas de negocio como se puede apreciar en la figura mostrada a continuación.

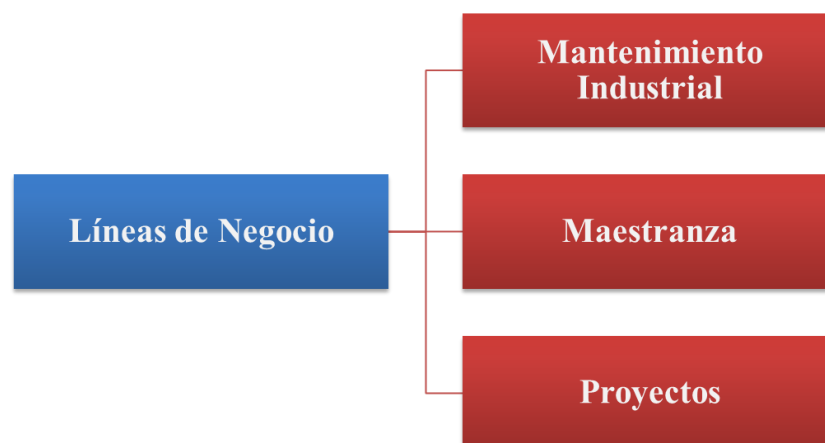










Figura 1. Líneas de negocio de la empresa IPSYCOM Ingenieros SRL
Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de los trabajos de sus diferentes líneas de negocio, la empresa cuenta con las siguientes máquinas, equipos y herramientas:

Tabla 3. Máquinas, herramientas y equipos disponibles en la empresa IPSYCOM Ingenieros SRL.

Nombre	Descripción	Cantidad	Imagen
Taladro	<i>Tipo Mesa</i> - se utiliza para mecanizar agujeros donde su longitud es varias veces más larga (8-9) que su diámetro	1	
	<i>Tipo Radial</i> - pueden hacer orificios hasta 2 a 2 1/2 pulg.	2	
Cepilladora	<i>Tipo Codo</i> - elaboración de superficies planas, acanalamientos y otras formas geométricas en la pieza	1	
Mandrinadora	Tipo Mecanizado de agujeros de piezas cúbicas que tienen una tolerancia muy estrecha.	1	
Fresadora	Universales 8° de libertad de N° 4	2	
	Universales 8° de libertad de N° 3	1	
Torno	<i>Tipo Revolver</i> - tamaño de 1.5 m a 3m con cuchilla de alta velocidad	5	

Nombre	Descripción	Cantidad	Imagen
	<i>Tipo Paralelo</i> - tiene dos ejes de trabajo, (Z y X) el carro que desplaza las herramientas a lo largo de la pieza y produce torneados cilíndricos, y el carro transversal que se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza.	3	
	<i>Tipo Bancada</i> - parte que soporta todas las partes del torno.	1	

Fuente: elaboración propia.

Sistema de gestión de calidad

La empresa está certificada por ISO 9001-2008, con alcance a todos los procesos de la cadena de valor, de dirección y de apoyo. El sistema se estructura bajo las diferentes actividades de cada proceso, con el objetivo de realizar el control de calidad de manera sistemática que lleven a que la producción de cualquier producto metalmecánico se desarrolle de manera satisfactoria frente al cumplimiento de los requisitos del producto, los esperados por el cliente, y los requeridos en cada proceso; es así como actividades de revisión, verificación, validación se establecen frente al cumplimiento de los requisitos, partiendo desde la revisión del archivo digital suministrado por el cliente, planeación de las actividades de cada pedido, actividades de control de la calidad en el proceso de producción -a través del uso de equipos de medición-, inspección a las materias primas básicas, con el objetivo de minimizar la presencia de posibles

fallas o errores que no cumplan y/o afecten el uso final del producto. Ver anexo

1.

3.1.2. Descripción del sistema productivo del área de maestranza

El área de maestranza está destinada especialmente para la fabricación de piezas metálicas, donde las más recurrentes son: ejes para bombas hidráulicas, acoples, bridas, y tazones.

Estos trabajos de fabricación se ejecutan mediante los procesos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Procesos de producción del área de maestranza

Proceso	Concepto
Taladrado	Consiste en la operación de ajuste que tiene por objeto hacer agujeros cilíndricos, con formación de viruta, por medio de una herramienta giratoria llamada broca o mecha.
Fresado	El fresado es el procedimiento de manufactura por arranque de viruta mediante el cual una herramienta (fresa o cortador) provista de múltiples aristas cortantes dispuestas simétricamente alrededor de un eje que gira con movimiento uniforme y arranca el material a la pieza que es empujada contra ella. La herramienta que se usa para este proceso se denomina fresadora, cortador o fresa.
Soldadura	Soldadura es un procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que han de soldarse. Soldar consiste en reunir las partes integrantes de una construcción asegurando la continuidad de la materia entre ellas, entendiéndose por continuidad no sólo la de carácter geométrico sino la homogeneidad en todo tipo de propiedades.
Prensado	Es el proceso que actúa sobre distintos materiales, en frío o en caliente, en cualquier operación que requiera una fuerte presión. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz.
Torneado	El torneado es una operación mecánica que consisten en labrar una gran variedad de cuerpos de revolución (cilindros, conos, esferas), así como filetes de cualquier perfil, en unas máquinas herramientas especiales llamadas tornos. Este trabajo mecánico (Torneado) se efectúa mediante herramientas de corte cuya posición en la maquina es fija y cuya posibilidad de desplazamiento lateral les permite separar una viruta. El corte se efectúa gracias a una muy fuerte presión de la arista cortante sobre la superficie trabajada, mientras la pieza esta, siempre, animada de un movimiento de rotación.

Fuente: elaboración propia.

El proceso de fabricación de piezas metálicas está sujeto a los pedidos de los clientes, ya sea, al ganar alguna licitación o recibir un pedido directamente del cliente. Una vez colocada una orden de compra o de trabajo, inicia el proceso de fabricación de una pieza metálica cualquiera, desde que el requerimiento inicial hasta la respectiva entrega.

A continuación, se describen las tres etapas que conforman el proceso de producción:

Primera Etapa: en la misma se realizan los siguientes procesos:

- Planeación de la fabricación
- Programación de la fabricación
- Ingeniería (Planos)
- Requerimiento de materia prima (Compras)
- Suministro de materia prima

Segunda etapa: se inicia la fabricación de las piezas metálicas, desarrollando las operaciones propias del área como son: torneado, fresado, esmerilado, mandrilado, prensado, taladrado, soldadura, además del control de calidad de la pieza fabricada.

Entre las actividades que se desarrollan en esta etapa tenemos:

- **Charla SSO:** Se les brinda una pequeña charla tratando puntos sobre salud y seguridad ocupacional, así como también, detalles y puntos sobre la producción programada en el día.

- **Habilitado:** Esta es la primera sección de la cadena de fabricación de piezas metálicas, en esta área se corta las piezas metálicas que han sido liberados del almacén con el fin de cumplir con la programación respectiva.
- **Proceso de producción:** En esta sección entran las operaciones mencionadas con anterioridad (tabla 2) de acuerdo a la pieza metálica programada a fabricar.
- **Control de calidad:** Dentro de esta sección, el encargado realiza una inspección y conformidad de acuerdo a lo establecido en los planos, si en caso haya alguna variación se hará un reproceso con el fin de corregir los defectos, y si en caso no cumple con lo mínimo permitido dicha pieza es fabricada nuevamente.

Tercera Etapa: Comprende la entrega de la pieza metálica final al cliente. La entrega es hecha por la empresa al lugar del cliente o bien el cliente se encarga de recoger las piezas metálicas de la planta.

3.1.3. Producción de piezas metálicas en el área de maestranza

La empresa cuenta con varias líneas de producción en piezas metálicas, ya que, desde sus inicios se han elaborado cantidades variadas con diferentes especificaciones, según los requerimientos de los clientes. A continuación, se muestra un resumen histórico de producción del lapso Agosto – Octubre 2018 meses en donde se obtuvo mayor demanda sobre la fabricación de piezas:

Tabla 5. Porcentajes de demanda del mes de Agosto, Septiembre y Octubre 2018 por piezas metálicas fabricadas en el área de maestranza

Tipo de Pieza	Ago	Sep	Oct	Total	%Demanda	%Acumulado	Total Acumulado
Tazón	60	57	47	164	60%	60%	164
Eje	20	15	17	52	19%	79%	216
Acople	13	10	12	35	13%	92%	251
Brida	8	6	7	21	8%	100%	272

Fuente: datos históricos empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L

A partir de los datos levantados en la tabla 4, se construyó el grafico de Pareto mostrado a continuación.

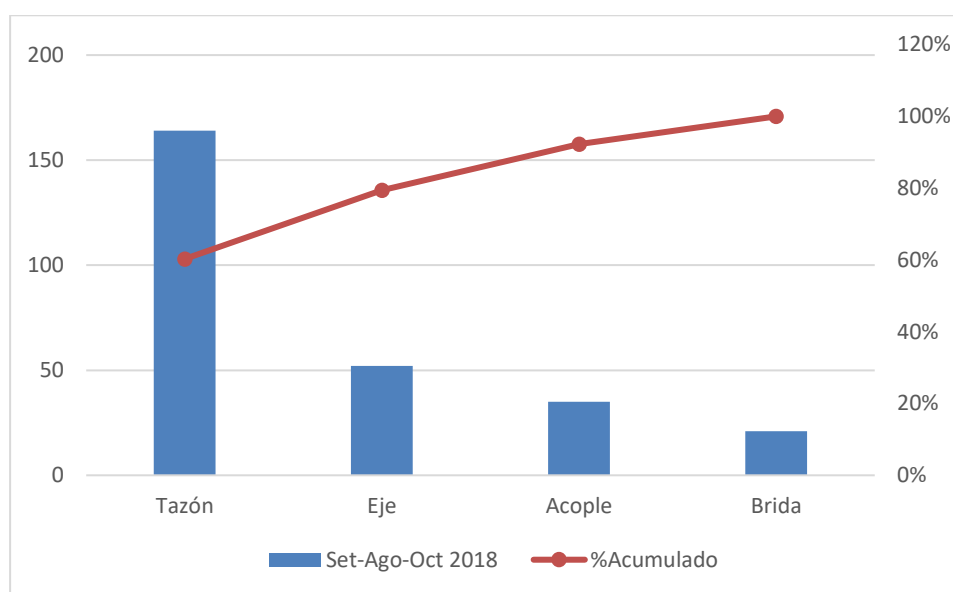


Gráfico 1. Diagrama de Pareto con relación al porcentaje producido por pieza metálica en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico 1, la fabricación de tazones tiene un alto volumen dentro de la participación total de la producción, generando una considerable variación con respecto a la fabricación de ejes, acoples y bridas.

3.1.4. Principal insumo para producción en el área de maestranza

El principal insumo que utiliza la empresa es adquirido con periodicidad de una vez a la semana.

A continuación, se muestran el registro histórico mensual ofrecido por la empresa.

Tabla 6. Historial de abastecimiento de MP

Insumo	Designado para	Característica	Cantidad/mes	Unidad
Acero inoxidable pelado y recocido barra redonda	Tazón	Acero inox 316L	56	Unid
Acero inoxidable pelado y recocido barra redonda	Ejes	Aleaciones de 416SS estándar	17	Unid
Acero inoxidable pelado y recocido barra redonda	Acople	Acero inox 304	11	Unid
Acero inoxidable pelado y recocido barra redonda	Brida	Acero inox 316L	7	Unid

Fuente: datos históricos empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L

Según la observación y lo mencionado por los operarios, existe un tiempo de retraso en la entrega de cada unidad de acero inox. Lo cual afecta de manera significativa a cada proceso de fabricación estudiada.

3.1.5. Evaluación de actividades de producción de piezas metálicas en el área de maestranza

La empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L está atravesando la necesidad de mejorar sus procesos productivos como parte fundamental de sus estrategias y planes para mantener la competitividad de sus trabajos dentro del sector de la manufactura metalmecánica. Para este fin, ha aplicado una serie de herramientas para diagnosticar su situación actual con miras a identificar oportunidades de

mejora y disminución y/o eliminación de desperdicios (procesos, actividades, u otros que acarren gastos sin generar beneficios), bajo la filosofía Lean Manufacturing, desarrollada en los años 50's en la empresa Toyota.

Para la evaluación de las actividades concernientes a la cadena de producción de cada una de las piezas recurrentes del área de maestranza (ejes para bombas hidráulicas, acoples, bridas, y tazones), se aplicaron diagramas de proceso del recorrido, lo que permitió observar cómo se ejecutan las actividades y la ruta que siguen los trabajadores, materiales/equipos para ejecutarlas, registrando el tiempo invertido y mostrando en forma de simbólica los hechos sujetos a estudio (Ochoa, 2013).

Para cada proceso se realizaron tres observaciones acordes con los criterios establecidos por General Electric (ver tabla seis), dado que luego de indagaciones preliminares se logró constatar que todos los ciclos a examinar estaban por encima de los 40 minutos. A continuación, se muestran los parámetros de observación establecidos por General Electric.

Tabla 7. Numero de ciclos a observar según criterio de General Electric.

Tiempo de ciclo (min)	Número de ciclos que cronometrar
0,1	200
0,25	10
0,50	60
0,75	40
1	30
2	20
4 – 5	15
5 – 10	10
10 – 20	8
20 – 40	5

Tiempo de ciclo (min)	Número de ciclos que cronometrar
Más de 40	3

Fuente: García (2005)

Establecido la cantidad de ciclos a observar, se procedió a examinar los cuatros procesos de estudio. Los datos levantados se muestran en las tablas cinco, seis, siete y ocho.

Tabla 8. Observación del proceso de fabricación de eje inferior de bomba vertical.

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Retraso en el transporte y recepción de MP	47,00	48,00	46,80
Montado de piezas en máquina de torno	3,00	2,00	2,00
Habilitado de herramientas	5,00	5,00	4,00
Aplicación de broca de centrar (lado derecho)	1,00	2,00	1,00
Refrentar para obtención de la longitud del eje	2,00	3,00	2,00
Medición de longitud	1,00	2,00	2,00
Aplicación de broca de centrar (lado izquierdo)	6,00	8,00	9,00
Refrentar para eliminar exceso	3,00	5,00	5,00
Medición de longitud	1,00	1,00	2,00
Refrentar para eliminar exceso	3,00	4,00	3,00
Pasado de macho por orificio hecho por broca	6,00	7,00	9,00
Biselado en la punta del giratorio	8,00	9,00	8,00

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Cilindrado de ambas partes con luneta móvil	192,00	195,00	197,00
Enrocado exterior	18,00	20,00	22,00
Espera del supervisor de control de calidad	30,00	27,00	30,00
Inspección y embalaje	8,00	11,00	9,00
Transporte a almacén	1,00	1,00	2,00
Total	335	350	353,8

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Observación del proceso de fabricación de acople de bomba goulds 3700

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Espera en la recepción de MP	30,00	34,00	27,00
Habilitado de material a cierra eléctrica	7,00	7,00	8,00
Corte de material en cierra eléctrica	66,00	65,00	78,00
Medición de las longitudes especificadas	19,00	21,00	24,00
Transporte a torno	2,00	1,00	2,00
Torneado	82,00	78,00	85,00
Inspección de medidas	6,00	5,00	7,00
Fabricación de canal chavetero en torno	50,00	54,00	51,00

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Perforado en taladro	33,00	35,00	32,00
Fabricación de dientes en cepillo eléctrico	77,00	80,00	75,00
Pasado por macho 526 UNC	24,00	21,00	24,00
Espera del supervisor de control de calidad	36,00	27,00	30,00
Control de calidad	10,00	9,00	8,00
Almacén	1,00	1,00	1,00
Total	443	438	452

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Observación del proceso de fabricación de brida de la electrobomba.

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Espera en la entrega de MP	30,00	30,00	28,00
Habilitado y corte de material a equipo oxicorte	54,00	53,00	52,00
Transporte a torno	1,00	1,00	1,00
Rebada en amoladora	12,00	11,00	15,00
Torneado	42,00	43,00	40,00
Transporte a control de calidad	1,00	1,00	1,00
Control de calidad y grabado de código	14,00	16,00	12,00
Transporte a fresadora con cabezal divisor	2,00	2,00	2,00

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Perforado de brida en fresadora con cabezal divisor	63,00	60,00	54,00
Espera del supervisor de control de calidad	49,00	45,00	36,00
Inspección y embalaje	11,00	9,00	12,00
Transporte a almacén	1,00	1,00	1,00
Almacén	1,00	1,00	1,00
Total	281	273	255

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Observación del proceso de fabricación de tazón.

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Limpieza con lijas y escobillas	27,00	27,00	25,00
Transporte a torno	1,00	1,00	1,00
Extracción de bocina en torno	10,00	10,00	12,00
Fabricación de anillo	29,00	27,00	29,00
Acople de anillo en tazón	10,00	12,00	11,00
Transporte a taladro	1,00	1,00	1,00
Perforación en 3 secciones	8,00	7,00	9,00
Transporte a máquina de soldar	1,00	7,00	1,00
Soldadura de 3 puntos	15,00	16,00	16,00

Descripción de eventos	Observaciones		
	O1 min	O2 min	O3 min
Transporte a torno	1,00	1,00	1,00
Torneado acabado final	46,00	48,00	43,00
Aplicación de gel decapante	9,00	8,00	10,00
Reposo de pieza	25,00	24,00	27,00
Limpieza	7,00	5,00	6,00
Transporte a control de calidad	1,00	1,00	1,00
Inactividad en la mesa de control de calidad	37,00	32,00	27,00
Inspección y embalaje	8,00	8,00	9,00
Transporte a almacén	1,00	1,00	1,00
Almacén	1,00	1,00	1,00
Total	238	237	231

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran los diagramas de flujo de procesos elaborados considerando el tiempo promedio de las observaciones de cada ciclo.

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección <input type="checkbox"/> 3	Demora <input type="checkbox"/> 2	Operación <input type="circle"/> 11	Almacén <input type="triangle-down"/> 1	Transporte <input type="arrow-right"/> 0	Inspección Operación <input type="checkbox"/> 0	
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Símbolos						
Retraso en el transporte y recepción de MP	47,3	<input type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Montado de piezas en máquina de torno	2,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Habilitado de herramientas	4,7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aplicación de broca de centrar (lado derecho)	1,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Refrentar para obtención de la longitud del eje	2,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Medición de longitud	1,7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aplicación de broca de centrar (lado izquierdo)	7,7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Refrentar para eliminar exceso	4,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Medición de longitud	1,3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Refrentar para eliminar exceso	3,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Pasado de macho por orificio hecho por broca	7,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Biselado en la punta del giratorio	8,3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cilindrado de ambas partes con luneta móvil	194,7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Enrocado exterior	20,0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Espera del supervisor de control de calidad	29,0	<input type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Inspección y embalaje	9,3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Transporte a almacén	1,3	<input type="checkbox"/>	<input type="circle"/>	<input type="arrow-right"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="triangle-down"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Total	346,27	12,3	256,3	0,0	76,3	1,3	0,0	

Figura 2. Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de eje de bomba vertical. Fuente: elaboración propia.


































Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Acople de Bomba Goulds 37 Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  7 Almacén  1
		Transporte  1 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Símbolos
Espera en la recepción de MP	30,3	     
Habilitado de material a cierra eléctrica	7,3	     
Corte de material en cierra eléctrica	69,7	     
Medición de las longitudes especificadas	21,3	     
Transporte a torno	1,7	     
Torneado	81,7	     
Inspección de medidas	6,0	     
Fabricación de canal chavetero en torno	51,7	     
Perforado en taladro	33,3	     
Fabricación de dientes en cepillo eléctrico	77,3	     
Pasado por macho 526 UNC	23,0	     
Espera del supervisor de control de calidad	31,0	     
Control de calidad	9,0	     
Almacén	1,0	     
Total	444,3	36,33 344,0 1,7 61,33 1 0

Figura 3. Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de acople de bomba goulds 3700. Fuente: elaboración propia.

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L.	Inspección	<input type="checkbox"/>	0	Demora	<input type="checkbox"/>	1
Actividad: Fabricación de Brida para Electrobomba	Operación	<input type="checkbox"/>	4	Almacén	<input type="checkbox"/>	1
Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas	Transporte	<input type="checkbox"/>	4	Inspección Operación	<input type="checkbox"/>	2
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos				
Espera en la entrega de MP	29,3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Habilitado y corte de material a equipo oxicorte	53,0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transporte a torno	1,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rebada en amoladora	12,7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torneado	41,7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transporte a control de calidad	1,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control de calidad y grabado de código	14,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte a fresadora con cabezal divisor	2,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perforado de brida en fresadora con cabezal divisor	59,0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera del supervisor de control de calidad	43,3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inspección y embalaje	10,7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte a almacén	1,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Almacén	1,0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total	269,7	0,0	166,3	5,0	72,7	1,0

Figura 4. Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de brida de electrobomba. Fuente: elaboración propia.

























































































































Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vetical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  0 Demora  1
		Operación  10 Almacén  1
		Transporte  6 Inspección Operación  1
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Limpieza con lijas y escobillas	26,3	     
Transporte a torno	1	     
Extracción de bocina en torno	10,7	     
Fabricación de anillo	28,3	     
Acople de anillo en tazón	11,0	     
Transporte a taladro	1,0	     
Perforación en 3 secciones	8,0	     
Transporte a máquina de soldar	3,0	     
Soldadura de 3 puntos	15,7	     
Transporte a torno	1,0	     
Torneado acabado final	45,7	     
Aplicación de gel decapante	9,0	     
Reposo de pieza	25,3	     
Limpieza	6,0	     
Transporte a control de calidad	1,0	     
Inactividad en la mesa de control de calidad	32,0	     
Inspección y embalaje	8,3	     
Transporte a almacén	1,0	     
Almacén	1,0	     
Total	235,3	0 186 8 32 1 8,3

Figura 5. Diagrama de flujo de procesos promedio de fabricación de tazón. Fuente: elaboración propia.

A partir de esta evaluación y tomando como referencia los tiempos promedio mostrados en las figuras tres cuatro, cinco y seis se determinó que:

- El proceso de fabricación de un eje inferior de bomba vertical registró un total de 346,3 minutos (5 horas y 46 minutos) para totalizar el proceso. Se observó un total de 76,3 minutos (1 hora, 16 minutos) de tiempo en espera asociado a las categorías “transporte y recepción de MP” (47,3 minutos) y “espera por el supervisor de control de calidad” (29 minutos), lo que representa un total de 21,96% del tiempo de fabricación.
- En la evaluación del proceso de fabricación de acople de bomba goulds 3700 se registró un total de 444,33 minutos (7 horas y 24 minutos) para totalizar el proceso. Se observó un total de 61,3 minutos (1 horas y 1 minuto) de tiempo en espera asociado a las categorías “espera en la recepción de MP” (30,3 minutos) e “inactividad en el control de calidad” (31 minutos), lo que representa un total de 13,74% del tiempo de fabricación.
- Para la fabricación de bridas de electrobomba se registró un total de 269,7 minutos (4 horas y 50 minutos) para totalizar el proceso. Se observó un total de 72,7 minutos (1 horas y 13 minutos) de tiempo en espera asociado a las categorías “espera en la entrega de materia prima” (29,3 minutos) e “inactividad en la mesa de control de calidad” (43,3 minutos), lo que representa un total de 26,77% del tiempo de fabricación.
- En relación a la fabricación de tazón, se registró un total de 235,3 minutos (3 horas y 55 minutos) para totalizar el proceso. Se observó un total de 32 minutos de tiempo en espera asociado a la categoría “inactividad en el control de calidad” lo que representa un total de 13,68% del tiempo de fabricación.

Como resultado inmediato de la aplicación de esta herramienta, se logró identificar qué tiempo emplea cada actividad para su ejecución, lo cual sirve para

brindar indicios sobre donde se pueden alojar las oportunidades de mejora dentro del proceso de fabricación de cada pieza.

Se identificaron dos actividades que afectaban a todos los procesos de fabricación relacionadas con la materia prima (espera y/o recepción), y con los controles de calidad posteriores a la fabricación impactando desde un 13,68% hasta un 26,77% los tiempos de confección.

3.1.6. Evaluación causa y efecto

Posteriormente al desarrollo de los diagramas de proceso de recorrido se aplicó la técnica de evaluación diagrama de Ishikawa, como medio para desarrollar un análisis causa – raíz y tomar acción sobre la causa de una variación (Pyzdek, 2003).

Para el ejercicio se conformó un equipo de trabajo compuesto por personal con incidencia en el área de maestranza, con la participación del: jefe de producción, jefe de calidad, y mecánicos líderes, considerando para la selección aquel personal con más experiencia en los procesos de estudio. Como problema a evaluar se planteó la interrogante de “¿por qué existen deficiencias en el área de maestranza?”

Una vez identificadas las causas raíz de las deficiencias, se consolida en un diagrama de causa – efecto, donde cada una de las causas raíz asociada a un tipo de desperdicio se clasifica en una de las seis categorías determinadas para este ejercicio: mediciones, máquinas, métodos, medio ambiente, materiales y mano de obra.

El resultado obtenido del análisis causa raíz y su clasificación se presenta en el diagrama de causa y efecto de la figura seis.



Figura 6. Diagrama Ishikawa del proceso de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Fuente: elaboración propia.

La categoría con más causas principales es *máquinas* que está relacionada con la distribución deficiente de equipos. Luego encontramos a la categoría *métodos* la cual tiene relación con la falta de control de los procesos y en el tiempo de producción. En tercer lugar, sigue la categoría de *mano de obra* que está directamente relacionado con el desperdicio de talento humano. Por último, está el aspecto de *medición, medio ambiente y materiales*, cada uno con una causa identificada.

Esta clasificación resulta útil para definir mejoras proponiendo soluciones a las causas controlables. A continuación, se desarrollará una descripción de cada aspecto o causa determinado.

Medición

La falta de medición tanto de tiempos de operación como del control de calidad es un factor que afecta las operaciones y la productividad de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Mediante la observación de los procesos se constató una tendencia a generar retrasos con respecto al tiempo estandarizado para entrega y en ocasiones la entrega incompleta de pedidos. En este punto cabe mencionar que la falta de medición impide determinar cuan productivos son sus procesos con respecto a sus tiempos de operación.

Máquinas

En general el área de maestranza cuenta con una distribución de espacios de trabajos deficiente y poco adecuada, resultando en movimientos que no generan valor.

La fabricación de piezas se programa de acuerdo a los pedidos de los clientes, causando una asignación variable de operarios por máquina, es decir, la asignación del uso de máquinas no es fija y la asignación se realiza de forma dinámica obedeciendo a las necesidades del día a día y la disponibilidad según máquina. Esta situación que genera retrasos debido a choques entre requerimientos para el uso de una maquinaria. Igualmente sucede con las herramientas, ya que al ser limitadas su disponibilidad se ve afectada por pedidos y/o requerimientos paralelos.

Es importante mencionar que, la disponibilidad de una determinada maquinaria se ve afectada por su requerimiento de uso, ya que desde una perspectiva mecánica y/o de funcionamiento las mismas no presentan fallas y poseen un plan de mantenimiento que garantiza su operatividad.

Métodos

Definir los métodos de trabajo en la empresa es de suma importancia para dar valor agregado a los procesos. En general los trabajadores conocen los métodos establecidos para la fabricación de piezas metálicas, sin embargo, existen puntos que no se tienen claros y estos generan movimientos innecesarios.

Como se pudo visualizar en las observaciones realizadas, los tiempos muertos son producto de movimientos innecesarios o paradas sin justificación de los operarios los cuales generan aumento en el tiempo del proceso de producción.

Por otro lado, los procedimientos empleados para los trabajos en el área de maestranza no han sido revisados, ajustados y/o actualizados, y en vista a los movimientos innecesarios detectados, falta de una mejor planificación para ajustarse a las necesidades reales de la empresa.

Mano de obra

Para los procesos de fabricación cuenta con seis operarios y un coordinador de producción, el cual, se encarga de la supervisión de los trabajos, control de calidad, y de todas las conformidades para las operaciones dentro del área de maestranza. Ocasionando que, en el control de calidad de las piezas fabricadas exista un tiempo de espera considerable.

Dentro de este factor (mano de obra), se puede evidenciar como principal problema la falta de supervisión a los operarios. Esto genera tiempos de espera innecesarios para el proceso de fabricación, los cuales en ocasiones además generan sobre procesos.

Otro aspecto que produce problemas en el área de maestranza es la capacitación del personal, que, aunque, es experimentado en sus labores, no desconocen

ciertos aspectos procedimentales que inciden en retrasos y productividad de la empresa.

Material

El retraso en la entrega/recepción de materiales fue manifestado por el personal como una importante causa de pérdida de tiempo. Estos incrementan los tiempos de producción de la empresa por mala comunicación entre proveedores, transportistas y la empresa.

Esta percepción fue validada al plantear a los trabajadores del área de maestranza (seis operarios y un supervisor) la interrogante ¿opina ud. que los materiales necesarios para los trabajos de fabricación de piezas metálicas llegan a tiempo para realizar sus labores? El grafico mostrado a continuación describe la respuesta

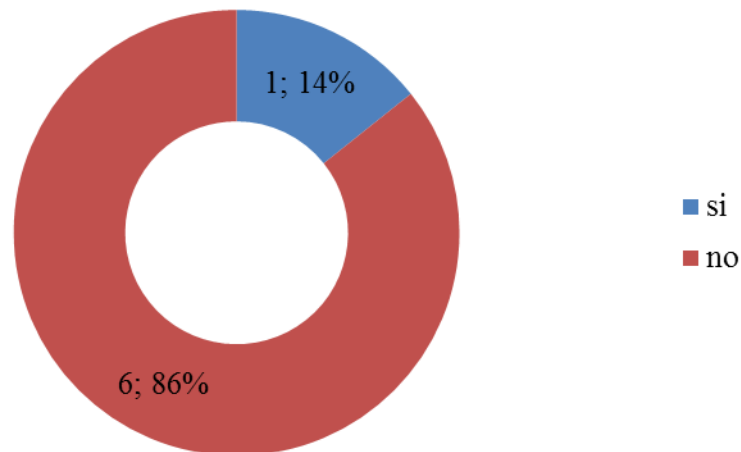


Gráfico 2. ¿Opina ud. que los materiales necesarios para los trabajos de fabricación de piezas metálicas llegan a tiempo para realizar sus labores? Fuente: elaboración propia.

En el grafico número dos se puede observar claramente como la mayoría de los trabajadores consultados, representados por un 86% coinciden en que los materiales necesarios para realizar sus trabajos llegan a destiempo para desarrollar el proceso de fabricación.

Medio ambiente

Con respecto al ambiente o entorno donde se realizan los trabajos, el mismo presenta desviaciones negativas. A pesar de que existe la implementación de la herramienta 5S's, la misma no cumple su función al no ser empleada correctamente y el ambiente de trabajo es un reflejo de ello.

En la figura siete se pueden observar los depósitos destinados a la clasificación de desperdicios, los cuales están apilados e inhabilitándolos para su pronta utilización dentro del área de maestranza. Así mismo, los operarios no dejan en un correcto orden luego de ser utilizadas las escobas y los recogedores.



Figura 7. Depósitos de desperdicios del área de maestranza. Fuente: galerías de imágenes propias.

Por otro lado, en la figura ocho se observa la existencia de inventario obsoleto los cuales son partes sobrantes de metales que ya han sido utilizados. La forma de almacenamiento incrementa su envejecimiento, y en muy pocas ocasiones se vuelve a trabajar con dicho material.



Figura 8. Inventario estacionario dentro del área de maestranza. Fuente: galerías de imágenes propias.

3.1.7. Categorización de los desperdicios del proceso de fabricación desde la óptica Lean

Parte fundamental de la evaluación de la situación de la empresa es identificar cuáles son los desperdicios presentes en los procesos de fabricación de piezas metálicas según la visión de Lean Manufacturing, es decir, aquellas actividades que no son de valor añadido al proceso son innecesarias, y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. En este sentido, se tomará las categorías descritas en por Cuevas (2014), mencionadas a continuación:

- **Sobre producción:** producción de artículos para los cuales no se tienen órdenes o pedidos.
- **Espera:** los operadores esperan las maquinas trabajar, o esperan por materiales y herramientas, entre otros.
- **Transporte innecesario:** movimiento innecesario de materiales, partes u otros, durante el proceso de producción.
- **Sobre procesamiento:** incertidumbre en los requerimientos del cliente generando sobre gastos y tiempo.
- **Inventarios:** exceso de materia prima, materiales obsoletos o en desarrollo y productos finales.

- **Movimiento innecesario:** cualquier desplazamiento que no sea necesario y sea realizado por los trabajadores dentro de la jornada.
- **Productos defectuosos:** productos fuera de los estándares de calidad.

Adicionalmente, se incorpora la categoría valor agregado para considerar aquellas actividades que no generen valor para el cliente.

Estas actividades se distribuirán porcentualmente según la figura mostrada a continuación:

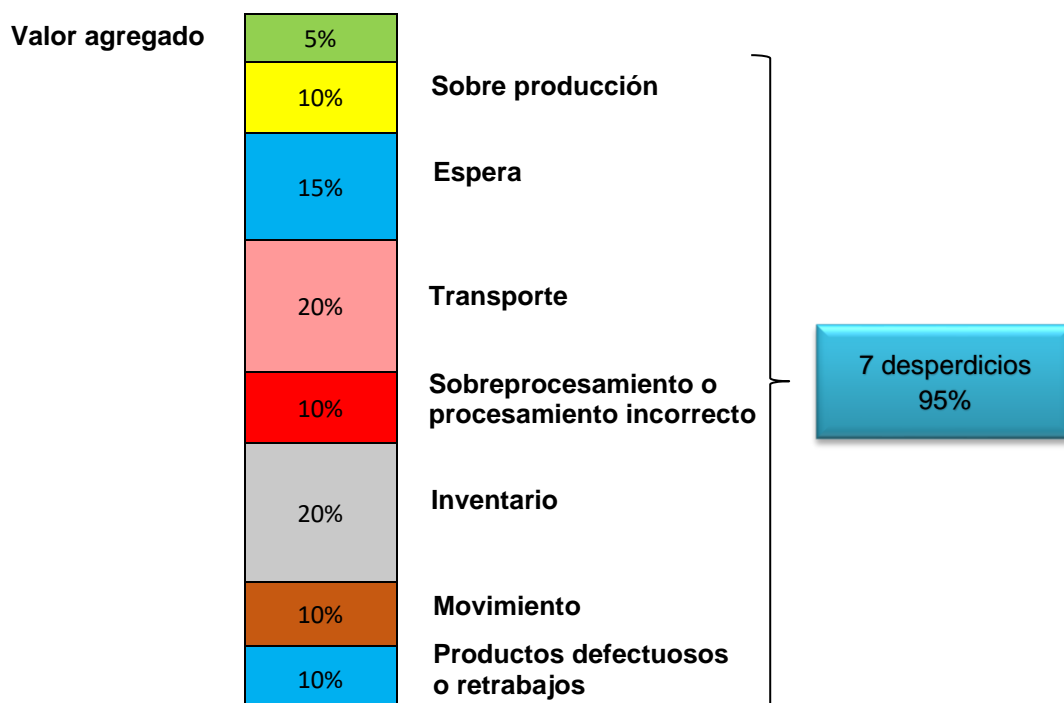


Figura 9. Los siete desperdicios más el valor agregado.

Fuente: Cuevas (2014).

Una vez definidas las categorías se evaluaron los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas de estudio (eje, acople, brida, y tazón) mediante la observación directa y contrastación de información con el diagrama de Ishikawa. Las tablas doce y trece muestran los desperdicios identificados y su frecuencia para la fabricación de ejes.

Tabla 12. Desperdicios en proceso de fabricación de ejes.

Desperdicios	Áreas					Control de calidad
	Almacén	Habilitado	Torneado	Biselado	Cilindrado	
Valor agregado						
Sobre producción						
Espera		X	X	X	X	X
Transporte innecesario						
Inventario	X	X				
Sobre procesamiento						
Producto defectuoso						
Movimiento innecesario		X	X			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de ejes.

Desperdicios	Frecuencia por día	% de frecuencia
Valor agregado	0	0%
Sobre producción	0	0%
Espera	5	55.56%
Transporte innecesario	0	0%
Inventario	2	22.22%
Sobre procesamiento	0	0%
Producto defectuoso	0	0%

Desperdicios	Frecuencia por día	% de frecuencia
Movimiento innecesario	2	22.22%
Total	9	100%

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se analizó el proceso de fabricación de los acoples según lo muestran las tablas catorce y quince.

Tabla 14. Desperdicios en proceso de fabricación de acoples.

Desperdicios	Áreas						Control de calidad
	Almacén	Habilitado	Cortado	Torneado	Taladrado	Cepillado	
Valor agregado Sobre producción							
Espera		X	X	X	X	X	X
Transporte innecesario							
Inventario	X						
Sobre procesamiento					X		
Producto defectuoso						X	
Movimiento innecesario				X			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de acoples.

Desperdicios	Frecuencia por día	% de frecuencia
Valor agregado	0	0%
Sobre producción	0	0%
Espera	7	63.64%
Transporte innecesario	0	0.00%
Inventario	1	9.09%
Sobre procesamiento	1	9.09%
Producto defectuoso	1	9.09%
Movimiento innecesario	1	9.09%
Total	11	100%

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, se estudió el proceso de fabricación de bridas obteniendo los resultados mostrados en las tablas dieciséis y diecisiete.

Tabla 16. Desperdicios en proceso de fabricación de bridas.

Desperdicios	Áreas				Ctrl. de calidad
	Almacén	Habilitado	Torneado	Fresado	
Valor agregado					
Sobre producción					
Espera		X	X	X	X
Transporte innecesario					
Inventario	X				

Desperdicios	Áreas				Ctrl. de calidad
	Almacén	Habilitado	Torneado	Fresado	
Sobre procesamiento					
Producto defectuoso		X			
Movimiento innecesario		X		X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de bridas.

Desperdicios	Frecuencia por día	% de frecuencia
Valor agregado	0	0%
Sobre producción	0	0%
Espera	4	50%
Transporte innecesario	0	0%
Inventario	1	12.50%
Sobre procesamiento	0	0%
Producto defectuoso	1	12.50%
Movimiento innecesario	2	25%
Total	8	100%

Fuente: elaboración propia.

Por último, se evaluó el proceso de producción de tazón en búsqueda de determinar los desperdicios del mismo. Se encontró lo mostrado en la tabla dieciocho y diecinueve.

Tabla 18. Desperdicios en proceso de fabricación de tazón.

Desperdicios	Áreas						Control de Calidad
	Almacén	Habilitado	Torneado	Taladrado	Soldadura	Torneado	
Valor agregado							
Sobre producción							
Espera		X	X	X	X	X	X
Transporte innecesario							
Inventario	X						
Sobre procesamiento		X		X			
Producto defectuoso						X	
Movimiento innecesario		X			X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Frecuencia de desperdicios en proceso de fabricación de tazón.

Desperdicios	Frecuencia por día	% de frecuencia
Valor agregado	0	0%
Sobre producción	0	0%
Espera	6	75%
Transporte innecesario	0	0%
Inventario	1	12.50%
Sobre procesamiento	2	25%
Producto defectuoso	1	12.50%
Movimiento innecesario	2	25%
Total	12	100%

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la categorización de los desperdicios de los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas se presentan de manera consolidada en la tabla diecinueve.

Tabla 20. Frecuencia de desperdicios diarios en procesos de fabricación de piezas metálicas.

Desperdicios	Eje	Acople	Brida	Tazón	Total
Valor agregado	0	0	0	0	0
Sobre producción	0	0	0	0	0
Espera	5	7	4	6	22
Transporte innecesario	0	0	0	0	0
Inventario	2	1	1	1	5
Sobre procesamiento	0	1	0	2	3
Producto defectuoso	0	1	1	1	3
Movimiento innecesario	2	1	2	2	7
Total	9	11	8	12	40

Fuente: elaboración propia.

Las gráficas mostradas a continuación resumen los diferentes desperdicios encontrados en los procesos de fabricación de ejes, acoples, bridas y tazón.

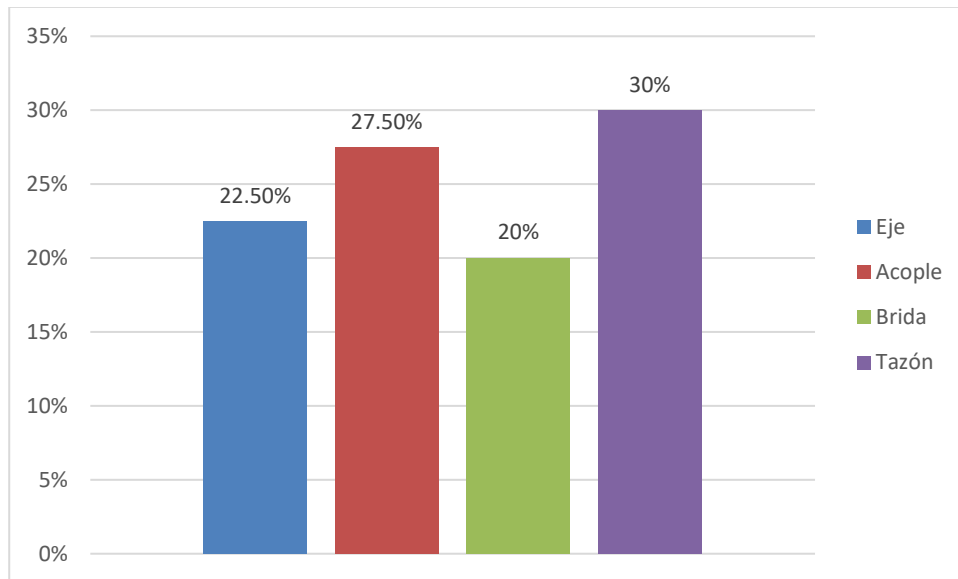


Gráfico 3. Distribución de desperdicios encontrados en los procesos de fabricación de piezas mecánicas. Fuente: elaboración propia.

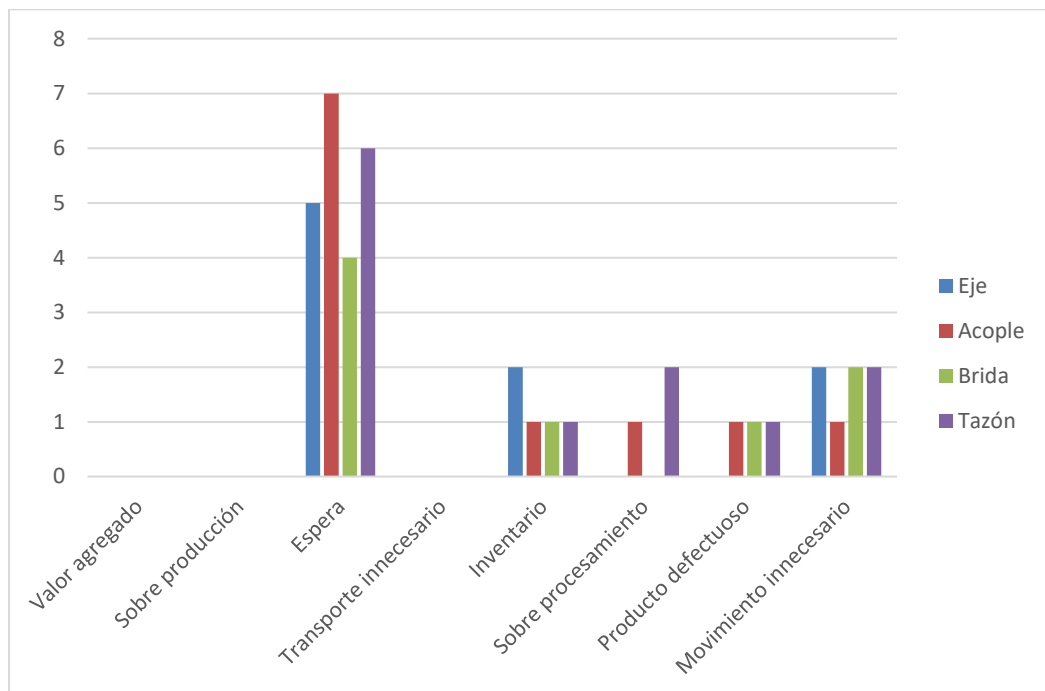


Gráfico 4. Distribución detallada de desperdicios encontrados por cada proceso de fabricación de piezas mecánicas. Fuente: elaboración propia.

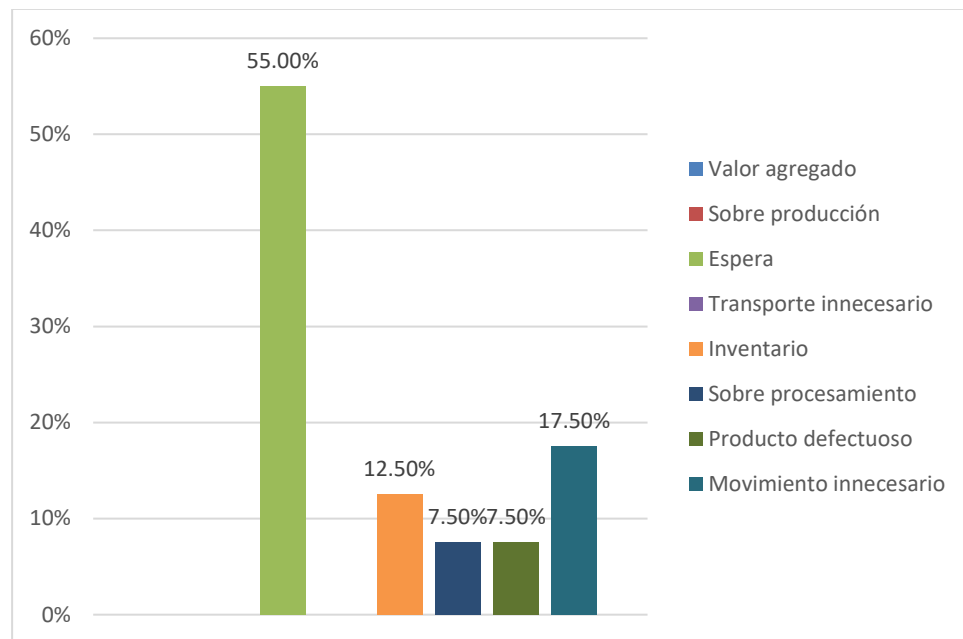


Gráfico 5. Distribución porcentual de tipo de desperdicios encontrados en los procesos de fabricación de piezas mecánicas. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en los gráficos tres, cuatro y cinco, el proceso de fabricación que presento más desperdicios fue el de tazón con doce eventos para un 30%, siendo la fabricación de bridas el proceso con menor número de eventos con ocho desperdicios por un 20%.

Por otro lado, se puede observar que la mayor amenaza para la productividad son los tiempos de espera, los cuales representan el 55% de los desperdicios con 22 eventos distribuidos entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiados.

3.1.8. Resultado del cuestionario Lean Manufacturing

Para determinar los conocimientos que poseen los trabajadores del área de maestranza sobre la filosofía Lean Manufacturing y sus herramientas, se aplicó una encuesta dividida en cinco secciones para recolectar la data requerida (ver anexo tres). El instrumento se aplicó a siete personas (seis operarios y un supervisor). La tabla diecinueve muestra el resultado obtenido de la encuesta.

Tabla 21. Resultado de cuestionario Lean Manufacturing.

Área	Preguntas	Puntaje	Promedio
Lean Manufacturing	11	162	2
5S's	13	246	2
Trabajo estandarizado	7	95	2
Mejora continua	7	102	2
Proceso de producción	7	147	3

Fuente: elaboración propia.

El máximo puntaje máximo a obtener son 1575 puntos considerando que fueron siete personas encuestadas, y que el máximo puntaje por pregunta es de cinco puntos. De la tabla número veintiuno se puede determinar que el puntaje obtenido por el grupo encuestado fue de 752 puntos. En este sentido, se determina que el personal encuestado presento un conocimiento sobre la filosofía Lean de un 47, 75%.

Como se puede observar en los resultados de la tabla veintiuno, los conocimientos de los trabajadores del área de maestranza sobre Lean Manufacturing y sus herramientas es limitado. Estos datos implican la necesidad de aplicar un plan de capacitación como elemento fundamental previo y/o en paralelo a la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en la empresa. Para consultar resultados detallados del cuestionario ver anexo cuatro.

3.2 Resultados de los indicadores de las variables

Una vez diagnosticada la situación actual de la empresa determinando los tiempos reales que toman los ciclos de producción de piezas metálicas (ejes, acoples, bridas y tazones), identificación de desperdicios, causas y consecuencias de situaciones problemáticas, y luego de analizado el proceso de producción en contraste con los

beneficios, se procedió a evaluar la situación actual en términos de los indicadores clave de desempeño (KPI).

Para la evaluación de la base actual de la empresa previa a la adopción de una cultura basada en la filosofía esbelta (Lean Manufacturing), se tomaron los siguientes indicadores calculados en el periodo Agosto – Octubre 2018:

- Mapa de flujo de valor (VSM)
- Ritmo de producción (takt time)
- Pedidos entregados completos (FLT)
- Pedidos entregados a tiempo (ODT)
- Calidad a la primera (FTT)
- Actividades productivas (AP)
- Actividades improductivas (AI)
- Productividad mano de obra
- Productividad horas hombre (PHH)

Mapa de flujo de valor (VSM)

El VSM nos ayudará a definir el camino e hitos para el diseño de las herramientas del lean Manufacturing en el área de maestranza. A través de los tiempos de valor agregado (TVA) y el tiempo de valor no agregado (TVNA), los cuales se obtuvieron directamente de la toma de tiempos y la recopilación de información en los registros del área.

La producción se ajusta según al pedido del cliente, no permite contar con un programa de producción estándar, se consideró los datos de producción obtenidos en el mes de agosto, dado que hubo mayor demanda.

El área de producción se encarga de recibir los pedidos y remitir requerimientos de materia prima al área de compras, en esta última actividad se analiza el tiempo de espera de materia prima.

El proveedor de materia prima realiza entregas una vez a la semana de barras redondas de acero inoxidable pelado y recocido y los pedidos del cliente se despachan vez a la semana.

Se espera disminuir el tiempo de valor no agregado de producción y así lograr satisfacer la demanda de la línea de productos en estudio en su totalidad.

VSM Producción actual tazones

En la figura diez se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) actual del sistema productivo de ejes. La empresa despacha 56 unidades de producto terminado mensuales, lo que se traduce a 6.2 unidades producidas al día, considerando 9 días hábiles netamente de producción de tazones.

De los tiempos analizados en la producción de tazones, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza se obtuvo el TVA actual de 194.3 minutos, en la producción de 56 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 41.2 minutos tiempo por el cual se debe considerar una reducción.

VSM Producción actual ejes

En la figura once se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) actual del sistema productivo de ejes. La empresa despacha 17 unidades de producto terminado mensuales, lo que se traduce a 2.13 unidades producidas al día, considerando 8 días hábiles netamente de producción de ejes.

De los tiempos analizados en la producción de ejes, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza se obtuvo el TVA

actual de 264.9 minutos, en la producción de 17 piezas según demanda del cliente por mes, El TVNA fue igual a 80.4 minutos tiempo por el cual se debe considerar una reducción.

VSM Producción actual acoples

En la figura doce se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) actual del sistema productivo de ejes. La empresa despacha 11 unidades de producto terminado mensuales, lo que se traduce a 1.83 unidades producidas al día, considerando 6 días hábiles netamente de producción de acoples.

De los tiempos analizados en la producción de acoples, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza se obtuvo el TVA actual de 375 minutos, en la producción de 11 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 69.8 minutos tiempo por el cual se debe considerar una disminución.

VSM Producción actual bridas

En la figura trece se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) actual del sistema productivo de ejes. La empresa despacha 7 unidades de producto terminado mensuales, lo que se traduce a 1.75 unidades producidas al día, considerando 4 días hábiles netamente de producción de bridas.

De los tiempos analizados en la producción de bridas, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza se obtuvo el TVA actual de 191.1 minutos, en la producción de 7 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 79.6 minutos tiempo por el cual se debe considerar una reducción.

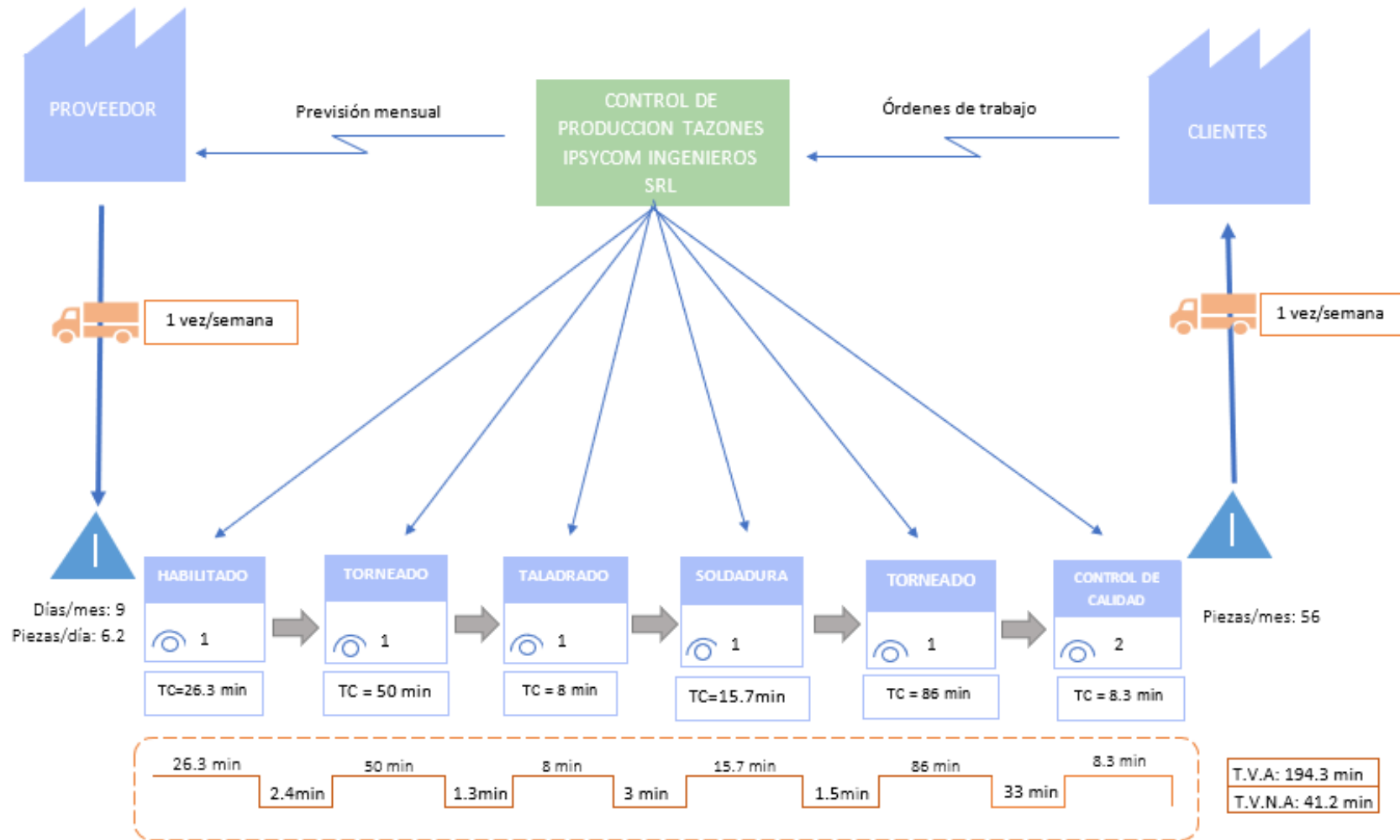


Figura 10. Mapa de flujo de valor actual producción de tazones Fuente: elaboración propia

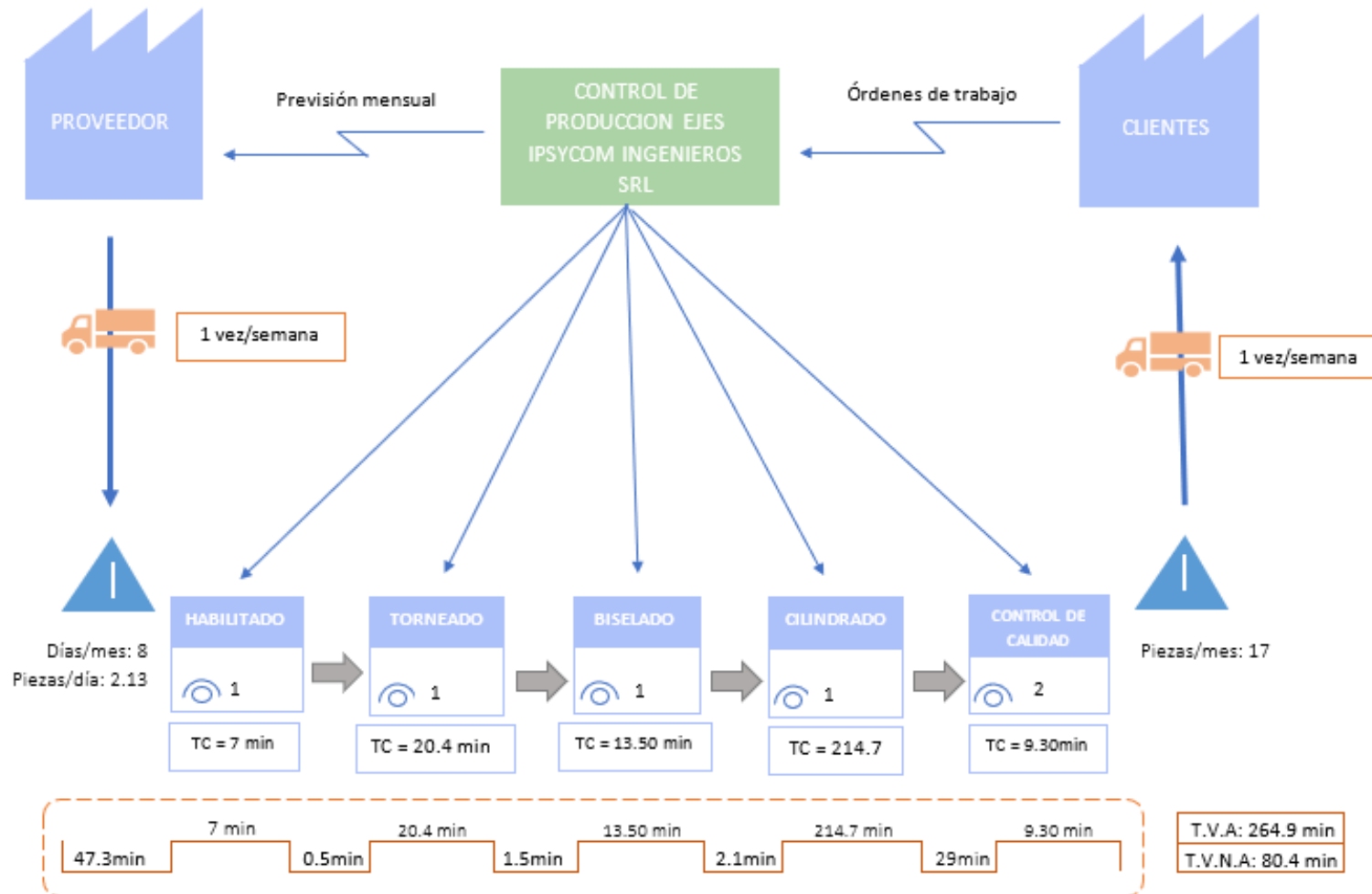


Figura 11. Mapa de flujo de valor actual producción de ejes Fuente: elaboración propia

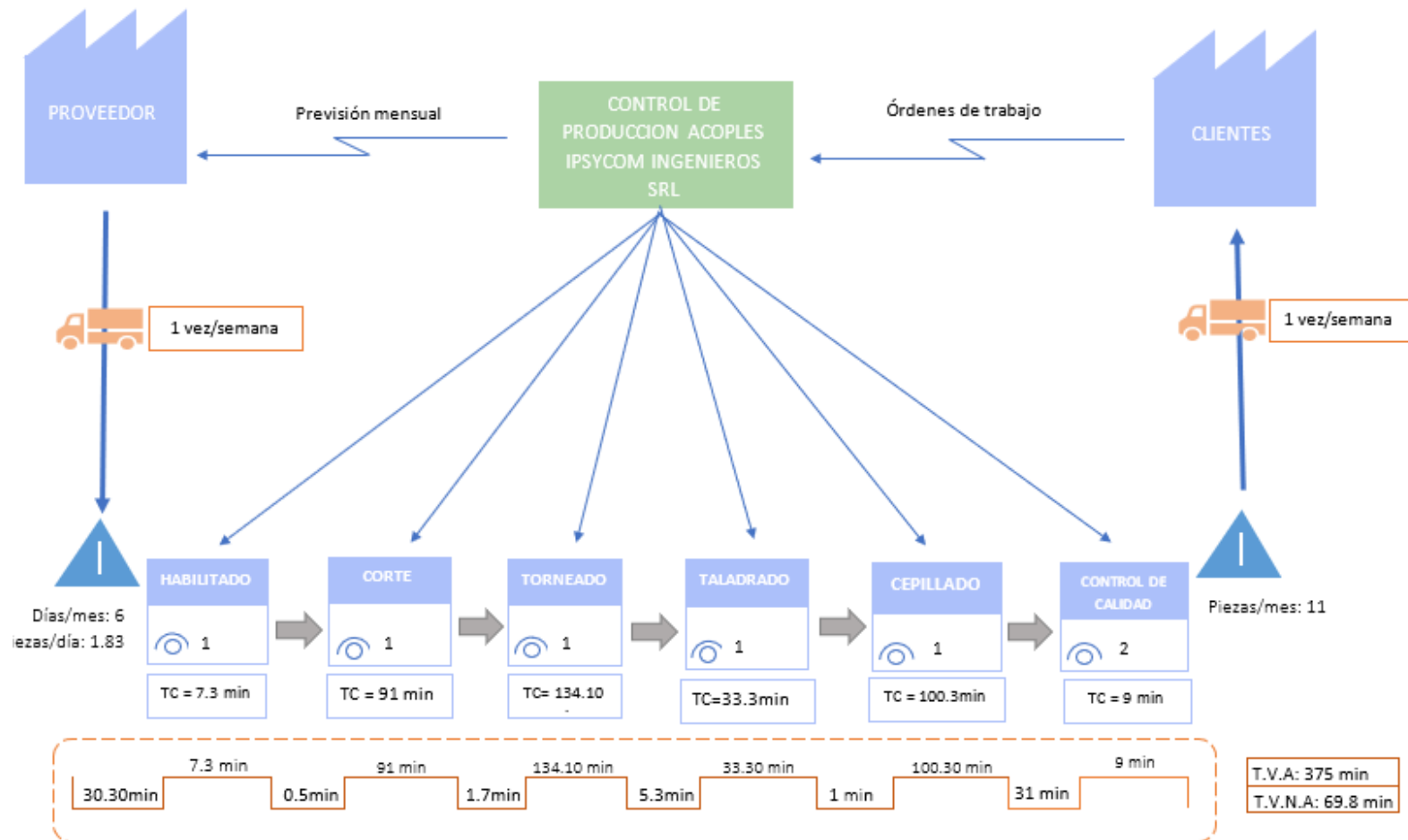


Figura 12. Mapa de flujo de valor actual producción de acoples Fuente: elaboración propia

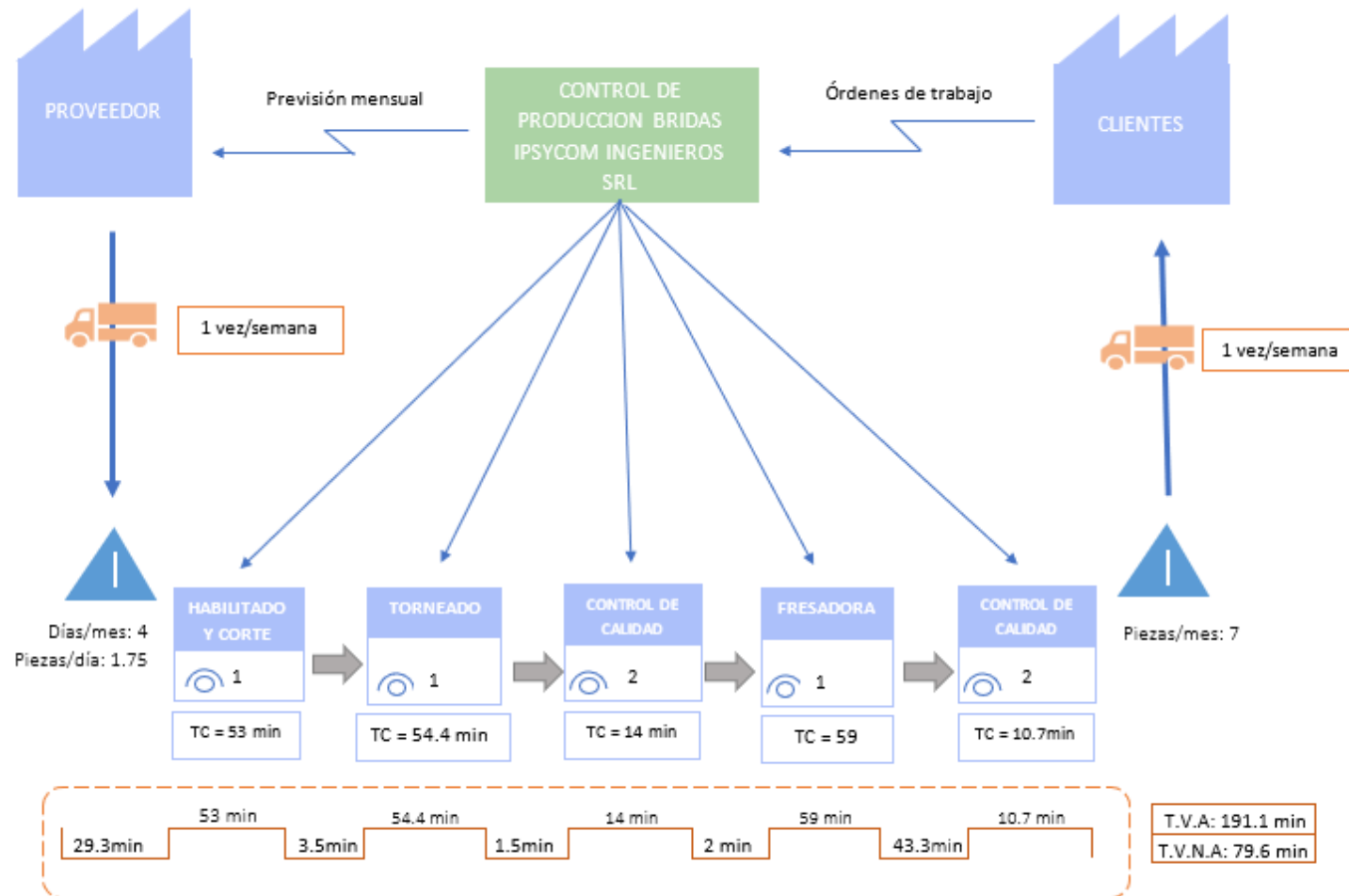


Figura 13. Mapa de flujo de valor actual producción de bridas Fuente: elaboración propia

Ritmo de producción (takt time)

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo bruto de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

Ecuación 1. Cálculo del takt time.

Esta estimación se realizó para determinar el tiempo de ciclo requerido o base según la proyección de la empresa. En este sentido, se realizó el cálculo aplicando la ecuación uno y la información suministrada por la empresa que se muestra a continuación:

Tabla 22. Cálculo del takt time por cada proceso de producción de piezas metálicas.

Takt time	Tazón	Eje	Acople	Brida
A. Jornada (horas)	9	9	9	9
Jornada (segundos)	32400	32400	32400	32400
Reducción de tiempo por (segundos)				
Descanso/ Refrigerios: 2 horas	7200	7200	7200	7200
Preparación de maquinaria: 0.7 horas	2520	2520	2520	2520
B. Total (segundos)	9720	9720	9720	9720
A-B Tiempo disponible (segundos)	22680	22680	22680	22680
Numero de turnos	1	1	1	1
Días hábiles/mes	9	8	6	4
Demanda pieza/ mes	60	20	13	8
E. Demanda diaria	6.67	2.50	2.17	2.00
Tiempo takt (C/E)	3402.0	9072.0	10467.7	11340.0

El Talk Time nos indica que, si queremos satisfacer la demanda de 6.67 tazones diarios y estamos dispuestos a trabajar 9 días mensuales, debemos diseñar una producción con un talk time de 3402s, es decir la producción debe ser capaz de

satisfacer el ritmo de la demanda del cliente, de igual manera con la producción de ejes, acoples y bridas de los cuales el resultado del takt time fue de 9072s, 10467.7s, y 11340s respectivamente.

Pedidos entregados completos (FLT)

Este indicador sirvió para medir el nivel de servicio con respecto al cumplimiento de la empresa en la entrega de productos entregados completos (fill rate), empleando la siguiente formula:

$$FLT = \frac{\text{Número de pedidos entregados}}{\text{Cantidad total requerida}} * 100\%$$

Ecuación 2. Cálculo de pedidos entregados

Los cálculos se realizaron en base a la tabla mostrada a continuación correspondiente al periodo Agosto – Octubre 2018 donde se realizó un pedido global de 272 piezas metálicas (ejes, acoples, bridas, tazones).

Tabla 23. Piezas entregadas Agosto – Octubre de 2018.

Pieza	Ago	Sep	Oct	Total entregados	Pedidos
Tazón	56	54	45	155	164
Eje	17	13	16	46	52
Acople	11	9	10	30	35
Brida	7	5	6	18	21
Total	91	81	77	249	272

Fuente: datos históricos empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Como resultado se obtuvieron los índices mostrados a continuación.

Tabla 23. Resultados pedidos entregados Agosto – Octubre de 2018.

Pieza	FLT
Tazón	94.51%
Eje	88.46%
Acople	85.71%
Brida	85.71%
Total	91.54%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar de los resultados, el área de maestranza en términos de entrega de piezas metálicas en general no cumple con los estándares establecidos.

Tiene un porcentaje de 91.54% de pedidos entregados completos, la diferencial representa a las piezas metálicas que fueron rechazadas por variaciones en las especificaciones técnicas solicitadas, generando perdidas para la empresa ya que incurre a una penalidad dentro de la OT. Los procesos de fabricación de tazón, ejes y acoples se encontraron por debajo de los términos, el porcentaje estándar de cada proceso debería cumplirse sobre los 97% en pedidos entregados completos.

Pedidos entregados a tiempo (OTD)

Para medir la eficiencia de la entrega de pedidos a los diferentes clientes se calcularon cuantos habían sido entregados a tiempo. A continuación, se muestra la ecuación empleada para determinar este indicador.

$$ODT = \frac{\text{Número de pedidos entregados a tiempo}}{\text{Cantidad total requerida}} * 100\%$$

Ecuación 3. Cálculo de pedidos entregados a tiempo.

Se considera como entregas de pedidos a tiempo aquellas realizadas en la fecha acordada, a la hora acordada con un margen de +/- 15 minutos. La tabla 24 muestra un resumen de los pedidos entregados a tiempo en el periodo en cuestión.

Tabla 24. Porcentaje de piezas entregadas a tiempo Agosto - Octubre 2018.

Pieza	Pedidos entregados a tiempo	Pedidos requeridos	ODT
Tazón	151	164	92.1%
Eje	42	52	80.8%
Acople	28	35	80.0%
Brida	16	21	76.2%
Total	237	272	87.1%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar de los resultados, la capacidad del área de maestranza por entregar pedidos en la fecha pactada es de un 87.1% de cumplimiento, lo restante se considera dentro de las piezas metálicas entregadas fuera de la fecha establecida y en algunas piezas las que tuvieron ampliaciones en su tiempo de entrega. Se busca que el valor de este indicador esté siempre sobre el 95% de cumplimiento.

Calidad a la primera (FFT)

El indicador Calidad es un indicador básico para conocer la calidad de un proceso, que como su nombre indica muestra el porcentaje de piezas fabricadas bien hechas a la primera en las instalaciones, para las que no ha sido necesario el reproceso o reparación. Además, este indicador permite conocer la efectividad de la estandarización del trabajo en la instalación.

$$FFT = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de piezas producidas} - \text{reproceso}}{\text{N}^\circ \text{ total de piezas producidas}}$$

Ecuación 4. Cálculo de la calidad a la primera.

Para determinar el indicador calidad a la primera se contaron con datos referentes a los reprocesos suministrados por la empresa y mostrados en la tabla 25.

Tabla 25. Conteo de reprocesos Agosto – Octubre de 2018.

Pieza	Ago	Sep	Oct	Total
Tazón	14	12	10	36
Eje	4	4	4	12
Acople	2	2	2	6
Brida	2	2	1	5
Total	22	19	17	59

Fuente: Datos históricos empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Como resultado de los pedidos entregados a tiempo en el periodo en cuestión se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 27

Tabla 26. Porcentaje de calidad a la primera Agosto - Octubre 2018.

Pieza	Piezas producidas	Reprocesos	FFT
Tazón	155	36	76.77%
Eje	46	12	73.91%
Acople	30	6	80.00%
Brida	18	5	72.22%
Total	249	59	76.18%

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la categoría de calidad a la primera se contó con un 76.18% de acierto en la fabricación general de piezas metálicas, siendo el punto más alto la fabricación de acoples con un 80% de aciertos y el aspecto crítico a mejorar será en la fabricación de bridas con un 72.22% de aciertos.

Actividades productivas (AP)

$$AP = \frac{\sum (\text{Operaciones} + \text{Inspecciones})}{\sum (\text{Total de actividades})}$$

Ecuación 5. Cálculo de actividades productivas.

Tomando en consideración los datos observados durante la evaluación de las actividades concernientes a la cadena de producción de cada una de las piezas

recurrentes del área de maestranza (ejes para bombas hidráulicas, acoples, bridas, y tazones), se construyó la tabla 28 para mostrar los tiempos de operaciones, inspecciones y tiempo total de actividades (promedio de las observaciones realizadas) y calcular el indicador actividades productivas.

Tabla 27. Cálculo de actividades productivas para fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto - Octubre 2018.

Pieza	Tiempo total (min/seg)	Operaciones e inspecciones (min/seg)	AP
Tazón	234 / 14040	201 / 12060	85,89%
Eje	346 / 20760	269 / 16140	77,75%
Acople	444 / 26640	382 / 22920	86,03%
Brida	269 / 16140	192 / 11520	71,38%
Total	1293 / 77580	1044 / 62640	80,74%

Fuente: elaboración propia.

Durante el periodo observado, se obtuvo como resultado un 80,74% de actividades productivas. Sin embargo, se percibieron aspectos a mejorar, sobre todo la fabricación de bridas y ejes con un 71,38 y 77,75% respectivamente de actividades productivas.

Actividades improductivas (AI)

$$AI = \frac{\sum (\text{transporte} + \text{Demora} + \text{Almacén})}{\sum (\text{Total de actividades})}$$

Ecuación 6. Cálculo de actividades improductivas.

En lo que se refiere a las actividades improductivas, se emplearon para su cálculo los datos observados durante la evaluación de las actividades concernientes a la cadena de producción de cada una de las piezas recurrentes del área de maestranza (ejes para bombas hidráulicas, acoples, bridas, y tazones). Con esta información se construyó la tabla 28 para mostrar los tiempos de transporte, espera y almacén, así como el tiempo

total de actividades (promedio de las observaciones realizadas), para finalmente calcular el indicador actividades improductivas.

Tabla 28. Cálculo de actividades improductivas para la fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto – Octubre de 2018.

Pieza	Tiempo total (min/seg)	Transporte, espera y almacén (min/seg)	AI
Tazón	234 / 14040	33 / 1980	14,11%
Eje	346 / 20760	77 / 4620	22,25%
Acople	444 / 26640	62 / 3720	13,97%
Brida	269 / 16140	73 / 4380	28,62%
Total	1293 / 77580	245 / 14700	18,94%

Fuente: elaboración propia.

Durante el periodo observado, se obtuvo como resultado un 18,94% de actividades productivas. La actividad con un menor índice de actividades improductivas fue la fabricación de tazones con un 14,11% y la que presentó un mayor índice de actividades improductivas fue la fabricación de bridas con un 28,62%.

Productividad con respecto a la mano de obra

Es importante hallar la producción de la mano de obra ya que así se sabrá cuánto más o menos efectúa cada trabajador del área de maestranza de pieza al día. Siendo 2 trabajadores que intervienen en cada fabricación de piezas.

$$PMO = \frac{\text{Producción}}{\# \text{ Mano de obra}}$$

Ecuación 7. Cálculo de productividad Mano de Obra

Tabla 29. Productividad medida en Mano de Obra del periodo Agosto - Octubre 2018

Pieza	Producción	Días hábiles (mes)	Piezas (día)	# Trabajadores por pieza	Productividad MO (pieza/ día)
Tazón	56	9	6.22	2	3.11

Pieza	Producción	Días hábiles (mes)	Piezas (día)	# Trabajadores por pieza	Productividad MO (pieza/ día)
Eje	17	8	2.13	2	1.06
Acople	11	6	1.83	2	0.92
Brida	7	4	1.75	2	0.88
Total	91				6

Con una producción al mes de 91 piezas metálicas entre tazones, ejes, acoples y bridas y considerando 2 trabajadores por cada producción de pieza se deduce que cada trabajador efectúa el proceso de fabricación de piezas en un aproximado de 6 piezas al día entre tazones, ejes, acoples y bridas.

Productividad horas-hombre (PHH)

Para determinar este indicador, se utilizaron como datos de entrada la cantidad de piezas metálicas fabricadas (producción) y el total de horas hombre laborable por mes basado en el tiempo bruto de producción.

$$PHH = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

Ecuación 8. Cálculo de productividad horas hombre.

El tiempo bruto de producción es igual a 22680 (6.3 horas) que se deberán considerar según los días laborables por pieza, este valor luego se multiplica por la cantidad de trabajadores que intervienen por cada proceso según la pieza producida en área de maestranza (un operario y un supervisor).

La tabla 30 muestra los resultados del cálculo de este indicador.

Tabla 30. Productividad medida en horas hombre del periodo Agosto - Octubre 2018.

Pieza	Producción	Horas hombre laboradas (horas)	PHH (piezas/hora)
Tazón	56	113.4	0.49
Eje	17	100.8	0.17
Acople	11	75.6	0.15
Brida	7	50.4	0.14
Total	91	340.2	0.95

Fuente: elaboración propia.

Como resultado de este indicador obtenemos un valor general de productividad horas hombre de 0,95 piezas/hora.

3.3 Resultados de matriz de operacionalización de variables

Tabla 31. Resultados de matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO	INTERPRETACION			
METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING	El producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de despilfarros. (Rajadell, 2010)	Mapa de flujo de Valor VSM	Tiempo de valor agregado	Tazón	TVA= 194.3 minutos TVNA= 41.2 minutos	Los tiempos de valor agregado actual es de 194.3 minutos y el tiempo de valor no agregado es igual a 41.2 minutos en la producción mensual de 56 tazones según demanda del cliente por mes.		
				Eje	TVA= 264.9 minutos TVNA= 80.4 minutos	Los tiempos de valor agregado actual es de 264.9 minutos y el tiempo de valor no agregado es igual a 80.4 minutos en la producción mensual de 17 ejes según demanda del cliente.		
				Acople	TVA= 375 minutos TVNA= 69.8 minutos	Los tiempos de valor agregado actual es de 375 minutos y el tiempo de valor no agregado es igual a 69.8 minutos en la producción mensual de 11 acoples según demanda del cliente.		
				Brida	TVA= 191.1 minutos TVNA= 76.9 minutos	Los tiempos de valor agregado actual es de 375 minutos y el tiempo de valor no agregado es igual a 76.9 minutos en la producción mensual de 7 bridas según demanda del cliente.		
						Tazón	94.51%	El porcentaje actual de tazones entregados completos es de 94.51%
						Eje	88.46%	El porcentaje actual de ejes entregados completos es de 88.46%
						Acople	85.71%	El porcentaje actual de acople entregados completos es de 85.71%
						Brida	85.71%	El porcentaje actual de bridas entregadas completas es de 85.71%
					% entregas a tiempo	Tazón	92.07%	El porcentaje actual de tazones entregados a tiempo es de 92.07%

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO		INTERPRETACION		
PRODUCTIVIDAD	La productividad es la relación entre la producción y los recursos utilizados para obtenerla, la capacidad de generar resultados utilizando ciertos medios. (Bain, 2005)	Pedidos entregados a tiempo		Eje	80.77%	El porcentaje actual de ejes entregados a tiempo es de 80.77%		
				Acople	80%	El porcentaje actual de acoples entregados a tiempo es de 80%		
				Brida	76.19%	El porcentaje actual de bridas entregados a tiempo es de 76.19%		
		Calidad a la primera	% producción sin reprocesos	Tazón	76.77%	El porcentaje actual de tazones producidos sin reprocesos ni defectos es del 76.77%		
				Eje	73.91%	El porcentaje actual de ejes producidos sin reprocesos ni defectos es del 73.91%		
				Acople	80%	El porcentaje actual de acoples producidos sin reprocesos ni defectos es del 80%		
						Brida	72.22%	El porcentaje actual de bridas producidas sin reprocesos ni defectos es del 72.22%
						Tazón	85,89%	El porcentaje actual de actividades productivas para el proceso de fabricación de tazón es de 85.89%
						Eje	77,75%	El porcentaje actual de actividades productivas para el proceso de fabricación de ejes es de 77.75%
						Acople	86,03%	El porcentaje actual de actividades productivas para el proceso de fabricación de acoples es de 86.03%
Brida	71,38%					El porcentaje actual de actividades productivas para el proceso de fabricación de bridas es de 71.38%		
Tazón	14,11%					El porcentaje actual de actividades improductivas para el proceso de fabricación de tazón es de 14.11%		
				Eje	22,25%	El porcentaje actual de actividades improductivas para el proceso de fabricación de ejes es de 22.25%		
				Acople	13,97%	El porcentaje actual de actividades improductivas para el proceso de fabricación de acoples es de 13.97%		

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO	INTERPRETACION	
				Brida	28,62%	El porcentaje actual de actividades improductivas para el proceso de fabricación de bridas es de 28.62%
				Tazón	3.11 pieza/ trabajador*día	La mano de obra actual del proceso de fabricación de tazón es de un aproximado 3.11 piezas producidas por cada trabajador al día.
				Eje	1.06 pieza/ trabajador*día	La mano de obra actual del proceso de fabricación de ejes es de un aproximado 1.06 piezas producidas por cada trabajador al día.
		Productividad M.O	Productividad Mano de Obra	Acople	0.92 pieza/ trabajador*día	La mano de obra actual del proceso de fabricación de acoples es de un aproximado 0.92 piezas producidas por cada trabajador al día.
				Brida	0.88 pieza/ trabajador*día	La mano de obra actual del proceso de fabricación de bridas es de un aproximado 0.88 piezas producidas por cada trabajador al día.
				Tazón	0.49 piezas/ H H	La productividad en horas-hombre de la fabricación de tazones es de 0.49 piezas/H-H
				Eje	0.17 piezas/ H H	La productividad en horas-hombre de la fabricación de ejes es de 0.17 piezas/H-H
		Productividad H-H	Productividad Hora - Hombre	Acople	0.15 piezas/ H H	La productividad en horas-hombre de la fabricación de acoples es de 0.15 piezas/H-H
				Brida	0.14 piezas/ H H	La productividad en horas-hombre de la fabricación de bridas es de 0.14 piezas/H-H

Fuente: elaboración propia.

3.4 Selección de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad el área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Una vez completado el diagnóstico de la situación actual de la empresa, bajo la perspectiva de factores que afectasen su productividad se procedió a realizar la selección de las herramientas basadas en la filosofía Lean Manufacturing como instrumentos para el incremento del rendimiento de IPSYCOM Ingenieros S.R.L., al mejorar sus procesos y disminuir, mitigar, y eliminar donde sea posible los desperdicios dentro su cadena de producción de piezas metálicas.

Luego, tomando la información levantada en el diagrama causa – efecto y el porcentaje de desperdicios encontrados por cada proceso, se seleccionaron las siguientes herramientas Lean Manufacturing para la propuesta de mejora de la productividad de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Tabla 32. Selección de herramientas Lean Manufacturing para la construcción de la propuesta para la mejora de la producción del área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Desperdicio	Síntoma	Causa	Herramienta
Espera	<ul style="list-style-type: none"> - Considerado como la mayor amenaza para la productividad, representa el 55% de los desperdicios con 20 eventos distribuidos entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiadas. - Entrega de pedidos incompletos. - Entrega de pedidos a destiempo. - Administración incorrecta de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asignación variable de maquinaria y herramientas. - Falta de supervisión a personal técnico - Demora en el tiempo de arranque del proceso. - Poca sincronía con los proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> - KANBAN - SMED
Movimiento innecesario	<ul style="list-style-type: none"> - Representa el 17.50% de los desperdicios con 7 eventos distribuidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución deficiente de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Celdas de manufactura - 5S's

Desperdicio	Síntoma	Causa	Herramienta
	entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiados.	- Falta de orden en el área de trabajo.	
	- Eficiencia baja en los trabajadores.	- Deficiencia en control de procesos.	
Inventario obsoleto	- Representa el 12.50% de los desperdicios con 5 eventos distribuidos entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiadas.	- Inventario obsoleto en las áreas de trabajo.	- KANBAN - 5S's
	- Desperdicio de materia prima.		
Sobre procesamiento	- Representa el 7.50% de los desperdicios con 3 eventos distribuidos entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiados.	- Inadecuado estudio de los procesos de trabajo.	- Poka-Yoke
	- Piezas fabricadas fuera de estándar según requerimiento.	- Falta de orientación en el detalle de fabricación de piezas.	
	- Entrega de pedidos incompletos		
Producto defectuoso	- Representa el 7.50% de los desperdicios con 3 eventos distribuidos entre los cuatro procesos de fabricación de piezas metálicas estudiados.	- Falta de supervisión oportuna en los procesos.	- Poka-Yoke
	- Piezas fabricadas que no son aptas según los estándares de calidad y no son detectados oportunamente.		
Todos	Todos	- Todas	- Sistema de participación del personal

Fuente: elaboración propia.

Estas herramientas permitirán dar respuesta a las oportunidades de mejora detectadas dentro de la empresa considerando la dimensión humana (personal capacitado y concientizado), maquinaria (buscando mayor accesibilidad de las mismas).

3.5 Diseño de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad del área de maestranza en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

Para el diseño de la propuesta que permita establecer estrategias, herramientas y procedimientos que dirijan a la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. hacia una cultura de trabajo esbelto y eficiente, se establecerá un plan de acción orientado a un cambio en la cultura de trabajo y métodos para incrementar el rendimiento de la cadena productiva de la empresa. En la figura -- se puede observar el plan de acción propuesto.

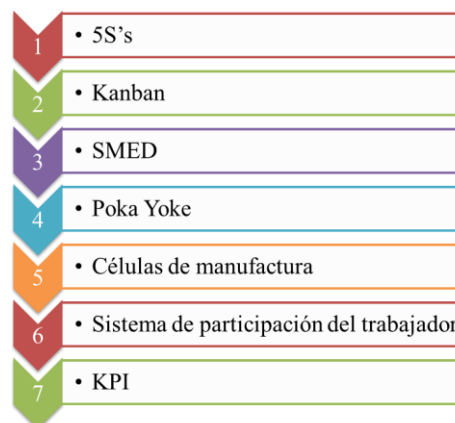


Figura 14. Secuencia de aplicación de herramientas Lean Manufacturing.
Fuente: elaboración propia

3.5.1 Diseño de las 5S

Al iniciar la propuesta de implementación de las herramientas 5S se observa que la empresa tiene una distribución deficiente de equipos, falta de orden en el área de trabajo y un control deficiente en sus procesos por lo tanto la metodología propuesta tendrá la finalidad de mitigar los movimientos innecesarios y clasificar adecuadamente el inventario obsoleto, según los siguientes pasos a continuación:

- Campaña de difusión por parte de la gerencia, para lo cual deber contar con un pleno convencimiento para iniciar el proceso y los cambios o mejoras que se generan en el área de maestranza, adicionalmente los recursos necesarios para su implementación, a partir de la decisión se requiere que la empresa presente ante el personal el compromiso e involucramiento, desde el inicio hasta las diferentes fases establecidas, buscando que se ejecute de manera rápida y efectiva y cumpla el objetivo de reducir los movimientos innecesarios y tener un mejor control del inventario
- Taller de capacitación sobre Cinco Eses, dicho taller contiene aspectos esenciales dentro de la técnica Cinco Eses, y el cual es base para iniciar con la apropiación del tema; en el anexo cinco se propone el posible temario a desarrollarse. Dentro del mismo se tratarán puntos de identificación de desperdicios, al igual que el taller básico de los conceptos Cinco Eses y sus fases, el taller para la identificación de desperdicios presenta la introducción dentro de las consideraciones para reconocer los desperdicios en los diferentes procesos de cada una de las piezas metálicas Dicha capacitación se realizará en un taller de seis horas una semana cada seis meses, el día sábado que se tienen menor carga laboral y estará a cargo de un experto en Producción Esbelta y aplicación de ls 5S en talleres. En la planificación se pretende que estén presentes todos los operarios del área de maestranza, así como también el coordinador de procesos y la gerencia inmediata.

Después de haberse tomado la capacitación se fomentará el trabajo en equipo el cual debe proponer las directrices de la implementación, coordinar las acciones para mantener, mejorar, y divulgar el avance de las Cinco Eses; el equipo de

trabajo debe estar integrado por personas de los diferentes procesos que tengan alto liderazgo, sean dinámicos, se encuentren comprometidos, con habilidades de comunicación y de actitud positiva reflejada entre las demás personas.

Primera S: Clasificación

Determinación de los recursos

Para esta primera S separaremos los elementos de trabajo en dos categorías Necesarios e Innecesarios, los innecesarios serán aquellos elementos que no prevemos a utilizar a corto y medio plazo en la producción ya que entorpecen la utilización de los elementos necesarios, con este paso retiraremos los elementos innecesarios como el inventario obsoleto que representa el 12.50% de los desperdicios encontrados constatando una lista la cual se monitoreara después de un tiempo para que de acuerdo a la efectividad del proceso nos identifique si fueron o no necesarios de acuerdo a un periodo de tiempo.

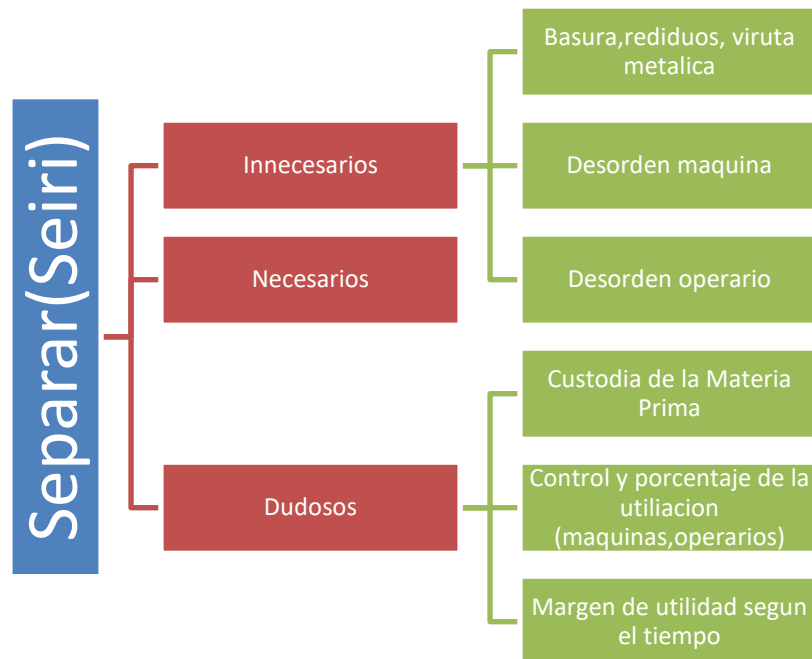


Gráfico 6. Diseño de la S separar Fuente: elaboración propia

En el grafico se detalla la primera S y cuál sería el impacto sobre los movimientos innecesarios con la finalidad de solucionar estos porcentajes según el diagnostico.

- Se clasificará los materiales existentes en el área de maestranza se empezará por el área de habilitado de materia prima clasificando los elementos directos y necesarios, así como los innecesarios con la finalidad de tener todo agrupado.
- Se verificará el estado físico de cada una de las piezas metálicas para determinar cuál es el proceso de fabricación que deben seguir y donde deben ser almacenadas para continuar con su proceso y eliminar el desperdicio de espera.
- Los elementos que son necesarios para el proceso de fabricación serán clasificados según el estado de las piezas para culminar con el proceso y avanzar con las unidades que requieren de menor maquinado.

Toda separación debe tener en cuenta los recursos que se utilizarán para la implementación considerando que el exceso de movimientos innecesarios contiene altos porcentajes debido a su distribución deficiente de equipos, falta de orden el trabajo y deficiencia en el control de procesos en el caso de los inventarios se clasificara lo que es útil y obsoleto. Se establecerá el uso de cinco pliegos de cartulina para la elaboración de las tarjetas, y dos metros de cuerda delgada para colgar dichas tarjetas en todas las áreas de producción en al área de maestranza respetando la información y el cumplimiento de dichas tarjetas según las metas y el orden que debe realizarse para respetar el proceso y sus tiempos y eliminar sus causas.

Elaboración del formato de tarjetas rojas

El diseño y la elaboración del formato de las tarjetas se realizarán con la colaboración del coordinador de producción. Se implementará un formato sencillo para su fácil llenado y colocación, el cual se muestra en la figura quince.

 <p>MAESTRANZA Y PROYECTOS ELECTROMECÁNICOS</p>		METODOLOGIA 5S'S	
TARJETA ROJA			
Área:		Número:	
Sección:			
Nombre del artículo:			
Cantidad:		Fecha:	
Categoría			
Insumos:		Documentación Legal:	
Equipo de Oficina:		Producto en proceso:	
Papelería:		Producto terminado:	
Accesorios y Herramientas:		Mobiliario y Equipo:	
Cajas y Contenedores:		Artículos personales:	
Bienes del cliente:		Otros (especifique):	
Refacciones:			
Motivos			
No se utiliza:		Dañado / Maltratado:	
No se necesita:		Contaminante / Desperdicio:	
Uso desconocido:		Duplicado:	
No sirve / Descompuesto:		Otros (especifique):	
Defectuoso:			
A donde llevar			
Autorizó:		Destino final:	
Fecha del envío:			

Figura 15. Tarjeta roja para la clasificación en las 5S's. Fuente: elaboración propia

Este formato contiene: fecha de colocación, número de tarjeta colocada, el área en donde se encuentra, el nombre del elemento y la cantidad de objetos incluidos bajo la misma tarjeta roja.

Además, en la tarjeta existe un espacio destinado para colocar la disposición posible del artículo que puede ser: Transferir si se trata de elementos u objetos que puedan servir en otra área; Eliminar si son artículos que no pertenecen al área y no sirven; Por inspeccionar si se trata de objetos que requieren de una

revisión más detallada o no sabemos si puedan servir a alguien con la finalidad que esta información sea respetada y valorada por cualquier operario que entre en operación, inspección o transporte.

Implementación de estrategia de tarjetas

El mejor modo de poner en práctica el programa de tarjetas rojas es completarlo en el área rápidamente y con el compromiso del operario o supervisor, si es posible en uno o dos días, porque si se deja dilatar el proyecto caerá el entusiasmo y la moral del personal involucrado además del monitoreo que se está proponiendo según el criterio de esta primera S

Por esta razón se determinaría en conjunto con el coordinador de los procesos, que el tiempo destinado para la implementación de las tarjetas rojas será de 30 minutos diarios durante dos días para terminar de colocar las tarjetas. Antes de la colocación de tarjetas rojas se realizaría un recordatorio de los conocimientos impartidos sobre los elementos necesarios e innecesarios en todos los procesos intervinientes de las piezas propuestas de fabricación en el área de maestranza para así poder completar el formato de la tarjeta y se verifique el cumplimiento a seguir después de su implementación.

El primer paso sería separar los elementos necesarios de los innecesarios en este caso se deberá identificar que dentro de los principales puntos a mejorar en cuanto a elementos innecesarios y simultáneamente adherir las tarjetas rojas. La aplicación de esta estrategia también contaría con la presencia y colaboración del Gerente General y el Gerente de R.R.H.H.

El siguiente paso sería transportar y apilar en el área de tarjetas rojas los elementos innecesarios. (por ejemplo, herramientas, equipos que se puedan trasladar piezas terminadas entre otros, etc.) Algunos objetos que no podían ser movidos al área designada solo se les adherirá la tarjeta. La aplicación tendría una duración prevista de dos días y luego se procedería a tabular cada una de las tarjetas colocadas con su respectiva numeración para posteriormente evaluar y determinar que disposición tendrán estos elementos y evaluar su implementación. Luego del levantamiento de la información, se llevaría a cabo una reunión en el área de maestranza con los operarios, el coordinador de procesos y el Gerente General, en la cual se discutirá la disposición que tendrían los elementos con tarjetas, y se procederá a eliminar, transferir o reordenar dichos elementos de acuerdo con los resultados obtenidos tras su implementación.

Segunda S: Orden

Clasificación y orden son dos pilares asociados, los cuales funcionan bien juntos, nunca por separado. No importa lo bien que se ordene las cosas, ya que, si muchos de estos elementos son innecesarios, el orden tendrá poco efecto.

Luego de clasificar los elementos necesarios se debe identificar cuál es su lugar de trabajo o de almacenaje de forma que se comprenda fácilmente y por cualquier persona la labor o disposición de dichos elementos que participaran en la producción de las piezas metálicas y mantener un orden para evitar movimientos innecesarios y desorden en el inventario

Planificación: Después de la implementación de las tarjetas rojas el área presentaría una panorámica más amplia, lo que motivará a la siguiente reunión

de planificación, en la cual deben participar los operarios y el coordinador de procesos y calidad

Implementación de estrategia de pintura: La estrategia de pintura se debe de poner en práctica en suelos y pasillos, marcando las áreas de paso de la planta diferenciándolas de las áreas de trabajo. En la presente área se delimitará un pintado a toda el área lo que beneficiaría la implementación de las 5S's pues creará un ambiente de trabajo más agradable y lograría que los trabajadores aumenten su motivación para trabajar, mejorando el aspecto del área y respetando esta señalización que tendrá el fin de delimitar las áreas específicas para maquinas, operarios, almacén.

Implementación de clasificación de herramientas

La estrategia deberá proponer señalizar las zonas con letreros indicando donde se encuentran las herramientas para evitar impedimentos del trabajador al encontrarlas dándole la facilidad de avance y un despeje de la línea de producción y comodidad en la práctica de sus actividades

Evaluación: Luego de implementar orden y clasificación en el área de maestranza se puede identificar las zonas clasificadas y cada elemento señalizado para fortalecer la primea S y continuar con la implementación.

- Se colocarán las herramientas que intervienen en el maquinado para que cada operario sepa donde esa guardado y que cuando culmine deje apto dicho herramienta para que el operario entrante pueda usarla.
- Todas las máquinas y herramientas deben tener un espacio definido para su almacenamiento o colocado indicando con exactitud su lugar

- Definir el orden y la estructura que este debe tener para mantener cada máquina o herramienta en su lugar

Tercera S: Limpieza

Limpieza significa inspección, ya que cuando se limpian equipos o máquinas se puede ir revisando su funcionamiento para evitar averías y daños futuros.

Planificación: Para diseñar este pilar se tomarán en cuenta las siguientes acciones: día de limpieza y elaboración de la lista de chequeo.

Día de limpieza: Se realizará un día de limpieza en el área de maestranza.

- **Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos:** Una limpieza profunda fuerza a los operarios a tocar cada parte del equipo. Esto incrementa su interés y su resolución para no permitir que se ensucie de nuevo.
- **Identificación de los Focos de suciedad (FS) y Lugares de difícil acceso para la limpieza (LDA):** Este es un paso muy importante, previo a implementar el manual de limpieza. Consiste en primer lugar, en identificar los focos o fuentes de suciedad, en los diversos agentes que se encuentran en el área, esto se realiza con el objetivo de tener conocimiento de que ocasiona la suciedad del área y equipos, además de poder establecer el mantenimiento autónomo por parte de los trabajadores en las diversas maquinarias existentes.

Elaboración de lista de chequeo en la implementación de limpieza: Se elaborará un formato general de lo que se debe chequear en cada sección por su responsable, para que lo adapte y complemente en su propia área.

FORMATO DE CONFORMIDAD DE LIMPIEZA																						
Fecha:		Operarios:																				
Turno:																						
Hora:																						
Comentario:																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CUMPLE</th> <th rowspan="2">ACTIVIDADES</th> </tr> <tr> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Materiales en lugar adecuado</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Herramientas a disposicion</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Piso limpio</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Equipos limpios</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Basura clasificada</td> </tr> </tbody> </table>			CUMPLE		ACTIVIDADES	SI	NO			Materiales en lugar adecuado			Herramientas a disposicion			Piso limpio			Equipos limpios			Basura clasificada
CUMPLE		ACTIVIDADES																				
SI	NO																					
		Materiales en lugar adecuado																				
		Herramientas a disposicion																				
		Piso limpio																				
		Equipos limpios																				
		Basura clasificada																				
 <p>MAESTRANZA Y PROYECTOS ELECTROMECAÑICOS</p>																						

Figura 16. Lista de chequeo para la conformidad de limpieza dentro de área de maestranza. Fuente: elaboración propia

Implementación: El día de limpieza se desarrollaría un día sábado, y durante 2 horas, se aprovecharía que el sábado es el día que se tiene que realizar menor producción, esto mejoraría la tarea de limpieza profunda.

- Todos deberán limpiar el área a terminar una fabricación y guardar las herramientas después de su uso.
- Las maquinas deberán estar libres de viruta metálica para que cada proceso sea optimo y limpio.
- No existirá ninguna excepción cuando se trate de limpiar según el cronograma establecido por parte de la metodología.
- El objetivo es que los movimientos innecesarios se reduzcan por la clasificación el orden y la limpieza que cada operario debe de realizar con la finalidad de cumplir su proceso.

Cuarta S: Estandarización

Una vez que se ha establecido la forma adecuada de organización del área de trabajo, esta debe ser utilizada como modelo, donde la ubicación de las herramientas y los materiales de trabajo debe quedar claramente establecida como la correcta para los operarios, además de cumplirse las 3 primeras Ss.

Se establecerá que el personal debe cumplir adecuadamente el tiempo establecido por proceso.

Así también el estándar dentro del tema de Seguridad e Higiene Industrial tendría los siguientes puntos:

- Usar equipos de protección personal: como cascos, lentes, zapatos de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada: mandiles, guardapolvos, entre otros. IPSYCOM Ingenieros cuenta con un espacio donde pueden guardar la ropa u otros objetos personales en forma segura, como colgadores, estantes o armarios contribuyendo al aseo personal de los operarios.
- Prevención ante casos de emergencia: implementar avisos de señalización en los talleres, pasadizo, etc. Esto se refiere a avisos de salidas de emergencia, salidas, escape, zonas de protección sísmica, avisos de no fugar, entre otros.
- Prevención ante accidentes: implementar extintores y botiquines de primeros auxilios en el área de confecciones, estos deben estar claramente señalizados y colocados en lugares de fácil acceso.
- Un botiquín debe contener: vendas esterilizadas, esparadrapos, gasas, tijeras, pinzas, crema antiséptica y medicamentos simples.
- Mantener los servicios básicos en funcionamiento

- Instalaciones sanitarias: se debe de tener en buen estado los SSHH (limpieza diaria) para prevenir enfermedades y se debe usar racionalmente el agua potable.
- Implementar adecuadamente las instalaciones eléctricas (cableados, enchufes, interruptores, pozos de tierra, fluorescentes, entre otros).
- Implementar tachos de basura en el área de maestranza, con diferenciación de colores de acuerdo al tipo de desperdicio.
- Mantener el área de maestranza adecuadamente pintada (interna y externamente).
- La empresa debe capacitar y elaborar formatos donde indiquen el proceso de las 3 primeras S
- Designar como rutina de trabajo las acciones de clasificación orden y limpieza para la fabricación de piezas metálicas

Quinta S: Disciplina

En este pilar es muy difícil de desarrollar así que el primer paso sería un taller como medio para crear disciplina y sostener el programa. Para lograr esto será necesario desarrollar herramientas de promoción 5S's como eslóganes, insignias, boletines, exhibición de fotografías de antes y después de la implementación, letreros, manuales de bolsillo, etc.

- Verificar cada cierto tiempo el proceso de las 5S para realizar los ajustes necesarios que requieran según la S
- Tiene como finalidad el compromiso de los trabajadores para la correcta implementación y secuencia de las 5S

- Alentar a los trabajadores para cumplir los objetivos de la metodología con el fin de lograr un mejor desempeño en el área de maestranza
- Realizar reuniones periódicas de capacitación según el avance y los resultados del diseño de las 5S
- Es recomendable mostrar el avance y explicar los aspectos que la metodología propone para realizar las mejoras

3.5.2 Diseño del Sistema de empuje Kanban

La finalidad del diseño del sistema de empuje Kanban, será una mejor administración en la entrega de piezas a través de la estandarización del proceso de producción de cada una de las piezas metálicas, facilitar las transferencias entre los operarios que empiezan o concluyen un proceso específico en el área de maestranza según la pieza metálica para así controlar el tiempo de espera que se produce entre maquina y máquina, y controlar el manejo de materia prima, en específico los obsoletos encontrados en el diagnóstico.

Para el diseño del sistema de empuje de Kanban es necesario tomar en cuenta que existen Kanban de retiro o Kanban de producción, para nuestro diseño el Kanban de producción es la tarjeta adecuada para el diseño dado que es aquel Kanban que especifica la referencia y la cantidad de piezas que se debe producir.

Para la implementación del Kanban es necesario tener en cuenta 4 fases:

Fase 1: Entrenar a todo el personal en los principios del Kanban, y los beneficios de usar Kanban. La metodología Kanban se desarrollará dos veces al año, con una duración de seis horas a la semana, para lo cual se realizará un control de asistencia. La capacitación será dictada por un expositor externo. La capacitación debe cumplir el objetivo de aprendizaje y comprensión de los conceptos del sistema Kanban que de cada una de las piezas metálicas con la

finalidad de implementar una tarjeta o recipiente que indique el inicio del proceso de fabricación, conocer cuál es el proceso que empuja para el inicio de la producción según el color y el estado de la secuencia del proceso de producción dejara la tarjeta siguiente para completar el proceso o rectificarlo de acuerdo a la información previa que anotara el operario.

Se dictará parte teórica del sistema Kanban, así mismo, se apoyará esta base teórica con ejercicios prácticos sobre cómo se producen las piezas metálicas, en que cantidad y cuando deben producirse.

Fase 2: Implantar Kanban en aquellas piezas metálicas con el mayor tiempo de producción para facilitar y resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

Fase 3: Implantar un tablero Kanban para organizar el trabajo con etiquetas de colores colocadas en el tablero.

Para que nuestro tablero Kanban realmente funcione se deben dar una serie de condiciones y circunstancias como las siguientes:

- Los procesos de fabricaciones de tazones, ejes, acoples y bridas deberán estar bien definidos. Debe quedar muy claro quién y en qué momento puede mover un elemento de estado.
- Para que el flujo sea continuo y veloz los límites de cada etapa deben quedar claramente definidos.
- Se debe revisar y actualizar el tablero a intervalos de tiempo regulares. Lo ideal es que a medida que los elementos vayan cambiando de estados el tablero se vaya actualizando. Como es complicado que todos los integrantes

del equipo actualicen en tiempo real el tablero es conveniente hacer revisiones periódicas.





 IPSYCOM SRL <small>MAESTRANZA Y PROYECTOS ELECTROMECÁNICOS</small> KANBAN/ TAREAS	 POR HACER	 EN CURSO	 TERMINADO

Figura 17. Formato de tablero Kanban. Fuente: elaboración propia.

Al examinar nuestro tablero de Kanban debemos priorizar el 30% arrojado por el tazón para eliminar ese cuello de botella que en este caso es el tiempo de espera mediante la información que propone la nueva tarjeta así como también la información del tablero de la siguiente estación de trabajo nos ayudara a corregir los errores por habilitado que existen entre el torno 5 y la fresadora 6 en su proceso de maquinado disminuyendo el porcentaje con averías y retrasos a un 5 % promedio entre las 2 máquinas.

La metodología Kanban determinará al operario que no sigue la métrica del proceso de producción y según la secuencia de fabricación de la pieza, la tarjeta debe tener la información del estado de la pieza que deberá estar en la siguiente estación para generar el empuje hasta terminar el tazón y seguir con la pieza que

tiene el menor tiempo de espera y distribuirla a la máquina que este libre para no retrasar el proceso y darle continuidad.

Kanban también sintetiza estrategias para enfrentar las fallas de acuerdo a los datos anticipados por cada una de las piezas metálicas esto permitirá determinar en qué momento no se cumplió con alistar las maquinas entre procesos en el caso de la brida, eje, acople y tazones, se debe identificar que maquinas están en acción y cuál sería la maquina especifica cara continuar el procedimiento siempre y cuando esta esté disponible y se asemeje con el proceso de fabricación de cualquiera de la piezas programadas por día, con el fin de tomar operación y obedecer al Kanban.

Fase 4: Esta fase consiste en la revisión continua del sistema Kanban, los puntos de reorden y los niveles de reorden.

3.5.3 Diseño de SMED

Con la ayuda de la técnica SMED vamos a estandarizar el proceso, para así poder bajar el tiempo de espera entre máquinas y de esta forma tener una referencia estable sobre el cual se podrá trabajar para perfeccionar los aspectos de preparación del proceso. La finalidad de reducir el tiempo de espera es volverlo tiempo productivo con la asignación directa de la maquina más competente para realizar la fabricación controlando la espera innecesaria del supervisor de calidad, con este diseño SMED se considerará el cambio de maquina o herramienta, para que cuando una pieza metálica concluye su proceso de inmediato se inicie otra, el supervisor se encargará de dirigir al operario y que respete la métrica de producción para asignar la maquina adecuada para agilizar la fabricación.

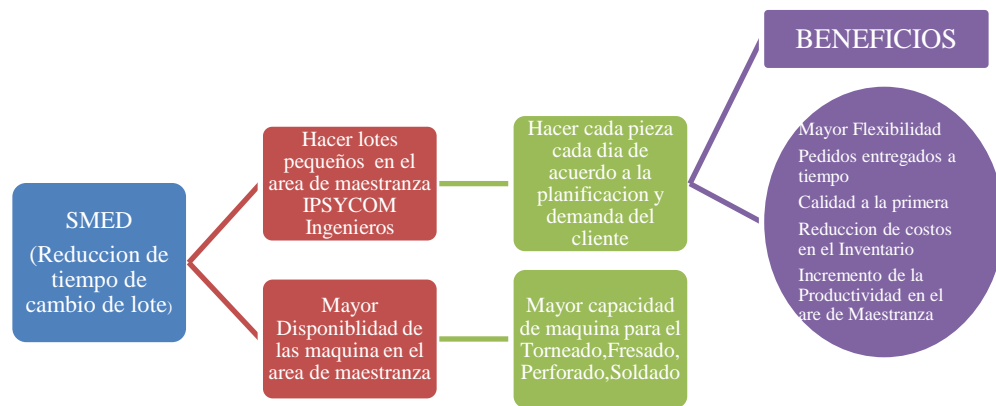


Figura 18. Beneficios del SMED en el área de maestranza Fuente: Elaboración propia.

En la figura, detallamos los beneficios del SMED y de qué manera reducirá los desperdicios que se generan en el área de maestranza, aumentaremos los indicadores de la variable independiente con su aplicación, monitoreo e inspección.

Para el diseño de la herramienta SMED, se desarrollará a partir de 5 etapas.

Se inicia la implementación del sistema SMED. Se efectuará una reunión de apertura para la implantación del sistema SMED con la presencia de jefes y operadores de producción. En la misma se explicará, mediante una capacitación, los beneficios de adoptar el SMED como un sistema de mejora continua para reducir los tiempos de fabricación, reducir los costos; y, mejorar la calidad de los productos como factores claves para desarrollar una posición industrial competitiva (productiva).

Etapas 1: Observar y medir (Recabar información). Se analizará la secuencia de operaciones con la ayuda de fotos para analizar las esperas innecesarias que se

producen entre máquinas y operarios, se identificará las actividades concretas que se necesitan dentro del proceso de fabricación de piezas metálicas.

Etapa 2: Separar operaciones internas y externas. La separación de estos dos tipos es el paso clave para implantar el sistema SMED en la operación. Ya que al no distinguir estas operaciones. Se entorpecía el cambio y en varias ocasiones el responsable de esta actividad no tiene identificada una secuencia lógica. Dada esta necesidad se estudiará la secuencia actual de las actividades que se realizan para hacer el cambio, y se notará que hace falta optimizar esta secuencia.

Etapa 3: Convertir operaciones internas en externas. La conversión de la preparación interna en externa es fundamental para lograr la reducción drástica de los tiempos de preparación de maquinaria en cambios de trabajo. Se logrará mejoras al convertir actividades de preparación interna tales como limpieza de accesorios, transporte de herramientas y herramientas, ajuste de máquina y aprobación de control de calidad en actividades ejecutadas en preparación externa. Una de las actividades clave en la conversión de las operaciones internas en externas es la calibración de las herramientas como las porta boquillas, en la metodología que se llevaba anteriormente para el cambio de número de parte, se pierde mucho tiempo ya que con la máquina parada se quitaba herramienta se colocaba la otra y se calibraba una por una. Con la nueva secuencia de actividades que se propondrá para este cambio estas herramientas, ya están calibradas y sujetas al portaboquilla en una operación externa, esto ahorrará mucho tiempo dentro del proceso de fabricación de piezas metálicas.

En la figura se detalla los cambios de operación externas en internas con la finalidad de separar, transferir y minimizar los tiempos de espera entre cambio de máquina y pieza metálica culminada (terminada).

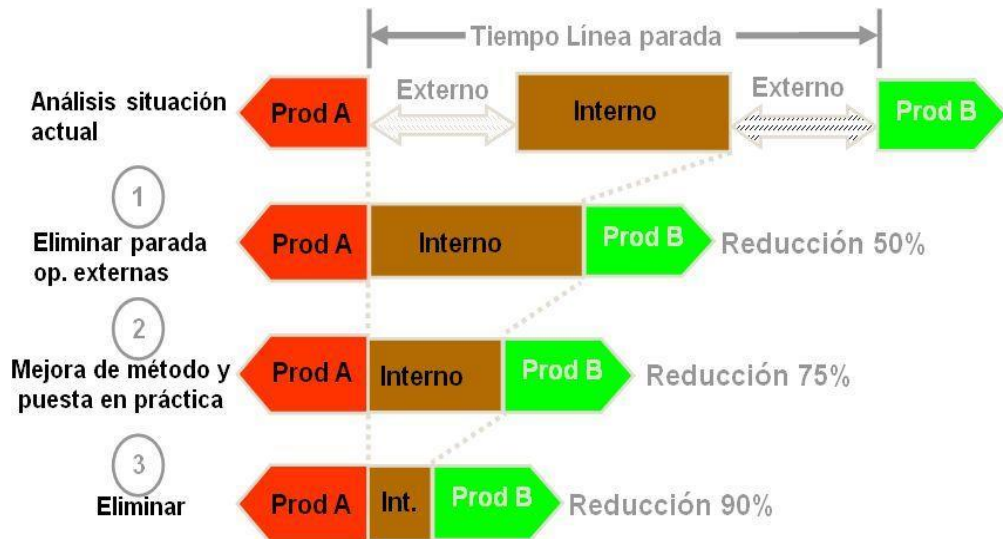


Figura 19. Descripción de reducción de operaciones internas a externas Fuente: elaboración propia.

Etapla 4: Optimización (Aplicación de la técnica). Las técnicas para lograr mejoras sustanciales en la preparación interna serán: La estandarización de operaciones de preparación, la implementación de la cultura 5`S y la técnica de implementar operaciones en paralelo. Luego de perfeccionar las actividades individuales con las técnicas anteriormente descritas, el tiempo de preparación se reducirá considerablemente al comenzar con la aplicación del SMED.

Etapla 5: Resultados. Los resultados serán expuestos en una reunión con los jefes y operadores de producción, mediante la cual se contrastará mes a mes los resultados, exponer el avance obtenido para brindar continuidad y estandarización.


 Hoja de Estudio de Tiempos y Observaciones						
Maquina	Referencia Anterior		Referencia Nueva		Fecha	
Nº	Actividad	Tiempo	Operación Interna/Externa	Herramientas	Distancia(metros)	Observaciones/Desperdicios
Fresadora						
Torno						
Taladro						
Soldadora						

Figura 20. Formato de control e inspección de tiempos SMED Fuente: elaboración propia.

3.5.4 Diseño de Poka Yoke

El poka yoke buscará eliminar el desperdicio de sobre procesamiento y defectos de piezas metálicas generando una herramienta rápida para adecuar la producción en trabajos fluidos y rápidos según cada proceso, considerando la reducción de las fallas, mejorar la calidad en la fabricación de piezas metálicas en aquellos procesos que no tienen la supervisión oportuna.

Básicamente se utilizan seis pasos para aplicar el sistema a prueba de errores y que se describen a continuación.

Para asegurar la calidad consiste en no delegar el control de la operación a alguien sin experiencia, es decir que cada producto debería asegurar su producto terminado apoyado en herramientas de control que permitan detectar errores como los mecanismos libres de fallas conocidos como Poka Yoke

Charla de Poka Yoke: se desarrollará en una semana cada seis meses, con un tiempo de 16 horas, para lo cual se realizará un control de asistencia. La capacitación será dictada por un expositor externo (ver anexo 6 para detalles).

Los Poka Yoke Se caracterizan por:

- La inspección se efectúa al 100 % de las piezas metálicas en el área de maestranza para detectar y eliminar fallas
- El feedback es inmediato: parada y señal de alarma entre cada una de las maquinas
- La inspección del 100% de las maquinas no incrementa el tiempo manual del proceso

Clasificación del Poka Yoke

- Se detectará el error en el mismo proceso de fabricación de las piezas metálicas para detectar los recursos que no añadan valor dentro del proceso y buscar eliminar el defecto de manera inmediata
- Al detectar el defecto en el proceso de las piezas metálicas, evitará que este continúe en la siguiente fase del proceso de fabricación.
- Si el efecto del defecto continua se analizara si brinda o no valor al proceso para buscar eliminarlo.

Identificar el defecto potencial o literal: Descubrir el error de la operación, producto o proceso que origine defectos, donde un solo error represente un alto costo. Para esto es muy útil describir en detalle el proceso productivo. Nos debemos responder ¿Qué ocurre? ¿Qué efecto genera? ¿De qué manera afecta las especificaciones del proceso/producto? ¿En qué operación?, con las respuestas a estas preguntas elaboramos la figura veintiuno.

Identificación de defectos						
Pieza Metalica	Defecto	Costo/Consecuencia	Donde se detecta	Donde se hace	Tiempo	En que operación
EJE	Error en la medición con el micrometro	Reproceso	Torno	Area de Maestranza	7.3 min	Torneado
TAZON	Error en la medición del anillo del tazon	No se podra acoplar	Mesa de Trabajo	Area de Maestranza	11 min	Inspeccion
BRIDA	Exceso de rebada en amoladora	Reproceso	Fresadora	Area de Maestranza	12.7 min	Freseado
ACOPLE	Exceso de rebada en canal	Reproceso	Taladro	Area de Maestranza	5.7 min	Taladrado
Pieza Metalica	Solucion	Solucion	Solucion	Solucion	Solucion	Solucion
EJE	Tener a la mano el micrometro	Evitara el Reproceso	Torno	Area de Maestranza	6 min	Torneado
TAZON	Desacoplar correctament	se acoplara	Mesa de Trabajo	Area de Maestranza	7 min	Inspeccion
BRIDA	Precision del operario	Evitara el Reproceso	Fresadora	Area de Maestranza	7.7 min	Freseado
ACOPLE	Precision del operario	Evitara el Reproceso	Taladro	Area de Maestranza	3.7 min	Taladrado

Figura 21. Identificación de defectos en el área de maestranza Fuente: elaboración propia.

Llegar a la raíz del error que origina el defecto: Debemos conocer puntualmente el error. Cuando hacemos una inspección en la fuente verificamos los factores que causan errores. En función de búsqueda podemos utilizar las siguientes alternativas: “los 5 porqués”, el “análisis causa y efecto” y/o categorizar los errores a través de un “diagrama de Pareto”. Luego diseñamos una priorización de errores para ayudarnos a elegir el error a corregir. Nos debemos responder ¿Dónde ocurre exactamente el error? ¿Cuáles son las posibles causas? ¿Cuáles son los síntomas del problema? ¿Cuál es el impacto generado? ¿Qué riesgo tiene? ¿Cuál es su urgencia y su importancia? ¿Se ha hecho algo al respecto anteriormente? ¿Es una causa controlable? Esta última pregunta quiere decir si el problema está en el diseño del producto y no se puede controlar en el proceso y hay que revisar el diseño.

Decidir la función del Poka-Yoke a utilizar: Según las características del error identificado en el punto anterior puede haber distintos dispositivos o métodos que aplicar según las funciones básicas del Poka Yoke. Luego de decidir qué error comienzo a solucionar en primera instancia, diseñamos una priorización de Poka-Yoke para ayudarnos a elegir la función a utilizar.

Funciones básicas de POKA-YOKE		
	Prevención	Detección
Parada	El proceso o la función se para cuando predice el defecto	Se para el proceso cuando el error ocurre
Control	La ocurrencia del error es imposible	El defecto no puede pasar a la siguiente operación
Alerta	Señales/Alarmas de que el defecto va a ocurrir	Señales/Alarmas de que el defecto ha ocurrido

Figura 22. Funciones básicas del Poka Yoke Fuente: elaboración propia.

Probarlo: Una vez que ha seleccionado el método a utilizar, debemos tener el espacio, el tiempo, las herramientas, el software, etc. para poder probarlo. Se necesita un periodo de prueba y adaptación. Hay que terminar de evaluar su eficacia. De esta manera daremos el último “sí” y deberemos tener un plan de capacitación para su utilización. Realizando este paso podemos evitar de cometer el error de creer que funciona y que luego genere dificultades dejando pasar por alto su objetivo.

Capacitar al personal: Cuando el método está en periodo de prueba se detalla todo lo que es necesario conocer para su utilización. Algunos métodos están diseñados para que cualquier persona no capacitada sea capaz de utilizarlo o para que no pueda equivocarse. Pero existen otros que requieren de gente capacitada para saber cómo actuar ante lo sucedido (ej: ante una luz o un sonido). Como

sucede en las inspecciones, el operario se relaciona directamente con el producto.

Hay que asegurar que el conocimiento del personal implicado sea correcto.

Revisar el desempeño: Después de que el sistema esté operando por un lapso determinado (este periodo de tiempo depende de la frecuencia de la actividad) hay que controlar su operatividad, su confiabilidad y mantenimiento. Hay que asegurarse que cumple su función objetiva. Para continuar haciendo uso del sistema se debe volver al paso 1 y 2 para chequear el proceso en busca de otro error potencial y continuar con los demás pasos en caso de encontrar alguno.

3.5.5 Células de manufactura

De acuerdo con lo observado durante la fase de diagnóstico, se procedió al diseño de las células de manufactura como aporte para mejorar los tiempos de los procesos de fabricación de piezas metálicas y eliminar los movimientos innecesarios que representan un 17.50% de los desperdicios identificados, realizando una redistribución de las máquinas y equipos del área de maestranza. Para este fin se manejaron 4 fases según la estrategia establecida por Richard Muther en el año 1961 para la herramienta Systematic Layout Process (SLP):

Fase 1: Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de planta a distribuir, al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual bajo una nueva y modificada distribución disponible según el espacio que esta cuenta para su modificación **Fase 2: Distribución general del conjunto.** Aquí se establece el patrón de flujo para el área que, va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse

todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Fase 3: Plan de distribución detallada. Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

Fase 4: Instalación. Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos, instrumentos y maquinaria, para lograr la distribución en detalle que será planeada.

Desarrollo de la redistribución:

1. Identificamos los departamentos/Actividades

- Recepción de Materia Prima
- Torneado
- Fresado
- Perforado
- Soldado
- Almacenado

2. Elaboración de tabla relacional de Departamentos/Actividades

Tabla 33. Tipos de relación según Departamentos/ Actividades

Tipo de Relación	Definición	Valor
A	Absolutamente necesaria	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Ordinaria	1
U	Sin importancia	0
X	No deseable	-1

Fuente: Elaboración propia

La tabla 33 muestra la relación de actividades y departamentos, según el tipo de relación con su definición y el valor que tiene cada una de ellas para

elaborar una distribución correcta en el área de Maestranza de la empresa
IPSYCOM Ingenieros.

Tabla 34. Ponderación por cada actividad

Valor	Razones
1	Compartimiento de maquinaria
2	Operación Próxima
3	cercanía de maquinaria
4	Herramientas

Fuente: Elaboración propia

La tabla 34 nos muestra las cuatro razones que existe del porque hay una mala
distribución de planta en la empresa IPSYCOM Ingenieros.

Tabla 35. Relación actividades/departamentos según tipo y valor

Tabla de Relación De	Para				
	2.- Torneado	3.- Fresado	4.- Perforado	5.- Soldado	6.- Almacenado
1.- Recepción de Materia Prima	A 1	E 3	I 3	O 4	O 2
2.-Torneado		A 2	E 3	I 2	O 2
3.-Fresado			A 3	E 2	O 2
4.-Perforado				A 4	O 2
5.-Soldado					E 3
6.-Almacenado					

Fuente: Elaboración propia

La tabla 35 muestra la relación de actividades/ departamentos, el tipo de
relación y el valor según las razones de la mala distribución.

Tabla 36. Relación actividad/departamento

E1	A				
E2	1	E			
	A	3	I		
E3	2	E	3	O	
	A	3	I	4	O
E4	3	E	2	O	2
	A	2	O	2	
E5	4	O			
	E	2			
E6	3				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro de relaciones de las actividades/ departamentos que existen en la empresa IPSYCOM ingenieros.

Donde:

E1: Recepción de Materia Prima

E2: Torneado de Piezas Metálicas

E3: Fresado de Piezas Metálicas

E4: Perforado de Piezas Metálicas

E5: Soldado de Piezas Metálicas

E6: Almacenado de Piezas Metálicas

Las relaciones que se producirán en el área de Maestranza serán:

(E1-E2-E3-E3): A= Es absolutamente necesario que la materia prima este lo bastante cerca de las máquinas que ejercerán el proceso de fabricación la razón es compartimiento de maquinaria y operación próxima.

(E4-E5): A= Es necesario que estas máquinas estén cerca de los tornos y fresadoras mejor calificadas para continuar con el procedimiento de manera rápida y sin movimientos innecesarios.

(E2-E3-E4) Es necesario que estas máquinas estén lo más cercano posible para darle una operación próxima al ser las maquinas que más recurren en el proceso de fabricación.

(E2-E3-E4) Es necesario que estas máquinas estén lo más cercano posible para poder canalizar y eliminar de una mejor manera sus desperdicios (viruta metálica).

Desarrollo del diagrama Relacional de Actividades/Departamentos (representación Nodal):

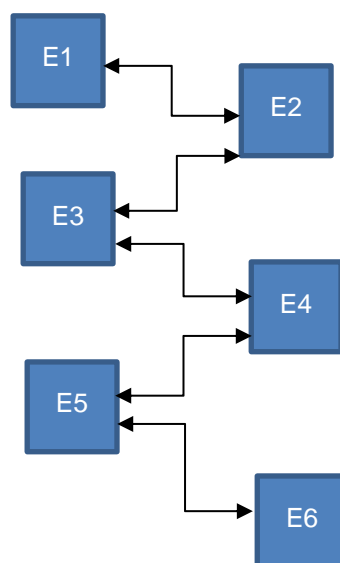


Figura 23. Representación Nodal del diagrama relacional de actividades/departamentos. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama Nodal

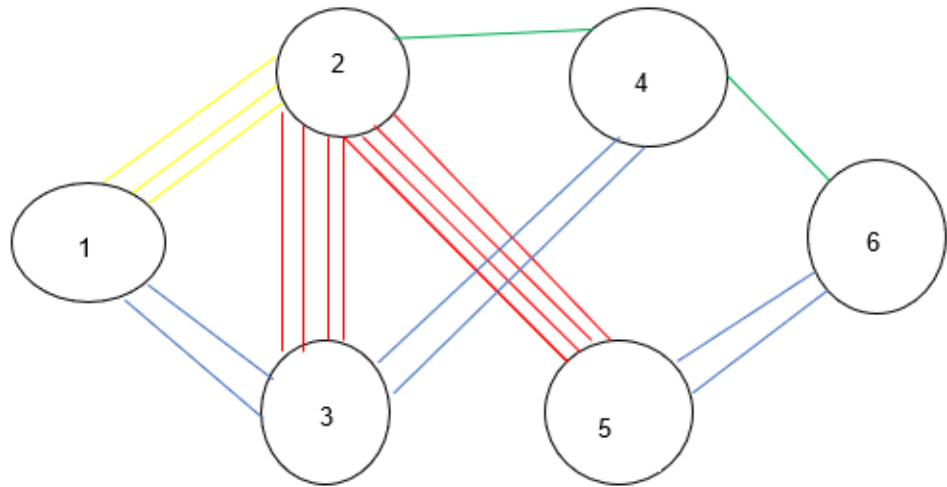


Figura 24. Diagrama nodal de la nueva distribución del área de maestranza IPSYCOM Ingenieros. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama Nodal de la nueva distribución del área de maestranza de IPSYCOM ingenieros agrupando todas las maquinarias, herramientas según la tabla de relación y la matriz de máquinas y actividades.

Donde:

E2: Torneado de Piezas Metálicas

E3: Fresado de Piezas Metálicas

E4: Perforado de Piezas Metálicas

E5: Soldado de Piezas Metálicas

E6: Almacenado de Piezas Metálicas

Flujo continuo mediante Células en U

Se diseñará la célula en U para que adecue un ritmo de producción en relación con el tiempo de ciclo de tal manera reduciremos los tiempos de cambio, movimientos innecesarios y aumentaremos la eficiencia de los trabajadores.

La forma en como organizaremos la secuencia de trabajo de los operarios en la célula U será mediante el Trabajo en Split, el cual permite múltiples combinaciones para distribuir en los operarios, de forma equilibrada el contenido de trabajo de la pieza.

A continuación, se muestra la distribución original y la nueva distribución:

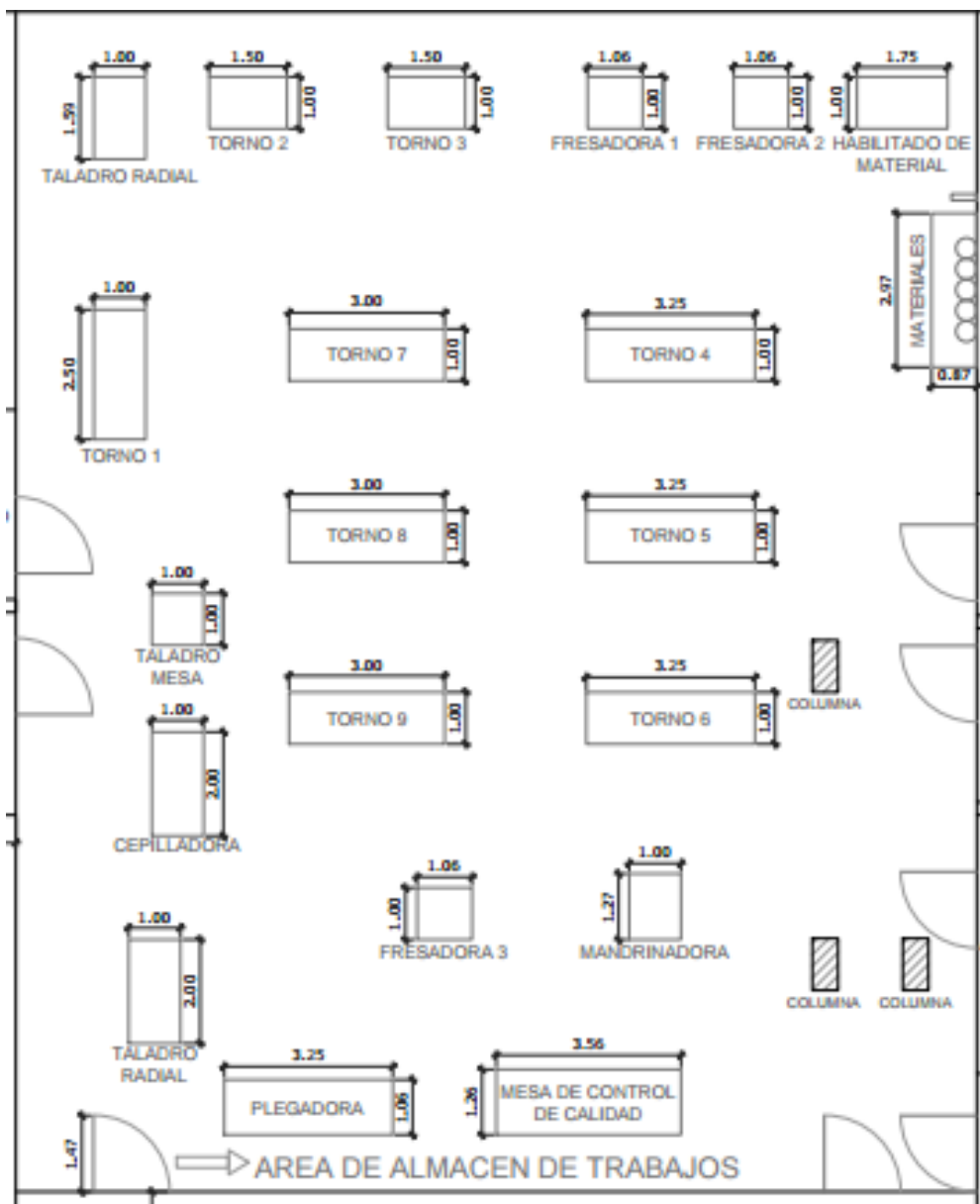


Figura 25. Distribución actual del área de maestranza. Fuente: elaboración propia

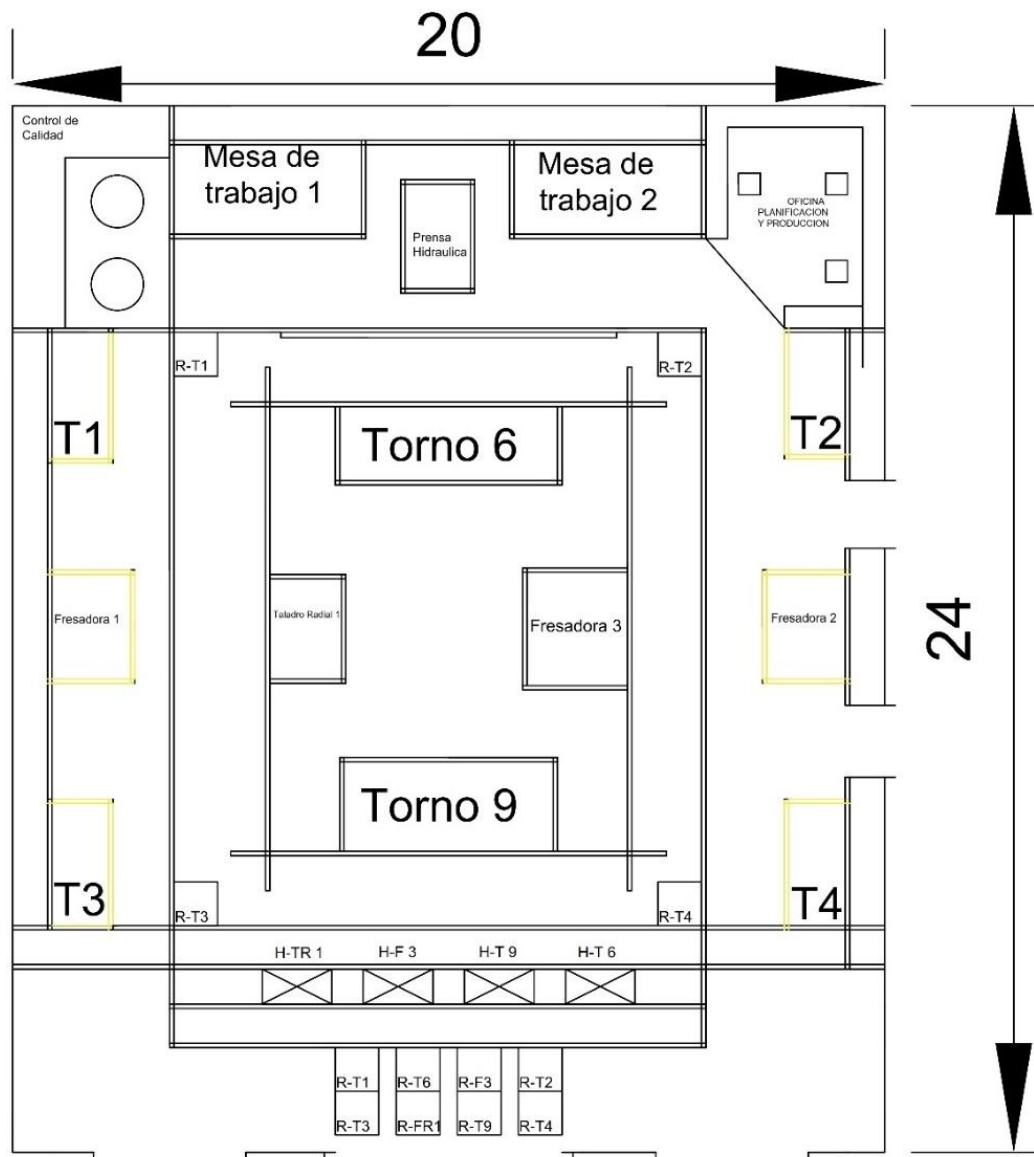


Figura 26. Redistribución del área de maestranza. Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el desplazamiento que debe realizarse para la fabricación piezas metálicas mejora, disminuyendo las distancias de una maquina a otra debido a que los espacios son más cortos. El centro de velocidad de producción se presenta como una solución óptima para la fabricación de cualquier tipo de pieza metálica.

A continuación, se describen el funcionamiento de la nueva distribución para la fabricación de cada tipo de pieza:

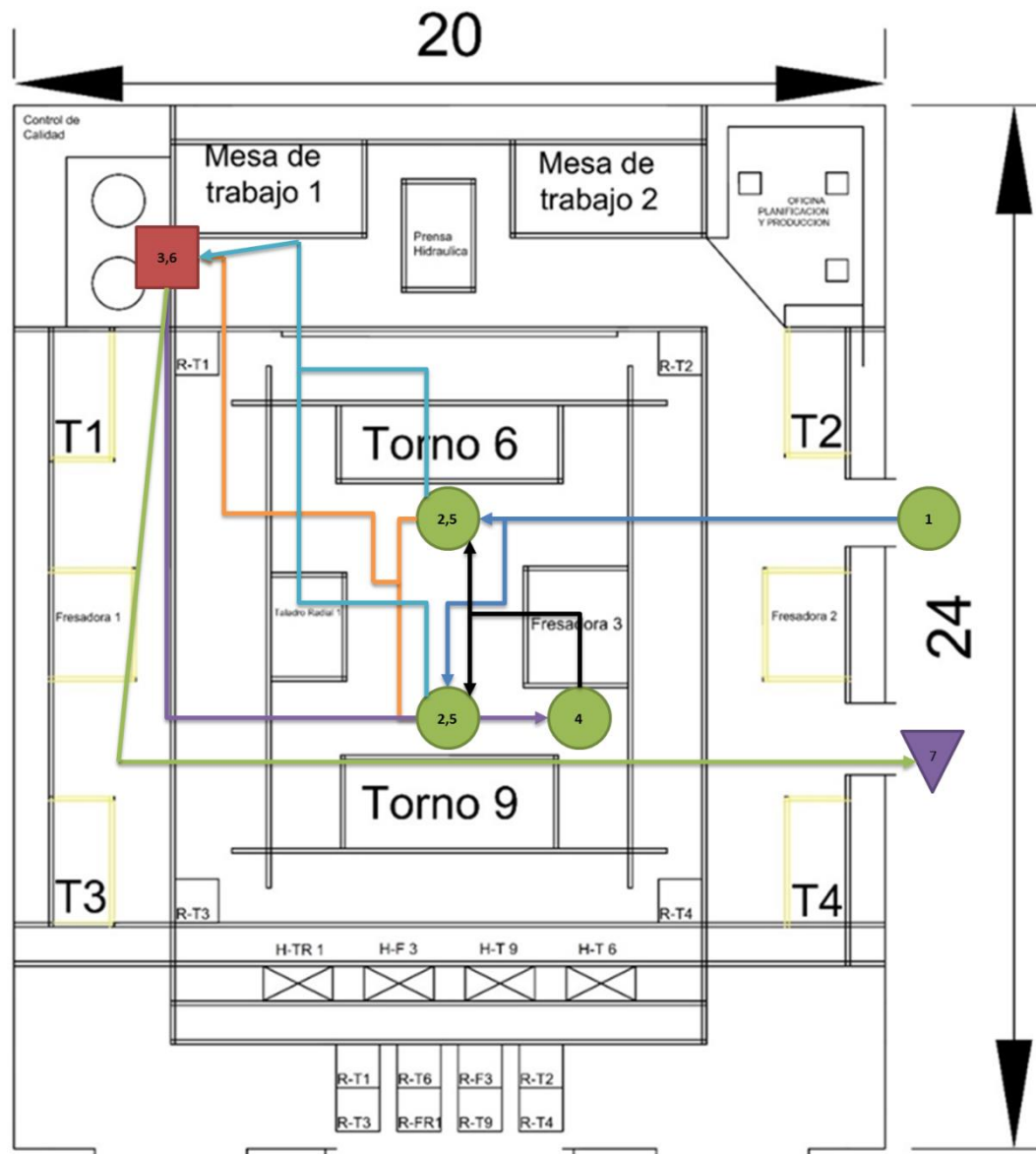


Figura 27. Nuevo recorrido en la fabricación del eje de bomba vertical. Fuente: elaboración propia

El desplazamiento que debe realizarse para la fabricación del eje de la bomba vertical se inicia con el habilitado de material. Luego pasa a cualquiera de los dos tornos seis o nueve puestos en el centro de velocidad de producción para realizar el maquinado. Después el eje se traslada al área de control de calidad donde se inspecciona y verifica el avance de su fabricación. A continuación, se dirige a la fresa número tres donde se realizan los canales chaveteros a lo largo de la pieza para que luego se desplace nuevamente al torno de bancada (número

seis o nueve). Finalmente, la pieza concluye con su proceso de fabricación en una inspección bajo el área de control de calidad y está lista para el embalaje y entrega.

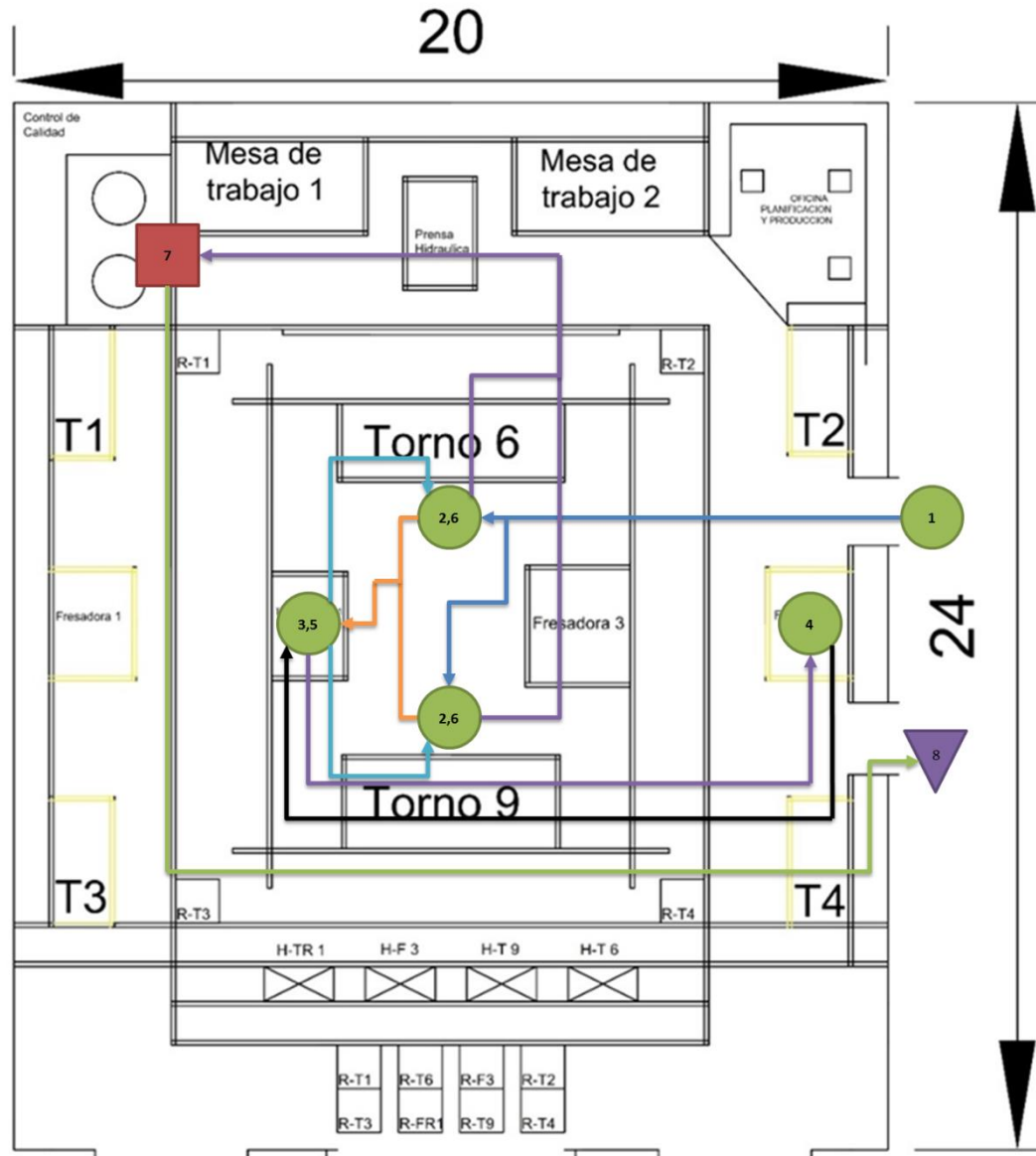


Figura 28. Nuevo recorrido en la fabricación de Acople Bomba Goulds. Fuente: elaboración propia

El desplazamiento que debe realizarse para la fabricación del acople de la bomba Goulds se inicia con el habilitado de material. Luego pasa a cualquiera de los dos tornos seis o nueve puestos en el centro de velocidad de producción para realizar el maquinado. Después el acople se traslada al cepillo donde se edifica

los canales de acople. Posteriormente en el taladro radial es donde se realizan las perforaciones según el plano, y luego vuelve al cepillo para crear y rectificar los dientes. Seguidamente, se rectifica en el torno y se traslada a control de calidad. Finalmente, la pieza concluye con su proceso de fabricación y está lista para el embalaje y entrega

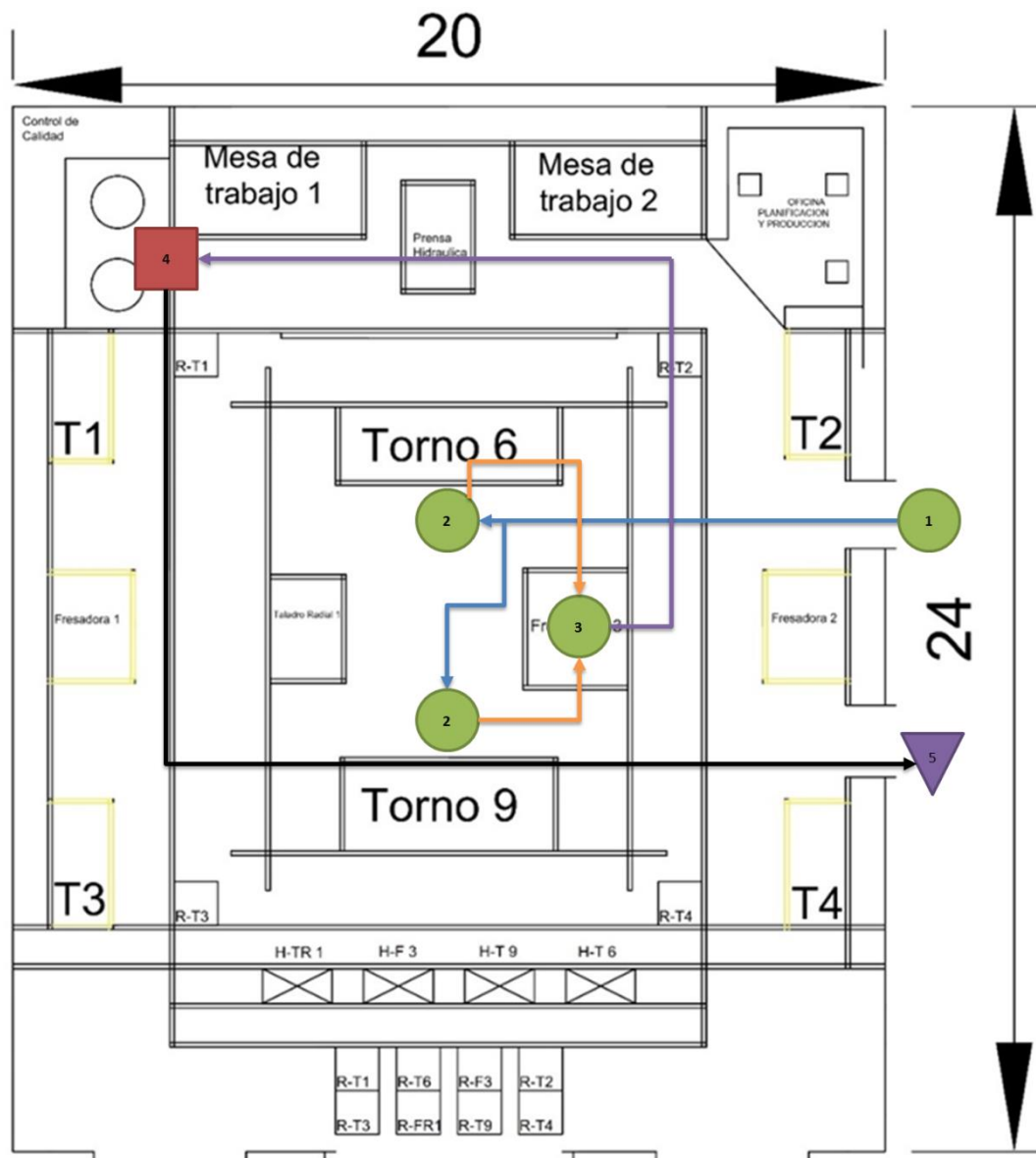


Figura 29. Nuevo recorrido en la fabricación de la brida de electrobomba.
 Fuente: elaboración propia

El desplazamiento que debe realizarse para la fabricación de la brida para una electrobomba se inicia con el habilitado de material. Luego pasa a cualquiera de los dos tornos seis o nueve puestos en el centro de velocidad de producción para realizar el maquinado. Después la brida se traslada a la fresadora número tres que también se encuentra en el centro de velocidad de producción donde se perfora, y se traslada a control de calidad. Finalmente, la brida concluye con su proceso de fabricación y está lista para el embalaje y entrega.

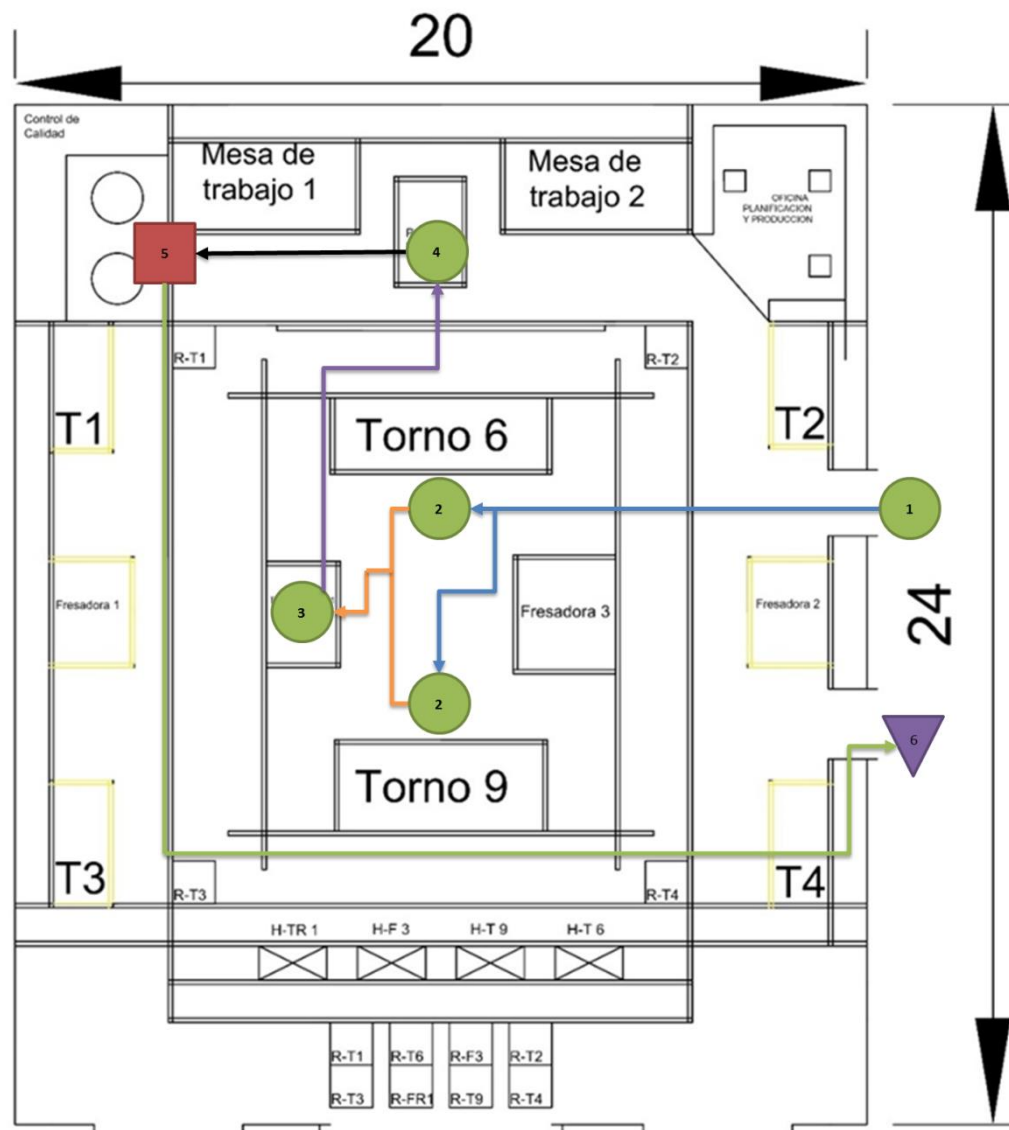


Figura 30. Nuevo recorrido en la fabricación del tazón bomba vertical. Fuente: elaboración propia

El desplazamiento que debe realizarse para la fabricación del tazón para la bomba vertical se inicia con el habilitado de material. Luego pasa a cualquiera de los dos tornos seis o nueve puestos en el centro de velocidad de producción para realizar el maquinado y la extracción de la bocina para posteriormente fabricar el anillo. Luego se desplaza al taladro Radial uno donde se realizan las perforaciones de manera equidistante para luego soldar y adherir con la prensa hidráulica el anillo junto con la bocina dentro del armazón del tazón. Después la pieza metálica se traslada a control de calidad. Finalmente, el tazón concluye con su proceso de fabricación y está listo para el embalaje y entrega.

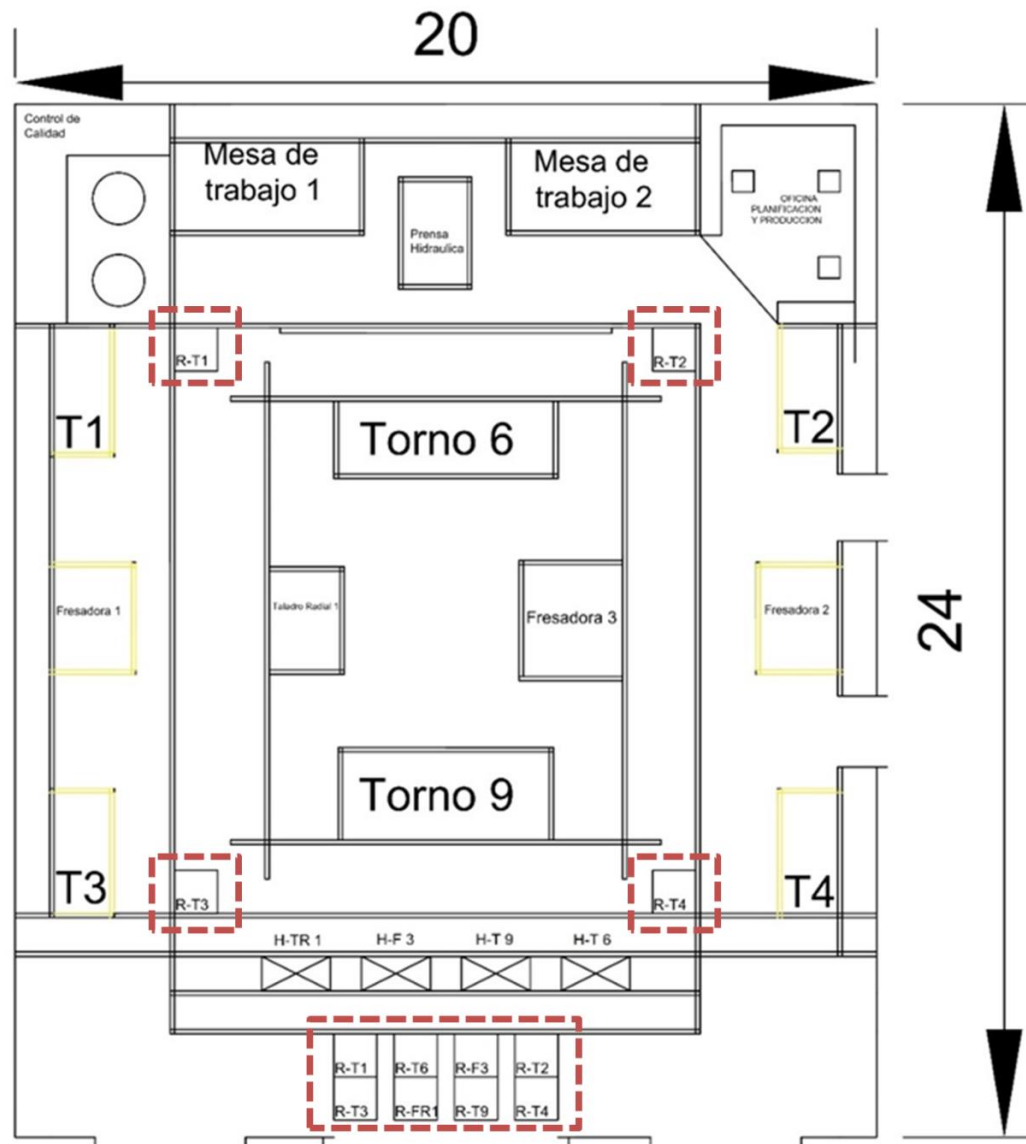


Figura 31. Desplazamiento de residuos en el proceso de fabricación de piezas metálicas. Fuente: elaboración propia

Con respecto a la ubicación estratégica para el manejo y control de los residuos, se ubicaron los contenedores de manera uniforme y ordenada, simétricamente para que los espacios disponibles tengan un desplazamiento continuo preciso y adecuado al momento de trabajar por ellos.

Esta estrategia para la recolección de residuos facilitará su manejo, sean producidos en el centro de velocidad de producción o en las áreas periféricas,

con mayor eficiencia a el arreglo anterior y con menor esfuerzo tanto físico como de tiempo para los trabajadores.

Por otro lado, cada máquina del centro de producción contará con un pequeño almacén específico el cual se encargará de suministrar todas las herramientas necesarias para la fabricación. Además de un panel de operación el cual estará al frente de los lados de menor producción y del centro de velocidad con la finalidad de llevar una producción planificada y agrupada según el tipo de pieza metálica. Todas estas operaciones deberán ejecutarse para asumir un modelo Lean y minorar los residuos.

Por último, como parte del plan de capacitación de los trabajadores, la información de los planos, sus recorridos, ubicación de máquinas y otros aspectos deberá ser explicada detalladamente a cada operario y demás trabajadores involucrados en el proceso de maestranza.

3.5.6 Sistema de participación del trabajador

Para el diseño de la implementación del sistema de participación del trabajador será fundamental que los mismos hayan cumplido con los planes de capacitación que se desarrollarán dentro las herramientas Lean Manufacturing previamente expuestas, y que se haya avanzado en la sensibilización y compromiso de todos los niveles de la empresa.

Para su puesta en marcha, se propiciará espacios para que los trabajadores sean capaces de comunicar sus inquietudes e iniciativas que fomenten el incremento de la competitividad de la empresa, siendo ellos quienes, de primera mano con el proceso, pueden identificar problemas u oportunidades de mejora para plantear e implantar acciones que permitan su implantación.

La participación del personal se conseguirá con un trato directo y el establecimiento de técnicas que se ocupen particularmente del individuo.

3.6 Resultados de los indicadores de las variables después de la mejora

VSM Propuesto producción tazones

En la figura 24 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) propuesto para del sistema productivo de tazones, en relación con los tiempos reducidos como resultado al diseño de las herramientas Lean Manufacturing.

De los tiempos analizados en la producción de tazones, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza proporciono un TVA propuesto de 176.6 minutos, en la producción de 56 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 18 minutos tiempo obtenido por la disminución en esperas y movimientos innecesarios.

VSM Propuesto producción ejes

En la figura 25 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) propuesto para del sistema productivo de ejes, en relación con los tiempos reducidos como resultado al diseño de las herramientas Lean Manufacturing.

De los tiempos analizados en la producción de ejes, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza proporciono un TVA propuesto de 249.5 minutos, en la producción de 17 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 31.5 minutos tiempo obtenido por la disminución en esperas y movimientos innecesarios.

VSM Propuesto producción acoples

En la figura 26 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) propuesto para del sistema productivo de acoples, en relación con los tiempos reducidos como resultado al diseño de las herramientas Lean Manufacturing.

De los tiempos analizados en la producción de acoples, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza proporciono un TVA propuesto de 365.3 minutos, en la producción de 11 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 25.5 minutos tiempo obtenido por la disminución en esperas y movimientos innecesarios.

VSM Propuesto producción bridas

En la figura 27 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) propuesto para del sistema productivo de bridas, en relación con los tiempos reducidos como resultado al diseño de las herramientas Lean Manufacturing.

De los tiempos analizados en la producción de bridas, considerando desde el suministro de materia prima hasta el despacho de la pieza proporciono un TVA propuesto de 167.4 minutos, en la producción de 7 piezas según demanda del cliente por mes. El TVNA fue igual a 27.5 minutos tiempo obtenido por la disminución en esperas y movimientos innecesarios.

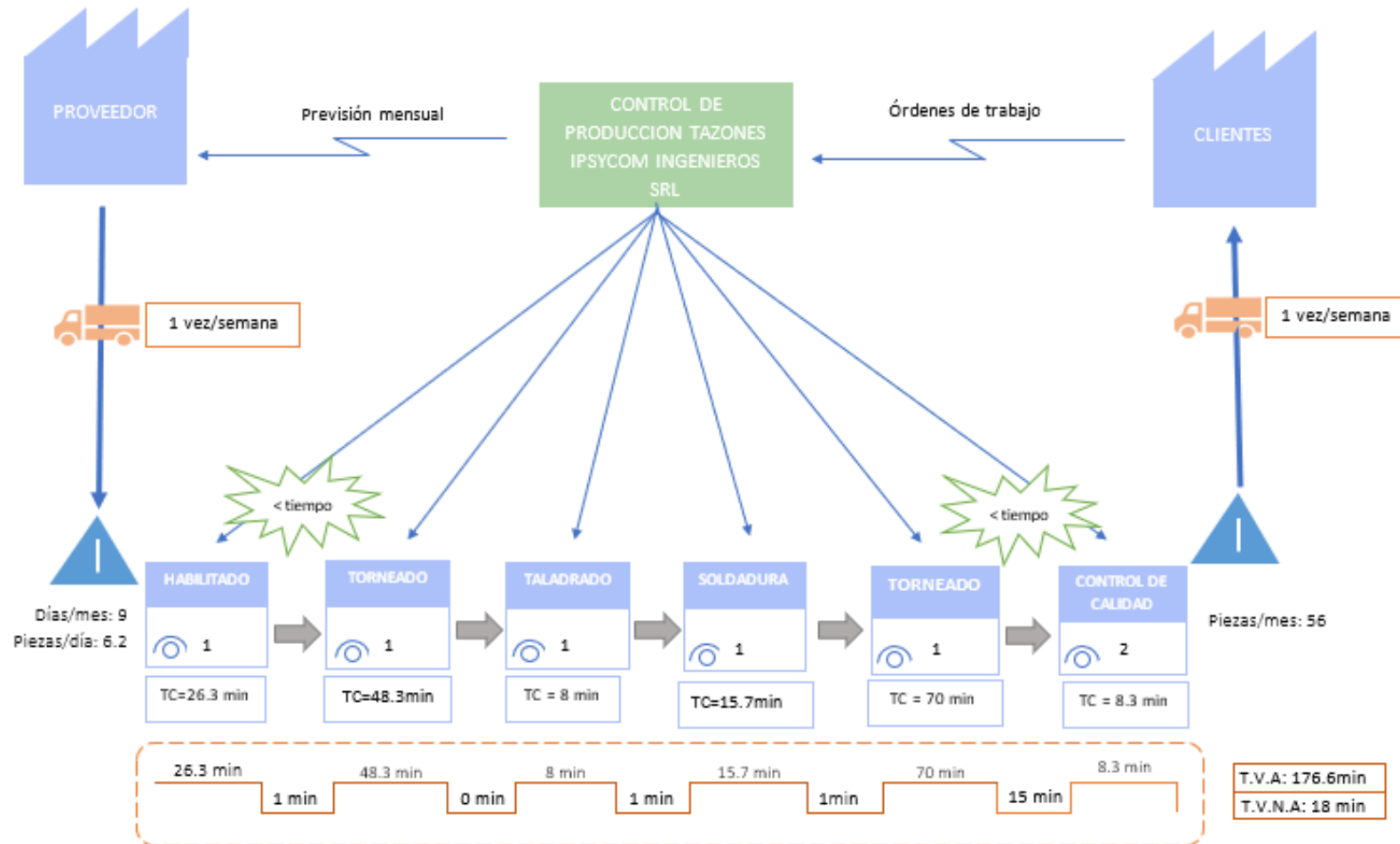


Figura 32. VSM propuesto para la producción de tazones. Fuente: elaboración propia.

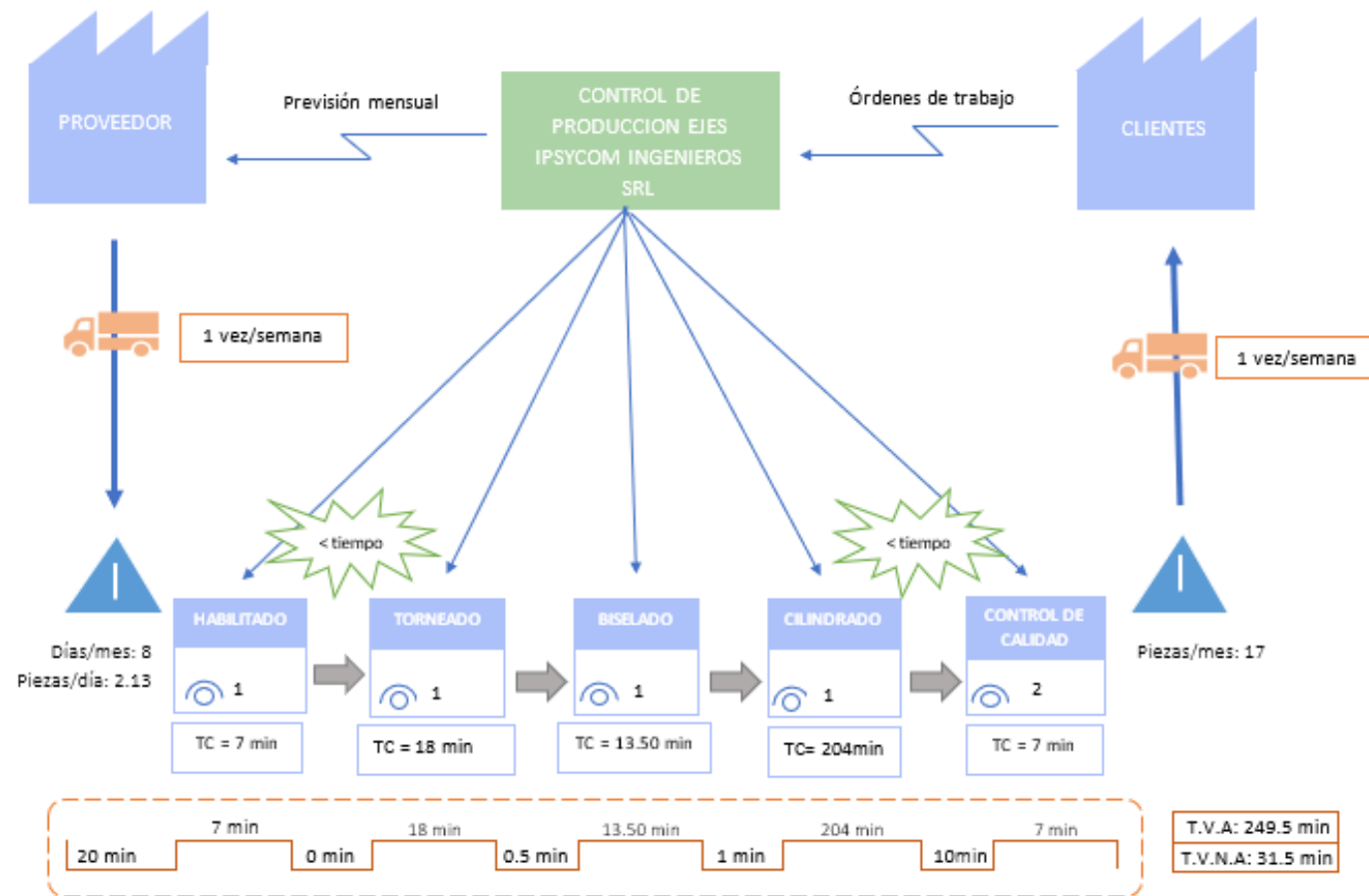


Figura 33. VSM propuesto para la producción de ejes. Fuente: elaboración propia.

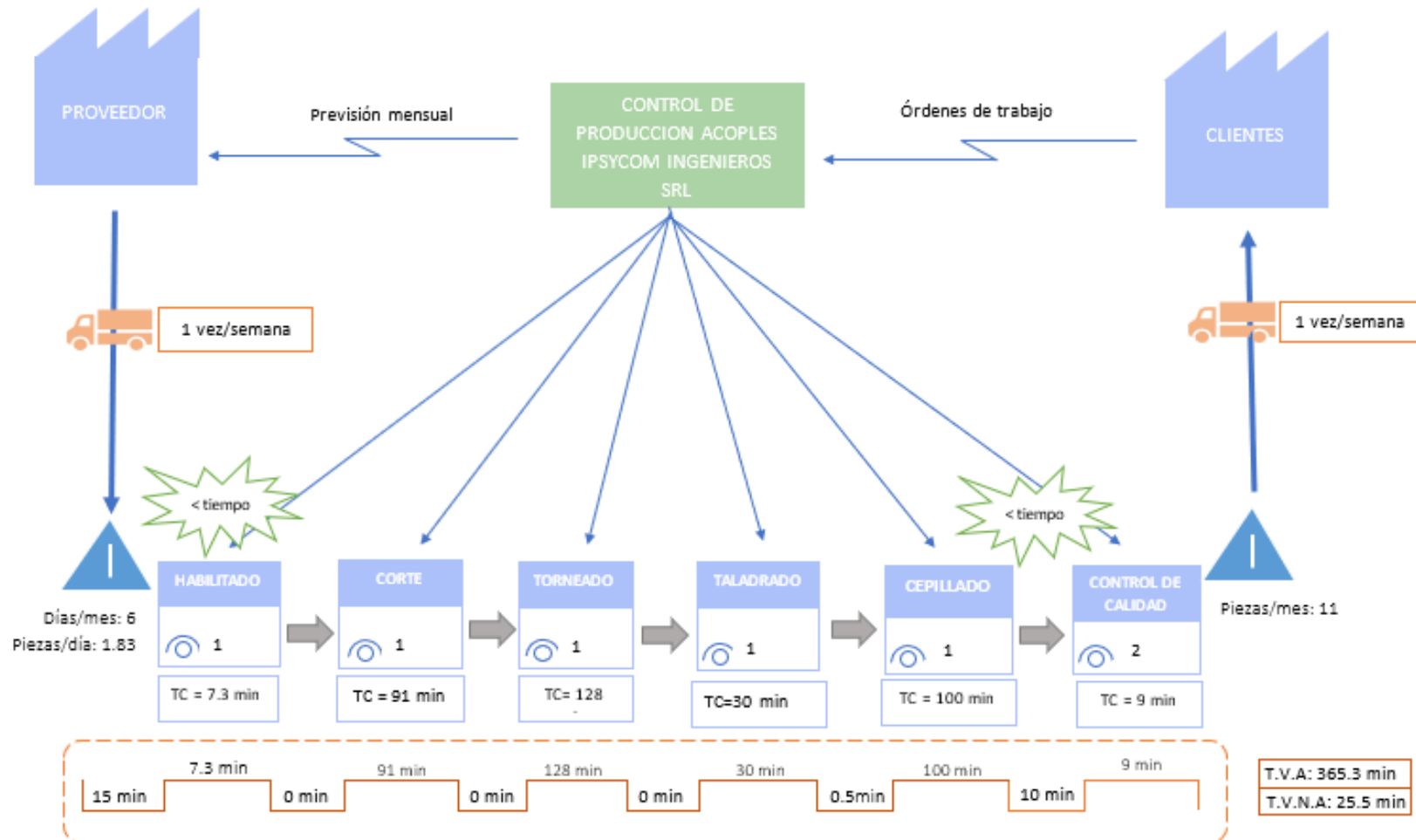


Figura 34. VSM propuesto para la producción de acopleros. Fuente: elaboración propia.

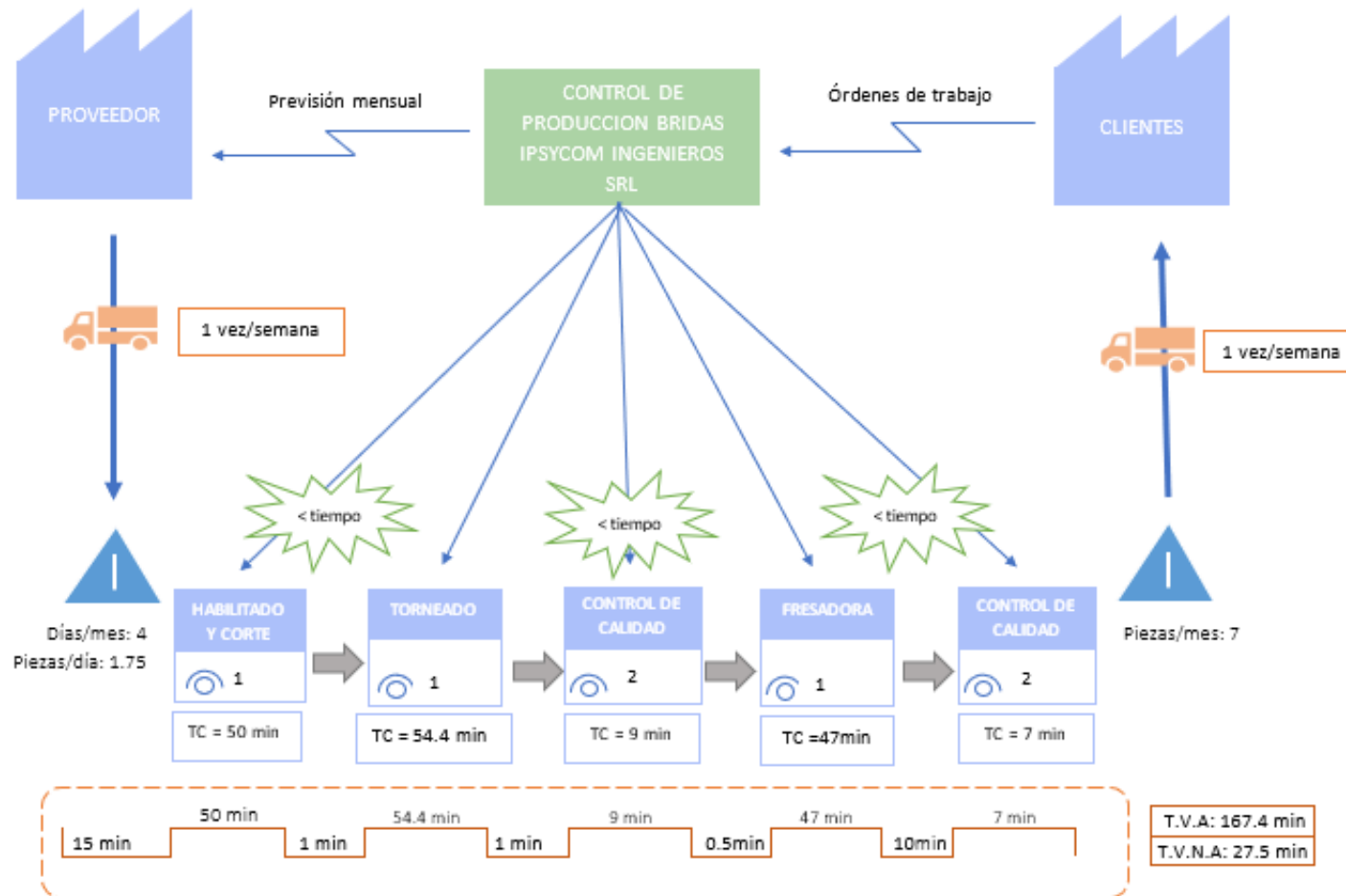


Figura 35. VSM propuesto para la producción de bridas. Fuente: elaboración propia.

Pedidos entregados completos (FLT)

Los cálculos después de la propuesta de mejora se detallarán a continuación en relación con el pedido global de 272 piezas metálicas (ejes, acoples, bridas, tazones).

Tabla 37. Piezas entregadas propuestas

Pieza	Ago	Sep	Oct	Total entregados	Pedidos
Tazón	59	57	47	163	164
Eje	19	15	17	51	52
Acople	13	10	11	34	35
Brida	8	6	7	21	21
Total	99	88	82	269	272

Fuente: elaboración propia

Como resultado se obtuvieron los índices mostrados a continuación.

Tabla 38. Resultados pedidos entregados completos

Pieza	FLT
Tazón	99.39%
Eje	98.08%
Acople	97.14%
Brida	100.00%
Total	98.90%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar de los resultados, el área de maestranza en términos de entregas completas de piezas metálicas aumentaría a 98.90% inicialmente no cumplía con los estándares establecidos ya que el porcentaje global de pedidos entregados a tiempo era de 91.54% por debajo de los 97% que debería cumplirse.

Pedidos entregados a tiempo (OTD)

La producción de las piezas metálicas en el área de maestranza se veía afectada debido a las entregas a destiempo de los diferentes requerimientos dentro del proceso de producción de tazones, ejes, acoples y bridas. Al buscar reducir los tiempos de espera se obtendrá nuevos resultados que influyeran de manera positiva al despacho a tiempo de las piezas metálicas bajo estudio.

La tabla 34 muestra la mejora de los pedidos entregados a tiempo en el periodo en cuestión.

Tabla 39. Porcentaje propuesto de piezas entregadas a tiempo

Pieza	Pedidos entregados a tiempo	Pedidos requeridos	ODT
Tazón	162	164	98.8%
Eje	51	52	98.1%
Acople	33	35	94.3%
Brida	20	21	95.2%
Total	266	272	97.8%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar de los resultados, la capacidad propuesta para el área de maestranza por entregar pedidos en la fecha pactada será de un 97.8% de cumplimiento, porcentaje por encima del 95% que se busca cumplir.

Calidad a la primera (FFT)

Con el diseño del Poka Yoke se buscará disminuir los reprocesos identificados en la producción de piezas metálicas.

Tabla 40. Conteo de reprocesos proyectados

Pieza	Ago	Sep	Oct	Total
Tazón	8	9	6	23
Eje	3	2	2	7
Acople	1	1	0	2
Brida	1	0	0	1
Total	13	19	8	33

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de los pedidos entregados a tiempo en el periodo en cuestión se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 41. Porcentaje de calidad a la primera propuesto

Pieza	Piezas producidas	Reprocesos	FFT
Tazón	155	23	85.16%
Eje	46	7	84.78%
Acople	30	2	93.33%
Brida	18	1	94.44%
Total	249	33	86.75%

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la categoría de calidad a la primera incrementará en un 86.75% de acierto en la fabricación general de piezas metálicas, mejorando el aspecto critico considerado como la fabricación de bridas en un 94.44% de aciertos.

Actividades productivas (AP)

Tomando en consideración la disminución de los desperdicios encontrados en los cuatro procesos a través de las celdas de manufactura, Kanban y SMED, se buscará la reducción en los tiempos de producción.

Tabla 42. Cálculo de actividades productivas propuestas para fabricación de piezas

Pieza	Tiempo total (min/seg)	Operaciones e inspecciones (min/seg)	AP
Tazón	195.6 / 11736	176.6 / 10596	90.29%
Eje	281.6 / 16896	251.6 / 15096	89.35%
Acople	390.3 / 23418	365.3 / 21918	93.59%
Brida	195.6 / 11754	167.4 / 10044	85.58%
Total	1063.1 / 63786	960.9 / 57654	90.39%

Fuente: elaboración propia.

Actividades improductivas (AI)

En lo que se refiere a las actividades improductivas se realizó con el mismo procedimiento que en las actividades productivas, calculado en la tabla 38.

Tabla 43. Cálculo de actividades improductivas para la fabricación de piezas durante periodo de observación Agosto – Octubre de 2018.

Pieza	Tiempo total (min/seg)	Transporte, espera y almacén (min/seg)	AI
Tazón	195.6 / 11736	19 / 1140	9.71%
Eje	281.6 / 16896	30 / 1800	10.65%

Pieza	Tiempo total (min/seg)	Transporte, espera y almacén (min/seg)	AI
Acople	390.3 / 23418	25 / 615	6.41%
Brida	195.6 / 11754	28.2 / 1692	14.42%
Total	1063.1 / 63786	102.2 / 6132	9.61%

Fuente: elaboración propia.

Durante el periodo observado, se obtuvo una reducción de 9.61% de actividades improductivas en los cuatro procesos de producción, el mayor impacto se dará en la fabricación de bridas con un diferencial del 14.20%

Productividad con respecto a la mano de obra

Al realizarse las capacitaciones referentes a cada herramienta diseñada se podrá disminuir los desperdicios encontrados a través del factor más importante de la producción, la mano de obra, considerando a los 6 operarios y al supervisor de calidad del área de maestranza.

Se logrará concientizar a cada uno de ellos, motivándolos a realizar un mejor trabajo, mediante una participación continua, haciéndolos sentir cómodos con lo que hacen para que así desarrollen un trabajo más elaborado, eficiente y eficaz, y por ende habrá un mayor aumento en la realización de mano de obra efectuada en la productividad, elevando el potencial de cada trabajador. La productividad con respecto a mano de obra se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 44. Productividad medida propuesta en mano de obra

Pieza	Producción (mes)	Días hábiles (mes)	Piezas (día)	# Trabajadores por pieza	Productividad MO
Tazón	60	9	6.67	2	3.33
Eje	20	8	2.50	2	1.25
Acople	13	6	2.17	2	1.08
Brida	8	4	2.00	2	1.00
Total	101		13.33		8

Fuente: elaboración propia

Con una producción al mes de 101 piezas metálicas entre tazones, ejes, acoples y bridas para completar la demanda y considerando 2 trabajadores por cada producción de pieza se deduce que cada trabajador efectúa el proceso de fabricación de piezas en un aproximado de 8 piezas al día entre tazones, ejes, acoples y bridas, con un aumento de 2 piezas en relación con el cálculo en el diagnóstico.

Productividad horas-hombre (PHH)

Con respecto a la productividad en H-H, las horas trabajadas son mensualmente; el trabajo que laboran los operarios del área de maestranza aumentará ya que el número de producción sería de 101 piezas al mes con la propuesta de mejora aplicada. Hallándose así 1.06 piezas por hora hombre, según la consolidación de los cuatro procesos de producción. La tabla 41 muestra los resultados del cálculo de este indicador.

Tabla 45. Productividad medida en horas hombre del periodo Agosto - Octubre 2018.

Pieza	Producción	Horas hombre laboradas (horas)	PHH (piezas/hora)
Tazón	60	113.4	0.53
Eje	20	100.8	0.20

Pieza	Producción	Horas hombre laboradas (horas)	PHH (piezas/hora)
Acople	13	75.6	0.17
Brida	8	50.4	0.16
Total	101	340.2	1.06

Fuente: elaboración propia.

Tabla 46. Operacionalización de variables después de la propuesta

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION	
METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING	Mapa de flujo de Valor VSM	Tiempo de valor agregado	Tazón	TVA= 194.3 minutos TVNA= 41.2 minutos	TVA= 176.6 minutos TVNA = 18 minutos	TVA= 17.7 minutos TVNA = 23.2 minutos	De los tiempos reducidos como resultado de la propuesta del diseño del Kanban, SMED, 5S's y celdas de manufactura, el VSM propuesto tendrá un TVA de 176.6 minutos y un TVNA igual a 18 minutos, con reducción de 17.7 minutos y 23.2 minutos respectivamente con respecto al VSM del diagnóstico de producción de tazones.
			Eje	TVA= 264.9 minutos TVNA= 80.4 minutos	TVA= 249.5 minutos TVNA= 31.5 minutos	TVA= 15.4 minutos TVNA= 48.9 minutos	De los tiempos reducidos como resultado de la propuesta del diseño del Kanban, SMED, 5S's y celdas de manufactura, el VSM propuesto tendrá un TVA de 249.5 minutos y un TVNA igual a 31.5 minutos, con reducción de 15.4 minutos y 48.9 minutos respectivamente con respecto al VSM del diagnóstico de producción de ejes.
			Acople	TVA= 375 minutos TVNA= 69.8 minutos	TVA= 365.3 minutos TVNA= 25.5 minutos	TVA= 9.7 minutos TVNA= 44.3 minutos	De los tiempos reducidos como resultado de la propuesta del diseño del Kanban, SMED, 5S's y celdas de manufactura, el VSM propuesto tendrá un TVA es de 365.3 minutos y un TVNA igual a 25.5 minutos, con reducción de 9.7 minutos y 44.3 minutos respectivamente con respecto al VSM del diagnóstico de producción de acoples.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION	
			TVA= 191.1 minutos TVNA= 76.9 minutos	TVA= 167.4 minutos TVNA= 27.5 minutos	TVA= 23.7 minutos TVNA= 49.4 minutos	De los tiempos reducidos como resultado de la propuesta del diseño del Kanban, SMED, 5S's y celdas de manufactura, el VSM propuesto tendrá TVA es 167.4 minutos y un TVNA igual a 27.5 minutos, con reducción de 23.7 minutos y 49.4 minutos respectivamente con respecto al VSM del diagnóstico de producción de bridas	
			Tazón	94.51%	99.39%	4.88%	El porcentaje obtenido de tazones entregados completos como resultado de la propuesta del diseño de Kanbam, SMED y Poka Yoke aumentará en un 4.88% sobre el porcentaje inicial.
	Pedidos entregados completos	% entregas completas	Eje	88.46%	98.08%	9.62%	El porcentaje obtenido de ejes entregados completos como resultado de la propuesta del diseño de Kanbam, SMED y Poka Yoke aumentará en un 9.62% sobre el porcentaje inicial.
			Acople	85.71%	97.14%	11.43%	El porcentaje obtenido de acoples entregados completos como resultado de la propuesta del diseño de Kanbam, SMED y Poka Yoke aumentará en un 11.43% sobre el porcentaje inicial.
			Brida	85.71%	100.00%	14.29%	El porcentaje obtenido de bridas entregadas completos como resultado de la propuesta del diseño de Kanbam, SMED y Poka Yoke aumentará en un 14.29% sobre el porcentaje inicial.
	Pedidos entregados a tiempo	% entregas a tiempo	Tazón	92.07%	98.78%	6.71%	El porcentaje obtenido de tazones entregados a tiempo como resultado de la propuesta del diseño de Kanban y SMED aumentará en un 6.71% sobre el porcentaje inicial.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION	
			Eje	80.77%	98.08%	17.31%	El porcentaje obtenido de ejes entregados a tiempo como resultado de la propuesta del diseño de Kanban y SMED aumentará en un 17.31% sobre el porcentaje inicial.
			Acople	80%	94.3%	14.3%	El porcentaje obtenido de acoples entregados a tiempo como resultado de la propuesta del diseño de Kanban y SMED aumentará en un 14.3% sobre el porcentaje inicial.
			Brida	76.19%	95.24%	19.05%	El porcentaje obtenido de bridas entregadas a tiempo como resultado de la propuesta del diseño de Kanban y SMED aumentará en un 19.05% sobre el porcentaje inicial.
			Tazón	76.77%	85.16%	8.39%	El porcentaje obtenido de tazones producidos sin reprocesos ni defectos por la propuesta del diseño de Poka Yoke aumentará en un 8.39% sobre el porcentaje inicial.
			Eje	73.91%	84.78%	10.87%	El porcentaje obtenido de ejes producidos sin reprocesos ni defectos por la propuesta del diseño de Poka Yoke aumentará en un 10.87% sobre el porcentaje inicial.
			Acople	80%	93.33%	13.33%	El porcentaje obtenido de acoples producidos sin reprocesos ni defectos por la propuesta del diseño de Poka Yoke aumentará en un 13.33% sobre el porcentaje inicial.
			Brida	72.22%	94.44%	22.22%	El porcentaje obtenido de bridas producidos sin reprocesos ni defectos por la propuesta del diseño de Poka Yoke aumentará en un 22.22% sobre el porcentaje inicial.
	Calidad a la primera	% producción sin reprocesos					

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION	
PRODUCTIVIDAD	Actividades productivas	% actividades productivas	Tazón	85.89%	90.29%	4.40%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá elevar a un 4.4% del porcentaje de actividades productivas en la producción de tazones.
			Eje	77.75%	89.35%	11.60%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá elevar a un 11.6% del porcentaje de actividades productivas en la producción de ejes.
			Acople	86.03%	93.59%	7.56%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá elevar a un 7.56% del porcentaje de actividades productivas en la producción de acoples.
			Brida	71.38%	85.58%	14.20%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá elevar a un 14.2% del porcentaje de actividades productivas en la producción de bridas.
	Actividades improductivas	% actividades improductivas	Tazón	14.11%	9.71%	4.40%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá reducir en un 4.40% del porcentaje de actividades improductivas en la producción de tazones.
			Eje	22.25%	10.65%	11.60%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá reducir en un 11.6% del porcentaje de actividades improductivas en la producción de ejes.
			Acople	13.97%	6.41%	7.56%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá reducir en un 7.56% del porcentaje de actividades improductivas en la producción de acoples.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION	
			Brida	28.62%	14.42%	14.20%	Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, se conseguirá reducir en un 14.2% del porcentaje de actividades productivas en la producción de bridas.
			Tazón	3.11 pieza/ trabajador*día	3.33 pieza/ trabajador*día	0.22 pieza/ trabajador*día	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad mano de obra aumentará promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 3.11 a 3.33 tazones al día.
			Eje	1.06 pieza/ trabajador*día	1.25 pieza/ trabajador*día	0.19 pieza/ trabajador*día	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad mano de obra aumentará promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 1.06 a 1.25 ejes al día.
Productividad M.O		Productividad Mano de Obra	Acople	0.92 pieza/ trabajador*día	1.08 pieza/ trabajador*día	0.16 pieza/ trabajador*día	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad mano de obra aumentará promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 0.92 a 1.08 acoples al día.
			Brida	0.88 pieza/ trabajador*día	1 pieza/ trabajador*día	0.12 pieza/ trabajador*día	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad mano de obra aumentará promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 0.88 a 1 brida al día.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	VARIACION	INTERPRETACION
Productividad H-H	Productividad Hora - Hombre	Tazón	0.49 piezas/ H H	0.53 piezas/ H H	0.04 piezas/ H H	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad en horas-hombre de la producción de tazones aumentará en 0.04 piezas/H-H.
		Eje	0.17 piezas/ H H	0.20 piezas/ H H	0.03 piezas/ H H	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad en horas-hombre de la producción de ejes aumentará en 0.03 piezas/H-H
		Acople	0.15 piezas/ H H	0.17 piezas/ H H	0.02 piezas/ H H	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad en horas-hombre de la producción de acoples aumentará en 0.02 piezas/H-H
		Brida	0.14 piezas/ H H	0.16 piezas/ H H	0.02 piezas/ H H	Con el diseño propuesto de las celdas de manufactura, las 5S's y el sistema de participación del personal, la productividad en horas-hombre de la producción de bridas aumentará en 0.02 piezas/H-H

Fuente: elaboración propia.

3.7 Resultado de la evaluación económico financiero

A continuación, se detalla los costos de la implementación esperados de la aplicación del Lean Manufacturing en la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

3.7.1 Inversión de la propuesta

El análisis de costos se consideró los gastos asociados a la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing 5S's, Kanban, Poka Yoke, SMED y Células de Manufactura, y sus requerimientos de materiales, equipos, capacitación, y otros desembolsos.

Tabla 47. Costos de activos tangibles

Tipo	Cantidad	Precio unitario	Total
Estantes Madera	4	S/.500	S/ 2.000
Estantes de fierro	4	S/.600	S/.2.400
Barriles de fierro	6	S/.30	S/.180
Pizarra Kanban	2	S/.75	S/.150
Pizarra Poka Yoke	1	S/.75	S/.75
Total			S/.4.805

Fuente: elaboración propia.

Tabla 48. Costos de capacitación

Tipo	Horas por taller	Precio Unitario	Frecuencia	Total
Capacitación 5S'S	6	S/.300	2	S/ 3.600
Capacitación Kanban	6	S/.360	2	S/.4.320
Capacitación Poka Yoke	5	S/.300	2	S/.3.000
Capacitación SMED	5	S/.320	2	S/.3.200
Capacitación Células de Manufactura	5	S/.320	2	S/.3.200

Tipo	Horas por taller	Precio Unitario	Frecuencia	Total
Capacitación KPI	5	S/.320	2	S/.3.200
Capacitación Sistema de Participación del Trabajador	5	S/.320	2	S/.3.200
Total				S/.23.720

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. Costos de materiales y misceláneos

Tipo	Cantidad	Trabajadores	Precio unitario	Total
Separatas, diapositivas.	14	7	S/.3	S/.294
Tarjetas rojas	48	4	S/.2,50	S/.480
Formatos de limpieza	48	4	S/.2,50	S/.480
Refrigerio x capacitación	10	7	S/.5	S/.350
Total				S/.1.604

Fuente: elaboración propia.

Tabla 50. Costos de artículos de higiene

Tipo	Cantidad	Precio unitario	Total
Papel higiénico industrial	6	S/.36	S/.216
Jabón líquido	10	S/.18	S/.180
Escoba	5	S/.8	S/.40
Baldes	5	S/.8	S/.40
Recogedor	5	S/.5	S/.25
Botes de basura	4	S/.14	S/.56
Total			S/.557

Fuente: elaboración propia.

Tabla 51. Costos de señalización

Tipo	Cantidad	Precio unitario	Total
Pintura para señalización de Células de Manufactura	7	S/45.80	S/320,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla 52. Proyección de costos de la propuesta por cinco años.

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activos intangibles	S/4.805					
Capacitación	S/23.720	S/23.720	S/23.720	S/23.720	S/23.720	S/23.720
Materiales y misceláneos	S/1.604	S/1.604	S/1.604	S/1.604	S/1.604	S/1.604
Artículos de higiene	S/557	S/557	S/557	S/557	S/557	S/557
Señalización	S/320,6	S/320,6	S/320,6	S/320,6	S/320,6	S/320,6
Total	S/31.006,6	S/26.201,6	S/26.201,6	S/26.201,6	S/26.201,6	S/26.201,6

Fuente: elaboración propia.

3.7.2 Beneficios

En cuanto a los beneficios que se pueden esperar de esta iniciativa, los costos de producción pueden disminuir hasta en un 40% según lo determinado por Hernández y Vizán (2013). Según los datos suministrados por la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L., el costo de labor anual en el área de maestranza (incluyendo seis operativos y un supervisor) es S/. 105.828,73. Una mejora de 40% representaría un ahorro de S/.42.331,5 gracias a la disminución de tiempos ociosos, mejoras de procesos, y mitigación de los desperdicios en la fabricación de piezas metálicas.

3.7.3 Análisis financiero

Una vez determinados los tanto costos como beneficios de la propuesta, se procedió a desarrollar la comparación de los costos vs. los beneficios.

Se inició con el cálculo de la tasa de costo de oportunidad de capital (COK), la cual se determinó considerando los datos obtenidos en los estados financieros de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L.

$$COK = CPPC = WACC = \frac{D}{D + C} \times Kd \times (1 - T) + \frac{C}{D + C} \times Ke$$

Ecuación 9. Cálculo del costo de oportunidad de capital (COK)

Donde,

D = deuda

K = capital

Kd = costo

Deuda 40%

T = impuesto a la renta = 30%

Ke = rentabilidad accionista

$$Ke = Roe = \frac{UTILIDAD NETA}{TOTAL PATRIMONIO} = 15\%$$

Ecuación 10. Cálculo de la rentabilidad accionista (Ke)

$$CPPC = 21.13\%$$

Luego, aplicando la hoja de cálculo Excel se calculó tanto el valor anual neto (VAN) como la tasa interna de retorno (TIR). Se consideró para el cálculo del VAN la tasa normalizada por Excel de 10%. Para el flujo de caja, se emplearon los valores mostrados en la tabla 48. Como resultado se obtuvo un VAN = S/.43.659,04 y un TIR = 74%.

Por último, se calculó el índice de rentabilidad empleando la siguiente ecuación

$$IR = 1 + \frac{VAN}{I_0}$$

Ecuación 11. Cálculo del índice de rentabilidad (IR)

Donde,

I_0 = inversión en año 0.

Como resultado se obtiene un índice de rentabilidad igual a 2,77. A continuación, la tabla 36 resumen los indicadores financieros.

Tabla 53. Indicadores financieros.

Indicador	Valor
COK (CPPC)	21,13%
VAN	S/.43659,04
TIR	74%
IR	2,77

Fuente: elaboración propia

El VAN para la inversión será de 43659.04 soles, este resultado nos indica que la inversión es rentable, el TIR de 74%, es mayor al COK, esto muestra también que el diseño de la propuesta traerá un beneficio mayor a la inversión, el IR de 2.77, esto significa que por cada sol invertido se obtendrá un retorno de 1.77 soles de rentabilidad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Esta investigación tuvo como objetivo demostrar que el diseño de las herramientas de Lean Manufacturing en el área de maestranza de la empresa IPSYCOM Ingenieros S.R.L. asegurará la mejora de la productividad en los procesos de producción de tazones, ejes, acoples y bridas.

Se realizó un diagnóstico inicial para identificar los desperdicios que afectaban significativamente a la productividad, a través de las técnicas de observación directa, encuesta y diagrama de Ishikawa. En los cuatro procesos de producción se determinó que los tiempos de espera fueron la mayor amenaza, seguidos por los movimientos innecesarios, inventarios obsoletos, sobre procesamiento y producto defectuoso.

De acuerdo con el diagnóstico desarrollado sobre los procesos de producción del área de maestranza, específicamente a los procesos de fabricación de tazones, ejes, acoples y bridas, se observaron oportunidades de mejora, que efectivamente generaría un impacto positivo a los niveles de productividad, los cuales se muestran con los siguientes resultados.

Con la elaboración del VSM se obtuvo una reducción en el tiempo de valor no agregado de producción de tazones, ejes, bridas y acoples del 23.2 min, 48.9 min, 44.3 min, 49.3 min respectivamente, debido a la reducción de tiempos de espera con mayor impacto en la producción, como lo son, la espera del supervisor del personal, y entrega de materia prima, con resultado de las herramientas de la metodología Lean Manufacturing diseñadas (5s, Kanban, SMED, y Celdas de manufactura) como lo mostrado en la tesis de (Vigo, 2013) quién utilizando las herramientas propuestas, obtuvo una disminución de tiempos de valor no agregados de hasta 50 minutos.

Los pedidos entregados completos tienen un incremento en el porcentaje de entrega de piezas, pasaron de 94.51% a 99.39% con respecto a la entrega de tazones, de 88.46% a 98.8% en ejes, de 85.71% a 97.14% en acoples y de 85.71% a 100% en bridas, cumpliendo lo sustentado por (Gastalver, 2015) quien menciona que el porcentaje estándar de cada proceso debería cumplirse sobre los 97% en pedidos entregados completos para que esté dentro del nivel de cumplimiento de servicio, el incremento se debe a la propuesta de las herramientas KANBAN, Poka Yoke y SMED, las cuales buscan disminuir las variaciones generadas en las especificaciones técnicas solicitadas por la falta de orientación en el detalle de fabricación de piezas metálicas y los tiempos de espera más recurrentes.

Los pedidos entregados a tiempo tienen un incremento en el porcentaje de entrega a tiempo de piezas, pasaron de 92.07% a 98.78% con respecto a la entrega de tazones, de 80.77% a 98.8% en ejes, de 80% a 94.3% en acoples y de 76.19% a 95.24% en bridas, el área de maestranza tiene como porcentaje estándar el 95% de pedidos entregados a tiempo, las herramientas de SMED y KANBAN buscan disminuir los tiempos de espera que de alguna manera afectan significativamente a la entrega de pedidos.

Con respecto al indicador de calidad a la primera, se busca cuantificar los sobre procesos y defectos que se generan según la producción de tazones, ejes, acoples y bridas, con la propuesta tendría una variación de 76.77% a 85.16% referente a la producción de tazones, de 73.91% a 84.78% en ejes, de 80% a 93.33% en acoples y 72.22% a 94.44% en bridas, la herramienta diseñada como propuesta de mejora es la de Poka Yoke, con lo demostrado en la tesis de (Jimenez Toro, 2016) aplicando la técnica del Poka Yoke se puede reducir un 28% de errores en los procesos.

El porcentaje de actividades productivas existentes en la producción tazones, ejes, acoples y bridas es de 85.89%, 77.75%, 86.03% y 71.38%, el cálculo fue obtenido a través de la observación directa resuelta en un diagrama de operaciones. Con la propuesta de mejora se eliminarán algunas actividades innecesarias por intermedio de las celdas de manufactura y con las 5S's, mantendrá un ambiente de trabajo ordenado, limpio y seguro para la producción de piezas metálicas, esto hará que todos se esfuercen por lograr que el área de maestranza no solo luzca mejor al ser más ordenadas y limpias, sino que aumente la productividad significativamente al eliminar tiempos de búsqueda. El porcentaje de actividades productivas incrementaría en 90.29% en la producción de tazones, 89.35% en ejes, 93.59% en acoples y 85.58% en bridas. Al igual que el porcentaje de actividades improproductivas, que inicialmente tienen porcentajes de 14.11% en fabricación de tazones, 22.25% en ejes, 13.97% en acoples y 28.62% en bridas, la reducción se daría a un 9.71% de actividades improproductivas en fabricación de tazones, 10.65% en ejes, 6.41% en acoples y 14.42% en bridas, cumpliendo lo sustentado por (Saldaña, 2015), quien utilizando una nueva propuesta de layout redujo el tiempo total de producción en un 31,32% y por (Bellido, 2019) quien realizo un modelo de mejora según la metodología Lean Manufacturing para mejorar el ambiente de trabajo en el área de Texturizado, logrando incrementar en un 12% los índices de seguridad, orden y limpieza aplicando la metodología de las 5S's.

La productividad mano de obra aumentará promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 3.11 a 3.33 tazones al día, 1.06 a 1.25 ejes al día. 0.92 a 1.08 acoples al día y 0.88 a 1 brida al día, al igual que la productividad Horas Hombre obteniendo como resultados el incremento de 0.04 piezas/H-H en la producción de tazones, 0.03 piezas/H-H en la producción de ejes, 0.02 piezas/H-H en la producción de acoples y

0.02 piezas/H-H en la producción de bridas, dichos incrementos producidos por el nuevo diseño de la distribución de equipos y 5S's, resultados los cuales tienen relación con la propuesta según (Cardozo, 2016), ya que el diseño de las mismas herramientas tuvieron la finalidad de incrementar la productividad y disminuir en gran cantidad los movimientos innecesarios, permitiendo que la productividad de sus operarios incremente aproximadamente en un 6% .

Al igual que el trabajo de Arroyo (2018), la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing representan un medio estratégico para mejorar estos tiempos, al controlar/mitigar los desperdicios.

4.2 Conclusiones

- Se identificaron los desperdicios según el enfoque Lean Manufacturing en los procesos de fabricación de tazones, ejes, acoples y bridas, los cuales afectarían de manera directa en la productividad del área de maestranza, según el diagrama causa y efecto, la observación directa y análisis de datos históricos, se pudo identificar la espera como la mayor amenaza de la productividad ya que representa el 55% de los desperdicios identificados, seguido del movimiento innecesario, inventario obsoleto, sobre procesamiento y producto defectuoso.
- En base a la metodología del Lean Manufacturing se logró diseñar la propuesta de aplicación de herramientas como: Kanban, SMED, Celdas de manufactura 5S's y Poka Yoke con la finalidad de ajustar los tiempos de cada proceso, aumento en la eficiencia de los trabajadores, eliminación de movimientos innecesarios, disminución de reprocesos y defectos en la fabricación de piezas, influyendo de manera significativa en el incremento de la productividad del área de maestranza.

- Se logró medir la productividad luego del diseño de las herramientas Lean Manufacturing, los indicadores tuvieron resultados totales favorables (considerando los 4 procesos), un incremento del 9.65% de actividades productivas, una disminución del 9.53% en actividades improductivas, incremento de 2 piezas en productividad mano de obra y 0.11 piezas producidas por horas hombre, el diseño ayudó en gran medida a disminuir los tiempos que no añaden valor en cada proceso de fabricación y la disminución considerablemente de los desperdicios identificados.
- Se realizó la evaluación Económica - Financiera de la propuesta de mejora, la proyección del diseño dio el valor actual neto (VAN) de 43,659.04 soles, una tasa interna de retorno (TIR) de 74% mayor al costo de oportunidad del capital (COK) de 21.13% y por último el índice de rentabilidad (IR) de 2.77 soles, es decir que por cada sol invertido retorna 1.77 soles. Valores que se interpretan, que la inversión inicial se recupera en el plazo de un año. De esta forma se concluye que la propuesta es factible.

REFERENCIAS

- Añaguari, M., & Gisbert, M. (2016). Lean Manufacturing como Herramienta de Competitividad en las PYMES Españolas. *3C Tecnología*, 20-29.
- Arroyo, N. (2018). *Implementación Lean Manufacturing para Mejorar el Sistema de Producción en una Empresa de Metalmecánica*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- Bain, D. (2005). *Productividad: la solución a los problemas de la empresa*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- BBVA. (2019). *Perú. Situación del Sector Minero*. Lima: BBVA.
- Bellido, Y. A. (2019). *Modelo de optimización de desperdicios basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad en las Mypes del Sector Textil*. Lima.
- Cardozo, E. O. (2016). *Plan de mejora para aumentar la productividad en el area de produccion de la empresa confecciones deportivas*.
- Com, S. E. (2013). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires : Del Aula Taller.
- Cuevas, J. (2014). *slideshare*. Recuperado el 29 de Julio de 2019, de https://es.slideshare.net/jonathan_cuevas/introduccion-a-lean-manufacturing
- El Comercio*. (06 de Enero de 2019). Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/sni-industria-metalmeccanica-crecio-10-2-octubre-2018-noticia-nndc-594625>
- Figuroa, E. (2017). *Optimización del Proceso de Pilado Utilizando Herramientas del LEAN Manufacturing para Incrementar la Productividad en la Empresa Induamerica S.A.C. Lambayeque – 2017*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- García, M. R. (2012). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*. México: McGraw-Hill.
- Gastalver, C. (2015). *Gestion de costes y calidad de servicio*. España : Elearning SL.
- Gomez, M. M. (2006). *Introducción de la metodología de la investigación*. Córdoba: Brujas.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e Implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Concepto, Técnicas e Implantación*. Recuperado el 27 de Julio de 2019, de <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi80094/leanmanufacturing-conceptotecnicae-implantacion>
- Jimenez Toro, A. (2016). *Propuesta para la implementación de la herramienta poka yoke en la elaboracion de fihcas tecnicas en la empresa DUGOTEX SA*. Bogota.
- Jiménez, J. &. (2011). *Productividad*. El Cid Editor.
- Muñoz, N. (2018). *Aproximación a las Herramientas de Gestión LEAN Manufacturing. Reflexión sobre su Proceso de Implementación en las PYMES*. Mainzales: Universidad Catolica de Mainzales.
- Ochoa, N. (29 de Mayo de 2013). *Ingeniería y Educación*. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de <https://ingenieriayeducacion.wordpress.com/2013/05/29/diagramas-para-el-estudio-del-trabajo/>
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigmas Handbook*. Usa: McGraw-Hill.
- Rajadell, M. &. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Saldaña, L. B. (2015). *Diseño e Implementación de celdas de manufactura para aumentar la productividad en el área de armado en una empresa de calzado para dama*. Perú.
- Scconini, L. (2019). *LEAN Manufacturing. Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books.
- Vigo, M. (2013). *Análisis y mejora de procesos de una linea procesadora de bizcochos empleando manufactura esbelta*. Lima.
-

ANEXOS

ANEXO 1. VALIDACION DE ENCUESTAS LEAN MANUFACTURING

Diseñado por José Luis Ventura-Leon

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir *el conocimiento en Lean Manufacturing en los colaboradores*. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 11 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido	Ricardo Fernando Ortega Merino		
Sexo:	<input checked="" type="checkbox"/> Varón	<input type="checkbox"/> Mujer	
Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)			
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Doctor
Área de Formación académica	Clinica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro: Ingeniería Industrial	
Áreas de experiencia profesional	Operaciones y Cadena de Abastecimiento		
Tiempo de experiencia profesional en el área	<input checked="" type="checkbox"/> 2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Breve explicación del constructo

La autoestima puede conceptualizar como: Es un sentimiento hacia uno mismo, que puede ser positivo o negativo, el cual se construye por medio de una evaluación de las propias características y puede ser dividida en positiva y negativa.

III. Criterios de Calificación

a. Relevancia

El grado en que el ítem es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar el conocimiento se determinará con una calificación que varía de 0 a 3: El ítem "Nada relevante para evaluar" (puntaje 0), "poco relevante para evaluar" (puntaje 1), "relevante para evaluar" (puntaje 2) y "completamente relevante para evaluar" (puntaje 3).

Nada relevante	Poco relevante	Relevante	Totalmente relevante
0	1	2	3

b. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 4: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar (puntaje 3).

Nada coherente	Poco coherente	Coherente	Totalmente coherente
0	1	2	3

c. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

Nada claro	Poco claro	Claro	Totalmente claro
0	1	2	3

Diseñado por José Luis Ventura-León

N°	ITEMS	Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	PONDERACION													
	Items													
1	¿La administración tiene conocimiento de los conceptos y métodos de Lean Manufacturing y tiene un plan para ponerlos en práctica?				X				X				X	
2	¿La administración es consciente de los conceptos de Lean Manufacturing, pero no cree que se aplican a sus operaciones?				X				X				X	
3	¿Existe evidencia de que los controles visuales están en otro lugar diferente a las señales de seguridad requeridas, la información sobre el desempeño de las personas, actividades, departamentos, y de la empresa está disponible?				X				X				X	
4	¿Conoce las siete fuentes de desperdicios? (inventarios; transporte de material; defectos; esperas; sobreproducción; movimientos innecesarios; métodos inadecuados). Se implican activamente en su identificación, dentro de sus áreas de trabajo, y están autorizados a trabajar para su eliminación y/o minimización				X				X				X	
5	¿Existe un proceso formal para que los empleados reciban retroalimentación de los problemas encontrados en los procesos?				X				X				X	
6	¿El trabajo en equipo es estimulado a través de todos los niveles de la empresa?				X				X				X	
7	¿Se siente cómodo de identificar problemas y ofrecer ideas, hay una recompensa y un sistema de reconocimiento por las acciones de mejora con éxito?				X				X				X	
8	¿Cree que el proceso de trabajo está diseñado para poder identificar, de una manera inmediata, los defectos en el momento y lugar donde se manifiestan?				X				X				X	
9	¿La empresa tiene excesos de inventario?				X				X				X	
10	Frente a la fabricación de los productos defectuosos y que rechaza el cliente, ¿se cuenta con acciones para evitar que se presenten nuevamente?				X				X				X	
11	¿Están capacitados y entrenados para poder trabajar en cualquier de las estaciones u operaciones del proceso?				X				X				X	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones:

1 2 3 4
 Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy en desacuerdo

Firma del experto:



José Luis Ventura León

VALIDACION ENCUESTA 5S's

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir *el conocimiento en 5S en los colaboradores*. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 13 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido	Ricardo Fernando Ortega Meza		
Sexo:	<input checked="" type="checkbox"/> Varón	<input type="checkbox"/> Mujer	
Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)			
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Doctor
Área de Formación académica	Clinica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro: Ingeniería Industrial	
Áreas de experiencia profesional	Operaciones y Cocina de Abastecimiento		
Tiempo de experiencia profesional en el área	<input checked="" type="checkbox"/> 2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Breve explicación del constructo

La autoestima puede conceptualizar como: Es un sentimiento hacia uno mismo, que puede ser positivo o negativo, el cual se construye por medio de una evaluación de las propias características y puede ser dividida en positiva y negativa.

III. Criterios de Calificación

a. Relevancia

El grado en que el ítem es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar el conocimiento se determinará con una calificación que varía de 0 a 3: El ítem "Nada relevante para evaluar" (puntaje 0), "poco relevante para evaluar" (puntaje 1), "relevante para evaluar" (puntaje 2) y "completamente relevante para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada relevante</i>	<i>Poco relevante</i>	<i>Relevante</i>	<i>Totalmente relevante</i>
0	1	2	3

b. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 4: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

c. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

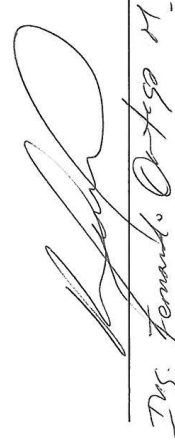
Diseñado por José Luis Ventura-León

N°	ITEMS	Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	PONDERACION													
	Ítems													
1	Todo lo que no requiere para el trabajo está fuera del área productiva; solo hay productos y herramientas en las estaciones de trabajo. No hay nada encima de máquinas gabinetes o equipo.				X				X				X	
2	¿Cuenta con herramientas en mal estado o inservibles?				X				X				X	
3	¿Aprovecha el espacio de manera eficiente y racional?				X				X				X	
4	¿Las áreas están desorganizadas y sucias, el personal que opera en el área puede reportar donde y qué cantidad de material existe?				X				X				X	
5	Existe un lugar para cada cosa y para cada cosa su lugar, y siempre que se necesita una herramienta u otro elemento se encuentran fácilmente y están correctamente identificados.				X				X				X	
6	Existen líneas en el suelo para distinguir las diferentes áreas de trabajo, las áreas de paso y las de manipulación.				X				X				X	
7	¿Tiene claro las especificaciones de clasificación y disposición de residuos?				X				X				X	
8	¿La planta está generalmente limpia de materiales innecesarios, componentes correctos, las áreas de tránsito están libres de obstrucciones?				X				X				X	
9	Los pisos están limpios y sin residuos, de aceite ni suciedad, y los limpian por lo menos una vez al día.				X				X				X	
10	¿Considera la limpieza diaria como una parte de su trabajo?				X				X				X	
11	¿Mantienen las máquinas, equipos y herramientas en buenas condiciones?				X				X				X	
12	La limpieza es buena, pero es la única presencia de las 5S				X				X				X	
13	La necesidad de 5S se ha discutido, pero las acciones no han sido tomadas.				X				X				X	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones:

1 2 3 4
 Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy en desacuerdo

Firma del experto:



Dr. Fernando Ortega M.

VALIDACION ENCUESTA MEJORA CONTINUA

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir *el conocimiento en Mejora Continua en los colaboradores*. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 7 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido	Ricardo Fernando Ortega Mestanza		
Sexo:	<input checked="" type="checkbox"/> Varón	<input type="checkbox"/> Mujer	
Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)			
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Doctor
Área de Formación académica	Clinica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro: Ingeniería Industrial	
Áreas de experiencia profesional	Operaciones y Cadena de Abastecimiento		
Tiempo de experiencia profesional en el área	<input checked="" type="checkbox"/> 2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Breve explicación del constructo

La autoestima puede conceptualizar como: Es un sentimiento hacia uno mismo, que puede ser positivo o negativo, el cual se construye por medio de una evaluación de las propias características y puede ser dividida en positiva y negativa.

III. Criterios de Calificación

a. Relevancia

El grado en que el ítem es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar el conocimiento se determinará con una calificación que varía de 0 a 3: El ítem "Nada relevante para evaluar" (puntaje 0), "poco relevante para evaluar" (puntaje 1), "relevante para evaluar" (puntaje 2) y "completamente relevante para evaluar" (puntaje 3).

Nada relevante	Poco relevante	Relevante	Totalmente relevante
0	1	2	3

b. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 4: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

Nada coherente	Poco coherente	Coherente	Totalmente coherente
0	1	2	3

c. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

Nada claro	Poco claro	Claro	Totalmente claro
0	1	2	3

Diseñado por Jose Luis Ventura-León

N°	ITEMS	Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	PONDERACION													
	Items													
1	Existe una estrategia clara respecto a la Mejora Continua en la empresa capaz de obtener resultados de manera sostenible y continuada			X				X					X	
2	La Gerencia General tiene como filosofía impulsar programas de calidad en la empresa y para ello capacita adecuadamente a todos los empleados en aspectos de calidad y de mejoramiento continuo			X				X					X	
3	¿Ha sido formado en los métodos de trabajo necesarios para desarrollar la Mejora Continua y se le ha involucrado en su desarrollo e implementación?			X				X					X	
4	¿Ha sido formado en los métodos de control a prueba de fallos y errores y existe un equipo de análisis permanente de los defectos del proceso y de las oportunidades de eliminar errores?			X				X					X	
5	¿Está autorizado a detener el proceso cuando encuentran un producto defectuoso o no pueden completar el proceso en las condiciones definidas en la hoja de operación estándar?			X				X					X	
6	El sistema de calidad involucra los controles necesarios para identificar y medir defectos y sus causas en los procesos de producción, los retroalimenta para implementar acciones correctivas y les hace seguimiento.			X				X					X	
7	En el proceso de selección de materias primas ¿existen especificaciones técnicas y se aplican los controles necesarios para verificar la calidad y retroalimentar el proceso de selección de compra?			X				X					X	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones:

1 2 3 4
 Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy en desacuerdo

Firma del experto:



Dr. Fernando Ontego

VALIDACION ENCUESTA PROCESO DE PRODUCCION

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir *el conocimiento en Proceso de Producción en los colaboradores*. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 7 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido	Ricardo Fernando Ortega Mastanza		
Sexo:	<input checked="" type="checkbox"/> Varón	<input type="checkbox"/> Mujer	
Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)			
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Doctor
Área de Formación académica	Clinica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro: Ingeniería Industrial	
Áreas de experiencia profesional	Operaciones y Cadena de Abastecimiento		
Tiempo de experiencia profesional en el área	<input checked="" type="checkbox"/> 2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Breve explicación del constructo

La autoestima puede conceptualizar como: Es un sentimiento hacia uno mismo, que puede ser positivo o negativo, el cual se construye por medio de una evaluación de las propias características y puede ser dividida en positiva y negativa.

III. Criterios de Calificación

a. Relevancia

El grado en que el ítem es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar el conocimiento se determinará con una calificación que varía de 0 a 3: El ítem "Nada relevante para evaluar" (puntaje 0), "poco relevante para evaluar" (puntaje 1), "relevante para evaluar" (puntaje 2) y "completamente relevante para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada relevante</i>	<i>Poco relevante</i>	<i>Relevante</i>	<i>Totalmente relevante</i>
0	1	2	3

b. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 4: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

c. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

Diseñado por José Luis Ventura-León

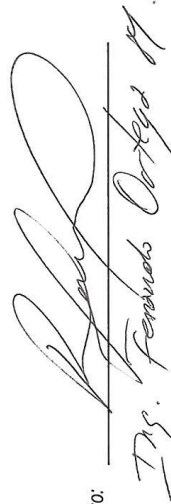
N°	ITEMS	Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	PONDERACION													
	Items													
1	El proceso de producción es suficientemente flexible para permitir cambios en los productos a ser fabricados, en función de satisfacer las necesidades de los clientes.			X				X				X		
2	La ubicación de la planta es ideal para el abastecimiento de materia primas, mano de obra y para la distribución del producto terminado.			X				X				X		
3	¿Han evaluado, medido y reducido los recorridos del producto y componentes en la planta?			X				X				X		
4	Las distancias entre los departamentos requieren grandes cantidades de medios de transporte (carretillas elevadoras, gatos hidráulicos, etc) para mover el producto de una zona a otra.			X				X				X		
5	El deseo de maximizar la utilización de equipos conduce a la programación de la producción.			X				X				X		
6	La maquinaria y la tecnología de la empresa le permiten fabricar productos competitivos, a nivel nacional, en calidad y precio.			X				X				X		
7	¿Conoce la capacidad de producción de su maquinaria y equipo por cada línea de producción?			X				X				X		

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones:

1 2 3 4

Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy en desacuerdo

Firma del experto:



Dr. Fernando Ordoñez M.

VALIDACION ENCUESTA TRABAJO ESTANDARIZADO

Diseñado por José Luis Ventura-Leon

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir el conocimiento en Trabajo Estandarizado en los colaboradores. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 7 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido	Ricardo Fernando Ortega Mestanza		
Sexo:	<input checked="" type="checkbox"/> Varón	<input type="checkbox"/> Mujer	
Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)			
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Doctor
Área de Formación académica	Clinica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro: Ingeniería Industrial	
Áreas de experiencia profesional	Operaciones y Cadena de Abastecimiento		
Tiempo de experiencia profesional en el área	<input checked="" type="checkbox"/> 2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Breve explicación del constructo

La autoestima puede conceptualizar como: Es un sentimiento hacia uno mismo, que puede ser positivo o negativo, el cual se construye por medio de una evaluación de las propias características y puede ser dividida en positiva y negativa.

III. Criterios de Calificación

a. Relevancia

El grado en que el ítem es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar el conocimiento se determinará con una calificación que varía de 0 a 3: El ítem "Nada relevante para evaluar" (puntaje 0), "poco relevante para evaluar" (puntaje 1), "relevante para evaluar" (puntaje 2) y "completamente relevante para evaluar" (puntaje 3).

Nada relevante	Poco relevante	Relevante	Totalmente relevante
0	1	2	3

b. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 4: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

Nada coherente	Poco coherente	Coherente	Totalmente coherente
0	1	2	3

c. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

Nada claro	Poco claro	Claro	Totalmente claro
0	1	2	3

Diseñado por Jose Luis Ventura-León

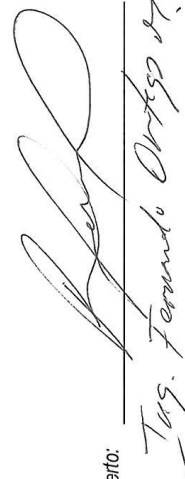
N°	ITEMS	Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	PONDERACION													
	Items													
1	¿Se han desarrollado e implementado estándares para la operación de cada proceso?			X				X					X	
2	Tiene cada proceso su hoja de operaciones estándar a alcance y a disposición del operario y que contiene la información básica de la operación del proceso.			X				X					X	
3	¿Comprende los detalles de su trabajo y sabe el por qué deberían de hacer las cosas de esa manera, y solo así son capaces de establecer otras formas mejores de hacerlo?			X				X					X	
4	El takt time de cada pieza se ha utilizado como base para establecer el tiempo del proceso de cada operación y los requisitos de actuación para cada operario. (Takt time significa que tan seguidos se debe producir un producto o parte, basado en las ventas para cumplir los requerimientos del cliente)			X				X					X	
5	Establecido el Takt time se dedican esfuerzos al logro de los objetivos de calidad, seguridad y costos.			X				X					X	
6	¿Con frecuencia descubren mejores maneras de hacer su trabajo las cuales son capturadas y revisados bajo los procedimientos de trabajo estándar?			X				X					X	
7	¿La empresa de manera rutinaria compare las condiciones actuales de los estándares de cada proceso con el objetivo de mejorar el procedimiento con base a sugerencias realizadas para los operarios o debido a la adición de nuevas actividades?			X				X					X	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones:

1 2 3 4

Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy en desacuerdo

Firma del experto:



Ing. Fernando Ortega

ANEXO 2. ENCUESTAS LEAN MANUFACTURING

CUESTIONARIO LEAN MANUFACTURING

Estimados señores, estamos realizando una encuesta con el fin de obtener información acerca del conocimiento existente sobre la *Metodología Lean Manufacturing (Manufactura esbelta)*, en los colaboradores del área de maestranza, por lo cual agradeceremos que nos apoyen respondiendo objetivamente las siguientes preguntas.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada pregunta.
- Marque con una X su respuesta.
- Sólo es válida **una** opción.

Niveles

1. Nunca
2. Rara vez
3. A veces
4. Casi siempre
5. Siempre

		PUNTUACION				
		1	2	3	4	5
LEAN MANUFACTURING	¿La administración tiene conocimiento de los conceptos y métodos de Lean Manufacturing y tiene un plan para ponerlos en práctica?					
	¿La administración es consciente de los conceptos de Lean Manufacturing, pero no cree que se aplican a sus operaciones?					
	¿Existe evidencia de que los controles visuales están en otro lugar diferente a las señales de seguridad requeridas, la información sobre el desempeño de las personas, actividades, departamentos, y de la empresa está disponible?					
	¿Conoce las siete fuentes de desperdicios? (inventarios; transporte de material; defectos; esperas; sobreproducción; movimientos innecesarios; métodos inadecuados). Se implican activamente en su identificación, dentro de sus áreas de trabajo, y están autorizados a trabajar para su eliminación y/o minimización					
	¿Existe un proceso formal para que los empleados reciban retroalimentación de los problemas encontrados en los procesos?					
	¿El trabajo en equipo es estimulado a través de todos los niveles de la empresa?					
	¿Se siente cómodo de identificar problemas y ofrecer ideas, hay una recompensa y un sistema de reconocimiento por las acciones de mejora con éxito?					
	¿Cree que el proceso de trabajo está diseñado para poder identificar, de una manera inmediata, los defectos en el momento y lugar donde se manifiesten?					
	¿La empresa tiene excesos de inventario?					
	Frente a la fabricación de los productos defectuosos y que rechaza el cliente, ¿se cuenta con acciones para evitar que se presenten nuevamente?					
¿Están capacitados y entrenados para poder trabajar en cualquier de las estaciones u operaciones del proceso?						

CUESTIONARIO 5 S's

Estimados señores, estamos realizando una encuesta con el fin de obtener información acerca del conocimiento existente sobre el concepto de 5 S's, en los colaboradores del área de maestranza, por lo cual agradeceremos que nos apoyen respondiendo objetivamente las siguientes preguntas.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada pregunta.
- Marque con una X su respuesta.
- Sólo es válida **una** opción.

Niveles

21. Nunca
22. Rara vez
23. A veces
24. Casi siempre
25. Siempre

		PUNTUACION				
		1	2	3	4	5
5 S	Todo lo que no requiere para el trabajo está fuera del área productiva; solo hay productos y herramientas en las estaciones de trabajo. No hay nada encima de máquinas gabinetes o equipo.					
	¿Cuenta con herramientas en mal estado o inservibles?					
	¿Aprovecha el espacio de manera eficiente y racional?					
	¿Las áreas están desorganizadas y sucias, el personal que opera en el área puede reportar donde y qué cantidad de material existe?					
	Existe un lugar para cada cosa y para cada cosa su lugar, y siempre que se necesita una herramienta u otro elemento se encuentran fácilmente y están correctamente identificados.					
	Existen líneas en el suelo para distinguir las diferentes áreas de trabajo, las áreas de paso y las de manipulación.					
	¿Tiene claro las especificaciones de clasificación y disposición de residuos?					
	¿La planta está generalmente limpia de materiales innecesarios, componentes correctos, las áreas de transito están libres de obstrucciones?					
	Los pisos están limpios y sin residuos, de aceite ni suciedad, y los limpian por lo menos una vez al día.					
	¿Considera la limpieza diaria como una parte de su trabajo?					
	¿Mantienen las maquinas, equipos y herramientas en buenas condiciones?					
	La limpieza es buena, pero es la única presencia de las 5S					
La necesidad de 5S se ha discutido, pero las acciones no han sido tomadas.						

CUESTIONARIO MEJORA CONTINUA

Estimados señores, estamos realizando una encuesta con el fin de obtener información acerca del conocimiento existente sobre el concepto de *Mejora Continua*, en los colaboradores del área de maestranza, por lo cual agradeceremos que nos apoyen respondiendo objetivamente las siguientes preguntas.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada pregunta.
- Marque con una X su respuesta.
- Sólo es válida **una** opción.

Niveles

6. Nunca
7. Rara vez
8. A veces
9. Casi siempre
10. Siempre

		PUNTUACION				
		1	2	3	4	5
MEJORA CONTINUA	Existe una estrategia clara respecto a la Mejora Continua en la empresa capaz de obtener resultados de manera sostenible y continuada					
	La Gerencia General tiene como filosofía impulsar programas de calidad en la empresa y para ello capacita adecuadamente a todos los empleados en aspectos de calidad y de mejoramiento continuo					
	¿Ha sido formado en los métodos de trabajo necesarios para desarrollar la Mejora Continua y se le ha involucrado en su desarrollo e implementación?					
	¿Ha sido formado en los métodos de control a prueba de fallos y errores y existe un equipo de análisis permanente de los defectos del proceso y de las oportunidades de eliminar errores?					
	¿Está autorizado a detener el proceso cuando encuentran un producto defectuoso o no pueden completar el proceso en las condiciones definidas en la hoja de operación estándar?					
	El sistema de calidad involucra los controles necesarios para identificar y medir defectos y sus causas en los procesos de producción, los retroalimenta para implementar acciones correctivas y les hace seguimiento.					
	En el proceso de selección de materias primas ¿existen especificaciones técnicas y se aplican los controles necesarios para verificar la calidad y retroalimentar el proceso de selección de compra?					

CUESTIONARIO PROCESO DE PRODUCCION

Estimados señores, estamos realizando una encuesta con el fin de obtener información acerca del conocimiento existente sobre el concepto de *Proceso de Producción*, en los colaboradores del área de maestranza, por lo cual agradeceremos que nos apoyen respondiendo objetivamente las siguientes preguntas.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada pregunta.
- Marque con una X su respuesta.
- Sólo es válida **una** opción.

Niveles

11. Nunca
12. Rara vez
13. A veces
14. Casi siempre
15. Siempre

		PUNTUACION				
		1	2	3	4	5
PROCESO DE PRODUCCION	El proceso de producción es suficientemente flexible para permitir cambios en los productos a ser fabricados, en función de satisfacer las necesidades de los clientes.					
	La ubicación de la planta es ideal para el abastecimiento de materia primas, mano de obra y para la distribución del producto terminado.					
	¿Han evaluado, medido y reducido los recorridos del producto y componentes en la planta?					
	Las distancias entre los departamentos requieren grandes cantidades de medios de transporte (carretillas elevadoras, gatos hidráulicos, etc) para mover el producto de una zona a otra.					
	El deseo de maximizar la utilización de equipos conduce a la programación de la producción.					
	La maquinaria y la tecnología de la empresa le permiten fabricar productos competitivos, a nivel nacional, en calidad y precio.					
	¿Conoce la capacidad de producción de su maquinaria y equipo por cada línea de producción?					

CUESTIONARIO TRABAJO ESTANDARIZADO

Estimados señores, estamos realizando una encuesta con el fin de obtener información acerca del conocimiento existente sobre el concepto de *Trabajo Estandarizado*, en los colaboradores del área de maestranza, por lo cual agradeceremos que nos apoyen respondiendo objetivamente las siguientes preguntas.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada pregunta.
- Marque con una X su respuesta.
- Sólo es válida **una** opción.

Niveles

16. Nunca
17. Rara vez
18. A veces
19. Casi siempre
20. Siempre

		PUNTUACION				
		1	2	3	4	5
TRABAJO ESTANDARIZADO	¿Se han desarrollado e implementado estándares para la operación de cada proceso?					
	Tiene cada proceso su hoja de operaciones estándar a alcance y a disposición del operario y que contiene la información básica de la operación del proceso.					
	¿Comprende los detalles de su trabajo y sabe el por qué deberían de hacer las cosas de esa manera, y solo así son capaces de establecer otras formas mejores de hacerlo?					
	El takt time de cada pieza se ha utilizado como base para establecer el tiempo del proceso de cada operación y los requisitos de actuación para cada operario. (Takt time significa que tan seguidos se debe producir un producto o parte, basado en las ventas para cumplir los requerimientos del cliente)					
	Establecido el Takt time se dedican esfuerzos al logro de los objetivos de calidad, seguridad y costos.					
	¿Con frecuencia descubren mejores maneras de hacer su trabajo las cuales son capturadas y revisados bajo los procedimientos de trabajo estándar?					
	¿La empresa de manera rutinaria compare las condiciones actuales de los estándares de cada proceso con el objetivo de mejorar el procedimiento con base a sugerencias realizadas para los operarios o debido a la adición de nuevas actividades?					

ANEXO 3. RESULTADO DE ENCUESTA LEAN MANUFACTURING

Area	Preguntas	Encuestados							
		1	2	3	4	5	6	7	prom
Lean Manufacturing	La administración tiene conocimiento de los conceptos y métodos de Lean Manufacturing y tiene un plan para ponerlos en práctica.	4	3	2	1	2	3	1	2
	La administración es consciente de los conceptos de Lean Manufacturing, pero no cree que se aplican a sus operaciones.	4	2	1	1	1	2	1	2
	Existe evidencia de que los controles visuales están en otro lugar diferente a las señales de seguridad requeridas. La información sobre el desempeño de las personas, actividades, departamentos, y de la empresa está disponible.	4	2	2	1	3	2	1	2
	Conocen los colaboradores las siete fuentes de desperdicios (inventarios; transporte de material; defectos; esperas; sobreproducción; movimientos innecesarios; métodos inadecuados). <u>Se implican activamente en su identificación</u> , dentro de sus áreas de trabajo, y están autorizados a trabajar para su eliminación y/o minimización.	3	1	1	1	1	1	1	1
	Existe un proceso formal para que los empleados reciban retroalimentación de los problemas encontrados en los procesos.	1	1	1	1	1	1	1	1
	El trabajo en equipo es estimulado a través de todos los niveles de la empresa.	4	2	1	1	1	1	2	2
	Los empleados se sienten cómodos de identificar problemas y ofrecer ideas. Hay una recompensa y un sistema de reconocimiento por las acciones de mejora con éxito. Los empleados están comprometidos e involucrados.	1	1	1	1	1	1	1	1
	Esta el proceso de trabajo diseñado para poder identificar, de una manera inmediata, los defectos en el momento y lugar donde se manifiesten.	3	2	1	1	2	1	2	2
	La empresa tiene excesos de inventario.	2	1	1	2	1	1	2	1
	Frente a la fabricación de los productos defectuosos y que rechaza el cliente se cuenta con acciones para evitar que se presenten nuevamente.	4	2	2	3	2	2	3	3
	Están los operarios capacitados y entrenados para poder trabajar en cualquier de las estaciones u operaciones del proceso	5	4	3	3	2	3	4	3
5S's	Todo lo que no requiere para el trabajo está fuera del área productiva; solo hay productos y herramientas en las estaciones de trabajo. No hay nada encima de máquinas gabinetes o equipo.	3	3	2	3	3	2	2	3
	Se cuenta con herramientas en mal estado o inservibles.	3	2	2	2	2	3	1	2
	Se aprovecha el espacio de manera eficiente y racional.	2	2	1	3	1	1	1	2
	Las áreas están desorganizadas y sucias, el personal que opera en el área puede reportar donde y qué cantidad de material existe.	3	1	1	2	2	1	1	2
Existe un lugar para cada cosa y para cada cosa su lugar, y siempre que se necesita una herramienta u otro elemento se encuentran fácilmente y están correctamente identificados.	3	2	2	2	1	2	2	2	

Area	Preguntas	Encuestados							
		1	2	3	4	5	6	7	prom
	Existen líneas en el suelo para distinguir las diferentes áreas de trabajo, las áreas de paso y las de manipulación.	4	3	4	4	4	3	3	4
	Se tienen claro las especificaciones de clasificación y disposición de residuos.	5	3	3	2	2	1	2	3
	La planta está generalmente limpia de materiales innecesarios, componentes correctos. Las áreas de tránsito están libres de obstrucciones.	2	2	2	1	2	1	2	2
	Los pisos están limpios y sin residuos, de aceite ni suciedad, y se limpian por lo menos una vez al día.	4	3	3	2	2	3	2	3
	Los operarios consideran la limpieza diaria como una parte de su trabajo.	3	3	2	2	3	2	3	3
	Se mantienen las máquinas, equipos y herramientas en buenas condiciones.	5	4	4	3	4	5	4	4
	La limpieza es buena, pero es la única presencia de las 5S	3	1	3	1	2	1	1	2
	La necesidad de 5S se ha discutido, pero las acciones no han sido tomadas.	3	2	2	1	2	1	2	2
Trabajo Estandarizado	Se han desarrollado e implementado estándares para la operación de cada proceso.	3	2	3	2	1	2	2	2
	Tiene cada proceso su hoja de operaciones estándar a alcance y a disposición del operario y que contiene la información básica de la operación del proceso.	4	2	3	2	2	1	2	2
	Pueden los trabajadores comprender los detalles de su trabajo y saben que por qué deberían de hacer las cosas de esa manera, y solo así son capaces de establecer otras formas mejores de hacerlo	4	3	3	2	3	2	2	3
	El takt time de cada pieza se ha utilizado como base para establecer el tiempo del proceso de cada operación y los requisitos de actuación para cada operario. (Takt time significa que tan seguidos se debe producir un producto o parte, basado en las ventas para cumplir los requerimientos del cliente)	2	1	1	1	1	1	1	1
	Establecido el Takt time se dedican esfuerzos al logro de los objetivos de calidad, seguridad y costos.	2	1	1	1	1	1	1	1
	Los empleados con frecuencia descubren mejores maneras de hacer su trabajo las cuales son capturadas y revisadas bajo los procedimientos de trabajo estándar.	2	1	1	1	1	1	1	1
	La empresa de manera rutinaria compara las condiciones actuales de los estándares de cada proceso con el objetivo de mejorar el procedimiento con base a sugerencias realizadas para los operarios o debido a la adición de nuevas actividades.	3	1	1	1	1	1	1	1
Mejora Continua	Existe una estrategia clara respecto a la Mejora Continua en la empresa capaz de obtener resultados de manera sostenible y continuada	2	1	1	1	1	1	1	1
	La Gerencia General tiene como filosofía impulsar programas de calidad en la empresa y para ello capacita adecuadamente a todos los empleados en aspectos de calidad y de mejoramiento continuo	3	2	1	2	1	2	2	2
	Los empleados han sido formados en los métodos de trabajo necesarios para desarrollar la Mejora Continua y se les ha involucrado en su desarrollo e implementación.	1	1	1	1	1	1	1	1

Promedio

2

Promedio
Trabajo
Estandarizado

2

Area	Preguntas	Encuestados							
		1	2	3	4	5	6	7	prom
	Los empleados han sido formados en los métodos de control a prueba de fallos y errores y existe un equipo de análisis permanente de los defectos del procesos y de las oportunidades de eliminar errores.	1	1	1	1	1	1	1	1
	Están autorizados los operarios a detener el proceso cuando encuentran un producto defectuoso o no pueden completar el proceso en las condiciones definidas en la hoja de operación estándar.	4	3	3	2	3	2	3	3
	El sistema de calidad involucra los controles necesarios para identificar y medir defectos y sus causas en los procesos de producción, los retroalimenta para implementar acciones correctivas y les hace seguimiento.	2	2	1	1	2	1	1	1
	En el proceso de selección de materias primas existen especificaciones técnicas y se aplican los controles necesarios para verificar la calidad y retroalimentar el proceso de selección de compra.	5	4	3	3	3	3	3	3
Proceso de Producción	El proceso de producción es suficientemente flexible para permitir cambios en los productos a ser fabricados, en función de satisfacer las necesidades de los clientes.	3	3	3	2	3	2	2	3
	La ubicación de la planta es ideal para el abastecimiento de materia primas, mano de obra y para la distribución del producto terminado.	4	3	3	2	3	3	3	3
	Se han evaluado, medido y reducido los recorridos del producto y componentes en la planta.	4	2	3	2	2	2	2	2
	Las distancias entre los departamentos requieren grandes cantidades de medios de transporte (carretillas elevadoras, gatos hidráulicos, etc.) para mover el producto de una zona a otra.	3	3	3	3	2	3	3	3
	El deseo de maximizar la utilización de quipos conduce a la programación de la producción.	4	2	3	2	2	1	2	2
	La maquinaria y la tecnología de la empresa le permiten fabricar productos competitivos, a nivel nacional, en calidad y precio.	3	3	2	3	3	2	3	3
	La empresa conoce la capacidad de producción de su maquinaria y equipo por cada línea de producción y de su recurso humano y define el rango deseado de su utilización.	4	3	2	2	3	2	2	3

Fuente: elaboración propia

ANEXO 4. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION 5S'S

Taller Básico de Formación 5S's

- ¿Que son las 5S's?
 - Reseña histórica
 - SEIRI – Seleccionar
 - SEITON – Organización / SEISO – Limpieza
 - SEIKETSU – Estandarización
 - SHITSUKE – Sostenimiento
 - Pasos para aplicar las 5S's
 - Beneficios de las 5S's
 - Casos reales de aplicación de las 5S's
 - Taller
-

ANEXO 5. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION KANBAN

Taller Básico de Formación sobre Kanban

- ¿Qué es Kanban?
- Origen de Kanban
- Principios Kanban
- Tareas por ciclo de trabajo “Work in Progress” (WIP)
- Configuración de tableros
- Métricas del Kanban
- Beneficios de la aplicación del Kanban
- Das
- Ejercicios prácticos













































































































ANEXO 6. TEMARIO TENTATIVO CAPACITACION POKA-YOKE

Taller Básico de Formación sobre Poka-Yoke

- ¿Qué es Poka-Yoke?
- Origen de Poka-Yoke
- Concepto de “aprueba de errores”
- Beneficios de la herramienta Poka-Yoke
- Tipos de inspección de calidad
- Detectando defectos y errores
- Diferencia entre errores y defectos
- Errores y defectos más comunes
- Tipos de sistemas aprueba de error
- Pasos para implementar un sistema aprueba de error
- Función de un elemento aprueba de error
- Prevención de defectos
- Prácticas y ejercicios













































































































ANEXO 7. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

OBSERVACIÓN N°1 FABRICACIÓN DE EJES

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vetical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  11 Almacén  1
		Transporte  0 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Transporte y recepción de MP	47	     
Montado de piezas en máquina de torno	3	     
Habilitado de herramientas	5	     
Aplicación de broca de centrar (lado derecho)	1	     
Refrentar para obtención de la longitud del eje	2	     
Medición de longitud	1	     
Aplicación de broca de centrar (lado izquierdo)	6	     
Refrentar para eliminar exceso	3	     
Medición de longitud	1	     
Refrentar para eliminar exceso	3	     
Pasado de macho por orificio hecho por broca	6	     
Biselado en la punta del giratorio	8	     
Cilindrado de ambas partes con luneta móvil	192	     
Enrocado exterior	18	     
Espera del supervisor de control de calidad	30	     
Inspección y embalaje	8	     
Transporte a almacén	1	     
Total	335	10 247 0 77 1 0













































































































Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°2 FABRICACIÓN DE EJES

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  11 Almacén  1
		Transporte  0 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Transporte y recepción de MP	48	     
Montado de piezas en máquina de torno	2	     
Habilitado de herramientas	5	     
Aplicación de broca de centrar (lado derecho)	2	     
Refrentar para obtención de la longitud del eje	3	     
Medición de longitud	2	     
Aplicación de broca de centrar (lado izquierdo)	8	     
Refrentar para eliminar exceso	5	     
Medición de longitud	1	     
Refrentar para eliminar exceso	4	     
Pasado de macho por orificio hecho por broca	7	     
Biselado en la punta del giratorio	9	     
Cilindrado de ambas partes con luneta móvil	195	     
Enrocado exterior	20	     
Espera del supervisor de control de calidad	27	     
Inspección y embalaje	11	     
Transporte a almacén	1	     
Total	350	14 260 0 75 1 0

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°3 FABRICACIÓN DE EJES

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  11 Almacén  1
		Transporte  0 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Transporte y recepción de MP	46,8	     
Montado de piezas en máquina de torno	2	     
Habilitado de herramientas	4	     
Aplicación de broca de centrar (lado derecho)	1	     
Refrentar para obtención de la longitud del eje	2	     
Medición de longitud	2	     
Aplicación de broca de centrar (lado izquierdo)	9	     
Refrentar para eliminar exceso	5	     
Medición de longitud	2	     
Refrentar para eliminar exceso	3	     
Pasado de macho por orificio hecho por broca	9	     
Biselado en la punta del giratorio	8	     
Cilindrado de ambas partes con luneta móvil	197	     
Enrocado exterior	22	     
Espera del supervisor de control de calidad	30	     
Inspección y embalaje	9	     
Transporte a almacén	2	     
Total	353,8	13 262 0 76,8 2 0



















Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°1 FABRICACIÓN DE ACOUPLE

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Acople de Bomba Goulds 37 Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  7 Almacén  1
		Transporte  1 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Espera en la recepción de MP	30	     
Habilitado de material a cierra eléctrica	7	     
Corte de material en cierra eléctrica	66	     
Medición de las longitudes especificadas	19	     
Transporte a torno	2	     
Torneado	82	     
Inspección de medidas	6	     
Fabricación de canal chavetero en torno	50	     
Perforado en taladro	33	     
Fabricación de dientes en cepillo eléctrico	77	     
Pasado por macho 526 UNC	24	     
Espera del supervisor de control de calidad	36	     
Control de calidad	10	     
Almacén	1	     
Total	443	35 339 2 66 1 0
















































































Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°2 FABRICACIÓN DE ACOUPLE

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Acople de Bomba Goulds 37 Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  7 Almacén  1
		Transporte  1 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Espera en la recepción de MP	34	     
Habilitado de material a cierra eléctrica	7	     
Corte de material en cierra eléctrica	65	     
Medición de las longitudes especificadas	21	     
Transporte a torno	1	     
Torneado	78	     
Inspección de medidas	5	     
Fabricación de canal chavetero en torno	54	     
Perforado en taladro	35	     
Fabricación de dientes en cepillo eléctrico	80	     
Pasado por macho 526 UNC	21	     
Espera del supervisor de control de calidad	27	     
Control de calidad	9	     
Almacén	1	     
Total	438	35 340 1 61 1 0

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°3 FABRICACIÓN DE ACOUPLE

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Acople de Bomba Goulds 37 Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  3 Demora  2
		Operación  7 Almacén  1
		Transporte  1 Inspección Operación  0
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Espera en la recepción de MP	27	     
Habilitado de material a cierra eléctrica	8	     
Corte de material en cierra eléctrica	78	     
Medición de las longitudes especificadas	24	     
Transporte a torno	2	     
Torneado	85	     
Inspección de medidas	7	     
Fabricación de canal chavetero en torno	51	     
Perforado en taladro	32	     
Fabricación de dientes en cepillo eléctrico	75	     
Pasado por macho 526 UNC	24	     
Espera del supervisor de control de calidad	30	     
Control de calidad	8	     
Almacén	1	     
Total	452	39 353 2 57 1 0

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°1 FABRICACIÓN DE BRIDA

Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Símbolos					
Espera en la entrega de MP	30,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Habilitado y corte de material a equipo oxicorte	54,0	□	●	➡	◐	▽	◻
Transporte a torno	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Rebada en amoladora	12,0	□	●	➡	◐	▽	◻
Torneado	42,0	□	●	➡	◐	▽	◻
Transporte a control de calidad	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Control de calidad y grabado de código	14,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Transporte a fresadora con cabezal divisor	2,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Perforado de brida en fresadora con cabezal divisor	63,0	□	●	➡	◐	▽	◻
Espera del supervisor de control de calidad	49,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Inspección y embalaje	11,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Transporte a almacén	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Almacén	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻
Total	281,0	0,0	171,0	5,0	79,0	1,0	25,0

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°2 FABRICACIÓN DE BRIDA

Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Símbolos						
Espera en la entrega de MP	30,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Habilitado y corte de material a equipo oxicorte	53,0	□	●	➡	◐	▽	◻	
Transporte a torno	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Rebada en amoladora	11,0	□	●	➡	◐	▽	◻	
Torneado	43,0	□	●	➡	◐	▽	◻	
Transporte a control de calidad	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Control de calidad y grabado de código	16,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Transporte a fresadora con cabezal divisor	2,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Perforado de brida en fresadora con cabezal divisor	60,0	□	●	➡	◐	▽	◻	
Espera del supervisor de control de calidad	45,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Inspección y embalaje	9,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Transporte a almacén	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Almacén	1,0	□	○	➡	◐	▽	◻	
Total	273,0	0,0	167,0	5,0	75,0	1,0	25,0	


Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°3 FABRICACIÓN DE BRIDA

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L.	Inspección		0	Demora		1	
Actividad: Fabricación de Brida para Electrobomba	Operación		4	Almacén		1	
Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas	Transporte		4	Inspección Operación		2	
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Símbolos					
Espera en la entrega de MP	28,0						
Habilitado y corte de material a equipo oxicorte	52,0						
Transporte a torno	1,0						
Rebada en amoladora	15,0						
Torneado	40,0						
Transporte a control de calidad	1,0						
Control de calidad y grabado de código	12,0						
Transporte a fresadora con cabezal divisor	2,0						
Perforado de brida en fresadora con cabezal divisor	54,0						
Espera del supervisor de control de calidad	36,0						
Inspección y embalaje	12,0						
Transporte a almacén	1,0						
Almacén	1,0						
Total	255,0	0	161,00	5,00	64,00	1,00	24,00






















































































































Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°1 FABRICACIÓN DE TAZÓN

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  0 Demora  1
		Operación  10 Almacén  1
		Transporte  6 Inspección Operación  1
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Limpieza con lijas y escobillas	27	     
Transporte a torno	1	     
Extracción de bocina en torno	10	     
Fabricación de anillo	29	     
Acople de anillo en tazón	10	     
Transporte a taladro	1	     
Perforación en 3 secciones	8	     
Transporte a máquina de soldar	1	     
Soldadura de 3 puntos	15	     
Transporte a torno	1	     
Torneado acabado final	46	     
Aplicación de gel decapante	9	     
Reposo de pieza	25	     
Limpieza	7	     
Transporte a control de calidad	1	     
Inactividad en la mesa de control de calidad	37	     
Inspección y embalaje	8	     
Transporte a almacén	1	     
Almacén	1	     
Total	238	0 186 6 37 1 8

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°2 FABRICACIÓN DE TAZÓN

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  0 Demora  1
		Operación  10 Almacén  1
		Transporte  6 Inspección Operación  1
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Limpieza con lijas y escobillas	27	     
Transporte a torno	1	     
Extracción de bocina en torno	10	     
Fabricación de anillo	27	     
Acople de anillo en tazón	12	     
Transporte a taladro	1	     
Perforación en 3 secciones	7	     
Transporte a máquina de soldar	7	     
Soldadura de 3 puntos	16	     
Transporte a torno	1	     
Torneado acabado final	48	     
Aplicación de gel decapante	8	     
Reposo de pieza	24	     
Limpieza	5	     
Transporte a control de calidad	1	     
Inactividad en la mesa de control de calidad	32	     
Inspección y embalaje	8	     
Transporte a almacén	1	     
Almacén	1	     
Total	237	0 184 12 32 1 8

Fuente: elaboración propia

OBSERVACIÓN N°3 FABRICACIÓN DE TAZÓN

Empresa: IPSYCOM Ingenieros S.R.L. Actividad: Fabricación de Eje Inferior de Bomba Vertical Analista(s): Bardales Luisa; Cabrera Nicolas		Inspección  0 Demora  1
		Operación  10 Almacén  1
		Transporte  6 Inspección Operación  1
Descripción de los Eventos	Tiempo (min)	Simbolos
Limpieza con lijas y escobillas	25	     
Transporte a torno	1	     
Extracción de bocina en torno	12	     
Fabricación de anillo	29	     
Acople de anillo en tazón	11	     
Transporte a taladro	1	     
Perforación en 3 secciones	9	     
Transporte a máquina de soldar	1	     
Soldadura de 3 puntos	16	     
Transporte a torno	1	     
Torneado acabado final	43	     
Aplicación de gel decapante	10	     
Reposo de pieza	27	     
Limpieza	6	     
Transporte a control de calidad	1	     
Inactividad en la mesa de control de calidad	27	     
Inspección y embalaje	9	     
Transporte a almacén	1	     
Almacén	1	     
Total	231	0 188 6 27 1 9

Fuente: elaboración propia